

УДК 556.535.2(470.26)

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО МАРЕОГРАФА И КОНТРОЛЬНЫХ ОТСЧЕТОВ ПО РЕЙКЕ НА МУЗЕЙНОМ СУДНЕ «ВИТЯЗЬ»

Р.В. Абрамов

Атлантическое отделение федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН»,
Россия, 236022, г. Калининград, проспект Мира, 1
E-mail: abramov@atlas.baltnet.ru

Выполнено сравнение двух методов измерения уровня воды в точке положения судна
"Витязь". Результаты согласуются статистически удовлетворительно.

уровень, мареограф, контрольный отсчет, среднемесячные

В предметах исследования надлежит отыскивать не то, что о них думают другие или что мы предполагаем о них сами, но то, что мы ясно и очевидно можем усмотреть или надежно дедуцировать, ибо знание не может быть достигнуто иначе.

Cartesius

Малобааритный автоматизированный мареограф, как следует из его технической характеристики, изложенной в [1], позволяет получить уровень моря относительно нуля поста косвенным методом по измерениям абсолютного гидростатического давления P_H кПа, атмосферного давления P_A кПа и введенным значениям средней плотности ρ_0 кг/м³/морской воды, а также ускорения силы тяжести g м/с², связанных с высотой уровня H следующим соотношением (1):

$$H = \frac{10^3(P_H - P_A)}{\rho_0 \cdot g} \quad (1)$$

За нуль поста прибора принята высотная отметка горизонтальной плоскости, совпадающей с плоскостью, в которой находится чувствительный элемент кварцевого датчика гидростатического давления. Прибор задействован в точке стоянки "Витязя" (54°42' с.ш., 20°30' в.д.) в декабре 2008 г. Проводная линия соединяет его с концевым показывающим устройством на борту судна. Ежедневные отсчёты снимаются МЕТЕО-группой АО ИО РАН один раз в сутки

при производстве стандартных гидрометеорологических наблюдений в околополуденное время (12 00 зимн. моск. / 09. 00 Всемирн.).

Приблизительно одновременно с цифровым отсчётом условного уровня H на экране мареографа вахтенный наблюдатель измеряет с помощью гибкой рейки (шнур с отвесом, рис. 1) расстояние $h_{\text{грузик}}$ (см) от леерного ограждения набережной до поверхности воды (в нескольких метрах от установленного на дне датчика мареографа). При этом уровень $h = (305 - h_{\text{гр}})$ выражен в абсолютных отметках, т. е. в Балтийской системе высот, счёт которых ведётся от нуля Кронштадтского футштока. Рабочий параметр 305 см связан с установленной здесь первоначально (1995 г.) деревянной рейкой. Таким образом, мы имеем дело с параллельными измерениями уровня в двух рядом расположенных точках, выполняемых практически одновременно одним лицом (вахтенный метеонаблюдатель): H – мареограф и h – гибкая рейка. Эти измерения охватывают интервал с 1 января 2009 г. по 31 января 2010. $N = 396$ пар измерений, выполнявшихся ежедневно без пропуска.

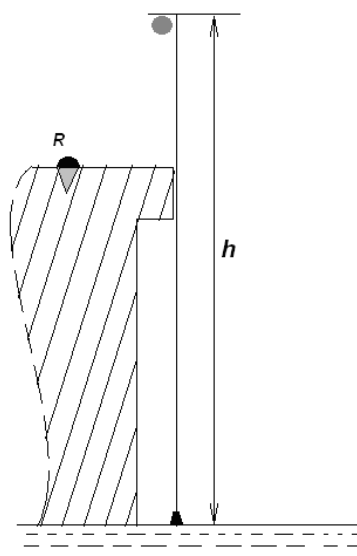


Рис. 1. Схема измерения уровня на «Витязе» посредством гибкой рейки (h – длина натянутого грузиком шнура, перекинутого через леерное ограждение набережной; R – место установки на набережной временного репера при нивелировке водомерного поста Калининградским аэрогеодезическим предприятием в 1995 г.)

Fig. 1. Control measuring of level h with flexible level lath from embankment (scheme) (h – length of cord; R – place of temporary datum-level 1995)

Так как связь между H и h a priori неизвестна, вместо распределений этих величин сравним распределения их производных dH/dt , dh/dt , избавившись, таким образом, от влияния нуля шкалы. Это не что иное, как перепады ΔH , Δh уровня от дня ко дню, измеренные разными способами. Видно, что оба распределения (рис. 2) идентичны и почти дублируют одно другое. Максимальной повторяемостью обладают наименьшие значения. В области экстремальных значений симметрия нарушается: наибольшие подъёмы по абсолютной величине превосходят наибольшие спады.

Помесячно сгруппированные и осреднённые величины H и h , а также ΔH и Δh обладают согласованным календарным ходом. Это относится как к первым моментам распределений (средние), так и ко вторым (средние квадратичные отклонения) (табл. 1 и 2).

Графики связи между H и h , построенные по экстремальным значениям месячных массивов (рис. 3) и методом наименьших квадратов (рис. 4) при отражении ими календарного хода величин H , h , обладают несомненной устойчивостью (2). Между величинами H и h имеется корреляция r (табл. 3), достигающая в июне 0,98, угол наклона $\beta = \text{atg } r$ составляет в этом случае 44.5° (минимальное значение 39° в марте при $r = 0,81$).

$$r = \frac{1}{n} \Sigma (H - \bar{H})(h - \bar{h}). \quad (2)$$

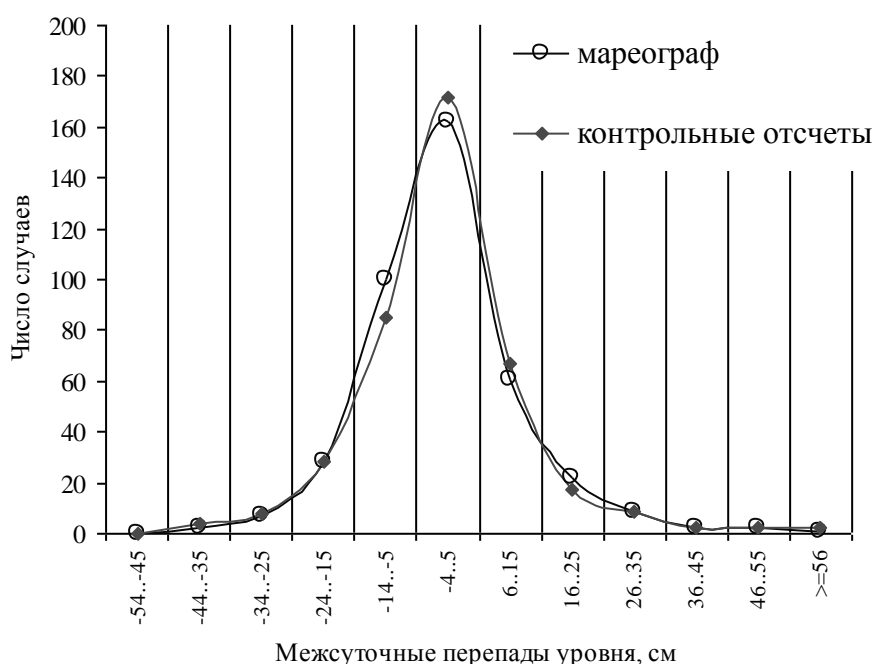


Рис. 2. Распределение числа случаев N величины межсуточного перепада уровня по данным автоматического мареографа ΔH и контрольным отсчетам Δh

Fig. 2. Distribution of quantity day-to-day level change by mareograph ΔH and control Δh

Видно, что значения H и h от месяца к месяцу изменяются согласованно. На интервале январь 2009 – январь 2010 (рис. 5) низкие уровни наблюдаются в феврале, апреле, ноябре, январе и отчасти в июле-августе; высокие – в марте, июне, октябре; максимум – в октябре, минимум – в январе 2010 г. Помесячные дисперсии (рассматриваются абсолютные величины $\pm \sigma_H$ и $\pm \sigma_h$) близки между собой (3):

$$2 (\Sigma_{13} \sigma_H - \Sigma_{13} h) / (\Sigma_{13} H + \Sigma_{13} h) \cong -5\% . \quad (3)$$

В целом рассеяние H меньше, чем рассеяние h . Наиболее высокое рассеяние в октябре и ноябре. Значения σ_H и σ_h также изменяются согласованно.

Таблица 1. Главные статистики уровня H по мареографу и h по контрольным измерениям. Черта сверху означает осреднение на месячном интервале Янв 2009 – Янв 2010, $\pm \sigma$ – среднеквадратичное отклонение

Table 1. Main statistics by mareograph H and by lath h (control) from Jan 2009 to Jan 2010. With line above is marked monthly mean

Характеристика	Месяц												
	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июнь	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Янв
H	185,0	169,7	181,3	175,5	179,9	192,5	190,5	192,2	200,9	215,2	175,2	189,1	162,1
σ_H	$\pm 12,6$	12,9	11,3	8,6	11,4	11,9	12,5	10,7	13,1	21,6	19,9	13,2	18,9
h	12,2	-3,0	7,3	-6,8	2,7	19,3	19,0	18,6	24,9	36,3	-7,4	9,2	-15,0
σ_h	$\pm 11,4$	12,9	11,9	11,5	12,7	12,6	13,3	12,6	13,5	22,4	21,9	13,3	18,5
$(\overline{H - h})$	172,8	172,8	174,0	182,3	177,1	173,1	171,5	173,6	176,0	178,9	182,5	179,8	177,1
σ	4,0	3,0	3,4	5,8	5,6	3,4	3,6	3,8	4,4	3,5	4,3	3,1	6,0
$(\overline{H}) - (\overline{h})$	172,8	172,8	174,0	182,3	177,1	173,2	171,5	173,6	176,0	178,9	182,6	179,9	177,1

Значения ΔH и Δh (рис. 6) в первой половине 2009 года существенно различны. В январе: - 0,4 и + 0,8 и в июне: - 0,2 и + 0,4, они близки между собой в феврале: 0,5 и 0,6 и марте: - 0,3 и - 0,4; тенденции январь-февраль и март-апрель противоположны. С августа 2009 по январь 2010 г. значения величин ΔH и Δh и их тенденции почти совпадают.

Таблица 2. Главные статистики межсуточных перепадов уровня ΔH по мареографу и Δh по контрольным измерениям; Σ обозначает алгебраическую сумму межсуточных перепадов в течение месяца

Table 2. Main statistics of interdiurnal (day-to-day) change of level by mareograph (ΔH) and control (Δh); Σ is algebraic sum during month

Характеристика	Месяц												
	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июнь	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Янв
ΔH	-0,45	0,50	-0,29	-0,17	0,23	-0,23	0,58	-0,19	1,07	-1,29	0,47	-0,06	-0,58
σ	12,2	9,36	10,26	6,51	10,13	15,65	15,48	9,6	12,4	18,9	13,92	11,7	11,04
$\Sigma \Delta H$	-14	14	-9	-5	7	-7	18	-6	32	-40	14	-2	-18
Δh	0,774	0,61	-0,42	-0,73	0,742	0,45	0,677	0,548	1,267	1,195	0,28	0,064	-0,613
σ	11,72	8,56	9,92	6,86	12,69	17,0	17,2	11,82	13,11	18,8	15,5	11,31	8,96
$\Sigma \Delta h$	24	17	-13	-22	23	13	21	-17	38	-37	8	2	-19

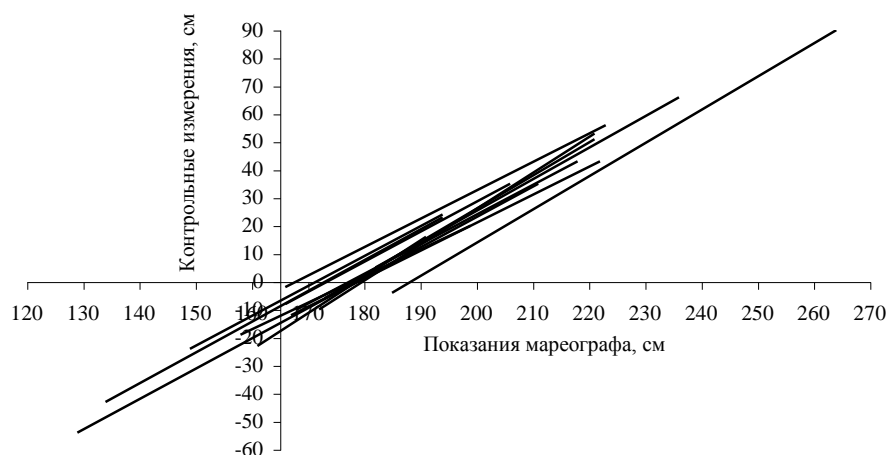


Рис. 3. Помесячные графики связи между показаниями мареографа H и контрольными измерениями h , построенные по экстремальным значениям

Fig. 3. Monthly comparison H and h by extreme values

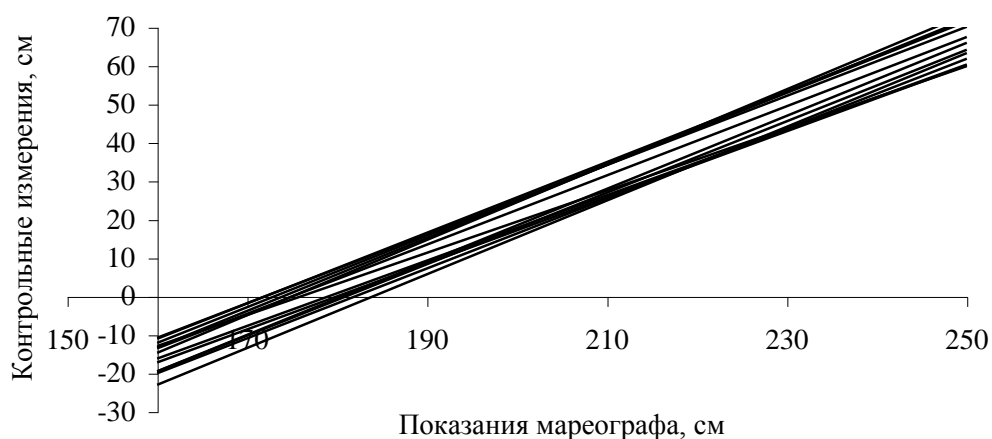


Рис. 4. Графики связи между показаниями мареографа H и контрольными измерениями h , вычисленные методом наименьших квадратов
 Fig. 4. Monthly comparison of H and h by method of least squares

Помесячные дисперсии (как и выше, речь идёт о абсолютных величинах С.К.О.) приращений $\sigma_{\Delta H}$ и $\pm\sigma_{\Delta h}$ близки по значениям: от 18,9-18,8 до 6,9-6,5. Их ход согласуется почти во всех деталях, и в целом (12,0 и 12,6) они различаются на 4 %, $\sigma_{\Delta H} < \sigma_{\Delta h}$. Однако в первые три месяца рассматриваемого интервала (январь - март) и в последние два (декабрь 2009 – январь 2010), а также в октябре рассеяние данных мареографа становится больше, чем рассеяние контрольных измерений: $\sigma_{\Delta H} > \sigma_{\Delta h}$.

Таблица 3. Помесячные коэффициенты корреляции между H и h
 Table 3. Monthly correlation coefficient H and h

Месяц	r	Наклон β°	$H (h=0)$	Факт. h
Январь	0,90	42	175	+1, -1
Февраль	0,95	43,5	174	24
Март	0,81	39	176	2
Апрель	0,86	41	180	+1, -1
Май	0,85	40,5	179	0, 0, 0
Июнь	0,98	44,5	175	0
Июль	0,93	43	173	0
Август	0,90	42	172	1
Сентябрь	0,91	42,5	182	8,6
Октябрь	0,96	44	184	6
Ноябрь	0,95	43,5	180,5	0,0
Декабрь	0,93	43	181	1
Январь	0,92	42,5	172	+2, -2
Сред.	$0,91 \pm 0,05$	42°	$177,2 \pm 4,1$	

Значения алгебраических сумм суточных приращений (перепадов уровня), кроме участков январь-февраль и март-апрель, когда они идут "враздрай", изменяются согласованно; экстремумы близки между собой: $(-40, +32) \Delta H$, $(-37, +38) \Delta h$.

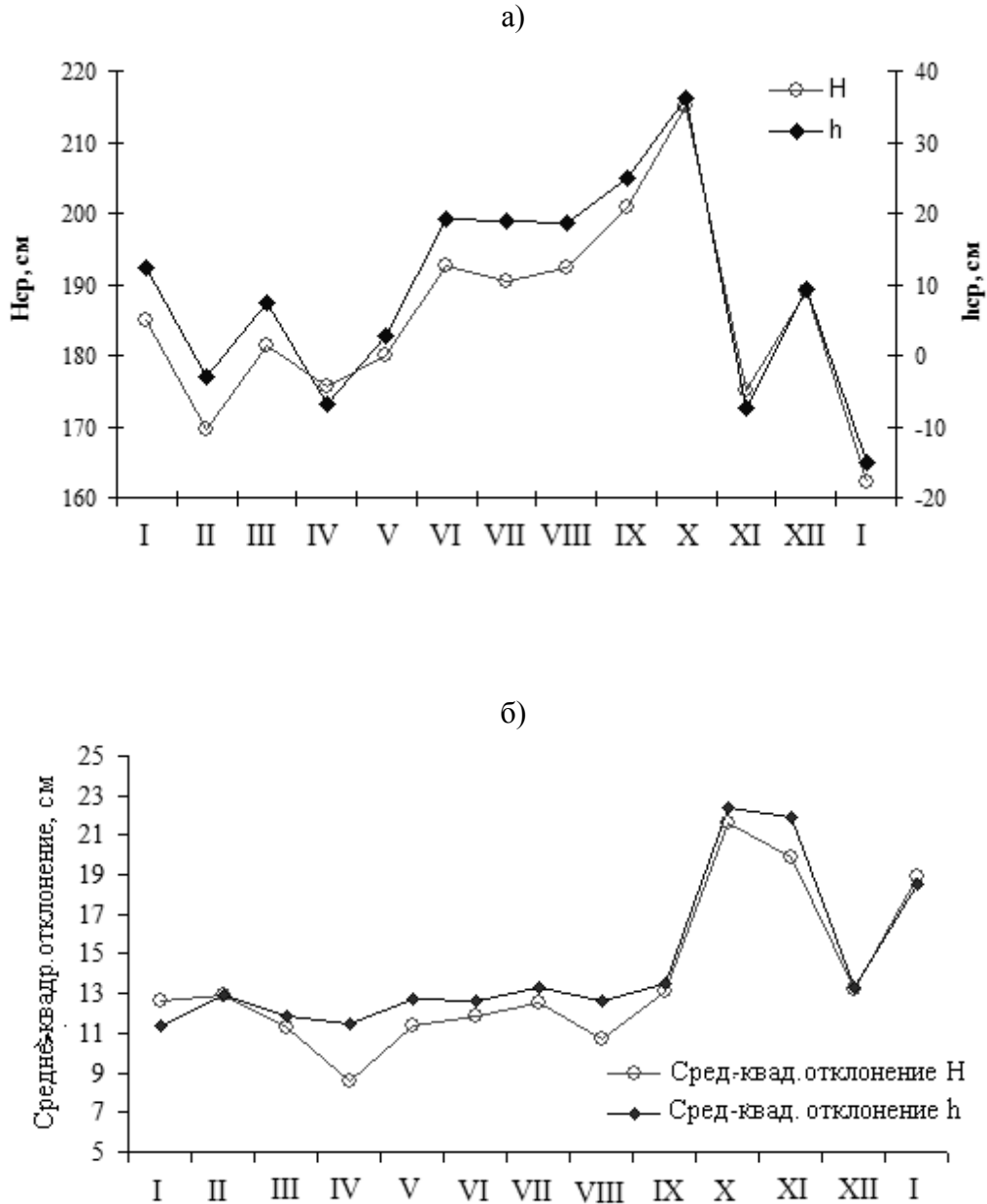


Рис. 5. Календарный ход средних месячных значений H (мареограф) и h (контрольных отсчетов) (а) и ход их среднеквадратичных отклонений (б)
 Fig. 5. Course of monthly means H and h (above)
 Course of monthly $\pm\sigma$ of H and h (below)

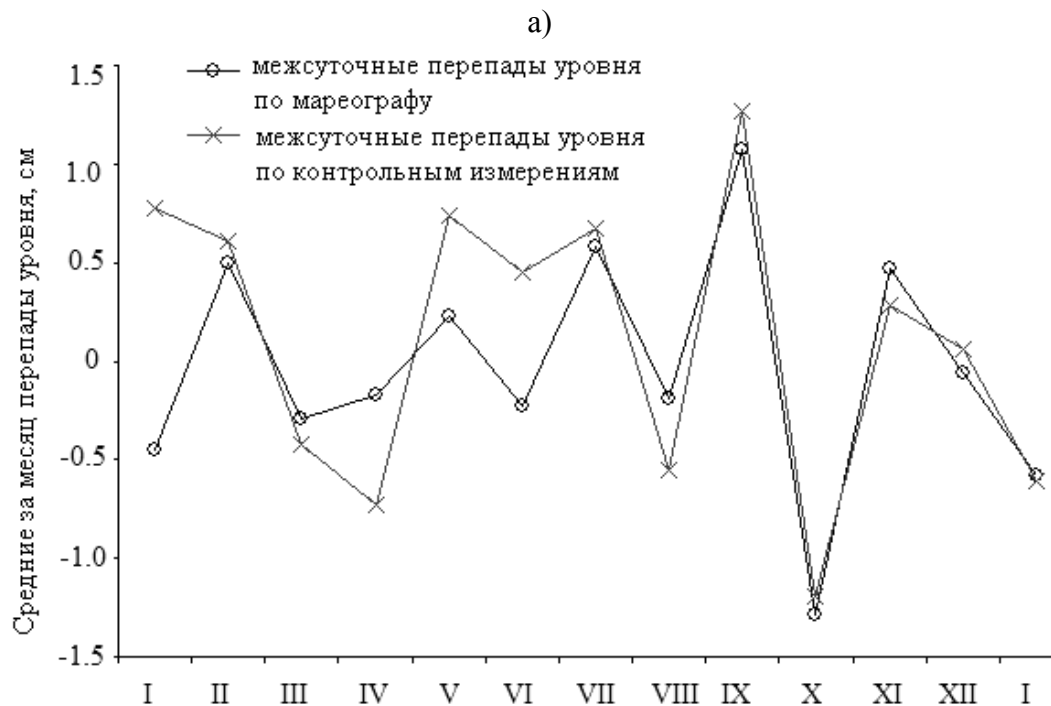


Рис. 6. Календарный ход средних за месяц приращений (перепадов) уровня по данным мареографа и контрольным отсчётам (а), а также среднеквадратичное отклонение их абсолютных величин (б), ср. рис. 5

Fig. 6. Course of monthly means (above) and $\pm \sigma$ of items (below), comp. fig. 5

Интересно (рис. 7), что наиболее правильным календарным ходом отличается величина параметра приведения данных мареографа к Балтийской системе (4) (см. табл. 1).

$$\overline{H - h} \equiv \overline{H} - \overline{h} \quad (4)$$

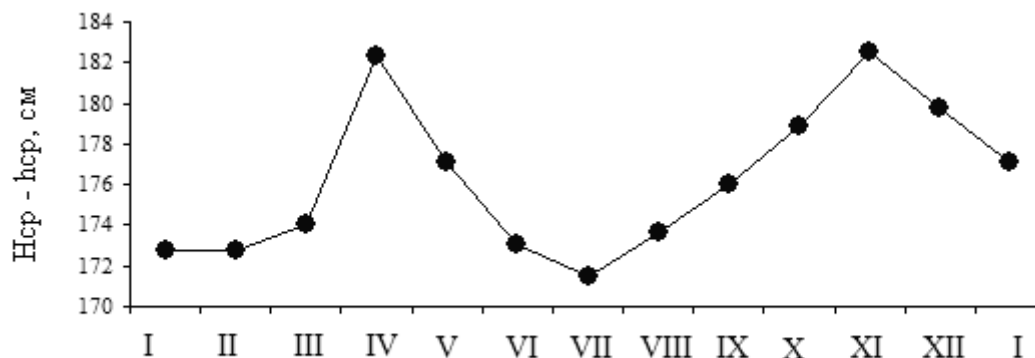


Рис. 7. Ход средних месячных значений параметра приведения данных мареографа к Балтийской системе в течение 2009
Fig. 7. Course of monthly means of reduction parameter

А именно, величина приведения наиболее велика в послеравноденственные месяцы IV и X (182 см) и минимальна (172, 173 см) в месяцы после солнцестояний (I-II, VII); квота второй гармоники годового хода по данным гармонического анализа составила 0,64 (при сумме квот всех регулярных составляющих 0,90).

Нельзя не выразить сожаления, что донный гидростатический мареограф в точке стоянки музейного судна «Витязь» в центре города и регистрирующая аппаратура на борту судна в лаборатории мониторинга в настоящее время демонтированы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Малогабаритный автоматизированный мареограф. Руководство по эксплуатации. тт1.834.000 РЭ. ОКП 431214. Утвержден тт1.834.000 РЭ-ЛЮ. 48 с.

COMPARISON OF HYDROSTATIC MAREOGRAPH AND CONTROL LATH LEVEL DATA ABOARD MUSEUM VESSEL «VITYAZ»

R.V. Abramov

Comparison of two different methods of measuring level of water at point of position «VITYAZ» is performed. The result is statistically satisfactory.

level, mareograph, control lath, monthly mean

