

Таблиця 4. Розподіл d_w^z в шарах тропосфери за даними аерологічних станцій

Дата	Шар	Тропічні широти		Середні широти	
		Pago Pago	Singapore	Legionowo	Voejkovo
Січень, 2013					
12	$P_0 - 850$	147,2	139,6	22,8	16,4
	850 - 700	104,6	92	13,1	9,9
	700 - 500	85,2	76,1	7,7	4,8
	500 - в. м. з. U	22,1	29	0,9	2,5
	Σ	359,1	336,7	44,5	33,6
13	$P_0 - 850$	146	146,1	15,3	21,6
	850 - 700	93,8	98,7	9,6	22,5
	700 - 500	72,4	73,2	4,1	12,7
	500 - в. м. з. U	27,3	21,4	0,3	4,1
	Σ	339,5	339,4	29,3	60,9
14	$P_0 - 850$	152,6	140,1	18	27,5
	850 - 700	107,1	76,9	8,4	22,5
	700 - 500	83,5	65,6	1,4	14,9
	500 - в. м. з. U	26,4	26,7	0,4	4,8
	Σ	369,6	309,3	28,2	69,7
Липень, 2013					
12	$P_0 - 850$	148,8	153,9	67,8	68,4
	850 - 700	89,3	90,6	52,2	45
	700 - 500	59,4	81,7	22,8	11,4
	500 - в. м. з. U	18,3	30,1	2,6	6,4
	Σ	315,8	356,3	145,4	132,2
13	$P_0 - 850$	141,1	151	79	57,7
	850 - 700	60,2	59,7	59,5	38,8
	700 - 500	48,8	79,9	10,8	26,9
	500 - в. м. з. U	20,2	37,2	4,7	7,2
	Σ	270,3	327,8	154	122,4
14	$P_0 - 850$	142,6	149,7	92	53,6
	850 - 700	89,1	96,4	69,8	32,3
	700 - 500	65,1	84,8	50,3	23,8
	500 - в. м. з. U	23,5	37,1	12,8	12,9
	Σ	320,3	368	224,4	122,6

період і максимальним насиченням повітря вологою літом.

Література

1. *Заблоцький, Ф.* Аналіз зенітної тропосферної затримки в тихоокеанських широтах / Ф.Д. Заблоцький, О.Ф. Заблоцька // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Л.: Ліга-Прес, 2010. – Вип. I. – С. 50-55.
2. *Заблоцький Ф.Д.* Аналіз тропосферної затримки сигналу в екваторіальній зоні за матеріалами зондування / Ф.Д. Заблоцький, О.Ф. Заблоцька // Вісн. геодез. та картогр. – 2009. – № 6. – С. 9-11.
3. *Каблак, Н.І.* Оцінка впливу атмосфери у мережі активних референційних GNSS-станцій / Н.І. Каблак // Геодез., картогр. і аерофотознім. – 2010. – Вип. 73. – С. 17-21.
4. *Савчук, М.В.* Оцінювання гідростатичної складової зенітної тропосферної затримки за даними радіозондування / М.В. Савчук, Ф.Д. Заблоцький // Вісн. геодез. та картогр. – 2014. – № 6 – С. 3-5.
5. *Mendes, V.B.* Modeling the neutral-atmosphere propagation delay in radiometric space techniques / V.B. Mendes // Ph.D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report № 199, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada, 1999, p. 35.
6. *Parameswaran, K.* Region-specific Tropospheric Delay Model for the Indian Subcontinent. / K. Parameswaran, C. Suresh Raju, Kovak Saha, Sudha Ravindram. Space Physics Laboratory, VSSC, Trivandrum. ICG-meeting, 2007. – P. 1-13.

Інтернет-джерела

7. *Тропосферні файли GNSS-спостережень* // Інтернет-ресурс. – Реж. доступу: <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/troposphere/new/>
8. *GNSS Data Center* // Інтернет-ресурс. – Реж. доступу: <http://igs.bkg.bund.de/file/productsearch/>

Надійшла 18.05.15

* * *

УДК 528.48

М. С. Звягіна, Я. М. Костецька

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТАБІЛЬНОСТІ РЕПЕРІВ ДЕРЖАВНОЇ НІВЕЛІРНОЇ МЕРЕЖІ ТА ЗНАКІВ ВИСОТНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ ВОДОМІРНИХ ПОСТІВ НА МОРСЬКИХ УЗБЕРЕЖЖЯХ

Обосновывается целесообразность определения характерных типов территории ввиду изменения во времени отметок знаков Государственной нивелирной сети и ходов высотной привязки водомерных постов. Указаны пути получения достоверных значений уровней морей, выявления проявлений техногенных процессов в местах размещения зданий и гидротехнических сооружений, обеспечения возможности использования накопленных данных для составления долгосрочных прогнозов.

The reasonability of determining the specific territory types taking into account inter-temporal changes of State levelling network marks and computation line of benchmark gauges vertical positioning is substantiated. The ways how to obtain reliable level values, to reveal initial manifestations of industry-related processes in areas of location of buildings and hydrotechnical structures and to ensure the possibility of use of accumulated data in long-term forecasts are shown.

Постановка проблеми. У попередніх працях авторів на тему вивчення процедури визначення рівнів

Чорного та Азовського морів були наведені висновки стосовно вирівнювання стрибків висотних позначок рівнів води на водомірних постах [3, 4]. Не менш важливим і нагальним є також питання

© М. С. Звягіна, Я. М. Костецька, 2015



визначення характерних типів територій за зміною позначок реперів Державної нівелірної мережі та ходів I та II класів під час висотної прив'язки водомірних постів на морських узбережжях.

Аналіз досліджень та публікацій, які стосуються даної проблеми. Аналізом джерел [2-5, 9] виявлено, що перехід від Балтійської системи (БС) висот до Балтійської системи 1977 р. (БС77) здійснено некоректно. А чи можливе взагалі переобчислення позначок із локальних систем у БС для нестабільних територій? Це питання і вирішується у даній статті.

Постановка завдання. Мета дослідження: на прикладі двох портів Чорного моря (Іллічівськ і Поті) визначити спільні для різних систем висот відлікові поверхні для порівняння результатів багаторічних спостережень на водомірних постах у різних системах висот та пошуку можливості встановити зв'язок між ними. Виявлені закономірності змін висотного положення територій та окремих ділянок можуть дозволити правильно встановити місця розміщення нових (основних і контрольних) реперів водомірного поста замість втрачених, а ще реперів і марок окремих секцій Державної нівелірної мережі I та II класів.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Іллічівський порт. Будівництво порту розпочалося в 1958 р. Вихідним до 1974 р. для всієї зони будівельних робіт був пункт з умовним номером 5 (див. мал. 1), закладений ще в 1948 р. в ході прокладання лінії нівелювання II класу державної мережі в БС. Пункт знаходиться на відстані 15 км від порту. При введенні БС77 цей пункт разом з пунктами 2, 3 та 6 закладки 1948 р. було включено в нівелірну лінію II класу, прокладену від Одеси до Болграда. Їх нівелювали до 1990 р. (у 2005 р. I класом). Регулярні строкові спостереження на водомірних постах ведуться з 1960 р. [6]. У звіті колишнього Підприємства № 13 значиться, що водомірні пости Торговельний порт та Поромна переправа (облаштовані відповідно на правому березі першого та лівому березі другого ковша Сухого лиману) нівелювалися в 1979 і в 1984 рр. У період інтенсивного будівництва об'єктів порту функціонували ще водомірні пости Понтонний міст (1984-1990 рр.) та Північний (1984-1986 рр.).

Даних про прив'язку водомірних постів до знаків державної мережі в БС не вдалося знайти. Від 1974 р., коли висоти стали визначати II класом у БС77, і до 2005-2006 рр., коли було проведено нівелювання I класу, виконано шість циклів нівелювань, які об'єднано в п'ять нерівномірних періодів (див. табл. 1).

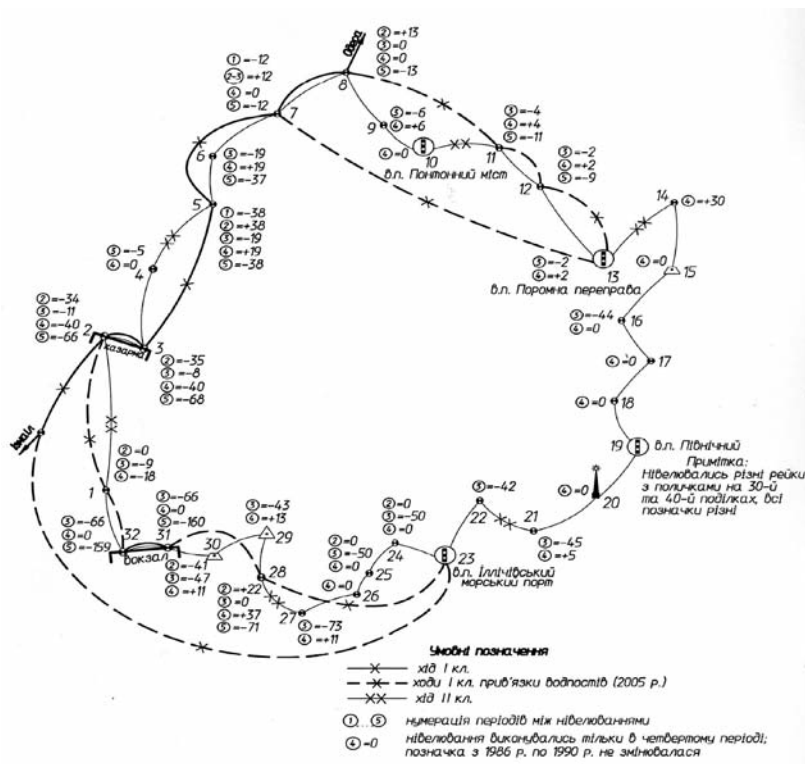
Зміни позначок умовно пронумерованих висотних знаків у кожному періоді нівелювань окремих секцій нівелірної лінії Державної нівелірної мережі та прив'язки водомірних постів зі зміною схеми за 2005 р. показано на мал. 1.

Таблиця 1. Періодичність прив'язки водомірних постів нівелюванням у районі міста Іллічівська

Період спостережень	Роки	Часовий інтервал, роки	Клас нівелювання	Примітка
Перший	1974-1979	5	II	I клас, 2005 р.
Другий	1979-1984	5	II	
Третій	1984-1986	2	II	
Четвертий	1986-1990	4	II	
П'ятий	1990-2005	15	II, I	

Наведені різниці між значеннями позначок свідчать, що знаки державної мережі зазнають більших змін у вертикальному положенні, ніж знаки у прив'язувальних ходах. Про періодичні зміщення знака 5 до 1974 р. не було нічого відомо, а його висотне положення кожні п'ять років у першому, другому та п'ятому періодах і загалом за всі п'ятнадцять років характеризувалось осіданням, а потім поверненням до попереднього вертикального положення на одну величину, рівну 38 мм. Знаки 2 і 3 тільки осідали. Пункти 2, 3, 5, 7 та 8 у 2005 р. були включені в Державну нівелірну мережу I класу. Одночасно нівелюванням I класу двома розімкнутими ходами були прив'язані водомірні пости Поромна переправа та Іллічівський морський порт. Зміна схеми нівелювання I класу в 2005 р. є виправданою, оскільки виключає перехід через водну перешкоду (вхід суден у лиман) завширшки 230 м.

Мал. 1 може пригодитися при інженерно-геодезичних вишукуваннях. Зважаючи на те, що в Іллічівську втрачено полігонометричну мережу, за вихідні слід обирати пункти висотної прив'язки водомірних постів. Для використання позначок,



Мал. 1. Різниці між позначками (мм) висотних знаків наступних нівелювань у районі міста Іллічівська мінус попередніх нівелювань



визначених у 2005 р. в БС77, для знімання міських територій у БС необхідно встановити різницю між БС та БС77 і зменшувати на цю величину позначки в другому випадку. З мал. 1 можна також судити, які з пунктів менше піддаються деформаціям і де краще розміщувати кущі реперів при моніторингу причального фронту.

Потійський порт. Характерні особливості Колхідської низовини поблизу міста Поті було розглянуто в праці [2]. Такі території є надскладними в геодезичному забезпеченні робіт з наукового прогнозування і проектування будівництва, реконструкції та експлуатації об'єктів комунальної власності, морегосподарських комплексів і гарантування безпеки мореплавства. Тому й виникла потреба в глибшому аналізі питання впливу характерних для регіону явищ на всі сторони життєдіяльності в ньому людини. Після опублікування праці [2] було віднайдено архівні матеріали геодезичної служби Грузії, ДП "ЧорноморНДІпроект" (далі – Інститут), а також дані, які стали доступними після скасування грифів таємності зі всіх геодезичних даних у Грузії. Виявилось, що дані про висотну прив'язку водомірного поста у 1980 р. в Потійському порту непридатні для розрахунків і будь-якого використання, в т. ч. й для аналізу, тому що вихідним для всячого ходу тоді було прийнято *стішний репер 6349* (див. табл. 2), позначка якого за 22 роки (1947-1969) змінилась найбільше, а ще через 11 років (у 1980-му) вона знову була прийнята такою, як і в 1969 р.

На запит Інституту до ГУГК СРСР у 1983 р. було отримано позначки двох реперів державної мережі I класу станом на 1969 р. у системах висот БС та БС77. Різниця позначок для *фундаментального репера 2466* склала плюс 172 мм, а *стішного № 6349* – плюс 162 мм. У 2003 році Інституту було надано позначки ще чотирьох реперів нівелювання I класу, які отримано при введенні БС 1947 р. та БС77 у 1969 р. в названих системах.

Результатом оцінювання всієї сукупності використаних джерел є табл. 2 (вона відмінна від наведеної в публікації [2] тим, що в ній враховано дані нівелювання тільки I класу в інтервалі часу 22 роки).

Отже, дані 1983 р. дозволяють за усередненим значенням різниці позначок у 167 мм зі знаком плюс перейти від БС до БС77, а зі знаком мінус – навпаки. Використання даних 2003 р. дає змогу визначити величини змін позначок реперів та

марок у часі: за 22 роки річні зміни позначок знаходяться в межах від 8,14 до 9,64 мм/рік, тобто середній річний градієнт становить 8,88 мм/рік. Але, якщо прогнозувати зміни в часі позначок кожного із реперів, занесених у табл. 2, то слід користуватись конкретним значенням градієнта конкретного знака.

Ми опрацювали також дані джерела [9], яке найбільш віддалене в часі й де узагальнюються дослідження кількох інших авторів з посиланням на період 1894-1910 рр., на 1915 і на 1926 рр. Йдеться про підвищення середнього рівня Чорного моря біля Поті в середньому на 1 см за рік та про опускання суходолу в цьому районі на таку саму величину.

Стосовно рівнів води можна стверджувати, що при опусканні суходолу одночасно з тією ж швидкістю буде опускатись і рейка, тобто вона заглиблюватиметься у воду. Загальний рівень Чорного моря вирівнюється Світовим океаном, який вирівнює рівні в кожній точці за принципом сполучених посудин. Це може бути помітним тільки в ході порівняння позначок, узятих із державного нівелювання у прийнятій системі висот.

Дуже цікавим видається розгляд питання становлення і функціонування водомірного поста і пошук відповіді на питання, поставлені автором джерела [9] та його попередниками. Мал. 2 являє собою витяг із цього джерела, доповнений відстанями, переведеними із сажнів у метри. На зображенні чорним кольором вказано місця записів та величини, наведені в [9], а синім – роз'яснення та отримані величини: 1 сажень = 2,133603 м, 1 м = 0,4686914 сажнів.

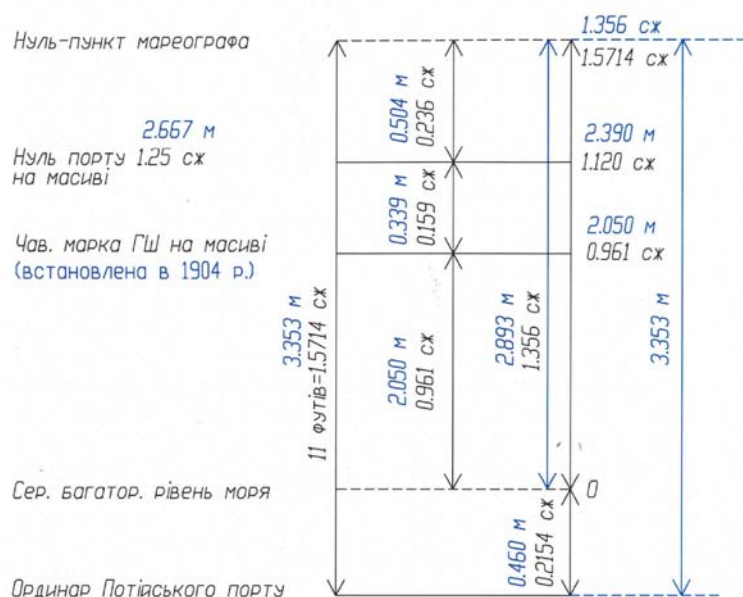
У згаданому джерелі не оговорено, коли формувалась вказаний малюнок. Очевидно, що спочатку було закріплено нуль-пункт мареографа, обладнаного в корені Середнього молу в колодязі. Основою для обчислення висот нівелірних марок прийнято ординар порту, вибраний нижче нуль-пункту мареографа на відстані 3,353 м. Отже, нуль-пункт мареографа в локальній системі висот має позначку плюс 3,353 м. Назву цьому вихідному горизонту обрано дуже невдало (лат. *ordinarius* – звичайний) – середній за багато років рівень води у водоймі.

Поряд з пам'ятником будівничому порту (так сказано у джерелі [9]) на схід від радіостанції на суходолі розмістили бетонну глибу, у верхню грань якої вмонтували мармурову дошку з вибитою *позначкою "1,25 сж"* (це 2,667 м від ординара). Цю позначку назвали "нулем порту". [Суттю поняття "нуль порту" наразі є визначення горизонту – середнього із мінімальних рівнів води упродовж багаторічних спостережень для використання при гідротехнічному проектуванні, в складанні планів глибин акваторій]. Згадана мармурова дошка знаходилась від мареографа на відстані понад 350 м. Ймовірно, від *мітки 1,25 сж* і потрібно було б визначити й контролювати висотне положення ординара порту та оцифрувати висотні горизонти самописця, який без прив'язки нічого не характеризував.

Перевищення нуль-пункту мареографа над нулем порту зазначено на мал. 2 – 0,504 м.

Таблиця 2. Позначки реперів та значення їхніх вертикальних зміщень

Найменування нівелірного знака	Позначки в системі БС77, м		Зміни позначок, мм	Річні зміни позначок, мм/рік
	1947 р.	1969 р.		
Ст. реп. 402	1,867	1,669	198	9,00
Ст. реп. 1675	1,967	1,788	179	8,14
Ст. реп. 6349	2,792	2,580	212	9,64
Марка 8370	3,262	3,070	192	8,73
				Середній річний градієнт – 8,88



Мал. 2. Організація функціонування локальної вертикальної системи водомірного поста

Гідрограф Вінніков (вичерпні дані в джерелі [9] про нього відсутні) шляхом опрацювання журналів спостережень над мареографом за 11 років (1894-1910) обчислив величину середнього рівня моря, яка становила 0,460 м над ординаром Потійського порту. Від нуля порту бралися строкові відліки рівнів води і до нього приводилися нулі всіх діючих водомірних рейок. У 1904 р. він же і в тому ж місці, де раніше було закладено знак 1,25 сж, але не зверху, а на боковій північній грані бетонної глиби закріпив марку БГШ б/н на відстані від землі 15 см. Невідомо, чому він не тільки не ув'язав її перевищення зі знаком нуля порту 1,25 сж, а навіть у документації не згадав про цей нуль. Марка отримала позначку від середнього рівня моря 0,961 сж/2,050 м, а мітка 1,25 сж/2,667 м – 1,120 сж/2,390 м (див. мал. 2).

Всі раніше закладені марки і в Списку висот марок видання 1915 р. і в Каталозі висот марок за 1926 р. також мали позначки над цим середнім рівнем моря.

Нам потрібно було визначити, коли ж встановлено мармурову плиту з міткою 1,25 сж. Проведено такі математичні дії:

$$1) 2,667 \text{ м} - 2,390 \text{ м} = 0,277 \text{ м};$$

$$2) 277 \text{ мм} : 8,88 \text{ мм} = 31 \text{ (рік)};$$

$$3) 1904 - 31 = 1873 \text{ (рік)}.$$

Отже, це і є дата облаштування водомірного поста або

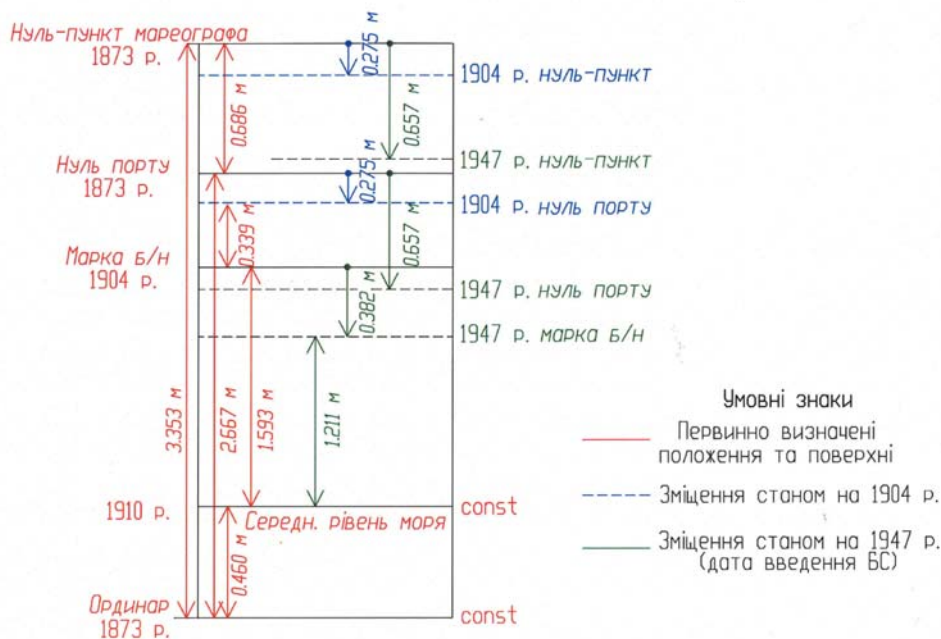
незарєстрованого початку спостережень на ньому. Саме з січня 1874 р. постійно ведуться строкові спостереження за рівнями моря [6].

Точний результат став можливим завдяки правильно визначеному градієнту за даними нівелювання I класу з достатньо великим інтервалом часу між вимірюваннями.

Автор джерела [9] виявив неузгодженість у 28 см на мал. 2 – місце нуля порту 1,25 і 1,12 сж – та запропонував позначки нуля-пункту мареографа, нуля порту 1,25 сж та марки 1904 р. зменшити на цю величину. Але на той час всі марки, які були закладені на невеликій території порту, разом з рейкою синхронно і з однією швидкістю змінювали значення перевищень і відносно ординара, і відносно середнього рівня моря в Поті, хоч цей своєрідний куц марок і мав би контролювати стабільність нулів відлікових поверхонь. Виявити осідання в локальних висотних системах дійсно неможливо через рухливість суходолу.

Осідання суходолу змінило положення його окремих елементів від наведеного на мал. 2 до зображеного на мал. 3.

Якби перевищення вказаних висотних знаків (а на мал. 2 вказано саме перевищення) були зменшені на 28 см, то саме на цю величину не в'язалися би контрольні ходи при замиканні. Насправді суходіл з постійною швидкістю наближався і до середнього багаторічного рівня моря, і до ординара. Навіть за час визначення середнього рівня моря, за даними спостережень у період з 1894 по 1910 рр., суходіл опустився на величину $8,88 \times 17 = 151 \text{ мм}$, внаслідок чого позначка середнього рівня в абсолютних висотах була фактично завищена на половину цього зміщення, тобто на 76 мм.



Мал. 3. Зміни висотного положення обладнання водомірного поста в період його функціонування з 1874 по 1947 рр.



Відлікові поверхні "Ординар" та "Середній багаторічний рівень моря" повинні були залишатись на встановленому місці, що б не відбувалося з марками. Але відлік виконувався і від мітки 1,25 сж, і від ординара та середнього рівня моря, а контролювався лише від марки БГШ б/н. Таким чином, кожного року, залишаючи параметри створеної структури (мал. 2) постійними, обидві відлікові поверхні безконтрольно опускались на величину річного градієнта. Це продовжувалось і після 1947 р., коли державним нівелюванням I класу в Грузії було введено Балтійську систему. Табл. 2 могла бути складена та використана тільки після отримання позначок у результаті нівелювання 1969 р.

З мал. 3 видно, що за період спостережень з 1874 по 1947 рр. загальне осідання нуля-пункту мареографа та нуля порту становить 0,657 м, а марки б/н з 1904 по 1947 рр. дорівнює 0,382 м. За цей час прив'язка нуля-пункту мареографа жодного разу не корегувалась.

Розглянемо мал. 4, взятий з матеріалів вишукувань, які виконувались Інститутом у 1955-1956 рр. Звіти про природні умови й топографо-геодезичні роботи в 1982 р. були надані на запит до певних служб міста Тбілісі. Зараз їхнє місцезнаходження встановити неможливо.

На малюнку наведено марку БГШ, яка була розміщена на водоймовій будівлі та мала ту саму

позначку, що і в довідці 2003 р. за результатами нівелювання I класу в 1947 р. Отже, марка існувала ще і в 1955 р., але невдовзі її було втрачено. Показовим є також місце нуля БС вирівнювання 1932 р. Якби коли-небудь враховувалось осідання суходолу, то на дев'ятий рік після нівелювання 1947 р. саме ця марка повинна була мати позначку, зменшену в результаті осідання на 77 мм, але вже відносно нуля БС77.

Позначки всіх наведених на мал. 4 відлікових поверхонь переведено з БС у БС77 і зведено в табл. 3.

Відстані між відліковими поверхнями, встановленими в 1947 р., дають змогу порівняти дані з метою встановлення спадкоємних або хоч би споріднених поверхонь і взагалі визначити придатність матеріалів, зібраних з початку спостережень у локальних системах висот. У разі підтвердження спадкоємності поверхонь архівні дані можна використовувати.

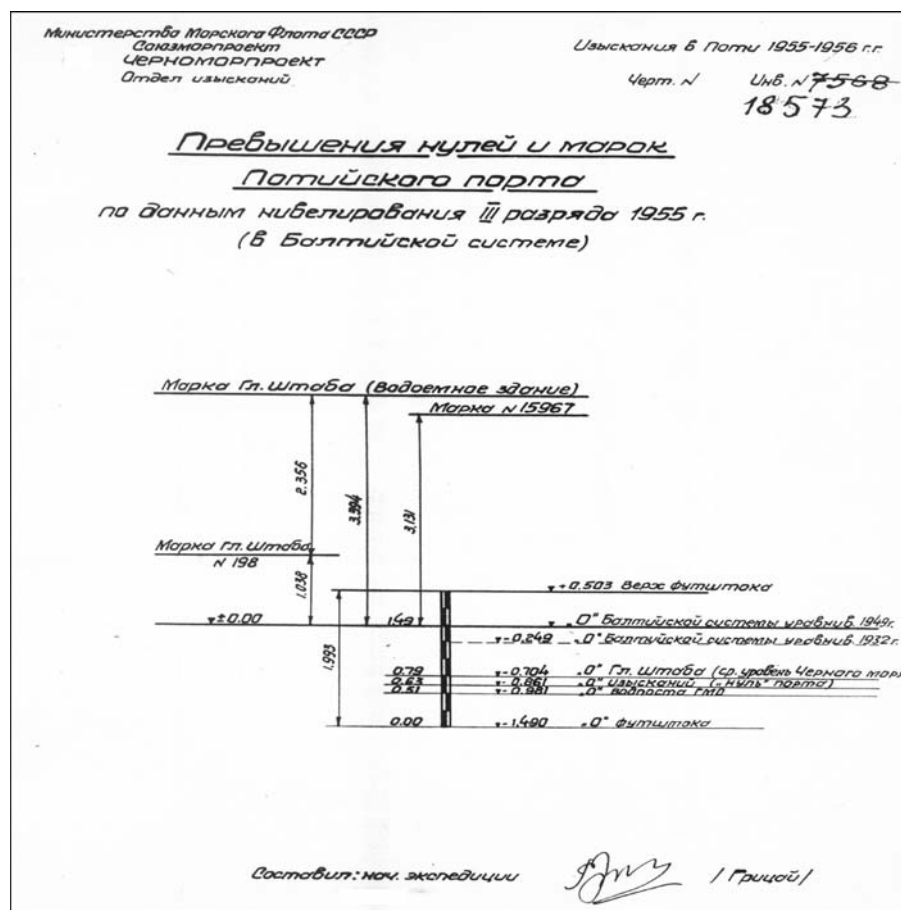
На мал. 5 наведено схему горизонтів води в Поті станом на 1923-1929 рр., запозичену з архіву управління водного кадастру міста.

Зображене на мал. 3 має дві відлікові поверхні, а на мал. 5, а – три. У першому випадку (1873 р.) визначали ординар, а середній рівень моря – тільки через 37 років. Тому спільним для цих малюнків елементом є ординар. Рівень моря займає різні горизонти, які неможливо сумістити.

Малюнки 4 та 5, а мають тільки одну спільну відлікову поверхню – середній рівень моря. На мал. 4 він збігається з нулем Головного штабу (надалі у всіх портах його стали називати "БГШ"), але зникла поверхня ординара. Обидва малюнки мають спільні відлікові поверхні нуля БС та нуля порту. Цей нуль, як і середній рівень моря в 1955 р., прив'язаний до нуля БС через марку БГШ, яка в ході нівелювання I класу в 1947 р. отримала позначку 3,394 м (у БС77 їй "присвоїли" позначку 3,566 м). Спробу сумістити розглянуті графіки передає мал. 6.

Зображене на ньому дає підставу для висновку, що тільки починаючи з 1947 р. можна було отримувати строкові, місячні, річні та середні рівні Чорного моря в місті Поті. У джерелі [6] зазначено, що "надійність висотної основи рівневих постів Чорного та Азовського морів перевірено методом океанографічного нівелювання в 1978 й 1979 рр.". Достовірність наведених у ньому даних про рівні моря за 74 роки (1874-1947) геодезично не підтверджена.

Апроксимацію позначки



Мал. 4. Перевищення нулів відлікових поверхонь і марок Потійського порту (із матеріалів вишукувань 1955-1956 рр.)



Таблиця 3. Позначки відлікових поверхонь у БС77 та відстані між поверхнями за даними мал. 4

Назва марки	Позначка, м	Відстань між відліковими поверхнями, м	Апроксимація позначки (м) марки б/н 1904 р. станом на:	Примітка
Марка б/н 1904 (водоймова будівля)	3,566	-	1985 р. $H=3,229$ 1955 р. $H=3,495$	Позначка марки без номера визначалась фактично в трьох системах: у 1904 р. – в локальній, у 1947 р. – в БС, у 2013 р. – в БС77.
Верх футштока	0,675	-	1947 р. $H=3,566$	
"0" БС	0,172	-	1932 р. $H=3,699$	
"0" БС77	0	0,172	1925 р. $H=3,770$	
"0" умовної системи 1932 р.	-0,077	0,077	1914 р. $H=3,859$	
		0,532		
"0" БГШ (середній рівень Чорного моря)	-0,532		1904 р. $H=3,948$ 1874 р. $H=4,223$	
"0" вишукувань ("0" порту)	-0,689	0,157	-	
"0" водомірного поста ГМС	-0,809	0,120	-	
"0" футштока	-1,318	0,509	-	

марки б/н із мал. 4 та довідки 2003 р. станом на роки, вказані в архівних матеріалах, у табл. 3 проведено авторами даної статті.

Розглянемо простір із сукупністю точок, які мають відомі позначки. Закономірно, що через певні інтервали часу ці точки осідатимуть на прогнозовані величини відносно позначки на дату нівелювання або введення споруди в експлуатацію. Отже, можна визначити, через який проміжок часу певна точка чи вся поверхня досягне критичної позначки (без дії форс-мажорних обставин).

У морській практиці постійно моніториться причальний фронт судноремонтних заводів, морських портів та спеціалізованих перевантажувальних мореконкомплексів. Причал може служити і 100 років, але найбільш стійким він вважається перших 50 років. Із табл. 4 видно, що за 50 років його поверхня як сукупність точок осяде на 44,4 см, а за 100 – на 88,8 см.

Позначка середнього багаторічного рівня Чорного моря є величиною похідною, а тому вона потребує визначення у прийнятій на конкретний час системі висот. Це зобов'язує геодезистів забезпечувати контроль висотного положення середнього рівня моря на водомірному посту.

За відомою швидкістю підвищення рівня води (12 мм/рік) у Чорному морі на 2005 р. [7] та значенням його середнього рівня в 1955 р. (табл. 3) підрахуємо, якою б мала бути позначка середнього рівня через 50 років, тобто в 2005 р.

На мал. 4 не відображено факт

осідання суходолу та морського дна, тому і не обчислювались величини трансформації позначок марок та зміни відстаней від середнього рівня до марок чи до нуля БС77:

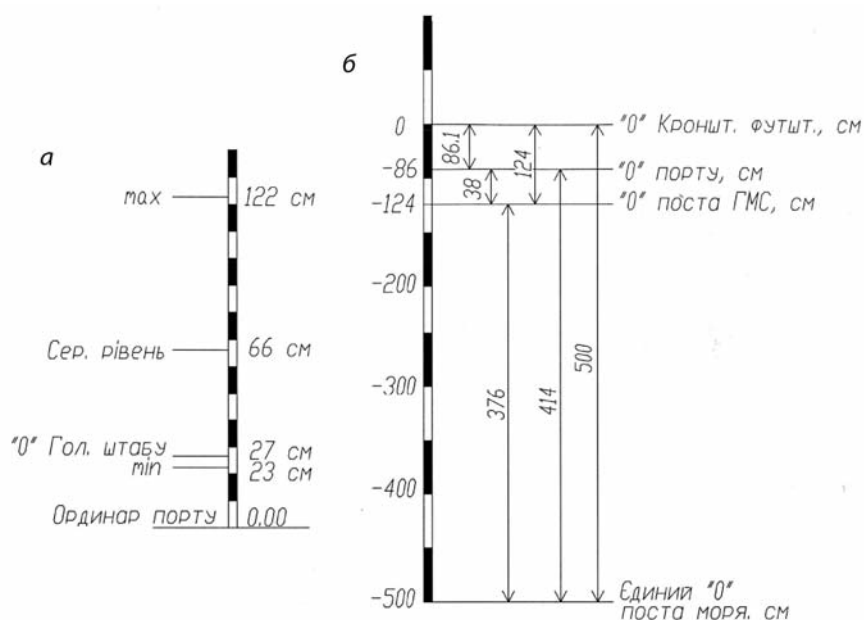
$$H = 12 \text{ мм} \times 50 + (-532 \text{ мм}) = 600 - 532 = +68 \text{ мм}$$

З табл. 4 видно, що марка, від якої визначалось підвищення до середнього рівня моря, осіла за вісім років на 71 мм, отже, на стільки повинен був стати нижчим і горизонт середнього рівня, тобто не мінус 0,532, а мінус 0,603 м (-0,532 - 0,071). Але середній багаторічний рівень не є відліком за рейкою. Для його визначення необхідні усереднені строкові спостереження хоча б за 12 років.

Таблиця 4. Трансформація позначок висотних знаків чи поверхонь у часі

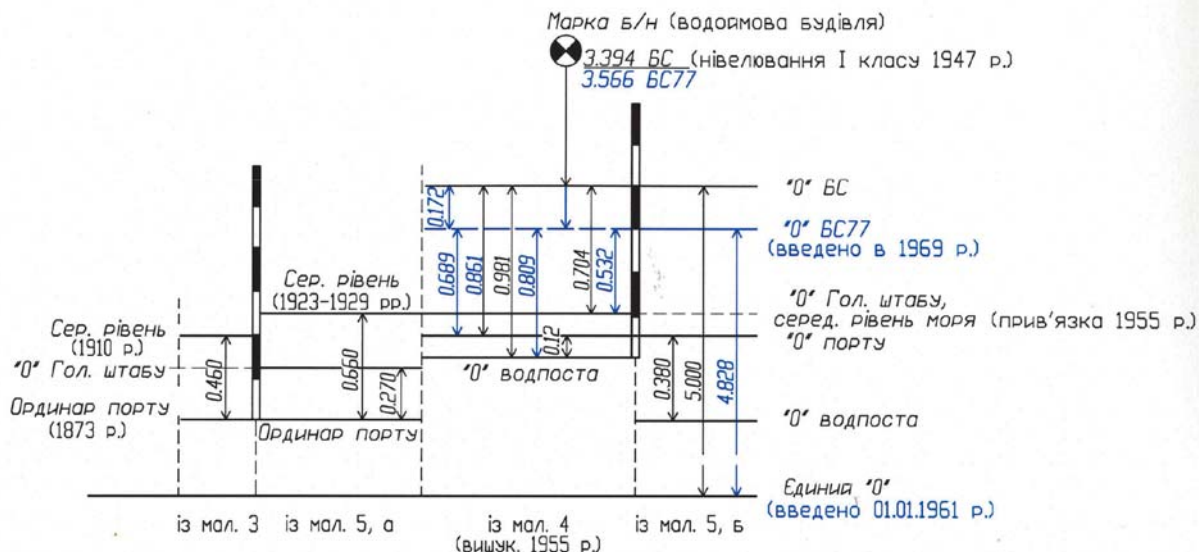
Інтервал часу, роки*	Величина осідання знака, см
8	7,1
15	13,3
23	20,4
33	29,3
38	33,7
43	38,2
74	65,7
100	88,8

* Інтервали часу визначені відносно марки б/н БГШ, встановленої в 1904 р. у водоймовій будівлі. Позначку марки в БС визначено в 1947 р. із державного нівелювання I класу. При наступному нівелюванні марку вже не було виявлено.



Мал. 5. Схема горизонтів води:

а – станом на 1923-1929 рр.; б – станом на 1.01.1963 р.



Мал. 6. Суміщення відлікових горизонтів, зображених на малюнках 3-5

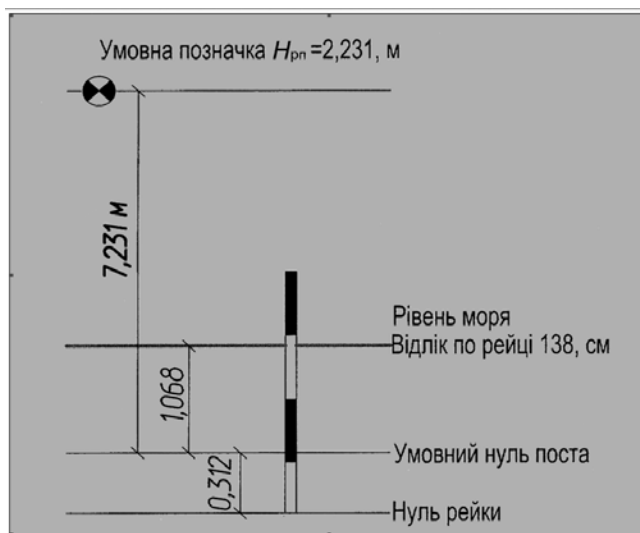
Раніше зазначалось, що за цей період систематична похибка визначення середнього рівня $\delta_h = -1/2 \times 8,88 \times 12 = -53$ мм. Тобто величина рівня води у 2005 р. мала б бути не 68 мм, а зменшитися на 71 мм та на 53 мм і дорівнювати мінус 56 мм. Це добре узгоджується з величиною середнього рівня Чорного моря мінус 5,4 см на 2005 р., зазначеною у праці [7].

Отже, товща води за рахунок осідання території за 50 років збільшилась на 44,4 см, а завдяки підвищенню рівня Чорного моря ще на 60 см. Тобто його глибина за 50 років зростає на 1,04 м. Отриманий результат підтверджує гідрологічну закономірність про підняття рівнів води у різних водоймах Чорноморського побережжя з листопада по червень і його спад від липня до жовтня. З аналізу даних за 58 років, тобто починаючи з дати введення БС, можемо зробити висновок, який підтверджує тезу авторів публікації [7] про підвищення рівня моря.

Проектна глибина в гідротехнічному будівництві визначається від нуля порту. Ця позначка в 1955 р. становила в БС 0,861 м. На той час це був найбільш заглиблений нуль. Від нього проектувалися навігаційні глибини, а також висота причалу. В середньому це була висота над нулем порту 2,2-2,5 м, у БС це позначка $2,20 - 0,861 = 1,339$ м, у БС77 – 1,167 м. Коли рівень води через 50 років піднявся на 1,04 м, то судно мало б опинитися майже на причалі, тобто воно не могло б пришвартуватись. Без сумніву, коли нуль порту вже не відповідає середньому з мінімальних рівнів, недоцільно підтримувати необґрунтовано занижені глибини. Треба розуміти, що при цьому стають завищеними всі рівні від єдиного нуля, а похибка в 10 см визначення позначки дна акваторії при ремонтному черпанні в каналі завширшки 150 м і завдовжки 1 км при вартості виймання і транспортування 1 м^3 ґрунту 50 грн складе 1,5 млн грн, тому що помилка подвоїться опусканням нуля порту також на 10 см при прив'язці навігаційної GPS до строкового рівня.

Нам видається, що для морської галузі неприйнятною є норма КТМ [8] визначати позначки рівнів води, а також місце єдиного нуля в умовних системах висот, оскільки єдиний нуль не міг існувати з 1961 р. без визначення свого місця, а саме мінус 5,000 м в БС. На мал. 7 наведено приклад визначення висотного положення нуля поста і рівневої рейки в умовній системі висот.

Чинним КТМ [8, с. 10] приймалося, що цей малюнок ілюструє приклад визначення висотного положення нуля поста і рівневої рейки відносно репера в умовній системі висот, хоча нуль рейки повинен контролюватися позначкою верха рейки чи полицки на її верхніх дециметрових поділках, але на малюнку визначення цієї позначки не вимагалось. Щорічно необхідно перевіряти від нівелірної мережі контрольні (робочі) репери та двічі на рік (і після штормів) від робочих реперів вивіряти нуль рейки. Вважаємо, що нормативне джерело [8] необхідно виключити із



Мал.7. Копія малюнка із КТМ [8, мал. 2]



переліку чинних керівних документів та негайно створити новий нормативний документ з врахуванням ГНСС-технологій.

Тож потрібно зберегти висотну мережу в місті та в районі водомірного поста, а при встановленні подібних характеристик місцевості нуль порту кожні 20-30 років перевизначати.

ГУГК СРСР у процесі прив'язки водомірних постів одноразово виконував визначення позначок реперів у двох системах, але залишав на графіках запис "Нуль Кронштадтського футштока", не прив'язуючи на постах "0" БС та єдиний нуль до нуля БС77. Тепер на практиці єдиний нуль показують на відстані 5 м від нуля БС77, що породжує фактичне завищення рівнів на величину різниці між БС і БС77, котра користувачам невідома. А позначки реперів у БС відтепер можна знайти тільки в зведених каталогах. Дуже бажано на запит підприємств із геодезичних фондів надавати виписки із каталогів висот із зазначенням як системи, так і дати нівелювання. Зміни позначок пунктів державних висотних мереж та контрольних чи прив'язних ходів у районі водомірних постів будуть вказувати на наявність техногенних процесів або початок глобальних (вікових) змін.

Пункт 2.3 КТМ [8] вимагає виконувати зміну нуля водомірного поста при переході на нову систему висот або при її уточненні в результаті точнішого нівелювання. Але збереження даних про попередні нулі дасть змогу вільно переходити від однієї системи до іншої як для наукового використання, так і для експлуатації гідротехнічних споруд, запроєктованих у попередніх системах.

Як доказ нашим міркуванням наведемо фрагмент зображення, запозиченого із джерела [6], позначок мінімальних рівнів від єдиного нуля водомірного поста Гудаута і середніх місячних та середніх річних – водомір-

ного поста Поті (мал. 8, а) та схему (мал. 8, б) висотних позначок (теж із джерела [6]).

Як коментар до мал. 8 подаємо таке:

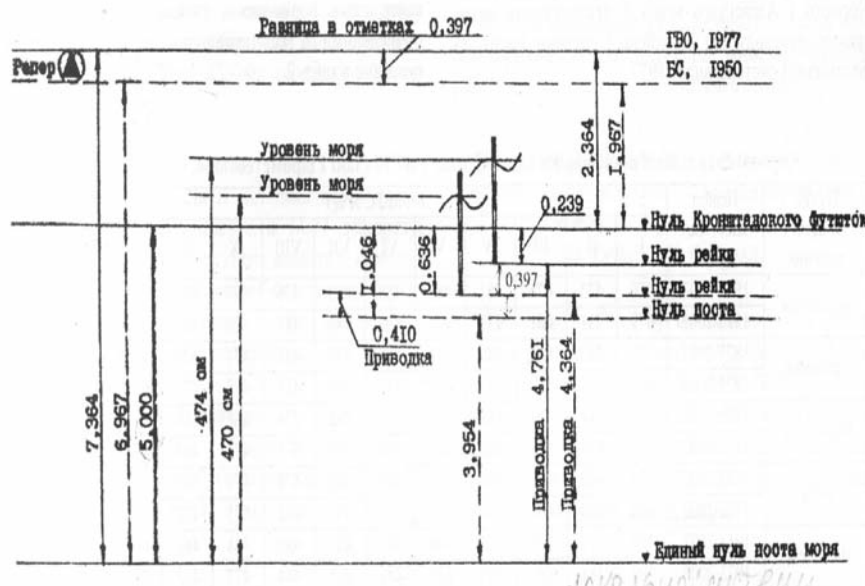
а) робочий репер не може одночасно займати кілька положень;

б) ніколи на одному водомірному посту не ставлять дві рейки;

І68														
Годы :	І :	ІІ :	ІІІ :	ІV :	V :	VI :	VII :	VIII :	IX :	X :	XI :	XII :	Год	Прим.
1945	457	457	457	459	457	477	461	457	457	451	447	451	447	9, II. XI
1946	439	447	451	463	471	477	469	467	455	447	439	455	439	3. I. 18. XI
1947	457	457	461	473	469	471	474	467	465	451	447	455	447	1. XI
1948	458	467	475	-	475	477	478	475	466	456	447	444	-	
1949	439	445	440	449	454	459	461	459	466	445	441	449	439	18. I
1950	456	456	461	461	468	466	466	456	448	451	448	456	448	17. IX, 5. XI
1951	456	458	468	478	479	481	474	471	457	441	438	452	438	5. XI
1952	452	454	455	464	464	467	453	462	449	452	452	460	449	23. IX
1953	464	470	476	462	472	482	480	473	456	452	442	438	438	30. XII
1954	442	443	448	452	448	470	472	470	456	456	454	458	442	9, 10. I
1955	458	462	474	476	476	475	478	476	476	465	467	452	452	16. XII
1956	470	458	472	474	482	481	475	463	451	447	451	450	447	24. X
1957	447	451	457	451	462	470	457	461	455	447	447	447	447	10. I; 18. 24. XII; 9, 17
1958	451	458	459	476	479	482	477	467	461	449	447	441	441	13. XII

42. П О Т И														
Средние месячные и средние годовые высоты уро														
1874	406	400	399	406	416	431	421	411	398	389	388	407	406	
1875	412	416	416	419	424	428	425	426	416	412	425	429	421	
1876	413	409	424	422	433	430	432	421	416	409	422	428	422	
1877	428	426	429	443	449	450	442	432	419	411	411	415	430	
1878	429	416	423	447	444	442	440	431	426	412	413	430	429	
1879	442	436	442	443	444	446	439	424	422	418	423	437	435	
1880	417	412	409	428	436	439	435	436	424	423	428	418	425	
1881	434	441	443	453	452	450	452	435	430	429	420	417	438	
1882	425	415	419	428	438	434	433	427	426	423	423	433	427	
1883	423	425	430	441	451	457	445	436	423	418	417	423	432	
1884	427	419	424	436	440	445	441	440	428	427	426	425	432	
1885	419	421	428	433	442	442	441	436	428	422	421	426	430	
1886	421	426	436	431	438	443	445	437	426	418	417	414	429	
1887	430	419	428	431	432	434	431	428	419	427	429	431	428	

а



б

Мал. 8. Зразок принципової схеми прив'язки висотних позначок рівневого поста (пунктирними лініями показано рівні за БС на 1950 р.)



в) рівні при наявності хвиль визначають трикратно як середню величину між верхом і низом хвилі;

г) не вказано позначки верха рейки, без чого неможливо контролювати її нуль;

г) неможливо одночасно мати два рівні моря, тому що їх просто не існує;

д) строковий відлік з рейок не наведено, хоча рівні моря вказано: 470 та 474 см. Якби це навіть можна було встановити, після переходу на нову нормальну систему висот такі рівні в попередній системі не визначають. Позначки рівнів як своєрідного репера можуть визначатися одночасно в декількох системах, але в нашому випадку позначка репера змінюється на 397 мм, а рівня – лише на 40 мм. На схемі також вказано позначку нуля рейки $H=4,761$ м та позначку рівня строкового спостереження $H=474$ см. Таке високе розміщення нуля рейки не дозволить зчитувати строкові відліки. Рейка закріплюється завжди так, щоб її п'ятка була нижче мінімальних рівнів.

У довіднику [6] зазначено, що перевірка правильності приведення місячних і річних висот рівнів моря до єдиного нуля здійснювалась у відповідності до методичних вказівок Державного океанографічного інституту.

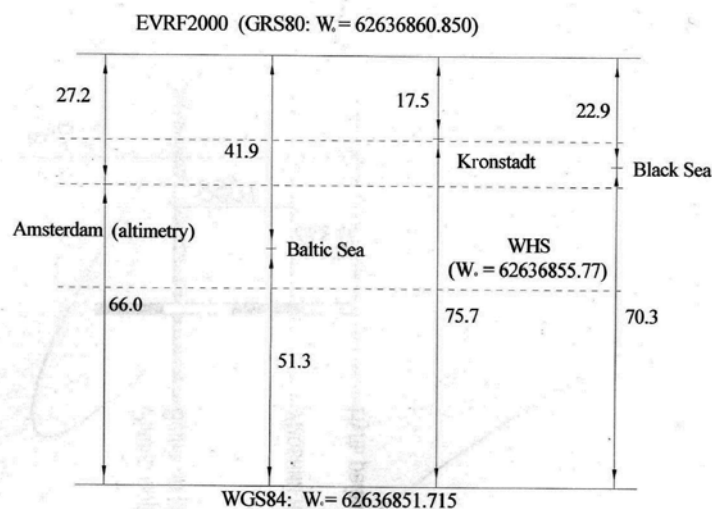
В Європі існують різні системи відліку висот. Так, для національної нівелірної мережі Нідерландів та мережі ще 14-ти західноєвропейських держав нормальним нулем є висота середнього рівня Північного моря, визначеного по футштоку в Амстердамі за період від 1843 по 1860 рр. Вихідним пунктом нівелірної мережі у Франції є висота середнього рівня Середземного моря, визначеного поблизу Марселя, у Швеції – висота середнього рівня Балтійського моря, визначеного біля Кальмара, в Німеччині – нормальний нуль Північного моря у Валленгорсті.

Нуль Кронштадтського футштоку визначався за даними спостережень на 17-ти пунктах, розміщених на берегах Фінської та Ботнічної заток у межах Великого князівства Фінляндського в період з 1833 по 1849 рр., та ряду інших футшоків за 1825-1840 рр. За середніми рівнями на вказаних пунктах спостережень з усуненням деяких неточностей їх визначення у 1840 р. на о. Котлін було встановлено Кронштадтський футшок. Дані спостережень за футшоками на узбережжі Балтійського моря, а особливо за Кронштадтським, вважалися достатньо надійними.

У праці [7] вказано середні рівні Чорного та Балтійського морів станом на 2005 р. Ці рівні знаходяться вже нижче нуля Кронштадта. Середній рівень Чорного моря підіймається не пізніше, ніж з 1935 р., – це розрахункова дата початку спостережень для фіксації середнього рівня в 1955 р. Це узгоджується з результатами наших досліджень.

Отже, за 70 років рівень води в Чорному морі піднявся на $(1,2 \text{ см} \times 70) 84$ см і становив у 2005 р. мінус 5,4 см (див. мал. 9), а в Балтійському – на $(0,8 \text{ см} \times 70) 56$ см (мінус 24,4 см).

Зважаючи на те, що підхід до отримання даних для обох морів у статті [7] був однаковим, можна



Мал. 9. Копія зображення із джерела [6, с.7], де наведено різниці (см) між рівнями Чорного та Балтійського морів, Амстердама (NAP) і Кронштадта у системах EVRF2000 та WGS84 за даними альтиметрії (1992-2005 рр.)

висловити припущення, що в районі Кронштадта відбуваються інтенсивні геодинамічні процеси і на даному відтинку часу, зокрема поблизу о. Котлін, суходіл разом з Кронштадтським футштоком піднімається швидше, ніж море.

Через те що нульова точка відліку висот у країнах регіону неконтрольована, будь-які зміни її висотного положення при наступних нівелюваннях будуть проявлятися як зміни висот стабільних територій.

Єдиним способом контролю таких точок відліку висот у країнах є створення віртуальної системи відліку висот (віртуального нуля), який буде середньозваженим значенням нулів систем висот з наявних футшоків 4-6-ти європейських держав. При виникненні екстремальних процесів країна, де таке відбуватиметься, виявлятиме нестабільність свого нульового футштока.

Висновок. Як і чотири попередні наші публікації [2-5] про геодезичне забезпечення функціонування водомірних постів, ця також мотивує необхідність глибшого виникнення чиновників Держгеокадастру України в проблему перегляду всієї нормативної бази, складеної до 1991 р. і пов'язаної з геодезичним супроводженням проектування та будівництва портів, забезпеченням автоматизації переходу до нових систем висот, створення геодезичного блоку для спеціалізованої геоінформаційної системи функціонування водомірних постів, включаючи накопичення даних про строкові спостереження. Упродовж 54-х років існування системи єдиного нуля держава втрачала великі грошові ресурси, але майже нічого не виділяла на потреби зміцнення геодезичної сфери України, як це прийнято у всіх інших державах світу.

Є очевидною необхідність виділення державою порівняно невеликих коштів на вказані роботи, які повинні виконуватись саме в сфері державної геодезичної бюджетної діяльності. При вартості 7-8 млн



карбованців будівництва 1 пог. м причалу в 70-ті роки минулого століття, а всього порту – мільярдів карбованців, ГУГК СРСР в КТМ [6; мал. 2] дозволив використовувати умовний нуль поста, прив'язаний до репера з умовною позначкою, від якого ця позначка $H=2,231$ м піднімається ще на 5 м і вже становить 7,231 м.

Коли з уведенням у 1972 р. системи БС77 основні та контрольні реperi водомірних постів отримали нові позначки, то необхідно було б у цій системі визначити і позначку нуля БС, єдиного нуля та нуля поста. Але останній продовжували обирати в кожному порту окремо і використовували його для опрацювання даних строкових спостережень у локальних системах та в БС до введення в 1961 р. систем єдиного нуля.

У Каталогах висот нівелювання водомірних постів Чорного та Азовського морів є колонки "Висота над "0" поста" та "Середній багаторічний рівень від "0" поста". Але ж нуль поста, який знаходився трохи нижче мінімального рівня, був скасований з уведенням єдиного нуля.

І наостанок таке побажання: тема "Геодезичне забезпечення встановлення та моніторингу нулів систем висот на водомірних постах" повинна бути включена у навчальні програми геодезичних вузів України.

Література

1. *Двуліт, П.Д.* Основи морської геодезії та навігації: конспект лекцій / П.Д. Двуліт, О.М.Денисов. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2007. – 150 с.
2. *Звягіна, М.С.* Висотне положення суходолу в районі міста Поті та його зміни в часі, що впливають на вірогідність визначення рівня моря / М. Звягіна, Я. Костецька // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008. – С. 43-47.
3. *Звягіна, М.С.* Визначення на водомірних постах достовірних рівнів води у Балтійській 1977 р. системі висот для наукових цілей та морегосподарських потреб / М. Звягіна, Я. Костецька // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2010. – С. 89-94.
4. *Звягіна, М.С.* Метод визначення позначок рівня моря в Балтійській 1977 р. системі висот та глибин моря відносно нуля порту / М. Звягіна, Я. Костецька // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Л.: Вид-во Львівської політехніки, 2013. – С. 34-36.
5. *Костецька, Я.М.* Аналіз матеріалів спостережень на водомірних постах українського узбережжя Чорного й Азовського морів / Я.М. Костецька, М.С. Звягіна // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Л.: Вид-во Львівської політехніки, 2013. – С. 37-39.
6. *Каталог* наблюдений над уровнем Черного и Азовского морей. – Севастополь. Гос. океанограф. ин-т. Севастоп. отд-е, 1990. – 268 с.
7. *Марченко, О.М.* Визначення середніх рівнів Балтійського і Чорного морів та їх змін у часі / О.М. Марченко, Н.П. Ярема // Вісн. геодез. та картогр. – 2006. – № 6. – С. 6-8.
8. *Руководящий* технический материал. Высотная привязка уровневых постов. ГКИНП-03-215-86 (изд-е офиц.). – М.: ЦНИИГАИК, 1988. – 40 с.
9. *Шлепнев, И.И.* Основные элементы геодезических и картографических работ в Закавказье / И.И. Шлепнев. – Тифлис, 1929. – 42 с.

Надійшла 24.03.15