

УДК 624.131.31:550:34

*И.Л.Учитель; В.Н. Ярошенко; Б.Б. Капочкин,
ПАТ "Одессгаз";
С.П. Войтенко, д.т.н., КНУБА*

НАУЧНЫЙ ПРИОРИТЕТ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРИРОДНОГО ЯВЛЕНИЯ "МЕДЛЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ"

АННОТАЦИЯ

Приведены основные характеристики разрушительных "медленных землетрясений". Рассмотрен конкретный пример условий формирования медленного землетрясения в Украине.

Ключевые слова: геодеформация, "медленные землетрясения", асейсмичность, сейсморайонирование.

Современный технический уровень геодинимического мониторинга, включающий региональные перманентные геодезические GPS сети, глобальную сейсмометрическую сеть, спутниковые гравиметрические, альтиметрические и интерферометрические системы, позволили накопить достаточный объем пока разрозненных и эпизодических данных о новом типе тектонических движений - асейсмичных реверсивных высокоамплитудных (сантиметры) гедеформациях временного масштаба минуты — недели [1]. Впервые это явление было открыто в Украине, хотя нельзя не отметить определенные успехи в этой области российских, азербайджанских и японских ученых. Научный приоритет открытия неизвестного ранее природного явления "медленные землетрясения" датируется примерно 1998-2000 годами, когда высокоамплитудные реверсивные гедеформации впервые были инструментально обнаружены в Одессе, а их свойства были изучены и описаны. Важно отметить, что первые результаты научных исследований так называемых "медленных землетрясений" были получены в рамках геодинимики, а не сейсмологии. Первые публикации о регистрации "медленных землетрясений" в России и Японии появились примерно через год после публикации в 2000 году обобщающей монографии "Основы неогеодинимики. Газовые сети как инструмент деформационного мониторинга" и получения в 2000 году результатов исследования о научном приоритете на

4 технологии, направленные на минимизацию ущерба от "медленных землетрясений".

Глобальный характер высокоамплитудных асейсмических гедеформаций, их свойство пространственной локализации в условиях короткой продолжительности гедеформационного процесса существенно ограничивают применение существующих методов геодинимического мониторинга. Разрушительные свойства таких гедеформаций, являющихся в последнее время причиной огромных трещин и провалов, колебательных движений грунта (амплитуда до 30 см), в том числе на территориях, считающихся асейсмичными, коренным образом изменили мировоззрение в области оценки геодинимического риска территорий и в области сейсморайонирования территорий, регламентирующего процесс сейсмостойкого строительства.

Неизвестное ранее природное явление "медленных землетрясений" относится к классу гедеформаций, открытых более 30 лет назад и получивших название "Явление глобально распространенных быстропротекающих пульсационных изменений в гидрогеосфере, обусловленное способностью последней реагировать на изменения напряженно-деформированного состояния литосферы" (авторы: Вартанян Г.С., Куликов Г.В.). Было установлено, что Земля постоянно испытывает гедеформации, сопровождающиеся микросейсмическими проявлениями. Пульсационный характер таких гедеформаций показали результаты исследований Э.В.Бороздича за вариациями гравитационного поля Земли. В конечном итоге, этот тип гедеформаций получил научное определение — Явление пульсации в поле пьезометрических уровней подземной гидросферы с характерными размерами 10^5 м (100 км) и временами 10^5 с (сутки), обусловленные эндогенными короткоживущими подкоровыми локальными возмущениями" и был зарегистрирован в качестве открытия в СССР (диплом № 273; авторы: Бороздич Э.В., Вартанян Г.С., Куликов Г.В.). Важно отметить, что пространственно-временные масштабы гедеформаций на самом деле оказались несколько иными.

Спустя 20 лет в 90-х годах XX столетия рассматриваемый класс гедеформаций был дополнен исследованиями Кузьмина Ю.О. (ИФЗ РАН) [2]. По его данным аномальные геодинимические движения высокоградиентны и могут достигать смещений, превышающих 50 мм/год. Такие гедеформации, по его мнению, короткопериодичны и

характеризуются временными масштабами примерно от месяца до нескольких лет. Они пространственно локализируются интервале от 100 м. до первых десятков километров и обладают пульсационной и знакопеременной направленностью. По его мнению, скорости деформаций имеют линейную мощность 20 Дж/м·с, что соответствует сейсмической энергии 10^{13} Дж. Важно отметить, что уточнение пространственных масштабов проявления "медленных землетрясений" оказалось правомерным. Уточнение пространственно-временных оценок рассматриваемого типа гедеформаций нельзя назвать удачным.

В дополнение к существующим характеристикам нами были приведены подтверждения того, что гедеформации могут иметь глобальный масштаб. Они могут иметь амплитуду, измеряемую десятками сантиметров. Временной масштаб колебательных процессов в высокочастотной области ограничивается нижней частотой сейсмических волн от землетрясений (1 Гц). Самое главное дополнение, отрицаемое до последних лет японскими специалистами, состоит в том, что "медленные землетрясения" обладают разрушительными свойствами.

В 2000 году выявленные нами характеристики "медленных землетрясений" были подтверждены результатами исследований Российского ученого А.А. Панжина, выполненными в месте постоянных разрывов магистрального газопровода РАО "Газпром". Измерение гедеформаций — "медленных землетрясений" было выполнено геодезическими методами с применением GPS технологий [3]

Значительно позже, в 2002 году, японским ученым Казусиге Обара [4] по сейсмологическим данным были подтверждены результаты исследований украинских специалистов. Была подтверждена и полученная Ю.О. Кузьминым оценка амплитуды "медленных землетрясений", как 10^{13} - 10^{14} Дж.

В 2003 году азербайджанскими учеными был подтвержден глобальный характер рассматриваемых гедеформаций. Непрерывные изменения формы и объема Земли при прохождении гравитационных волн были подтверждены открытием (диплом РАЕН №239 от 15 октября 2003 г. авторы: Ш.Ф. Мехтиеv, В.Е. Хаин, Э.Н. Халилов, Т.А. Исмаил-Заде), получившим название "Закономерность пространственно-временного распределения извержений вулканов".

В настоящее время установлены циклические асейсмические гедеформации глобального масштаба с периодами, кратными и дольными 14 суткам [2]. Показано, что сильнейшие землетрясения в разных частях земного шара фиксируются между пиковыми датами гедеформаций в Одессе, вне зависимости от эпицентрального расстояния и без существенных направленных смещений земной поверхности. Это подтверждает глобальный характер гедеформационного процесса.

Используя данные EUREF Permanent GNSS Network мониторинга (суточное осреднение данных), нами выделены гедеформации продолжительностью сутки и более. В качестве примера на рис. 1 показаны гедеформации в Италии и Словакии (1620-1622 GPS недели, или 23.01.2011-05.02.2011гг). На рис. 1б показано продолжительное (7-8 суток) реверсивное смещение пункта GPS мониторинга (Banska Bystrica, Slovak Republic) на юго-восток примерно на 10 мм, предварявшееся вертикальными колебательными движениями с недельным периодом (амплитуда 40 мм). Такие гедеформации потенциально обладают разрушительными свойствами.

Используя данные сейсмического мониторинга, нами выделены и классифицированы гедеформации асейсмического характера внутрисуточного масштаба. В качестве постулата применено положение о том, что апериодические геодинамические процессы волнового характера с частотой менее 0,1 Гц не могут быть классифицированы как объемные сейсмические волны землетрясений. Постулируется положение о том, что поверхностные волны Лява и Реллея с периодами более минуты отвечают колебаниям (гедеформациям), генетически не связанным с разрывными гедеформациями (землетрясениями). Используя данные глобальной сети сейсмического мониторинга (www.epncb.oma.be), выделены гедеформации волнового характера, свободные и вынужденные, одиночные и цуги волн, длящиеся несколько минут и продолжающиеся часами, выделены гедеформации неволнового характера. Например, волновые гедеформации показаны на рис. 2.

Это вынужденные колебания с периодом примерно 10 мин и длительностью первого цуга — 5 ч. (30 волн) и повторившегося после трехчасового перерыва вновь, с предшествующей частотой и амплитудой. Вынужденные гедеформационные процессы (с незатухающей амплитудой) могут

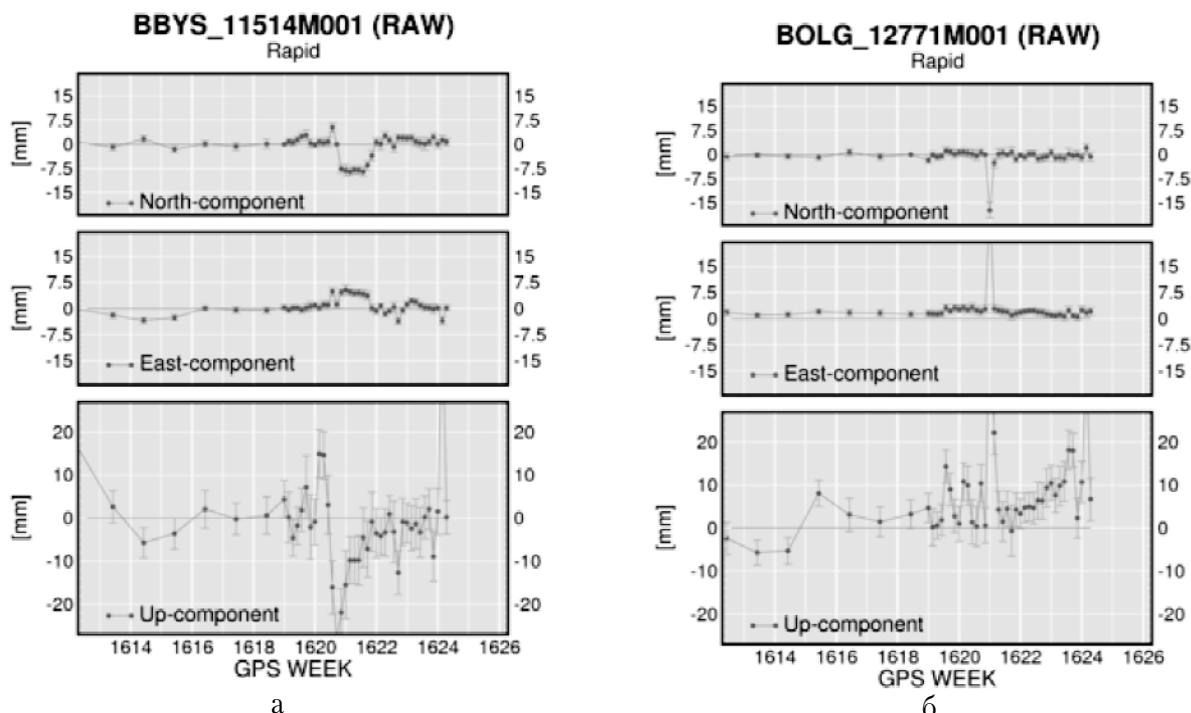


Рисунок 1. Геодеформации по данным GPS мониторинга (период осреднения — сутки)
http://www.epncb.oma.be/_dataproducs/products/timeseriesanalysis/residual.php

быть более сложными, например, результатом наложения двух и более гармоник. Выделены и свободные геодеформации с фиксированной частотой, но меняющейся амплитудой, рис. 3.

Наряду с периодическими фиксируются геодеформации неволнового характера, связанные с кратковременным выведением системы их стабильного состояния. Это могут быть скачки геодеформаций и более сложные геодеформационные процессы, частота которых не является константой. На рисунке 4 показан скачок геодеформаций, начинающийся резким опусканием и продолжающийся более длительным компенсационным подъемом колебательного характера, с затухающей амплитудой. Весь процесс занимает примерно 3-4 мин., и для фиксации его пространственного расп-

ространения необходима дискретность сканирования менее одной минуты.

Геодеформационные скачки могут быть разной длительности и амплитуды. На рис. 5 показан деформационный скачок, начинающийся квазипериодическими высокочастотными колебаниями, переходящими в деформационный скачок. Весь деформационный процесс имеет длительность примерно 10 мин. Детальное рассмотрение рис. 2 позволяет выделить аналогичные геодеформации, формирующиеся на фоне вынужденных волновых геодеформаций с периодом 10 мин.

Такие высокочастотные вступления геодеформаций могут быть представлены несколькими периодами (рис. 6), а весь деформационный процесс занимает примерно 50 мин. Зафиксированы слу-

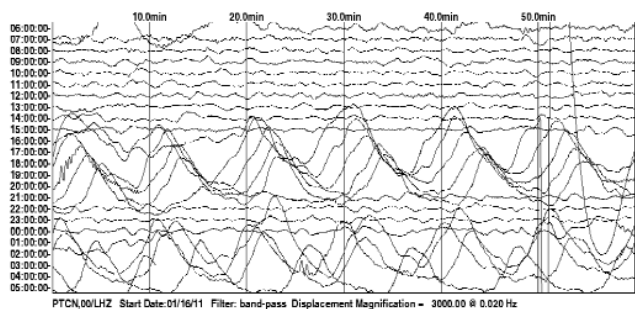


Рисунок 2. Два цикла вынужденных геодеформаций с периодом около 10 мин.

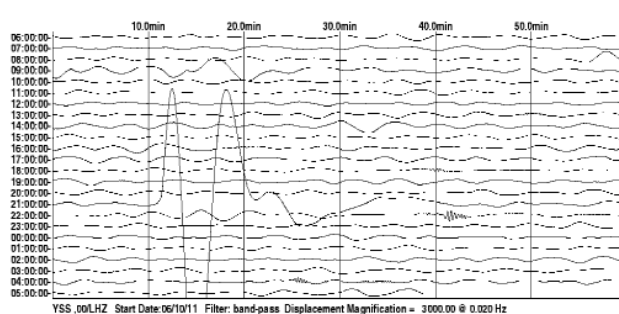


Рисунок 3. Свободные геодеформации с периодом около 5 мин.

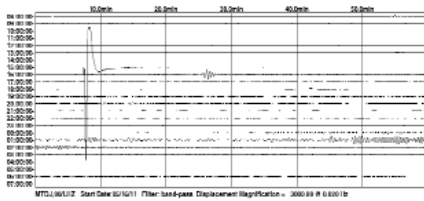


Рисунок 4. Скачок геодеформацій

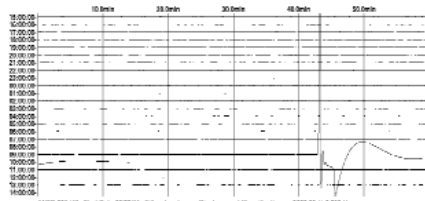
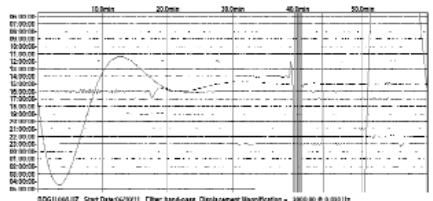


Рисунок 5, 6. Високочастотные колебания, переходящие в деформационный скачок



чаи, когда высокочастотные колебания подобного типа могут длиться более суток, однако с разрывными геодеформациями (землетрясениями) они не связаны.

Фиксируются и более сложные геодеформации (рис. 7). С первого взгляда они квазипериодичны, однако за счет наложения разных процессов идентичность трех циклов нарушена. Важно отметить, что глобальная сеть сейсмологических измерений, фиксируя приведенные геодеформации, не подтверждает их фиксацию хотя бы кустом из трех-четырёх сейсмостанций, что типично для сейсмических волн землетрясений.

Важная информация получена благодаря локальной сети сейсмомониторинга в районе заповедника Yellowstone (США), где на площади 400 км² функционирует несколько десятков сейсмостанций. Анализ этих наблюдений показал, что низкочастотные сейсмические колебания и скачки геодеформаций, не связанные с землетрясениями, могут происходить локально на площади несколько км² и не фиксироваться удаленными на несколько километров станциями.

Целью настоящего исследования было изучить особенности формирования конкретного случая "медленных землетрясений" — асейсмических геодеформаций в Киеве 21.09.2011 г. Для оценки проявления медленных землетрясений было выполнено комплексное изучение сейсмических процес-

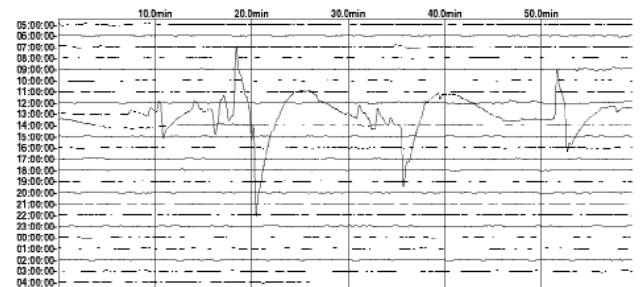


Рисунок 7. Квазициклические геодеформации сложного характера

сов, геодинамических проявлений, особенностей действующих сил глобального масштаба. Для достижения этой цели был выполнен анализ условий возникновения медленных землетрясений, зарегистрированных широкополосной сейсмостанцией в Киеве 21.09.2011 г. (рис. 9 а).

Геодеформационный процесс длился около 12 ч., с 14 ч. 28 мин до 02 ч. 10 мин 22.09.11 г. Процесс начался высокочастотными геодеформациями, а закончился низкочастотными с периодом примерно 30 мин. Важно отметить, что медленные землетрясения, зарегистрированные Киевской широкополосной сейсмостанцией, являются частью глобального геодинамического процесса, так как квазисинхронные, аналогичные по характеру и длительности геодеформации были зафиксированы широкополосной сейсмостанцией на Алеутских островах (рис. 9 б). Аналогичные, но более продолжительные, медленные землетрясения в этот

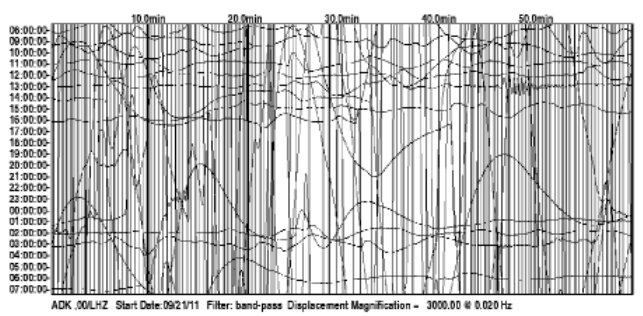
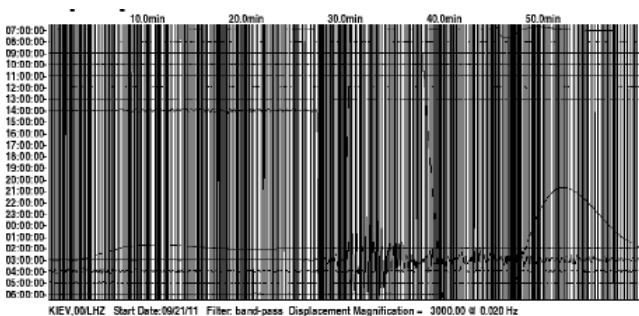


Рисунок 8, 9. Сейсмограммы широкополосных станций в Киеве и на Алеутских островах

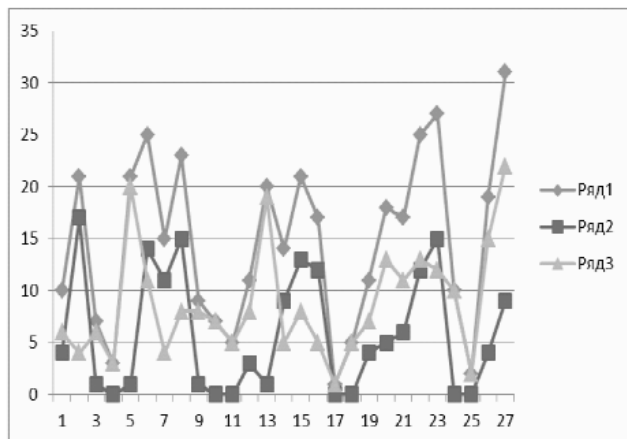


Рисунок 10. Изменение во времени интенсивности асейсмических геодеформаций: суммарных — ряд 1, горизонтальных — ряд 2, и вертикальных — ряд 3

же период фиксировались широкополосной сейсмостанцией Тайваня. Они фиксировались 21 и 22 сентября с перерывом 22.09.11 г. примерно на 12 ч., с 8 ч. 30 мин — до 21 ч. 10 мин. Как и в Киеве, гедеформационный процесс завершался высокочастотными колебаниями.

17-18 сентября 2011 г. аналогичные гедеформации фиксировала широкополосная сейсмостанция в Якутии, а 23-24 сентября такие же "медленные землетрясения" фиксировались широкополосной сейсмостанцией на Филиппинах. Важно отметить, что наряду с сейсмостанциями, в разных районах в этот период гедеформации фиксировались визуально. 21.09.2011 в США (округ Санта-Круз штат Калифорния) в одном из зданий "неожиданно начал вспучиваться пол и с грохотом отслаиваться напольная плитка. Персонал, находящийся в холле здания, был эвакуирован" (по данным Геологической службы США, землетрясений в это время зафиксировано не было). Примерно в этот период в США (г. Ноксвилл, штат Теннесси) фиксировались продолжительные сотрясения "в течение 2-х дней дом трясет через каждые несколько часов. Звук при этом напоминает взрыв." (по информации Геологической службы США землетрясений в данном районе не зарегистрировано).

22.09.2011 г в Екатеринбурге (Россия) в 08 ч. по местному времени из за разгерметизации газопровода произошел мощный взрыв. Разрушены пе-

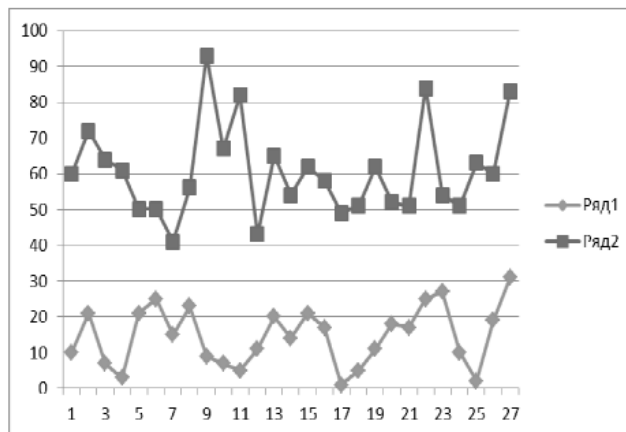
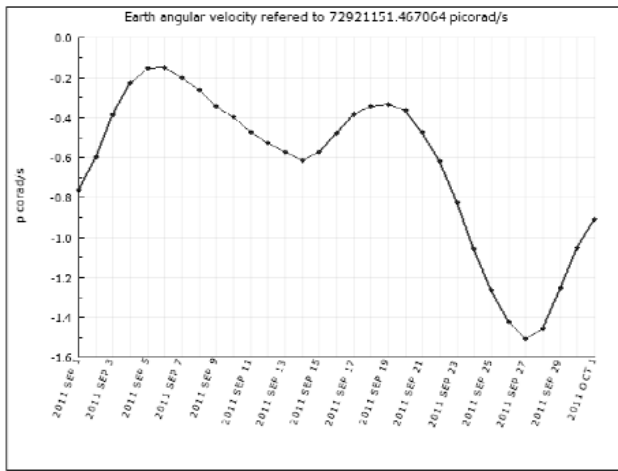


Рисунок 11. Изменение во времени суточного количества землетрясений в Европе (ряд 1) и интенсивности асейсмических гедеформаций, регистрируемых в Одессе (ряд 2). После 15 сентября пиковые значения микросейсмичности начали фиксироваться в даты интенсивного проявления асейсмических гедеформаций, например 22 и 27 сентября

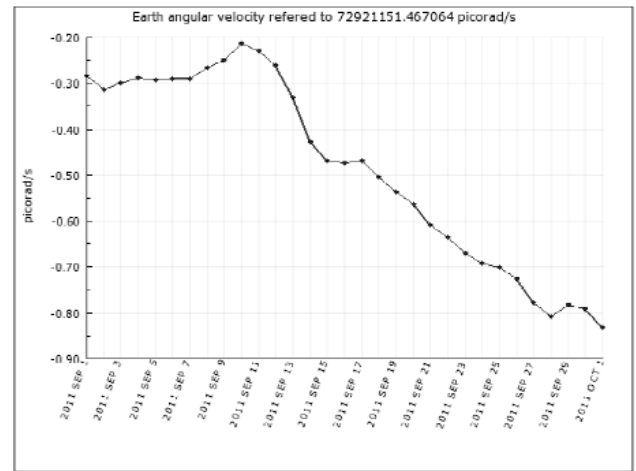
рекрытия между девятым и десятым этажами 11-этажного дома, рухнул балкон квартиры на девятом этаже. Нами на основании данных наблюдений в Одессе, выполненных по запатентованной технологии ОАО "Одессгаз", были проанализированы гедеформации асейсмического характера. Установлено, что в сентябре 2011 г. гедеформации асейсмического характера фиксировались 6-8; 13-15; 20-23; 28-29 сентября, (рис. 10). Блокирование этих процессов фиксировалось 3-4; 10-11; 17-18; 25 сентября.

Из этого следует, что зафиксированный гедеформационный процесс характеризовался периодичностью 7 суток. Можно предположить, что в рассматриваемый период фазы сжатия земной поверхности чередовались с фазами растяжения с периодом 3-4 дня. Для подтверждения выдвинутого предположения были изучены проявления сейсмических процессов в Европе (рис. 11). В рассматриваемый период в Европе сильных землетрясений зафиксировано не было. Микросейсмические проявления до 15 сентября характеризовались положительными экстремумами в периоды отсутствия асейсмических гедеформаций и минимумами в периоды их возникновения.

По технологии, запатентованной ОАО "Одессгаз", базирующейся на использовании спутниковой информации, нами на территории Северной Атлантики и Европы были изучены проявле-



а



б

Рисунок 12. Изменения во времени угловой скорости вращения земли (а) и низкочастотной составляющей угловой скорости вращения Земли (б)

ния быстропротекающих вариаций гравитационного поля Земли. Фиксировались геодинамические процессы, связанные с формированием локализованных аномалий силы тяжести отрицательного знака. Формирование быстропротекающих локализованных в пространстве аномалий гравитационного поля нами зафиксированы во время проявления асейсмических геодинамических деформаций (рис. 10), а именно 7-9; 13-17, 26; 29 сентября. Полученные результаты подтверждают тезис о том, что асейсмические геодинамические деформации, фиксируемые Одесским геодинамическим полигоном, отражают геодинамический процесс глобального характера.

Рассмотрим, каким образом глобальные геодинамические деформации Земли, отражающиеся в периодических вариациях её угловой скорости вращения [5], были в рассматриваемый период связаны с пульсационными изменениями геодинамического процесса в Европе. На рис. 12 а показан график изменения угловой скорости вращения Земли. Можно видеть, что асейсмические геодинамические деформации в Одессе, аномалии гравитационного поля в Европе фиксировались в даты экстремумов угловой скорости вращения Земли 5-6; 15; 19-20; 27 сентября.

Это значит, что наблюдения в Одессе за асейсмическими геодинамическими деформациями формируются глобальным геодинамическим процессом.

На рис. 12 б показаны тенденции изменения угловой скорости вращения Земли без учета двухнедельных вариаций. Можно видеть, что начиная с 15 сентября вращение Земли стало резко замедляться, что стало причиной прекращения чередования

микросейсмичности в Европе с асейсмическими геодинамическими деформациями в Одессе. Другими словами, после 15 сентября геодинамические условия планетарного характера резко изменились. Такие изменения хорошо отразились в проявлениях глобальной сейсмичности. На рис. 13 показаны изменения во времени проявлений глобальной сейсмичности. Можно видеть, что с периодичностью две недели суточное число землетрясений магнитудой более 5 (ряд 1) снижается до одного (10-11 сентября) и до двух (24-25 сентября). Усиления сейсмической активности планетарного масштаба фиксировались так же с двухнедельной цикличностью 5-7 и 13-17 сентября, во время положительных экстремумов угловой скорости вращения Земли.

В первых двух декадах сентября в периоды увеличения скорости вращения Земли (в периоды сжатия) резко возрастало число землетрясений с $M > 6$ (ряд 3), в том числе и катастрофического характера. Значительный процент этих землетрясений был связан с проскальзыванием земной коры по астеносфере, о чем можно судить по глубине очага и координатах эпицентра, относительно положения плоскости субдукции. Землетрясения с глубиной очага менее 10 км показаны в виде ряда 2. В последующий период, после снижения скорости вращения Земли этот процесс прекратился.

Если проанализировать график запаздывания вращения внешней (твердой) оболочки Земли относительно внутренних сфер (рис. 14), то можно оценить произошедшие изменения.

На рисунке показаны изменения траектории проекции оси вращения Земли на её поверхность.

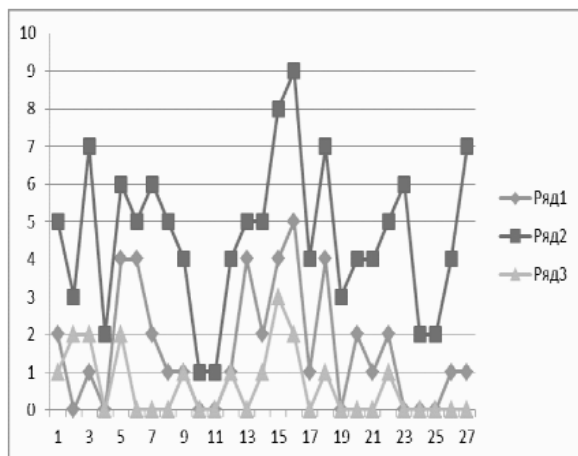


Рисунок 13. Изменение во времени суточного числа землетрясений с магнитудой более 5 (ряд 1); землетрясений с глубиной очага менее 10 км (ряд 2); землетрясений с $M > 6$ (ряд 3)

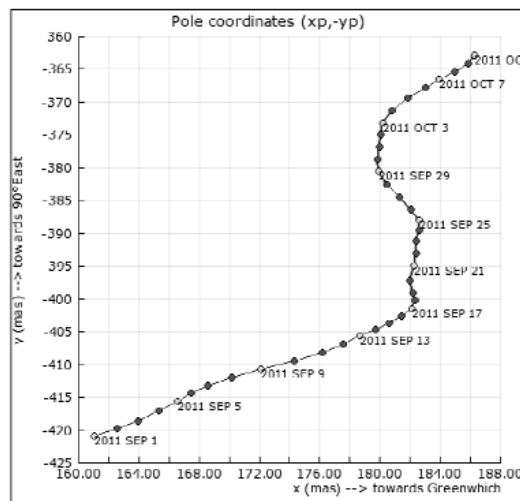


Рисунок 14. Изменение во времени координат оси вращения Земли

Можно видеть, что 17 сентября, во время уменьшения угловой скорости вращения Земли кора "прилипла" к астеносфере. Этот процесс продолжался циклически две недели (с некоторым ослаблением 23-25 сентября). В заключение рассмотрим особенности плитовой тектоники в период формирования "медленных землетрясений", зафиксированных широкополосными сейсмостанциями в различных регионах 18-24 сентября 2011 г. (Украина, Филиппины, Тайвань, Якутии, Алеутские острова).

В таблице приведены данные о землетрясениях, произошедших в зонах спрединга (зонах расширения земной коры).

Таблица

дата	время	ϕ	λ	H	M
20.09	06:05	38.4S	16.9 W	10	5.1
20.09	02:40	4.5S	105.4W	10	5.5
23.09	15:35	38.6S	16.9W	33	5.0
23.09	19:02	9.0S	109.61 W	33	5.6
23.09	22:44	9.20S	109.71 W	33	5.0

Установлено, что 20.09.2011 г. зафиксированы расширения коры в Атлантическом и Тихом океанах (глубина очагов — 10 км). Спустя 3,5 суток произошли землетрясения с той же последовательностью и примерно с теми же координатами, но с глубиной очага 33 км (для океанической коры это мантийные землетрясения). Случайное совпа-

дение такого характера маловероятно. Причины повторных активизаций спрединга требуют детального осмысления. Можно предположить, что причины формирования расширения Земли 20 и 23 сентября имели периодический характер с периодом дольным 14 суткам и по характеру воздействия были однотипными.

Рассмотрим данные GPS мониторинга геодеформаций, фиксируемые в Киеве. Важно отметить, что в период 4-25 сентября были забракованы данные регистрации суточных смещений за 10; 13; 15; 20; 24 сентября. По имеющимся данным можно судить о том, что геодезический пункт в Киеве с 17-21 сентября имел устойчивый тренд к вздыманию, а общее смещение составило примерно 1 см.

Анализ изменений гравитационного поля Земли над Мировым океаном (по данным спутниковой альтиметрии) позволил выявить существенные изменения гравитационного поля над Арктикой 20-23 сентября. В этот период в топографии водной поверхности зафиксированы локализованные в пространстве изменения формы геоида с амплитудой до 30 см.

Выводы. В результате комплексного анализа геофизических и геодинамических условий формирования "медленных землетрясений", зарегистрированных широкополосной сейсмостанцией Киева, было установлено, что геодеформации происходили на фоне регионального растяжения зем-

ной коры практически синхронно с аналогичными проявлениями на Тайване и Алеутских островах. В это же время в некоторых районах аналогичные процессы фиксировались по деформациям и разрушениям инженерных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Учитель И.Л., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б. *Классификация асейсмических гедеформаций и их опасность для инженерных сооружений // Экология міст та рекреаційних зон, Одесса, 2011. – С. 295-297*

2. Кузьмин Ю.О., *Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов., // Геологическое изучение и использование недр: Науч.-техн. информ. сб., АОЗТ "Геоин-форммарк", М., 1996, Вып. №4, с.43-53.*

3. Панжин А.А. *Непрерывный мониторинг смещений и деформаций земной поверхности с применением комплексов спутниковой геодезии GPS // Геомеханика в горном деле – 2000: Материалы международной конференции. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН. – С. 2000. – С.320-324.*

4. Kazushige Obara *Nonvolcanic Deep Tremor Associated with Subduction in Southwest Japan Science 31 May 2002: Vol. 296 no. 5573 pp. 1679-1681 DOI: 10.1126/science.1070378*

5. *Геодинамика. Основы кинематической геодезии / С.П. Войтенко, И.Л. Учитель, В.Н. Ярошенко, Б.Б. Капочкин / – Одеса, Астропринт, 2007. – 254 с.*

АНОТАЦІЯ

Наведено основні характеристики руйнівних "повільних землетрусів". Розглянуто конкретний приклад умов формування повільного землетрусів в Україні.

Ключові слова: гедеформація, "повільні землетруси", асейсмічність, сейсморайонування.

ANNOTATION.

The main characteristics of the destructive "slow earthquake-making." We consider a concrete example of the formation conditions of a slow earthquake, in the Ukraine.

Keywords: geodeformatsiya, "slow earthquakes" aseismic, seismic zoning.

УДК 624.139;728.9:631.145

Г.В. Васько, Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі, Україна;

П.Д. Крельштейн, КП "Інститут земельних відносин"

ВИМОГИ ДО ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ КАДАСТРУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

АНОТАЦІЯ

Просторові дані, якими оперує земельний кадастр, своїм змістом, структурою і точністю представлення повинні відповідати вимогам, що витікають з конкретних цілей і задач.

Ключові слова: оптико-електронна апаратура, зондування, космічна зйомка.

Широке застосування даних космічної зйомки, що почалось із запуску супутника Landsat-1 в 1972 році, відкрило нові перспективи для моніторингу стану природних ресурсів і їх використання. У результаті розвитку методів дистанційного зондування суттєво спростився процес картографування земних і водних ресурсів, ґрунтів, лісів, сільськогосподарських посівів і міської інфраструктури, оцінки урожаю тощо. Космічні знімки використовують для ефективного прийняття рішень з допомогою географічних інформаційних систем. При цьому для дешифрування об'єктів використовують як візуальні так і кількісні автоматизовані методи аналізу знімків.

Сільське господарство - одна із найперспективніших сфер для використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в цілях підвищення інтенсифікації тваринницького і особливо рослинницького виробництва. Сільськогосподарські культури дуже добре відображаються на багатоспектральних космічних знімках, вони нічим не приховані, одноярусні, легко дешифруються як за просторовими — формою, текстурою, так і за спектральними характеристиками.

Для ефективного управління сільськогосподарським виробництвом потрібно володіти великим обсягом різноманітної оперативної та об'єктивної інформації про структуру посівних площ, стан