

ПРО СЕРЕДНЄ ЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ W_0 ТА ЙОГО ЗМІНИ В ЧАСІ ДЛЯ АКВАТОРІЇ ЧОРНОГО МОРЯ

Постановка проблеми та її зв'язок із науковими завданнями

Як відомо, дані супутникової альтиметрії [2-7] відкривають ефективний шлях знаходження середнього значення потенціалу W_0 на поверхні геоїда. За визначенням [8] ця поверхня співпадає з рівневою поверхнею, яка в цілому являє собою середню топографічну поверхню Світового океану. Традиційно значення W_0 використовується при реалізації таких вертикальних референсних систем, які пов'язані з гравітаційним полем Землі. Як правило, кожна вертикальна референсна система повинна бути реалізованою через геопотенціальні числа і нормальні висоти вузлових точок відповідної нівелірної мережі відносно вибраного футштоку [9]. У випадку Балтійської 1977р. системи значення W_0 не є офіційно зафіксованим, що призводить до відповідних практичних труднощів переходу до інших систем висот. Саме з цієї причини проблема визначення потенціалу сили ваги W_0 є актуальною задачею, яка може бути розв'язана за альтиметричними даними редукованих висот поверхні моря (SSH) шляхом їх попередньої фільтрації та побудови геоїда на акваторії Чорного і Азовського морів.

Актуальним на сьогоднішній день є не тільки визначення потенціалу сили ваги, але й оцінювання його зміни з часом [1], яке може стати одним з важливих показників відповідних кліматичних змін. У цілому, протягом останніх 15 років дані супутникової альтиметрії за рахунок їх високої точності стали одним з найбільш поширених видів вихідних даних для розв'язування різноманітних геодезичних задач на морі. Саме стабільність альтиметричних вимірів стала дуже важливою для вивчення дрейфу у зміні рівня моря і розв'язування як статичних, так і геодинамічних проблем.

У даній роботі ставиться та розв'язується задача визначення середнього значення потенціалу W_0 для акваторії Чорного моря за даними супутникових альтиметричних місій

ERS-1, ERS-2 та TOPEX/POSEIDON (місія TOPEX/POSEIDON на сьогодні забезпечує найбільш точним набором альтиметричних даних на інтервалі з 1992 р. по теперішній час). Крім того, дані з зазначених супутників були використані для оцінювання лінійної складової варіації геопотенціалу W_0 для акваторії Чорного моря.

Вихідні дані

Як для побудови геоїда, так і визначення середнього значення потенціалу W_0 в регіоні Чорного і Азовського морів використовувались наступні вихідні альтиметричні дані (табл. 1), виправлені в океанографічному центрі AVISO за вплив орбітальних і інструментальних помилок та геофізичних факторів:

1. 36836 значень SSH, отриманих за період з жовтня 1992 до червня 1996 супутниковою альтиметричною місією ERS-1;
2. 122973 значень SSH, отриманих за період з квітня 1995 до вересня 2001 супутниковою альтиметричною місією ERS-2;
3. 161247 значень SSH, отриманих отриманих за період з жовтня 1992 до вересня 2001 супутниковою альтиметричною місією TOPEX/POSEIDON.

Обчислення середнього значення потенціалу W_0 для акваторії Чорного моря

На першому етапі поле висот геоїда (рис.1) було побудовано методом регуляризації Тіхонова з більшою, ніж у роботі [10] роздільною здатністю $2' \times 2'$ (у відповідних вузлах регулярного ґриду) з метою подальшого обчислення середнього значення потенціалу W_0 для акваторії Чорного моря.

Згідно з узагальненою теоремою Брунса [1] та стандартним представленням зовнішнього гравітаційного потенціалу V Землі висоти геоїда N можуть бути обчисленими за формулами:

$$N = N_0 + \frac{GM}{r\gamma} \sum_{n=2}^K \left(\frac{a}{r}\right)^n \sum_{m=0}^n (\Delta\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{nm}(\sin \varphi), \quad (1)$$

Розподіл даних супутникової альтиметрії в регіоні Чорного моря

<i>СУПУТНИК</i>	<i>ПЕРІОД</i>	<i>КІЛЬКІСТЬ SSH</i>
ERS1	10.04.1994 – 09.03.1995	17921
ERS1	24.03.1995 – 02.06.1996	18915
ERS1		Total = 36836
ERS2	24.04.1995 – 06.06.1996	16564
ERS2	06.06.1996 – 01.09.1997	19207
ERS2	01.09.1997 – 26.10.1998	25471
ERS2	26.10.1998 – 11.10.1999	22076
ERS2	11.10.1999 – 25.09.2000	20863
ERS2	25.09.2000 – 10.09.2001	18792
ERS2		Total=122973
TOPEX/POSEIDON	02.10.1992–04.10.1993	18649
TOPEX/POSEIDON	04.10.1993–16.10.1994	18485
TOPEX/POSEIDON	16.10.1994–08.10.1995	19128
TOPEX/POSEIDON	09.10.1995 – 09.10.1996	18076
TOPEX/POSEIDON	09.10.1996 – 11.10.1997	18183
TOPEX/POSEIDON	11.10.1997 – 13.10.1998	17906
TOPEX/POSEIDON	13.10.1998 – 05.10.1999	17310
TOPEX/POSEIDON	06.10.1999 – 06.10.2000	18460
TOPEX/POSEIDON	07.10.2000 – 08.10.2001	15050
TOPEX/POSEIDON		Total = 161247

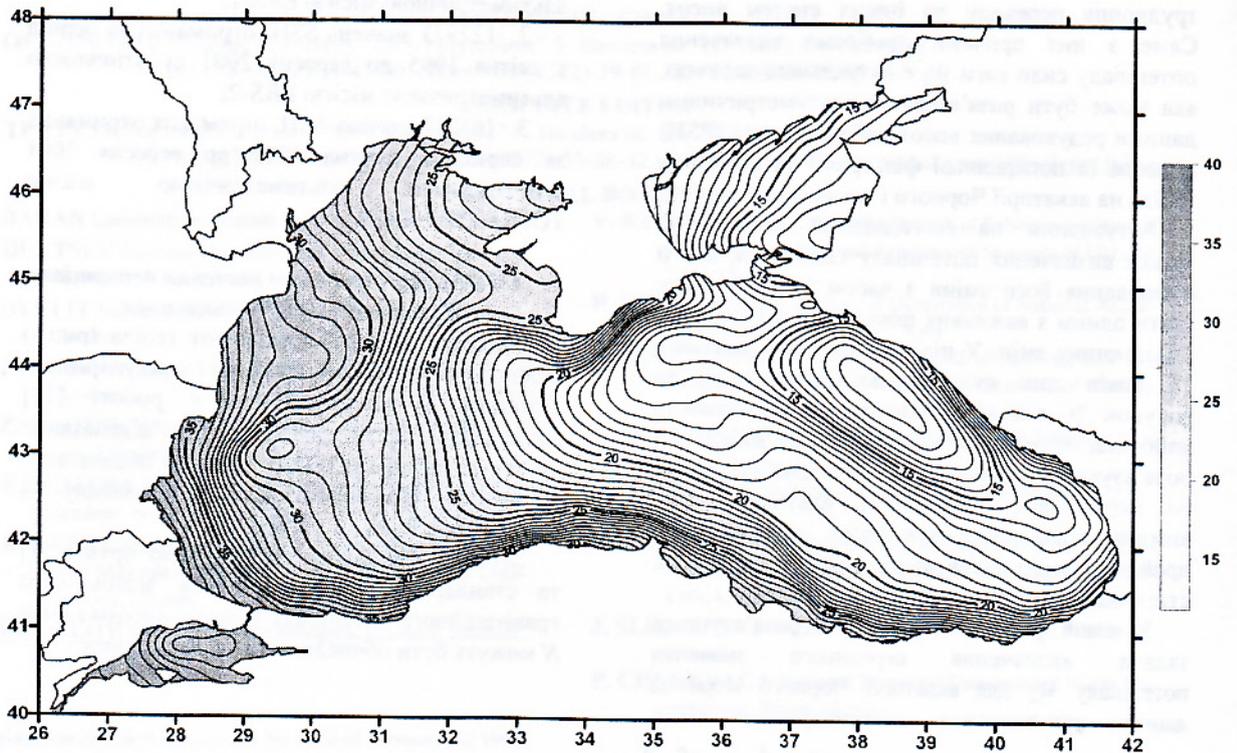


Рисунок 1. Висоти геоїда, побудовані методом регуляризації за даними SSH (табл.1) на інтервалі в 9 років. (Ізолінії проведено через 0.5м; система WGS84)

$$\Delta \bar{C}_{nm} = \bar{C}_{nm} - \frac{GM_e}{GM} \left(\frac{a_e}{a} \right)^n \bar{C}_{nm}^e, \quad (2)$$

$$N_0 = \frac{GM - GM_e}{r\gamma} - \frac{W_0 - U}{\gamma}, \quad (3)$$

де $(\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}), \bar{C}_{nm}^e$ – повністю нормовані гармонічні коефіцієнти гравітаційного потенціалу Землі та потенціалу нормального еліпсоїда відповідно; $\bar{P}_{nm}(\sin \varphi)$ – повністю нормовані присяднані функції Лежандра; GM – добуток гравітаційної сталої на масу Землі прийнятої моделі Землі; a – велика піввісь земного еліпсоїда, до якої віднесені коефіцієнти $\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}$; GM_e та a_e – відповідні константи нормального еліпсоїда; K – максимальний порядок розкладу потенціалу V в ряд типу (1); W_0 – потенціал сили ваги на поверхні геоїда N (відомого в нашому випадку згідно з рис.1 у 47164 точках рівномірного ґриду $2' \times 2'$); U – нормальний потенціал сили ваги на поверхні

прийнятого рівневого еліпсоїда ($U = \text{const} = U_0$); N_0 – так звана ундуляція геоїда нульового порядку.

Таким чином, при наявності висот геоїда N та моделі гравітаційного поля Землі високої роздільної здатності виникає проста можливість визначення N_0 і – згідно з формулою (3) – середнього значення W_0 потенціалу сили ваги для акваторії Чорного моря у нашому випадку. На першому етапі був проведений експеримент з чисельної стабільності визначення W_0 при використанні різних референцих систем відліку. Тому з вихідних даних N був видалений тренд моделі глобального гравітаційного поля EIGEN-CG01C, яка представлена гармонічними коефіцієнтами до $K=360$ ступеня/порядку, а отже, має роздільну здатність $30' \times 30'$ [11]. Зауважимо, що для цієї моделі (фіксованої на епоху 1997) прийняті такі сталі: $GM=398600.4415 \text{ км}^3/\text{с}^2$, $a=6378136.46\text{м}$, які суттєво відрізняються від GM_e та a_e – найбільш поширених геодезичних референцих систем GRS80 і WGS84 (табл.2).

Таблиця 2

Основні параметри систем GRS80 і WGS84

Параметр	GRS80	WGS84
GM_e [км ³ /с ²]	398600.5	398600.4418
a_e [м]	6378137	6378137
$1/f$	298.257222101	298.257223563
$\omega \cdot 10^{11}$ [radians/s]	7292115.0	7292115.0
U_0 [м ² /с ²]	62636860.850	62636851.715

Тому експериментальне визначення N_0 було проведено на базі формул (1) – (2), моделі EIGEN-CG01C та використання зазначених двох референцих систем, які відрізняються за рахунок різних прийнятих значень GM_e (див. табл.2). У результаті було отримано два варіанти поля залишкових висот геоїда та величини $N_0=0.148\text{м}$ і $N_0=-0.790\text{м}$, що відповідають фактичній різниці систем $\sim 1\text{м}$. Після підстановки отриманих значень N_0 у (3) тепер не складає труднощів і визначення W_0 для акваторії Чорного моря (табл.3).

Оскільки формула (3) отримана шляхом лінеаризації, більшу точність обчислень можна отримати використанням замкнутих виразів. Приймавши $N_0=\Delta a$, можна обчислити новий екваторіальний радіус $a'=a+N_0$ такого “регіонального” еліпсоїда, чий нормальний

потенціал U_0 буде дорівнювати реальному потенціалу W_0 на геоїді, висоти якого представлені на рис.1. Тепер вже з новим значенням великої півосі $a=a'$ для цих двох систем були знайдені відповідні значення потенціалу U_0 на основі замкнутої формули [8]:

$$U = \frac{GM}{E} \arctan\left(\frac{E}{b}\right) + \frac{1}{3} \omega^2 a^2, \quad (4)$$

де $E = \sqrt{a^2 - b^2}$ – лінійний ексцентриситет, b – мала піввісь еліпсоїда. Слід зауважити, що залежність зміни потенціалу U тільки від зміни великої півосі a приймає після відповідного диференціювання (4) форму (5) і ілюструється рис.2.

$$\Delta U = \left(GM \cdot \arctan\left(\frac{\sqrt{2f - f^2}}{f - 1}\right) \right) / \left(a^2 \sqrt{2f - f^2} + \frac{2a\omega^2}{3} \right) \Delta a. \quad (5)$$

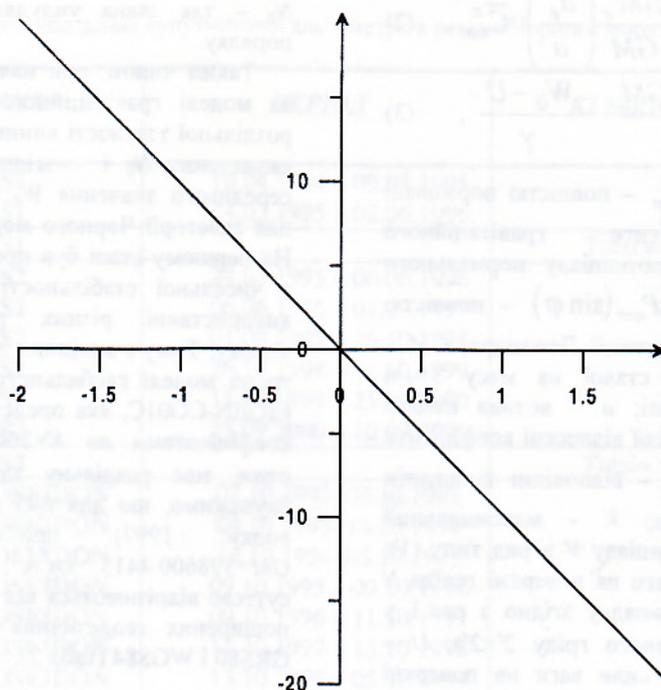


Рисунок 2. Залежність зміни U_0 [m^2/c^2] від зміни значення великої півосі Δa [м]

Таблиця 3
Експериментальне визначення W_0 для акваторії Чорного моря з використанням двох референсних систем (за даними альтиметрії та моделі EIGEN-CG01C)

Параметр	Система GRS80 [m^2/c^2]	Система WGS84 [m^2/c^2]
W_0	62636859.400	62636859.431

Як видно з табл. 3, результати визначення потенціалу W_0 з використанням двох референсних систем відрізняються достатньо мало ~3мм в лінійній мірі, що на порядок менше точності використаного геоїда. Для більш детального дослідження оцінювання стійкості

визначення потенціалу W_0 для акваторії Чорного моря були використані 11 моделей гравітаційного поля. Значення N_0 і відповідні W_0 , отримані для різних моделей гравітаційного поля, приведені у таблиці 4.

Таблиця 4
Результати визначення потенціалу W_0 для акваторії Чорного моря

$$(W_{NAP} = U_{GRS80} = 6263860.850 m^2/c^2)$$

Модель	Рік	Порядок	Вихідні дані ^{*)}	N_0 [м]	W_0 [m^2/c^2]
OSU91A	1991	360	G, A	-2.000	62636880.430
EGM96	1996	360	G, A	-0.319	62636863.968
EGG97 [10]	1997	-	G	-0.417	62636864.930
PGM2000A	2000	360	S, A	-0.202	62636862.827
GGM01S (UTEX)	2003	120	S (Grace)	-0.030	62636861.148
GGM02S (UTEX)	2004	160	S (Grace)	0.076	62636860.108
EIGEN-GRACE02S (GFZ)	2004	150	S (Grace)	0.061	62636860.251
GGM01C (UTEX)	2003	200	S (Grace), G, A	0.156	62636859.324
GGM02C (UTEX)	2004	200	S (Grace), G, A	0.157	62636859.313
EIGEN-CG01C (GFZ)	2004	360	S (Champ, Grace), G, A	0.148	62636859.400
EIGEN-CG03C (GFZ)	2005	360	S (Champ, Grace), G, A	0.156	62636859.327

^{*)} S – супутникові дані, G – дані наземної та морської гравіметрії, A – дані супутникової альтиметрії

Результати обчислень $W_0=U_0$ за формулою (4), що наведені у табл.4, достатньо добре збігаються у випадку останніх чотирьох комбінованих моделей гравітаційного поля Землі (за даними супутників CHAMP, GRACE, гравіметрії та супутникової альтиметрії), і ми приймаємо нижче в якості заключного їх осереднене значення $W_0=62636859.34 \text{ м}^2/\text{с}^2$.

Використовуючи відомі величини потенціалу W_0 в окремих футштоках, можемо тепер обчислити різницю рівнів між вибраним

футштоком і середнім рівнем Чорного моря. Табл. 5 ілюструє значення W_0 в Амстердамському (NAP) та Кронштадтському футштоках. Офіційно прийнятою величиною, яка зв'язана з Європейською вертикальною системою EVRF2000, є $W_0=62636860.850$ [9]. Інші значення W_0 в NAP та Кронштадтському футштоці отримані або з використанням даних супутникової альтиметрії [2-6], або на основі даних повторних нівелювань [1].

Таблиця 5

Значення потенціалу W_0 в Амстердамському (NAP) та Кронштадтському футштоках

$W_{NAP} [\text{м}^2/\text{с}^2]$	$W_{KRONSTADT} [\text{м}^2/\text{с}^2]$
62636860.850 (EVRF2000) [11]	62636857.981 (A. Ardalan et al.)
62636857.250 (M. Bursa et al.)	62636855.800 (M. Bursa et al.)

Враховуючи факт використання лише однієї моделі гравітаційного поля EGM96 в усіх зазначених роботах [1-6] без проведення додаткового дослідження можливої систематичної складової (як це зроблено вище у табл. 4), будемо використовувати лише відносну характеристику $W_{NAP}-W_{KRONSTADT}=1.45 \text{ м}^2/\text{с}^2$ з [2-6] та офіційно прийняте значення W_0 в NAP для обчислення $W_{KRONSTADT}=U_{OGRS80}-1.45=62636859.400 \text{ м}^2/\text{с}^2$ потенціалу в Кронштадті.

У такому припущенні отримаємо такі різниці рівнів:

$$NAP - KRONSTADT \approx +15 \text{ см,}$$

$$NAP - \text{Середній рівень Чорного моря} = +15 \text{ см,}$$

$$KRONSTADT - \text{Середній рівень Чорного моря} \approx 0 \text{ см.}$$

Враховуючи різницю (табл.5) відомих значень W_0 в Кронштадті (що відповідає 22 см у лінійній мірі), зауважимо необхідність подібного додаткового дослідження на акваторію Балтійського моря. Оскільки в роботі були використані дані альтиметрії SSH для побудови геоїда на акваторію Чорного моря, слід зауважити, що виникає необхідність не тільки введення епохи, до якої відноситься побудований геоїд, але й врахування залежності SSH від часу та переходу до геодинамічної задачі. З огляду на табл. 1, ми приймаємо нижче середину інтервалу вимірів ERS-1, ERS-2 та TOPEX/POSEIDON або епоху осереднення методом регуляризації $t_0=1997$ р. при побудові геоїда, представленого на рис.1.

Оцінювання зміни середнього рівня моря та зміни середнього значення потенціалу W_0

Використання даних альтиметрії для оцінювання лінійної зміни рівня моря в часі фактично зводиться до їх осереднення у просторі/часі для побудови відповідних рядів вибраних "нормальних точок" з метою розв'язування поставленої задачі. Попередня

обробка обов'язково включає етап введення таких редукцій як океанічні припливи, припливи твердої Землі, полюсний приплив та ін. Слід зауважити, що у нашому випадку перелічені поправки вже було опрацьовано службою AVISO у вигляді SSH. Крім того, нижче ми будемо нехтувати оберненою барометричною корекцією, враховуючи дослідження [7]. Згідно з роботою [7] для внутрішніх морів Європейського континенту за даними TOPEX/POSEIDON отримані такі результати: в цілому лінійна зміна рівня моря оцінюється позитивним значенням біля 6 мм/рік; найбільші величини лінійного тренду спостерігаються головним чином для східної частини Середземного моря (10 мм/рік) та Чорного і Азовського морів (14 мм/рік); у такому регіоні Балтійського моря, як Фінська затока зміна рівня моря складає величину біля 5-7 мм/рік. При цьому помилка визначення лінійного тренду в середньому є близькою до 3-4 мм/рік, за винятком Фінської затоки, де стандартна помилка приблизно дорівнює отриманому значенню самого лінійного тренду рівня моря.

Як для оцінювання зміни середнього рівня моря та зміни середнього значення потенціалу W_0 , так і перевірки перелічених результатів повернемось до нашої процедури, що базується на визначенні нульової ундуляції геоїда $N_0=N_0(t)$ як функції часу t . З вихідних даних TOPEX/POSEIDON висот поверхні моря $SSH=N$, вибраних попередньо у вигляді щомісячних наборів даних, був видалений тренд моделі глобального гравітаційного поля EIGEN-CG03C. Отже, обчислення $N_0(t)$ було проведено на основі формули (1), моделі EIGEN-CG03C та використання системи GRS80. В результаті були отримані значення $N_0(t_i)$ на інтервалі часу з 1992р. по 2001р. Графік залежності зміни середнього значення N_0 від часу t представлено на рис. 3. Така ж сама процедура була побудована не тільки для щомісячних значень $N_0(t_i)$, отриманих із супутникової альтиметричної місії

TOPEX/POSEIDON, але й і для комбінації альтиметричних місій ERS-1+ERS-2+TOPEX/POSEIDON. Слід зауважити, що в останньому випадку за рахунок гіршої якості вимірів ERS-2, і особливо ERS-1, – надійність результатів визначення лінійного тренду погіршується. Таким чином, лінійна

апроксимація річної зміни $\frac{dN_0}{dt}$ середнього рівня Чорного моря складає у нашому випадку величину 15 ± 2 мм/рік за даними TOPEX/POSEIDON з 1992р. по 2001р.

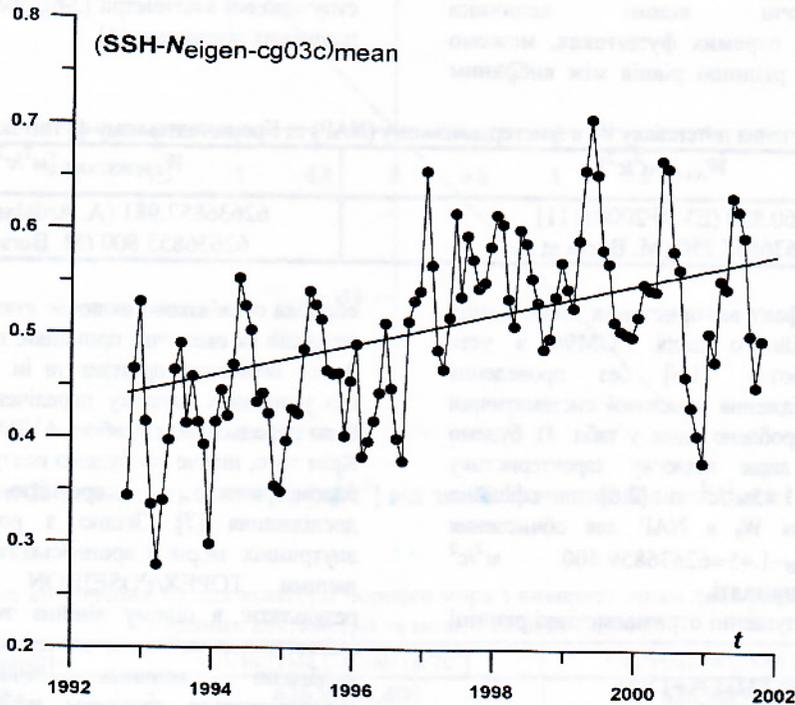


Рисунок 3. Оцінка лінійного тренду зміни середнього рівня Чорного моря за щомісячними значеннями ундуляції нульового порядку $N_0(t_i)$ ($t_0=1997$ р.)

Для перевірки надійності результатів та їх незалежності від вибраної моделі гравітаційного поля додатково вивчалися щомісячні осереднені значення SSH місії TOPEX/POSEIDON, які

представлені на рис. 4 з лінійним трендом в 19 ± 8 мм/рік. В цілому, результати лінійної складової зміни рівня Чорного моря представлені у табл. 6.

Таблиця 6
Лінійна зміна рівня Чорного моря за даними супутникової альтиметричної місії TOPEX/POSEIDON

№	Альтиметрична місія, метод	Зміна рівня моря
1	TOPEX/POSEIDON, [7]	14 ± 3 мм/рік
2	TOPEX/POSEIDON, щорічні значення $N_0(t_i)$	15 ± 2 мм/рік
3	TOPEX/POSEIDON, щорічні середні значення SSH для акваторії	19 ± 8 мм/рік

Розглянуте трактування лінійного тренду зміни рівня моря (табл. 6, №2) як відповідної зміни ундуляції нульового порядку, забезпечує тепер просту можливість знаходження лінійної зміни середнього значення потенціалу W_0 для акваторії Чорного моря. Для розв'язування такої задачі була використана формула (2) з введенням залежних від часу змінних

$$W_0(t) = \frac{GM - GM_e}{r} - \gamma \cdot N_0(t) + U. \quad (6)$$

Після диференціювання (6) по часу отримаємо просте співвідношення

$$\frac{dW_0}{dt} = -\gamma \frac{dN_0}{dt}, \quad (7)$$

та відповідну оцінку

$$\frac{dW_0}{dt} \approx -0.15 \text{ [m}^2 \cdot \text{c}^{-2}\text{]}/\text{yr}, \quad (8)$$

приймаючи значення лінійного тренду зміни рівня Чорного моря з табл.6 (№2).

Література

1. Ardalan A., E. Grafarend, J. Kakkuri, National height datum, the Gauss – Listing geoid level value W_0 , and its time variation \dot{W}_0 (Baltic Sea Level Project: 1990.8, 1993.8, 1997.4) // Journal of Geodesy, **76**, 2002, 1-28.
2. Burša M., Kouba J., Raděj K., True Scott A., Vátrt V., Vojtíšková Mean Earth's equipotential surface from TOPEX/POSEIDON altimetry. // *Studia geophysica et geodaetica*, **42**, 1998, 459-466
3. Burša M., Groten, E., Kenyon S., Kouba J., Radej K., Vátrt V., Vojtíšková Earth's dimension specified by geoidal geopotential. // *Studia geophysica et geodaetica*, **46**, 2002, 1-8.
4. Burša M., Kenyon S., Kouba J., Raděj K., Vátrt V., Vojtíšková, Šimek J. World Height System specified by geopotential at tide gauge stations. // *IAG Symposia* **124**, 2002, 291-296. Springer
5. Burša M., Kouba J., Raděj K., True Scott A., Vátrt V., Vojtíšková A global vertical reference frame based on four regional vertical datum. // *Studia geophysica et geodaetica*, **48**, 2004, 493-502
6. Burša M., Kouba J., Raděj K., True Scott A., Vátrt V., Vojtíšková Determination of geopotential differences between local vertical datums and realization of a world height system. // *Studia geophysica et geodaetica*, **48**, 2004, 493-502
7. Fenoglio-Marc, Groten E., Dietz C. Sea level change and cross calibration of satellite altimetry missions using tide gauge data. // Festschrift dedicated to Helmut Moritz on the occasion of his 70th birthday. Ed.: N.Kühtreiber, Institute for Geodesy, Graz University of Technology, pp. 93-106, Graz, 2003.
8. Heiskanen W. A. Moritz, H. *Physical Geodesy*. W.H. Freeman, San Francisco, 1967.
9. Ihde J., Adam J., Gurtner W., Harsson B.G., Sacher M., Schlüter W., Wöppelmann G. *The Height Solution of the European Vertical Reference Network (EUVN)* // Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Astronomisch-Geodatische Arbeiten, München, Heft Nr. 61 (IAG/EUREF Publication No. 9, Ed. by J.A. Torres and H. Hornik), 2000, pp. 132-145.
10. Marchenko A.N., Tartachynska Z.R., Yakimovich A.N. *Regional gravity field determination from satellite altimetry data in the Black Sea and Azov Sea area* // Вісник Астрономічної школи. – 2003. – № 2. – С. 11 – 16
11. Reigber, Ch., Schwintzer, P., Stubenvoll, R., Schmidt, R., Flechtner, F., Meyer, U., König, R., Neumayer, H., Förste, Ch., Barthelmes, F., Zhu, S.Y., Balmino, G., Biancale, R., Lemoine, J.-M., Meixner, H., Raimondo, J.C. *A High Resolution Global Gravity Field Model Combining CHAMP and GRACE Satellite Mission and Surface Data: EIGEN-CG01C*, (submitted to Journal of Geodesy), 2004

О СРЕДНЕМ ЗНАЧЕНИИ ПОТЕНЦИАЛА W_0 И ЕГО ВРЕМЕННОЙ ВАРИАЦИИ ДЛЯ РЕГИОНА ЧЕРНОГО МОРЯ

О. Марченко, Н. Ярема, И. Заец, З.Тартачинская

Статья посвящена определению среднего значения потенциала W_0 для акватории Черного моря по данным спутниковых альтиметрических миссий ERS-1, ERS-2, TOPEX/POSEIDON. Кроме того, данные TOPEX/POSEIDON были использованы для оценки линейного тренда (15 мм/год) изменения уровня моря и соответствующей составляющей вариации геопотенциала W_0 .

ON THE AVERAGE VALUE OF THE POTENTIAL W_0 AND ITS TEMPORAL VARIATION WITHIN THE BLACK SEA BASIN

A. Marchenko, N/ Yarema, I. Zajets, Z. Tartachynska

The average value of the potential W_0 for the Black Sea area was derived from the AVISO corrected SSH of ERS-1, ERS-2, and TOPEX/POSEIDON missions (1992 – 2001 yr). TOPEX/POSEIDON corrected SSH data were used for the estimation of the Black Sea change treated as the linear trend (15 mm/yr) of sea level variation and the corresponding change of the geopotential W_0 .

¹Національний університет "Львівська політехніка",

²Державне Українське Аерогеодезичне підприємство

Надійшла 25. 12. 05