

УДК 528.482(073.8)

И.Л. Учитель, Б.Б. Капочин, ОГАСА, г. Одесса
С.П. Войтенко, КНУСА, г. Киев.

НАРУШЕНИЕ СПЛОЧЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ПРИЛИВНЫХ ГЕОДЕФОРМАЦИЯХ, КАК ПРИЧИНА ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются деформации поверхности Земли во время прохождения полусуточных и суточных приливов в твердом теле земли. Указано, что при амплитуде вертикальных смещений в десятки сантиметров возможны дивергентно — конвергентные геодеформации, нарушающие сплоченность геологической среды. Таким образом, геодеформации при землетрясениях разрушительны для инженерных сооружений резонансными эффектами от сейсмических волн, а асейсмические быстропротекающие геодеформации реверсивного характера опасны расширением и сжатием горных пород. Опасность увеличения объема горных пород состоит в том, что инженерные сооружения не меняют свою геометрию и разрушаются. Наиболее убедительно эти процессы проявлены в динамике разрушения трубопроводов.

Ключевые слова: деформации поверхности земли, разрушение инженерных сооружений, перманентные геодезические сети.

В 2014 году в Германии издана монография "Смена парадигмы современной геодинамики и сейсмотектоники" [1], в которой впервые рассмотрены некоторые ранее не изученные проблемы геодинамических и сейсмических рисков в строительстве. Ранее считалось, что максимальную амплитуду движений земной поверхности, измеряемую сантиметрами в год, имеют долгопериодные геодеформации. Ошибочно было принято асейсмические геодеформации считать не опасными для инженерных сооружений. В результате анализа данных о максимальных оценках вертикальных скоростей геодинамических движений [1] впервые было показано, что рост скорости вертикальных геодинамических движений при уменьшении временного масштаба геодеформационного процесса

подчиняется закономерности гиперболического характера. Максимальные амплитуды вертикальных смещений — у короткопериодных геодеформаций, а минимальные — у долгопериодных. Наименее изученным оказался внутрисуточный масштаб геодеформаций, вызываемый полусуточными и суточными приливами в твердом теле Земли. В результате появления новых результатов измерения геодеформаций с использованием современных методов спутниковой геодезии, лазерной дальнометрии, спутниковой интерферометрии установлено, что геодеформационные процессы с внутрисуточным масштабом изменчивости имеют скорость смещений, измеряемую сантиметрами в час. В данной работе рассмотрен вопрос изотропии этих деформационных проявлений. Если указанные геодеформации изотропные, то их влиянием на инженерные сооружения можно пренебречь. Если же они анизотропные, то геологическая среда должна характеризоваться зонами дивергенции и конвергенции. В зонах конвергенции можно ожидать сейсмические разрывные геодеформации — землетрясения, а в зоне дивергенции (зонах нарушения сплоченности геологической среды и трещинообразования) будут происходить деформации и разрушения инженерных сооружений.

Хотя асейсмические геодеформации имеют амплитуду, измеряемую десятками сантиметров, однако в связи с тем, что период деформаций превышает период собственных колебаний инженерных сооружений, разрушительные резонансные эффекты не возникают. Вместе с тем, в связи с дивергентным характером пространственного распространения деформаций, вследствие нарушения сплоченности геологической среды этот тип деформаций является разрушительным для трубопроводов и отдельных типов инженерных сооружений [1]. Наиболее подвержены разрушениям газопроводы, расположенные в геодинамически активных регионах. В Украине аварии газопроводных и водопроводных сетей изучены для Одесской городской агломерации. В РФ аварии на магистральных трубопроводах и на канализационных коллекторах были изучены в регионе Сургута.

Состояние изученности проблемы

В работе [2] изучение реверсивных волновых геодеформаций было выполнено путем анализа динамики линеаментных систем на основе результатов обработки спутниковых изображений поверхности земли в разном спектральном диапазоне.

Показан пример исследования изменений деформационного поля в районе Мексики. Установлено, что за 9 дней перед землетрясением 31.10.2007 г. ($M=5,6$) в Мексике наряду с типичной трещиноватостью геологической среды, ориентированной вдоль азимута 315° на несколько дней, начали проявляться трещины поперечного направления с азимутом 45° . В результате разрывных геодеформаций при землетрясения 31.10.2007 г. трещины, направленные под углом 45° , фиксировались сразу после землетрясения на протяжении нескольких дней. Приведенные данные показывают, что деформационное поле динамично, а амплитуда геодеформаций такова, что может быть измерена дистанционно.

В работе [3] приведены результаты измерения изменения объема горных пород перед землетрясением в Спитаке в 1988 г. Увеличение объема горных пород может достигать 2%. Это значит, что при нарушении сплоченности горных пород соответственно будут изменяться расстояния между несущими конструкциями инженерных сооружений. Особенно разрушительным влияние изменения сплоченности горных пород сказывается на трубопроводах [4].

Результаты выполненных исследований

Для изучения степени анизотропности быстропротекающих реверсивных геодеформаций была выбрана ситуация, когда под влиянием аномальных приливов в твердом теле земли во время солнечного затмения, совпавшего с условиями перигея Луны (14.11.2012 г.) Европейской перманентной геодезической системой мониторинга геодеформаций (рис. 1) зафиксирован скачок геодеформаций.

По сравнению с 13.11.2012 г. большинство геодезических пунктов сместилось в восточном направлении с тенденцией к опусканию реверсивного характера. На рис. 2 показаны результаты измерения данного скачка деформаций станциями Чернигова, Евпатории и Анкары. 14.11.2012 г. соответствует третьим суткам 1714 GPS недели.

Осредненное за сутки опускание реверсивного характера достигало 50 мм. Горизонтальное реверсивное смещение имело такую же амплитуду. На рис. 2 видно, что геодезический пункт Чернигова сместился с северной составляющей, а Анкары — с южной составляющей. Направленность смещения указанных пунктов свидетельствует о том, что на указанной территории в результате скачка геодеформаций 13-14 ноября 2012 г. возникли условия

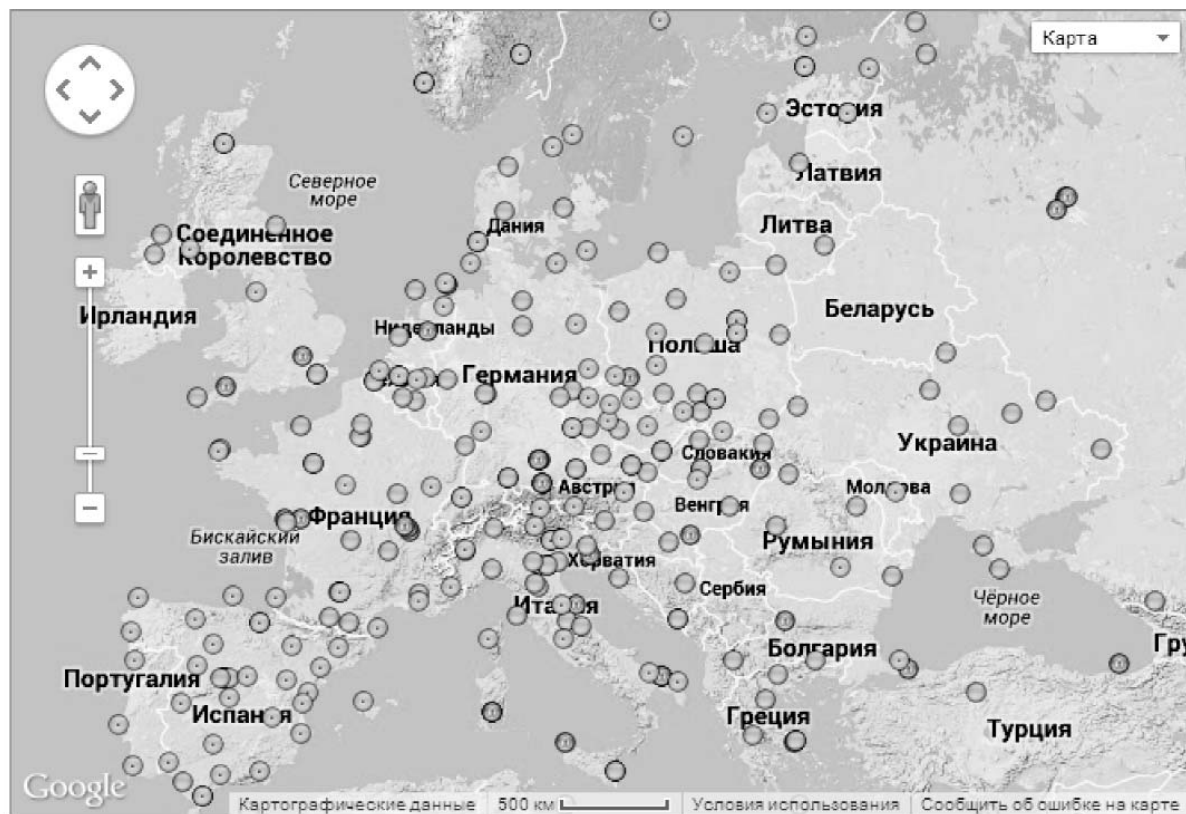


Рис. 1. Карта расположения станций Европейской перманентной геодезической системы мониторинга геодеформаций (<http://www.epncb.oma.be>)

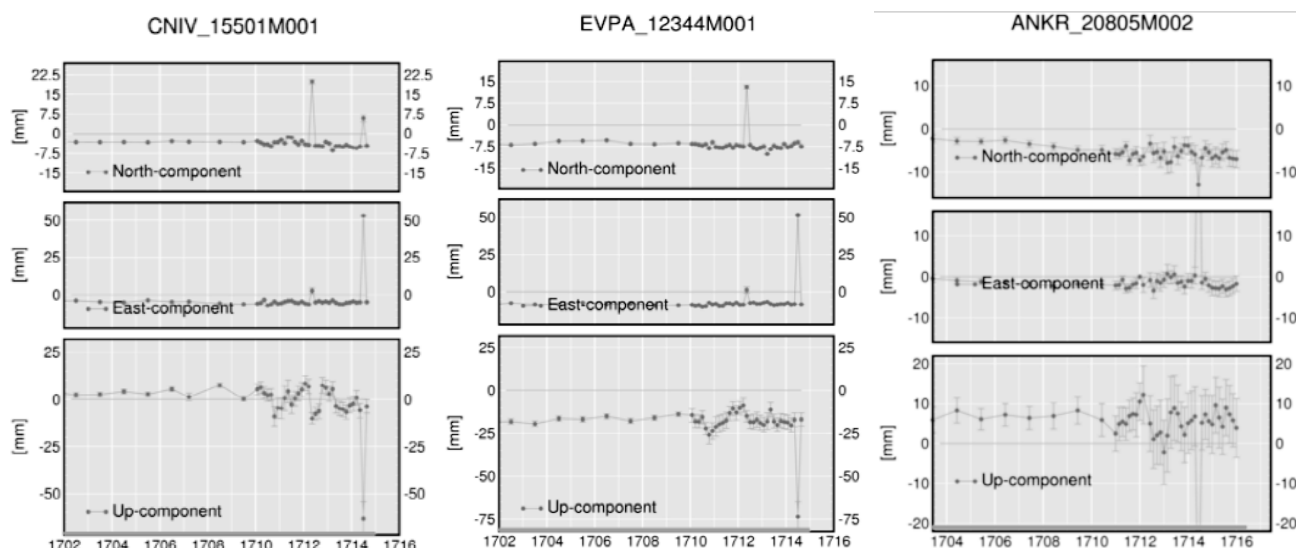


Рис. 2. Результаты измерения скачка деформаций 14.11.2012 г. станциями Чернигова, Евпатории и Анкары по данным EPN <http://www.epncb.oma.be> (временная шкала в GPS неделях)

растяжения земной поверхности, так как характер смещений был дивергентным.

На рис. 3 показана построенная нами карта горизонтальной проекции вектора смещения пунктов EPN 13-14.11.2012 г.

На территории юго-восточной Европы в Греции, Албании, Македонии, Черногории и Сербии выявлена зона отрицательной аномалии горизонтальных движений, что с запада этой зоны создались условия конвергенции, а с востока зоны, в районе восточной Турции, — условия дивергенции. Территория Украины оказалась на северо-восточной периферии рассматриваемого деформационного процесса.

В случае реверсивных движений на следующие сутки ситуация изменилась на противоположную. По данным Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (EMSC) действительно 13.11.2012 г. сейсмические проявления зафиксированы на западе указанной зоны, а через 8 часов, 14.11.2012 г. — на востоке выявленной зоны аномально низких горизонтальных смещений. Указанные сейсмические проявления подтверждают нашу гипотезу о возможности нарушения сплоченности геологической среды во время быстропротекающих асейсмических геодформаций реверсивного характера.

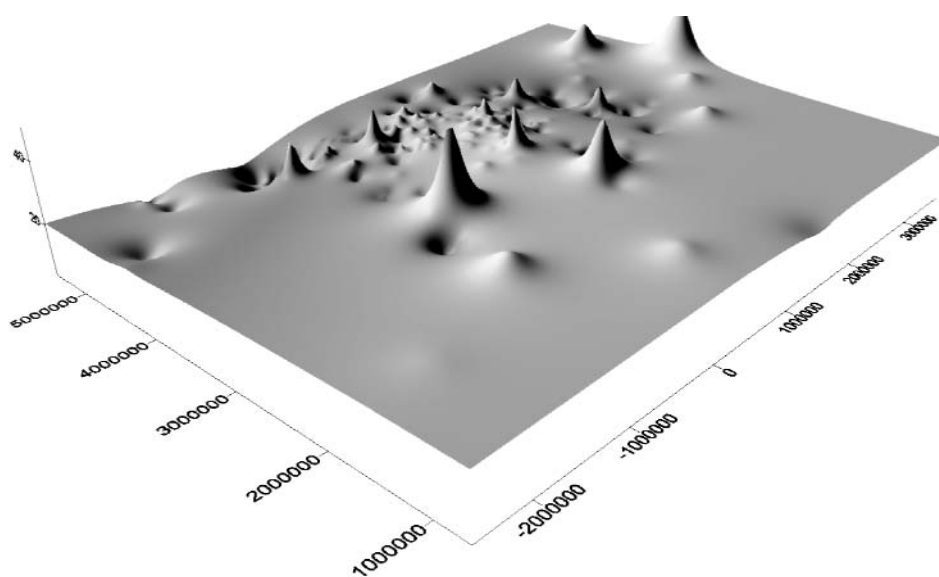


Рис. 3. Карта горизонтальной проекции вектора смещения пунктов EPN 13-14.11.2012 г. (по вертикальной оси горизонтальные смещения в мм, по X; Y географические координаты в градусах $1^{\circ}105$. Меридиан Гринвича отмечен как "0")

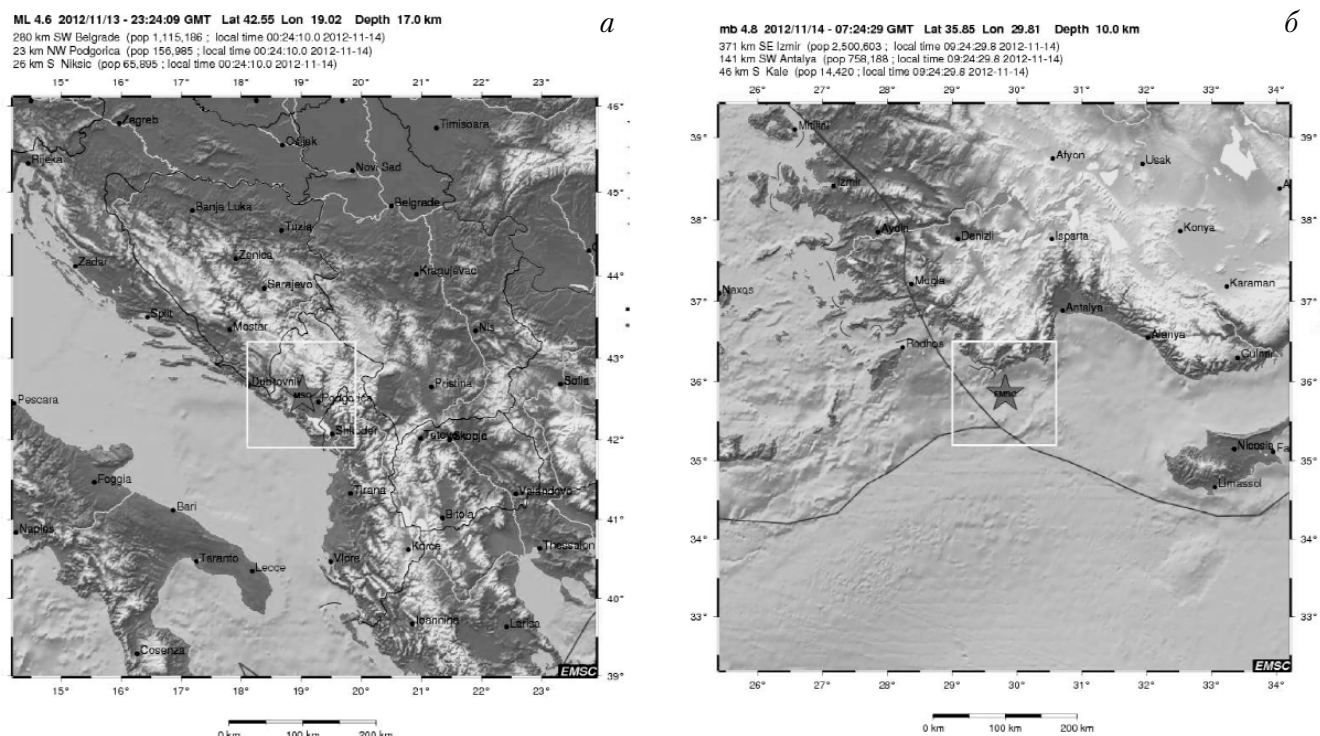


Рис. 4. Карты эпицентров мелкофокусных землетрясений в Европе с $M > 4,5$ 13.11.2012 г. (а) и 14.11.2012 г. (б) <http://www.emsc-csem.org>

Рассмотрим пространственную изотропность деформаций геологической среды во время обычных деформаций приливного характера. На рис. 5 показаны данные измерения деформаций во время прохождения секторальной полусуточной деформационной волны через геодезические пункты США — Бостона и Вашингтона и графики различия смещений между указанными пунктами. Вертикальные смещения пунктов имеют амплитуду до 30 см, горизонтальные — до 10 см.

В работе Дианы Харитоновой "The impact of solid Earth tides on the DGNSS positioning results" [5] приведены данные об изменении амплитуды приливных деформаций в зависимости от широты по данным измерений геодезических пунктов EPN — VAAS (Финляндия), KURE (Эстония), BRDL (Польша), DEVA (Румыния), AUT1 (Греция).

На рис. 6 авторами показано, что на широте Греции вертикальная составляющая полусуточ-

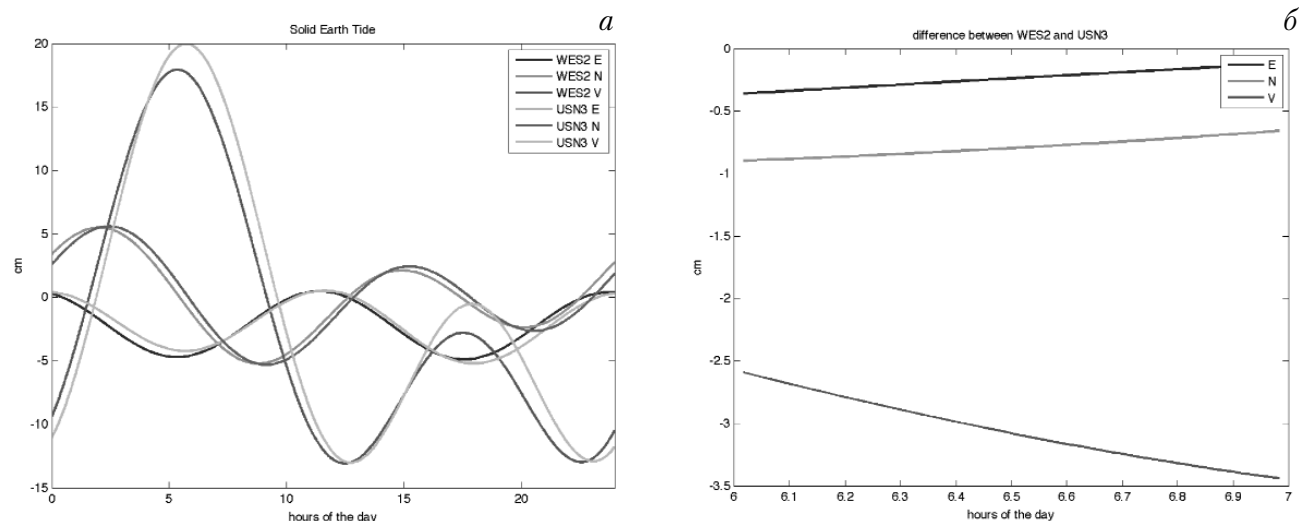


Рис. 5 а — типичные приливные деформации в пункте WES2 (Бостон) и USNO (Вашингтон); б — смещения фаз деформаций (www.colorado.edu/ASEN/asen6090/SolidTides)

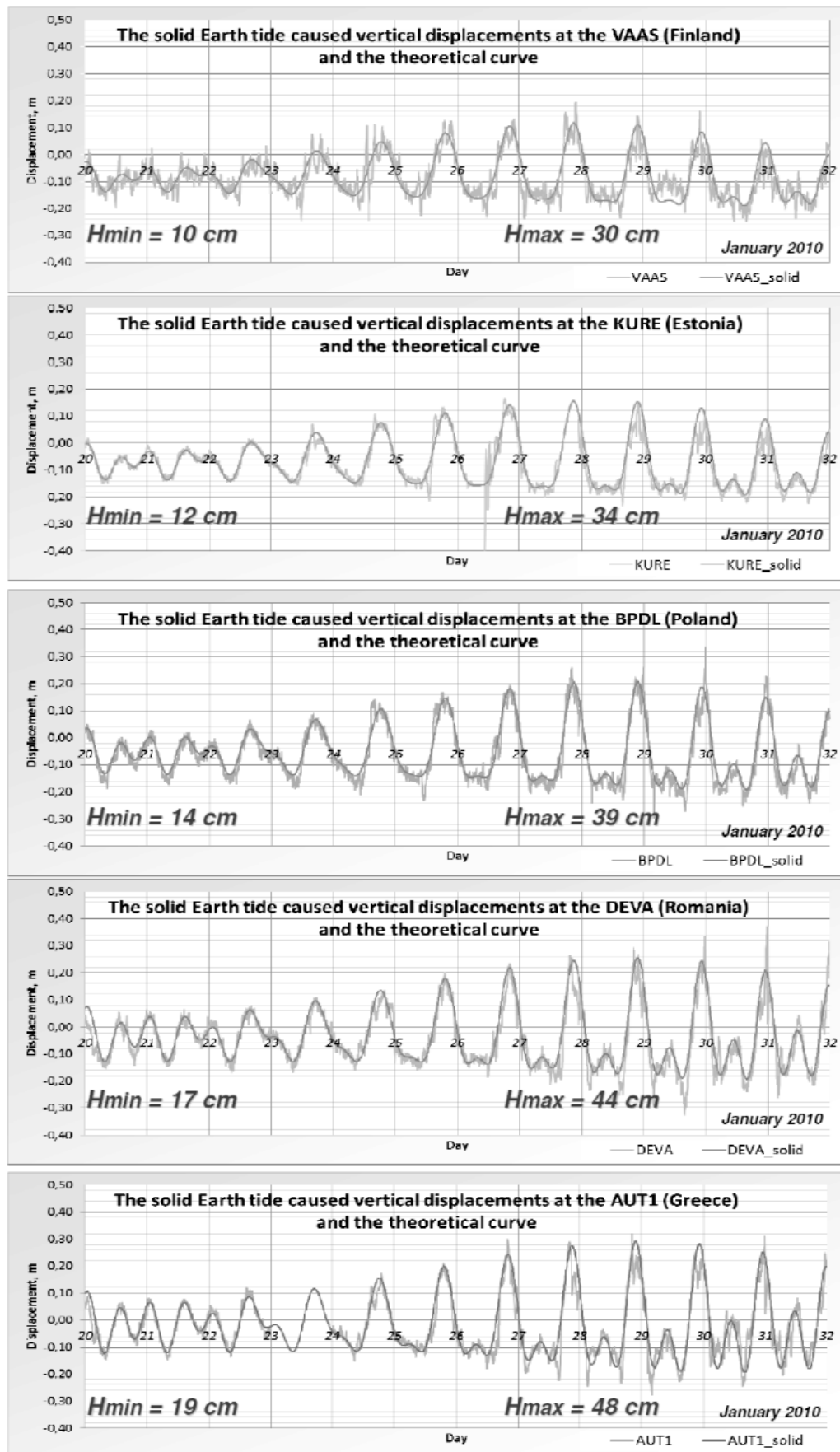


Рис. 6. Результаты измерения внутрисуточных приливов в твердом теле Земли в пунктах EPN – VAAS (Финляндия), KURE (Эстония), BRDL (Польша), DEVA (Румыния), AUT1 (Греция)



Рис. 7. Характер распространения по поверхности Земли полусуточных секториальных и суточных тессеральных приливных деформаций (http://en.wikipedia.org/wiki/Earth_tide)

ных и суточных приливов в твердом теле земли на 14 см больше чем на широте Финляндии.

В другой работе Дианы Харитоновой "Solid Earth Tides in the Territory of Latvia" [6] показано, что во время экстремальных приливов при солнечных затмениях сизигийные приливные геодеформации земной поверхности в два раза выше квадратурных.

Учитывая характер распространения по поверхности Земли полусуточных секториальных и суточных тессеральных приливных деформаций (рис. 7) можно предположить, что они могут нарушать сплоченность геологической среды.

Дивергентно-конвергентный характер приливов в твердом теле Земли на западе Северо-Американского континента подтвержден результатами

исследований Калифорнийского технологического института (рис. 8), опубликованные под названием "GPS data used to model effects of tidal loads on Earth's surface" на сайте ScinceDialy [7].

На рис.8 показано, что приливные эллипсы в разных районах могут иметь разное соотношение длин большой и малой осей.

Кроме этого показано, что один и тот же приливный процесс на севере США вызывает реверсивные смещения в направлении запад-восток с длиной вектора до 25 см, южнее такие же деформации в направлении СЗ-ЮВ. То есть внутрисуточные приливные деформации действительно приводят к нарушениям сплоченности геологической среды. На базе длиной 600 км главные оси приливных эллипсов геодеформаций отличаются примерно на 45°. То есть в случае секториального прилива в твердом теле Земли каждые 6 часов дивергентные условия в этом регионе сменяются дивергентными.

Выводы. При возникновении реверсивных быстропротекающих геодеформаций, в том числе в результате внутрисуточных приливов, возможно возникновение конвергентно-дивергентных движений и нарушение сплоченности геологической среды, которое может приводить к разрушению инженерных сооружений и коммуникаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Учитель И., Капочкин Б. Смена парадигмы современной геодинамики и сейсмотектоники, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 80 с. ISBN-13: 978-3-659-53087-6
2. В.Г. Бондур, А.Т. Зверев, Е.В. Гапонова, А.Л. Зима. Исследование из космоса предвестниковой цикличности при подготовке землетрясений, проявляющейся в динамике линейamentных систем. Исследование Земли из космоса, 2012, № 1 с. 3-20
3. Шило Н.А. Взаимосвязь колебаний уровня Каспийского моря с напряжениями в земной коре / Шило Н.А., Кривошей М.И. // Вестник АН СССР, 1989. — №6. — С. 83-90.

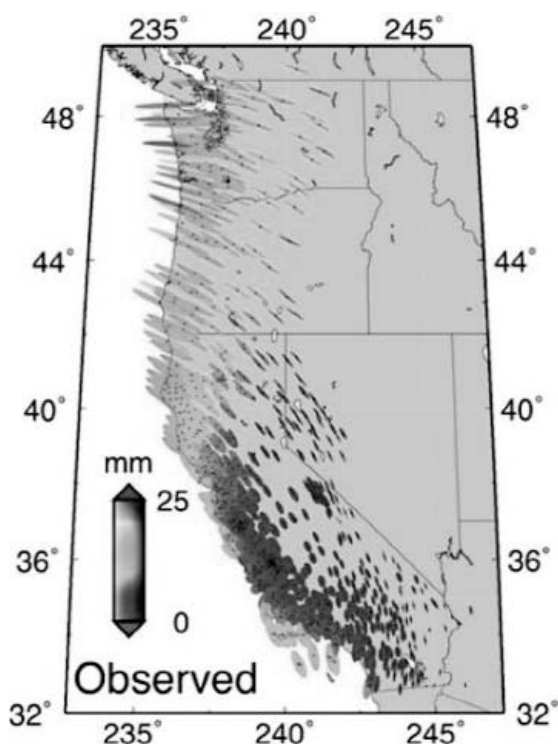


Рис. 8. Приливные эллипсы приливных геодеформаций в твердом теле Земли по данным Калифорнийского технологического института <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/04/110415104542.htm>

4. Войтенко С.П., Капочкин Б.Б., Учитель И.Л., Ярошенко В.Н. Геодинамика. Основы кинематической геодезии. Астропринт, Одесса, 2007 г., 264 стр.

5. <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/sap/2012/un-lat/via/ppt/2-11.pdf>

6. <https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/13674/fulltext>

7. <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/04/110415104542.htm>

АНОТАЦІЯ

Розглядаються деформації поверхні Землі під час проходження півдобових та добових припливів у твердому тілі Землі. Зазначено, що при амплітуді вертикальних зміщень в десятки сантиметрів можливі дивергентно — конвергентні геодформації, які здатні порушувати згуртованість геологічного середовища. Таким чином, геодформації при землетрусах є руйнівними для інженерних споруд за рахунок резонансних ефектів від сейсмічних хвиль, а асейсмічні швидкоплинні геодформації реверсивного характеру небезпечні розширенням та стисненням гірських порід. Небезпека збільшення об'єму гірських порід полягає в тому, що інженерні споруди не змінюють своєї геометрії і руйнуються. Найбільш переконливо ці процеси проявлені в динаміці руйнування трубопроводів.

Ключові слова: деформації поверхні Землі, руйнування інженерних споруд, перманентні геодетичні мережі.

ANNOTATION

Discusses the Earth's surface deformation while passing of the semidiurnal and diurnal tides in the solid Earth. Indicated that the amplitude of the vertical displacement of tens of centimeters possible divergent — convergent geodeformatsii changing the volume of the geological environment. Thus, geodeformatsii during earthquakes damaging to engineering structures resonance effects of seismic waves, and aseismic rapidly occurring reversible character geodeformatsii dangerous expansion and contraction of rocks. Risk of increased volume of rocks is that engineering structures do not change their geometry and destroyed. Most convincing, these processes are manifested in the dynamics of the destruction of pipelines.

Keywords: deformation of the Earth's surface, the destruction of engineering structures, permanent geodetic network.

УДК 69:338.45; 699.8; 624.012.3/.4;278

А.С. Вакалюк, КНУБіА, м. Київ

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНО- БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ З КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

АНОТАЦІЯ

Економія газу в секторі житлово-комунального господарства має досягатись шляхом реалізації інвестиційно-будівельних проектів, які включають у себе комплекс заходів із утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків, заміни вікон, модернізацію внутрішніх інженерних мереж, встановлення індивідуальних теплових пунктів, заміну зовнішніх інженерних мереж з модернізацією котельень тощо. Збільшення ефективності проектів досягається шляхом переходу від термомодернізації окремого будинку до комплексної термомодернізації кварталу та зосередженням підготовки та реалізації проекту в одній організації. Широкому розповсюдженню таких проектів сприятиме розробка та впровадження механізму забезпечення організаційної надійності таких проектів

Ключові слова: енергетична безпека; енергоефективність, ризики; термомодернізація; інвестиційно-будівельні проекти, організаційна надійність.

Економія енергоспоживання є пріоритетним завданням для всіх європейських країн. Для України — це питання економічної безпеки.

Структура споживання природного газу в Україні у 2013 році показує, що на потреби населення та теплогенеруючих підприємств було використано близько половини всього газу. В той же час, за висновками експертів потенціал заміщення природного газу у житловому секторі України досить високий — до 50% скорочення споживання газу та теплової енергії [2].

Таким чином, підготовка та реалізація проектів у сфері підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ є вкрай актуальною в Україні. Проте на даний час кількість вже реалізованих проектів можна перерахувати по пальцях і переважно вони охоплюють будівлі бюджетної сфери (школи, дитячі садочки, поліклініки).

До основних причин, що перешкоджають реалізації таких проектів, відноситься невідпо-