

УДК 528.21/22

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ СЕРЕДНЬОГО РІВНЯ БАЛТІЙСЬКОГО МОРЯ ЗА ДАНИМИ МАРЕОГРАФІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Н. Ярема, Т. Кашинський, А. Согор

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: мареограф, PSMSL станція, PSMSL служба, зміна середнього рівня моря.

Постановка проблеми

Сьогодні у зв'язку з глобальними кліматичними змінами у світі оцінювання рівнів морів та океанів є дуже актуальним, оскільки цей процес впливає на велику кількість сфер життєдіяльності країн, які омиваються морями та океанами. Тож морські країни зацікавлені у вивченні та дослідженні цих тенденцій та змін. Визначення зміни рівня моря є важливою частиною кліматичних досліджень, а рівень моря, який зростає, – один з найвідчутніших наслідків змін клімату. Вимірювання змін рівня Балтійського моря розпочалися у 1707 р., коли в Кронштадті запрацювала служба, яка започаткувала Балтійську систему висот. Балтійське море цікаве для дослідження тому, що є внутрішнім морем, розташованим у Північній Європі, і становить інтерес для багатьох європейських держав. Наприклад, в Польщі рівень моря найдовше визначають в Свіноуйсьце, близько 200 років. За цей період рівень моря підвищився на 22 см. Це означає, що територія суші зменшується. Сьогодні підтоплення узбережжя спостерігають не тільки у Польщі, але і на півночі Німеччини, у Литві та Латвії. Взагалі, внаслідок глобального потепління рівень води зростає у всіх морях, які оточують наш континент. Близько 240 тисяч мешканців польського узбережжя зіткнулись із загрозою підтоплення.

Для дослідження зміни рівня морів тепер найчастіше використовують метод супутникової альтиметрії, адже за останні 20 років дані супутникової альтиметрії стали дуже важливим засобом побудови геоїда на акваторіях та обчислення середніх рівнів морів і нульових точок відліку висот. Також використовують дані мареографічних спостережень. Актуальність цієї теми полягає у потребі вчасно реагувати на дійсні та потенційні зміни рівня Балтійського моря.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

У 2015 р. у Копенгагені на конференції, що стосувалась адаптації до зміни клімату, була представлена доповідь “Друга оцінка кліматичних змін в басейні Балтійського моря”. Для підготовки цієї доповіді використано результати досліджень 141 ос. (метеорологів, гідрологів, океанографів і біологів) з країн, що оточують Балтику. Роботу координував Міжнародний науковий проект регіону Балтійського моря Baltic Earth центру ім. Гельмгольца в місті Гестахт. У доповіді висвітлено результати зміни клімату, що спостерігалися в останні 200 років, і прогнози до кінця XXI ст., підготовані за допомогою комп'ютерного моделювання.

Дослідження зміни середнього рівня Чорного та Балтійського морів описано у працях [2–5]. Зміну середнього рівня Чорного та Балтійського морів визначено за даними супутникової альтиметрії місій ERS-1, ERS-2, TOPEX-POSEIDON з 1992 р. до 2001 р.

Постановка завдання

Визначити зміну середнього рівня Балтійського моря за даними мареографічних спостережень за період з 1994 р. до 2012 р. Проаналізувати отримані результати.

Виклад основного матеріалу

Збиранням, публікацією, аналізом та інтерпретацією даних про рівень морів займається Перманентна служба визначення середнього рівня моря (PSMSL) [6, 7].

Служба PSMSL заснована у 1933 р. у Ліверпулі, в Національному океанографічному центрі (NOC), який є складовою частиною Дослідницької ради Великої Британії щодо навколишнього природного середовища. Відповідає за збирання, публікацію, аналіз та інтерпретацію даних про рівень морів. PSMSL є членом Федерації служби аналізу астрономічних і геофізичних даних (FAGS). Крім своєї основної ролі, підтримування функціонування світового банку даних рівня моря, PSMSL консулює операторів і аналітиків калібрування припливів, виконує центральну роль в управлінні та розвитку Глобальної системи спостережень за рівнем моря (GLOSS) і організовує міжнародні навчальні групи з вивчення та аналізу важливих тем. Набір інтерактивних карт дозволяє користувачам досліджувати зміни рівня моря у всьому світі, використовуючи дані з мареографів, що надходять у глобальний банк даних рівня моря в системі PSMSL. Формування бази даних PSMSL відбувається за допомогою результатів мареографічних спостережень. Набір даних міститься у вільному доступі. Вони доступні для наукової громадськості на PSMSL-сайті [6].

На рис. 1 зображено розподіл PSMSL станцій на береговій лінії Світового океану.

На сайті PSMSL про кожну мареографічну станцію на окремій сторінці наведена інформація. Дані містяться в окремому розділі “Data”, де в таблиці подано основні характеристики мареографів та закладено дані про мареографічні виміри протягом певного періоду. На рис. 2 наведено приклад інформації про мареограф КОБЕННАВН (Данія). До характеристик мареографічної станції належать широта та довгота станції, код берегової лінії, код станції, країна, повнота спостережень у відсотках, код спостережень, період спостережень, дата останнього оновлення, а також місце розташування мареографа на карті. Зеленим позначена станція – мареограф, а жовтим сусідні мареографи.

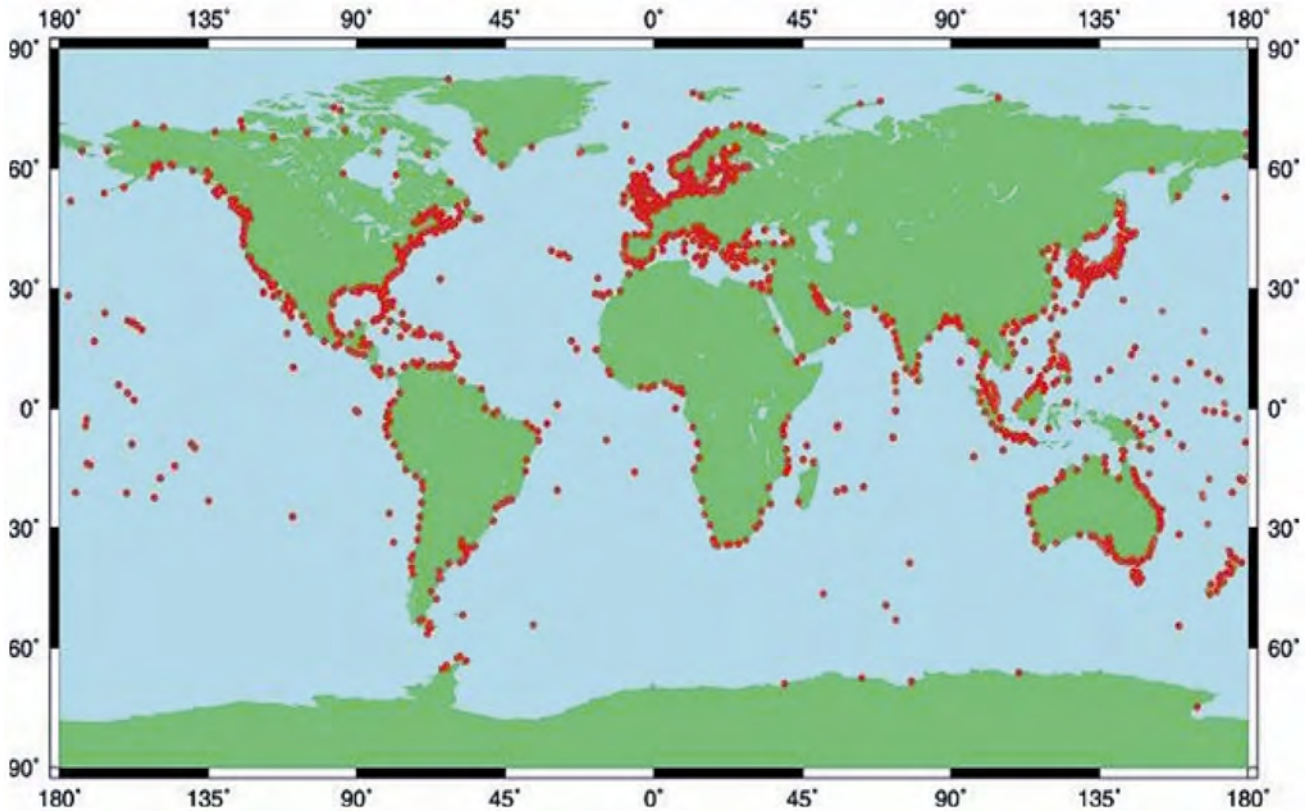


Рис. 1. Розподіл мареографів на береговій лінії Світового океану

PSMSL Permanent Service for Mean Sea Level

About Us Data Products Training & Information Links

You are here: home > data > obtaining > stations >

Data

- Obtaining
- Supplying
- High-Frequency
- Bottom Pressure Records
- Other Long Records
- GLOSS/ODINAFRICA Calibration Data

Data Notes

- Individual Station Data and Plot Notes
- Referencing the Data Set
- PSMSL Help File
- 2010 Changes to the PSMSL Data Files

Extracted from Database
21 Sep 2015

KOBENHAVN

WARNING: QCFLAG EXISTS. PLEASE READ THE DOCUMENTATION.

Station Information	
Station ID:	82
Latitude:	55.705
Longitude:	12.6
Coastline code:	130
Station code:	21
Country:	DENMARK
Time span of data:	1889 – 2012
Completeness (%):	98
Frequency Code:	96
Date of last update:	12 Sep 2013

Green Arrow: Current Station

Yellow Marker: Neighbouring RLR Station

Please note: In many cases, the station position in our database is accurate to only one minute. Thus, the tide gauge may not appear to be on the coast.

Рис. 2. Приклад інформації про PSMSL станцію

Мареографічні вимірювання здійснюються постійно, тому, для зручності використання, їх об'єднують у щомісячні та щорічні. Мареографічні виміри дають можливість графічно відображати коливання та зміну рівнів морів та океанів. Як вихідний матеріал використані дані служби PSMSL, а саме усереднені точкові дані зміни рівня моря у вигляді щомісячних значень. Для визначення зміни рівня Балтійського моря вибрано 42 мареографи. Мареографи розташовані у таких країнах: Фінляндія, Литва, Німеччина, Данія, Швеція. На рис. 3 наведена схема розташування мареографічних станцій вздовж берегової лінії Балтійського моря. Як бачимо з рис. 3, не уся берегова лінія Балтійського моря забезпечена даними, переважно немає даних на південно-східному узбережжі Балтійського моря.

Щоб визначити зміну рівня Балтійського моря протягом 1994–2012 рр., потрібно провести лінійну оцінку тренду за даними мареографічних спостережень. Така оцінка виконана на кожній станції зокрема. Рис. 4 ілюструє оцінку лінійного тренду зміни середнього рівня Балтійського моря за щомісячними значеннями на станціях KOBENHAVN (Данія) та RATAN (Швеція).

У табл. 1 подана інформація про мареографи, а саме: номер id, назва країни, назва станції, широта і довгота, на якій розташований водомірний пост, а також середнє значення зміни рівня моря.

Після отримання результатів побудуємо карту зміни середнього рівня Балтійського моря, використовуючи метод інтерполяції сплайн-функціями [1]. На рис. 5 зображено зміну середнього рівня Балтійського моря за даними мареографічних спостережень.

Таблиця 1

Обчислені зміни рівня Балтійського моря на PSMSL-станціях (1992–2012 рр.)

№	id	Країна	Назва	B	L	Зміна рівня, мм
1	14	Фінляндія	HELSINKI	60,154	24,956	1,18
2	57	Фінляндія	VASA	63,082	21,571	-3,94
3	71	Фінляндія	HANGO	59,823	22,977	1,38
4	79	Фінляндія	ULEABORG	65,04	25,418	-2,66
5	172	Фінляндія	MANTYLUOTO	61,594	21,463	-2,1
6	194	Фінляндія	JAKOBSTAD	63,709	22,69	-3,47
7	229	Фінляндія	KEMI	65,673	24,515	-2,96
8	239	Фінляндія	ABO	60,428	22,101	-0,27
9	240	Фінляндія	BRAHESTAD	64,666	24,407	-4,02
10	249	Фінляндія	DEGERBY	60,032	20,385	-0,71
11	285	Фінляндія	KASKO	62,344	21,215	-2,86
12	315	Фінляндія	HAMINA	60,563	27,179	2,46
13	376	Фінляндія	RAUMO	61,134	21,426	-1,45
14	118	Литва	KLAIPEDA	55,7	21,133	4,44
15	8	Німеччина	WISMAR 2	53,899	11,458	3,65
16	11	Німеччина	WARNEMUNDE 2	54,17	12,103	4,26
17	13	Німеччина	TRAVEMUNDE	53,958	10,872	3,72
18	397	Німеччина	SASSNITZ	54,511	13,643	5,67
19	789	Німеччина	KIEL-HOLTENAU	54,372	10,157	3,37
20	1448	Німеччина	KOSEROW	54,06	14,001	2,37
21	82	Данія	KOBENHAVN	55,705	12,6	2,49
22	98	Данія	SLIPSHAVN	55,288	10,828	2,72
23	113	Данія	KORSOR	55,332	11,142	1,51
24	120	Данія	GEDSER	54,573	11,926	4,48
25	762	Данія	RODBYHAVN	54,656	11,349	2,02
26	1197	Данія	FYNHAV	54,995	9,987	3,32
27	1812	Данія	TEJN	55,25	14,838	2,6
28	69	Швеція	OLANDS NORRA UDDE	57,366	17,097	0,98
29	70	Швеція	KUNGSHOLMSFORT	56,105	15,589	2,89
30	78	Швеція	STOCKHOLM	59,324	18,082	0,4
31	88	Швеція	RATAN	63,986	20,895	-3,87
32	203	Швеція	FURUOGRUND	64,916	21,231	-2,56
33	330	Швеція	KLAGSHAMN	55,522	12,894	1,46
34	1211	Швеція	SPIKARNA	62,363	17,531	-2,68
35	2101	Швеція	KALIX	65,697	23,096	-2,98
36	2102	Швеція	SKAGSUDDE	63,191	19,013	-3,78
37	2103	Швеція	FORSMARK	60,409	18,211	-0,73
38	2104	Швеція	MARVIKEN	58,554	16,837	0,18
39	2105	Швеція	VISBY	57,639	18,284	1,14
40	2106	Швеція	OSKARSHAMN	57,275	16,478	3,41
41	2108	Швеція	SKANOR	55,417	12,829	5,25
42	2109	Швеція	BARSEBACK	55,756	12,903	3,73

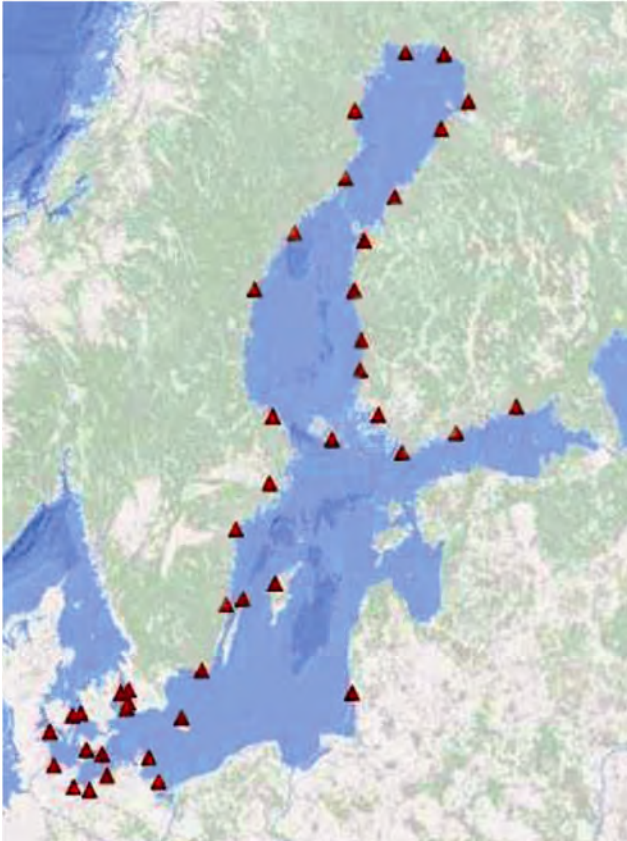


Рис. 3. Схема розміщення мареографів вздовж берегової лінії Балтійського моря

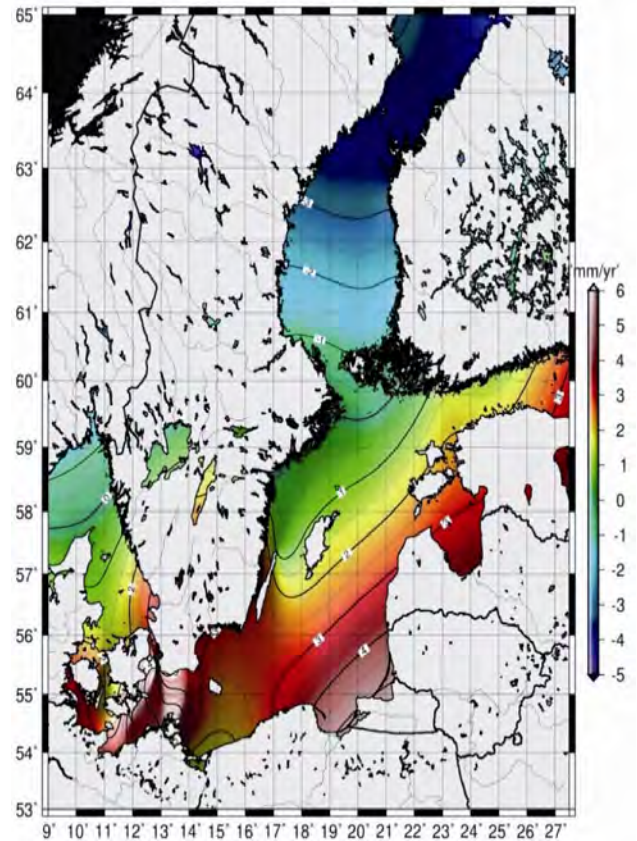


Рис. 5. Зміна рівня Балтійського моря за даними мареографічних спостережень

Станція КОВЕННАВН, Данія
2,49 мм/рік

Станція РАТАН, Швеція
-3,87 мм/рік

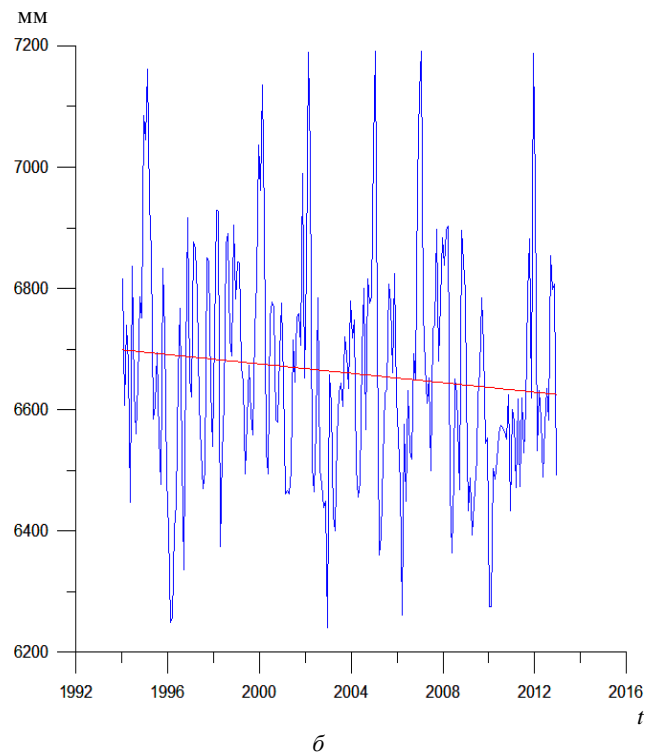
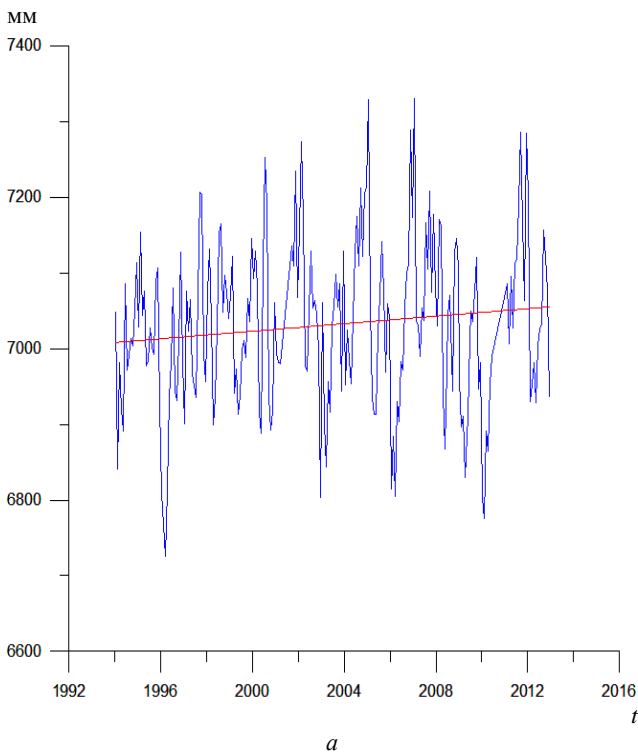


Рис. 4. Оцінка лінійного тренду зміни середнього рівня Балтійського моря на станції КОВЕННАВН, Данія (а) та на станції РАТАН, Швеція (б) за щомісячними значеннями мареографічних спостережень

Висновки

На першому етапі здійснено лінійну оцінку тренду зміни середнього рівня Балтійського моря для кожного мареографа за вимірними значеннями рівнів моря. Після опрацювання даних сформовано карту зміни рівня Балтійського моря. Проаналізувавши результати, можна зробити висновок, що рівень Балтійського моря зростає вздовж берегових ліній Данії, Німеччини, Польщі, Литви, а понижується біля узбережжя Фінляндії та Швеції. Отже, ми бачимо, що рівень вод північної частини Балтики понижується. Це можна пояснити тим, що Скандинавія продовжує підніматись, тому Балтійське море підтоплює береги країн, які розташовані на півдні Балтійського моря.

Література

1. Марченко О. М. Про двовимірну інтерполяцію трансформант гравітаційного поля модифікованим сплайном Ерміта / О. Марченко, О. Заяць, М. Ничвид // Вісник геодезії та картографії. – 2005. – № 4. – С. 6–10.
2. Марченко О. М. Референцні системи в геодезії / О. М. Марченко, К. Р. Третяк, Н. П. Ярема. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 216 с.
3. Марченко О. М. Визначення середніх рівнів Балтійського і Чорного морів та їх змін у часі / Марченко О. М., Ярема Н. П. // Вісник геодезії та картографії. – 2006. – № 6. – С. 2–9.
4. Марченко О. М. Про середнє значення потенціалу W_0 та його зміни в часі для акваторії Чорного моря / О. Марченко, Н. Ярема, І. Заєць, З. Тартачинська // Геодинаміка. – 2006. – Вип. 1 (5). – С. 1–7.
5. Ярема Н. П. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / Н. П. Ярема; Національний університет “Львівська політехніка”. – Львів. – 2007. – С. 132.
6. Permanent Service for Mean Sea Level [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.psmsl.org/>

7. Permanent Service for Mean Sea Level Obtaining Tide Gauge Data/База даних: [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.psmsl.org/data/obtaining/>

Визначення зміни середнього рівня Балтійського моря за даними мареографічних спостережень
Н. Ярема, Т. Кашинський, А. Согор

Визначено зміну середнього рівня Балтійського моря за 1994–2012 рр. На першому етапі здійснено лінійну оцінку тренду зміни середнього рівня Балтійського моря на мареографічних станціях. Складено карту зміни середнього рівня Балтійського моря.

Определение изменения среднего уровня Балтийского моря по данным мареографических наблюдений
Н. Ярема, Т. Кашинский, А. Согор

Определено изменение среднего уровня Балтийского моря за период 1994–2012 гг. На первом этапе проведено линейную оценку тренда изменения среднего уровня Балтийского моря на мареографических станциях. Составлена карта изменения среднего уровня Балтийского моря.

Determination of the Baltic Sea mean level changes from tide gauge data
N. Yarema, T. Kashynskiy, A. Sogor

The changes in the mean level of the Baltic Sea for the period 1994–2012 yy. was determined. First the linear trend of temporal variations of mean level in the Baltic Sea areas were obtained from tide gauge data. Mapping changes in the mean level of the Baltic Sea was presented.

Чергова 21-ша Міжнародна науково-технічна конференція



«ГЕОФОРУМ – 2016»

Присвячена професійному святу працівників
геології, геодезії і картографії України
Відбудеться у Львові та його околицях

13–15 квітня 2016 р.

www.zgt.com.ua