

ВИЗНАЧЕННЯ НА ВОДОМІРНИХ ПОСТАХ ДОСТОВІРНИХ РІВНІВ ВОДИ У БАЛТІЙСЬКІЙ 1977 р. СИСТЕМІ ВИСОТ ДЛЯ НАУКОВИХ ЦІЛЕЙ ТА МОРЕГОСПОДАРСЬКИХ ПОТРЕБ

М. Звягіна

ДП “Чорноморндріпроект”

Я. Костецька

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: Балтійська 77 система висот, єдиний нуль.

Постановка проблеми

Одночасно з появою портів виникла потреба визначати рівні та глибину води, що було необхідним для безпеки входження кораблів у порт і маневрування на його акваторії. Знаходили їх грубо. Рівні води та їх зміни визначали найчастіше відносно зарубок на скелях. А з XVIII століття для цього почали використовувати водомірні рейки, що підвищило точність і надійність цих визначень.

До наших берегів на Чорному морі та в гирла великих рік – переважно Дніпра, Південного Бугу та Дунаю – припливали кораблі ще до нашої ери, тому тут вже у той час виникли порти. Очевидно, що для безпеки вже тоді фіксувались глибини та рівні води. Але тільки на початку XVIII століття тут з’явилися **ординари**, тобто мітки, які відповідали середньому багаторічному рівню води в місці їх закріплення. Відносно них визначали актуальні рівні води та її глибину. На деяких водомірних рейках штрих з підписом “0” відповідав ординару. Від цього штриха на прилеглий території створювали локальні системи висот.

У цьому самому столітті для проектування, будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд в портах України були впроваджені **нулі портів** (“0” порту), тобто мінімальні рівні води, які визначалися для кожного водомірного поста окремо за даними багаторічних спостережень.

У XX столітті почали визначати позначки ординарів та нулів портів у державних системах висот. На Чорноморсько-Азовському побережжі території України в 1947 р. на ординари були передані позначки в Балтійській системі висот (БС). У цій системі отримали також свої позначки нулі портів.

З 1 січня 1961 р. для досягнення безпеки мореплавства та уніфікації горизонтів (рівнів) води в Радянському Союзі був введений “**єдиний нуль поста моря**” – скорочено **єдиний нуль**, позначка якого всюди була прийнята такою, що дорівнює 5,000 м в БС [1], тобто на п’ять метрів нижче від нуля Кронштадтського футштока. Отже, цей нульовий горизонт був також визначений в БС. І рівні води в портах почали визначати відносно цього відлікового горизонту, тобто від єдиного нуля поста моря. Отже, якщо рівень води у системі БС на позначці – 30 см, то відносно єдиного нуля його позначка становить $h_0 = -30 \text{ см} - (-500 \text{ см}) = 470 \text{ см}$.

З 1968 р. в Радянському Союзі почали вводити Балтійську систему висот 1977 р. (БС77). У зв’язку з цим Севастопольське відділення Державного океанографічного інституту (ДОІН) отримало завдання перевести в цю систему показники рівнів води в портах Чорного і Азовського морів. В результаті виконання цього завдання в 1990 р. був опублікований Каталог позначок рівнів води портів України [2]. Про методику цього переобчислення зазначено дуже коротко (наведено мовою оригіналу): “С 1961 г для большинства морей был введен единый нуль поста моря. В каталоге все уровни моря приведены к этому единому нулю поста моря, который расположен на 5,00 м ниже нуля Кронштадтского футштока, являющегося исходным пунктом нивелировок СССР [1] – единой отсчетной основы БС, 1950 и ГВО, 1977 г. Для перехода к системе ГВО 1977 вводилась поправка, которая представляла собой разницу между отметками репера БС 1950 и ГВО 1977. Поправка эта не всегда оставалась постоянной за период наблюдений в связи с заменой реперов и различным классом нивелирования” (підкреслено нами). З цього можна зробити висновок, що ДОІН очікував отримати для всіх

вodomірних постів одну стабільну різницю між нулями систем *BC* та *BC77*. А ця різниця не є постійною і для територій портів України може мати значення від +5 см до +15 см. І згідно з [1] передавати позначки на основні репери водомірних постів потрібно нівелюванням I і II класів, а не “различними класами”.

Причиною перегляду застосованої методики переобчислення позначок водомірних постів стало те, що за результатами спостережень на водомірних постах за останні два десятиліття, тобто від часу введення нової системи висот, рівень води в Чорному і Азовському морях різко і до того ж нерівномірно підвищується та спостерігаються перекоси рівнів моря. Це не дає змоги обґрунтувати прогноз подальшої поведінки моря, надійно проектувати гідротехнічні споруди портів та їх експлуатувати. Нині склалися умови, за яких неможливо розробити проекти будівництва портових споруд з дотриманням вимог відповідних державних будівельних норм [3, 4, 5].

За позначками рівнів моря визначають глибини моря у портах. А одна з основних функцій портів – підтримувати оголошені глибини [6], щоб забезпечити вхід у порт та маневрування на його акваторії тих типів суден, які він приймає. Порт повинен мати достовірні глибини, що забезпечить будівництво і реконструкцію гідротехнічних споруд та ремонтне черпання ґрунту з дна своєї акваторії з метою підтримання оголошеної глибини. Якщо інформація про глибину моря помилкова, ремонтне черпання або не буде виконуватись, хоч воно потрібне, або виконуватиметься, хоч глибина є достатньою. В першому випадку це спричинить пошкодження кораблів, а в другому – буде здійснюватись непотрібне черпання ґрунту. І в першому, і в другому випадку це пов'язано зі значними коштами. Наприклад, якщо глибина буде визначена з похибкою тільки 20 см, то за вартості виймання кубометра ґрунту 45 грн. для поглиблення підхідного каналу завширшки 100 м і завдовжки 1 км, тобто на площі 10 га коштуватиме 900 тисяч грн. А довжини підхідних каналів можуть бути і 20 км. Отже, вартість таких помилок – це мільйони гривень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Результати спостережень на рівневих постах в наш час використовують для двох цілей: наукової – виявлення тенденції зміни рівнів води в морі, та практичної – забезпечення діяльності портів, судноремонтних заводів та інших комплексів.

Коли йдеться про визначення змін рівнів води в морях, то позначки рівневих постів потрібно періодично визначати в державній системі висот, тобто відносно стійких реперів з точно встановленими позначками. У разі використання локальних висотних систем визначити зміни позначок суходолу (опускання чи піднімання), особливо якщо вони рівномірні, практично неможливо [7]. При цьому не можна встановити, чи змінює свою висоту суходіл, чи змінюється рівень води в морі. Коли ж використовувати державну систему висот, то можна дати відповідь – опускається суходіл чи піднімається рівень моря [8].

Отримання позначок рівневих постів в тій чи іншій державній системі висот для діяльності порту значення не має. Зазначимо ще раз, що головним для діяльності портів є інформація про рівень і глибину моря в його акваторії, які визначаються відносно єдиного нуля, та надійні дані про тенденцію їх зміни. При цьому положення єдиного нуля повинно бути визначене правильно.

У Керівному матеріалі [1], складеному в 1988 році, сказано, що позначки основного, контрольного і робочого реперів водомірних постів повинні бути в системі *BC77*, але методики переходу від системи *BC* до системи *BC77* в ньому немає. Позначка єдиного нуля встановлюється такою, що дорівнює $-5,000$ м відносно нуля системи *BC77*, тобто не враховується різниця позначок у попередній і новій системах. Застосований механічний перехід від однієї системи до іншої створив проблеми в діяльності портів, наслідком яких є помилки у визначенні рівня і глибини моря. Значення цих помилок, як можна очікувати, є близькими до різниці позначок в системах *BC* і *BC77* в районі розташування порту, які на території Чорноморського побережжя можуть перевищувати 0,15 м.

Постановка завдання

Мета досліджень – на прикладі одного з портів Чорного моря виконати аналіз визначення позначок реперів, верху водомірної рейки та строкового рівня води в обох системах висот та запропонувати методику здійснення переходу від системи *BC* до системи *BC77*, за якої будуть збережені результати багаторічних спостережень на водомірних постах та позначки рівня води і глибини будуть визначені правильно, тобто відповідатимуть їх реальним значенням.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для дослідження вибрано порт, на території якого за виконаними Підприємством № 13, а

пізніше УкрДАГП повторними нівелюваннями встановлено, що репери є стабільними, а також ними отримана для цієї території поправка +0,80 м для переходу від системи *БС* до системи *БС77*. Цей порт названий нами портом *N*. В ньому діють два водомірні пости, перший і другий, віддаль між якими – близько 6 км. За даними багаторічних спостережень нуль цього порту в системі *БС* має позначку – 0,73 см.

Прив'язка реперів першого посту була здійснена в 1947 р. нівелюванням I класу від стінних репера і марки з позначками в системі *БС*. Від цих реперів позначки передавались на репери цього поста та його водомірну рейку в 1979 р. і в 1984 р. Після цього репер і марка були втрачені у зв'язку із зруйнуванням будівлі, в яку вони були закладені.

У 1981 р. на першому водомірному посту Підприємство № 13 заклало основний репер II класу б/№ та передало його позначку від вищезгаданих реперів. Контрольний репер встановив у 1975 р. Український державний інститут інженерно-технічних вишукувань і його позначка отримана нівелюванням IV класу від репера № 15. Обидві позначки визначені в системі *БС77*. Позначку верху рейки першого поста отримало Районне гідрометеорологічне управління. Позначки реперів і верха водомірної рейки показані на рис. 1, *a*.

Другий водомірний пост функціонує від 2005 р. У цьому самому році геодезисти Міського управління архітектури заклали тут два стінні репери і передали на них позначки від пунктів міської полігонометрії нівелюванням IV класу. Вони визначили також позначку верху рейки цього поста. Схеми нівелірних ходів для прив'язки реперів водомірних постів та матеріали їх зрівноваження були отримані від Міського управління архітектури, але без результатів прив'язки до реперів Державної нівелірної мережі. Отримані матеріали свідчать про якісне виконання нівелірних робіт. Крім цього, встановлено, що позначки пунктів полігонометрії були в системі *БС*, отже, позначки реперів і верху водомірної рейки на другому посту також отримані в цій системі. На рис. 1, *б* наведені ці позначки.

Нами виконані польові вимірювання на обох водомірних постах, які охоплювали нівелювання для перевірки позначок їх реперів та верху водомірної рейки, а також строкове визначення рівня води на 8 год. 00 хв. 9.12.2009 р. Для нівелювання був використаний нівелір NI025 і лазерна рулетка Leica DISTO 08.

Отримані нами перевищення показано на рис. 1. На першому посту одержане нами перевищення між реперами відрізняється від обчисленого за їх позначками на 5 мм, а на другому – на 1 мм. Виміряне перевищення між одним із реперів і верхом водомірної рейки відрізняється від різниці їх позначок на першому посту на 8 мм, а на другому – на 3 мм, тобто позначки реперів і верху водомірних рейок не викликають ніяких сумнівів.

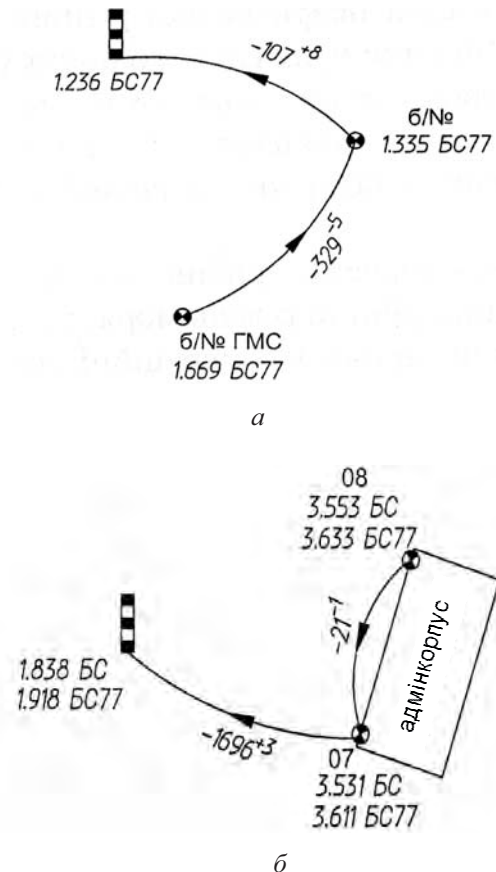


Рис. 1. Схеми і результати контрольного нівелювання верху водомірної рейки: *a* – першого поста; *б* – другого поста

Отримані нами горизонти води відносно єдиного нуля порівнювались з горизонтами, визначеними на той самий час на першому посту Гідрометеорологічною службою, а на другому – працівниками поста, що зведено в таблиці.

Результати визначення горизонту води відносно єдиного нуля

Водомірний пост	Показ рейки, м	Горизонт води, см від єдиного нуля	
		За нашими даними	За даними інших спостережачів
Перший	1,55	471	479 – ГМС
Другий	1,84	467	467 – працівників поста

Камеральні обчислення виконані за методикою, опрацьованою М.С. Звягіною в ДП “Чорноморнідпроект”. Результати обчислень ілюструються для кожного водомірного поста графіком, який створюється так, як в [1], тільки не для однієї системи висот, а для двох. Наносимо горизонтальну лінію, яка відповідає позначці основного репера водомірного поста і відносно неї наносимо всі інші позначки в двох системах – *BC* і *BC77*. Для більшої наочності наносимо також лінії, які відповідають нульовим позначкам в обох системах висот, відкладаючи від верхньої горизонтальної лінії позначки репера в цих системах. Нуль *BC* розміщений з горизонтом, який раніше називали “0” Кронштадтського футштока, а “0” *BC77* розміщений нижче на поправку для переходу від однієї системи в другу. Для порта *N* нижче на 0,080 м.

Відклавши від лінії “0” *BC* вниз 5,000 м, отримаємо положення єдиного нуля поста моря. Зазначимо, що в [1] і [2] горизонт нуля поста моря отримували, відкладаючи п’ять метрів вниз від нуля системи *BC77*, що відразу внесло систематичну помилку у визначення рівнів та глибин води, бо відносно єдиного нуля визначають рівень і глибину води на водомірних постах. Ця помилка дорівнює поправці для переходу від однієї системи в другу.

Далі на графіку потрібно відкласти всі позначки від нуля відповідної системи висот, зокрема позначки строкових рівнів води.

Нижче показані обчислені значення єдиного нуля і нуля порта *N* для обох водомірних постів.

$$1) h_{0''BC77} = h_{0''BC} - 0,080 \text{ м} = -0,080 \text{ м}$$

$$2) \text{ в } BC \quad h_{ед.''0''} = h_{0''BC} - 5,000 \text{ м} = -5,000 \text{ м}$$

$$3) \text{ в } BC77$$

$$h_{ед.''0''} = h_{0''BC} - 5,000 \text{ м} - (-0,080 \text{ м}) = -4,920 \text{ м}$$

$$4) \text{ в } BC \quad h_{0''порту} = -0,73 \text{ м}$$

$$5) \text{ в } BC77$$

$$h_{0''порту} = -0,73 \text{ м} - (-0,080 \text{ м}) = -0,65 \text{ м}$$

Як бачимо, позначка єдиного нуля в системі *BC77* повинна бути – 4,920 м, а не – 5,000 м. Змінились також позначки нуля порта. І це потрібно враховувати під час визначення як горизонту води, так і її глибини.

Використовуючи ці позначки для обох постів за показами рейок та позначками основного репера поста, обчислили горизонти води на 8 годину 09.12.2209 р. на обох постах.

На рис. 2 наведено графік позначок єдиного нуля і нуля *BC77* першого поста, а на рис. 3 є такий самий графік для другого поста. На графіках позначки в системах *BC*, *BC77* та від єдиного нуля показані різними кольорами. На рис. 2 у сис-

темі *BC* – чорним, в системі *BC77* – зеленим, а позначки відносно єдиного нуля – синім. На рис. 3 позначки в системі *BC* підписані червоним кольором, у системі *BC77* зеленим, відносно єдиного нуля – синім, а відносно нуля порта – коричневим.

Горизонт води відносно єдиного нуля на першому посту за нашими спостереженнями дорівнює 471 см, а за результатами спостережень ГМС – 479 см. Різниця рівнів ще раз підтвердила, що позначки на цьому посту – в системі *BC77*.

На другому посту для горизонту води відносно єдиного нуля отримано 467 см, тобто на 4 см менше ніж на першому. Найімовірнішою причиною цього є нахил рівня води між водомірними постами, оскільки вони розташовані в лимані. Але можливе також осідання реперів, які закріплені в одній будівлі.

Побудовані за нашою методикою графіки дають змогу встановити зв’язок між позначками у всіх системах висот, які використовуються на водомірних постах.

Тепер покажемо, що правильно визначені позначки дають змогу правильно визначити глибину води. На рис. 4 показано графік глибин, розрахований для 8 години 09.12.2009 р. на другому водомірному посту з використанням різних систем висот: у системі *BC* – червоним кольором, в системі *BC77* – зеленим, відносно єдиного нуля – синім кольором, а відносно нуля порту – коричневим. Для порівняння на рис. 4 показано графік першого водомірного поста, на якому глибини підписані бузковим кольором. На цьому посту всі позначки у системі *BC77* і єдиний нуль визначено також в цій системі, відкладаючи вниз від нуля в системі *BC77* 5,000 м, а цю величину потрібно відкладати від нуля системи *BC*. Це є причиною незбіжності нуля порту і єдиного нуля на обох постах. Наслідком цього є незбіжність глибин на цих постах.

Як бачимо, застосована нами методика опрацювання результатів спостережень на водомірних постах дає можливість здійснити правильний перехід від системи *BC* в систему *BC77* та правильно визначити горизонт води, і її глибину. При цьому і рівень води і її глибини, визначені від різних точок віднесення, мають однакові значення. Коли ж обчислення виконувати тільки за позначками у системі *BC77*, то позначки нуля порта і єдиного нуля будуть правильними тільки за умови правильного переходу від системи *BC* у систему *BC77*. На першому водомірному посту позначка єдиного нуля в системі *BC77* визначена неправильно, тому похідні від неї показники обчислені також неправильно. Ця позначка повинна становити – 4,920 м.

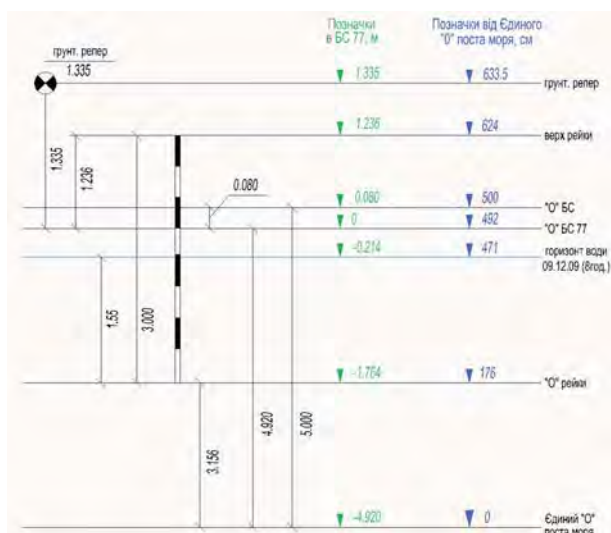


Рис. 2. Графік позначок репера, єдиного нуля і нуля BC77 на першому водомірному посту

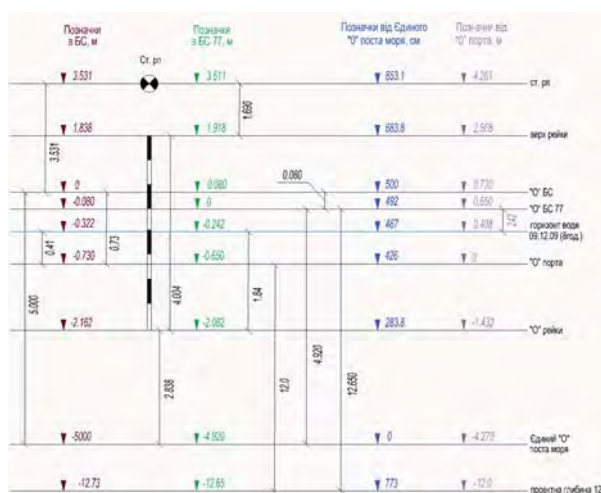


Рис. 3. Графік позначок репера, єдиного нуля, нуля BC77 і нуля порта на другому водомірному посту

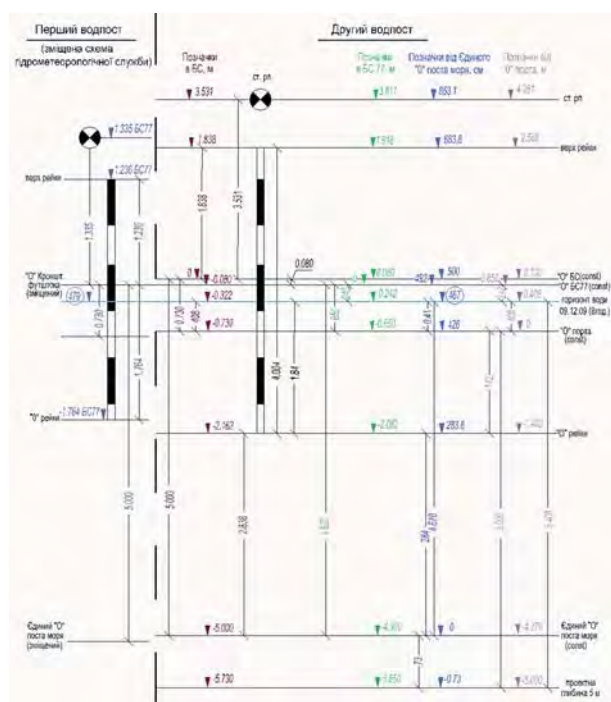


Рис. 4. Графік розрахунку глибин на другому водомірному посту

Висновки

Виконане дослідження показало, що опрацьована нами методика переходу від позначок в системі висот BC до позначок в системі BC77 забезпечує правильне визначення горизонтів води та її глибини, а також дає змогу використати результати багаторічних спостережень на водомірних постах, які були прив'язані до системи BC. Використання багаторічних спос-

тережень є особливо важливим для визначення рівнів та глибини води.

Результати дослідження дають підставу для сумніву у правильності здійсненого переобчислення позначок водомірних постів з системи BC у систему BC77. Тому потрібно виконати такий аналіз процесу цього переходу для всіх водомірних постів за запропонованою нами методикою, як це зроблено нами для водомірних постів порту N.

Література

1. Руководящий технический материал. Высотная привязка урвненных постов. ГКИНП-03-215-86 (издание официальное). – М.: ЦНИИГАИ., 1988. – 40 с.
2. Каталог наблюдений над уровнем Черного и Азовского морей. – Севастополь: Государственный океанографический институт (ГОИН). Севастопольское отделение, 1990. – 268 с.
3. РД 31.31.37-78. Нормы технологического проектирования морских портов. Основные положения. – М.: ММФ, 1978. – 222 с.
4. СНиП 2.06.04-82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – М.: Государственный комитет по делам строительства, 1986. – 40 с.
5. СНиП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 28 с.

6. Кодекс торгового мореплавания. Принят ВРУ 23.05.1995. – К.: Украинский информационно-правовой центр, 2002. – 154 с.

7. Шлепнев Н.И. Основные элементы геодезических и картографических работ в Закавказье. – Тифлис, 1929. – 42 с.

8. Звягіна М. 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: – Львів, 2008 – С. 43–47.

Визначення на водомірних постах достовірних рівнів води у Балтійській 1977 р. системі висот для наукових цілей та морегосподарських потреб
М. Звягіна, Я. Костецька

Проаналізована вірогідність значень рівнів моря після переходу від Балтійської системи висот до Балтійської системи 77. Запропонована методика виконання цього переходу, за якої зберігаються результати багаторічних спостережень на водомірних постах і яка забезпечує правильне визначення як рівнів води, так і глибин.

Определение на водомерных постах достоверных уровней воды в Балтийской 1977 г. системе высот для научных целей и морехозяйственных нужд
М. Звягина, Я. Костецкая

Проанализирована достоверность значений уровней моря после перехода от Балтийской системы высот к Балтийской системе 77. Предложена методика выполнения этого перехода, при которой сохраняются результаты многолетних наблюдений на водомерных постах и которая обеспечивает правильное определение как уровней воды, так и её глубин.

Determination of reliable sea level height values on tide-gauges in Baltic height system 77 for scientific and economic purposes
M. Zwiagina, Ya. Kostetska

The analysis of reliability of sea level height values obtained after transition from the Baltic height system to the Baltic height system 77 was done. The methods of such transition at which results of tide-gauges long-periodic observations are preserved and which provides correct determination sea level height values and depths is offered.

23 to 24 September 2010
Albena resort, Varna, Bulgaria
XX International Symposium
Modern technologies, education
and professional practice
in geodesy and related fields
Home | Find | Add a conference
<http://cim.bg/index.php/en/view/organizing-xx-international-symposium-geodesy>

30 November – 1 December
The Hague, The Netherlands
European LiDAR
Mapping Forum 2010.
www.lidarmap.org

5–7 October
Cologne, Germany
INTERGEO
www.intergeo.de

8–10 November
Las Vegas, USA
Trimble Dimensions 2010-Converge.
Connect. Collaborate
www.trimbledimensions.com