

Дата поступления рукописи в редакцию: 28.05.2026 г.
Дата принятия рукописи в печать: 03.08.2026 г.

DOI: 10.24412/2076-1503-2026-7-816-823

БОНДАРЕВА Елена Владимировна,

Сочинский государственный университет, Факультет инновационных инженерных и цифровых технологий, Кафедра информационных технологий и математики, г. Сочи, Россия Доцент кафедры информационных технологий и математики, кандидат технических наук,

e-mail: bondareva_05@mail.ru

СТАРОДУМОВ Леонид Львович,

Сочинский государственный университет, Факультет инновационных инженерных и цифровых технологий, Кафедра информационных технологий и математики, г. Сочи, Россия Доцент кафедры информационных технологий и математики, кандидат педагогических наук,

e-mail: stalleon@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ОТМЕТОК УРОВНЯ МОРЯ

Аннотация. При определении уровней моря разной обеспеченности в рамках преподавания курса «Гидрология» в высшей школе могут возникать проблемы, связанные с методологическими и практическими сложностями. В данной статье выстроен четкий алгоритм по расчету уровней моря и в качестве примера приведен расчет уровней моря различной обеспеченности в условиях Черного моря.

Определение расчётных отметок уровня моря проводится для обоснования проектных решений в различных областях, связанных с морской деятельностью, строительством, гидрометеорологическими исследованиями и защитой территорий. Это позволяет учитывать возможные колебания уровня воды, связанные с природными явлениями (приливами, ветровым волнением, изменениями атмосферного давления, температурными колебаниями и другими факторами).

Так, при проектировании берегозащитных сооружений, портов, причалов, волноломов и других объектов, подверженных воздействию морских вод определение расчётных отметок уровня моря используется при определении максимально допустимых уровней подъёма воды и волн, с целью обеспечения безопасности конструкций и предотвращения их разрушения. Также данные о уровне моря необходимы для инженерных гидрологических изысканий, расчёта нагрузок на сооружения, планирования инженерной защиты территорий.

Ключевые слова: уровень моря, коэффициенты вариации и асимметрии.

BONDAREVA Elena Vladimirovna,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Mathematics, Sochi State University

STARODUMOV Leonid Lvovich,

Associate Professor of the Department of Information Technology and Mathematics Sochi State University

DETERMINATION OF DESIGN SEA LEVEL ELEVATIONS

Annotation. This article outlines a clear algorithm for calculating sea levels and provides an example of calculating sea levels of varying probability in the Black Sea.

The determination of design sea level elevations is carried out to justify design decisions in various fields related to maritime activities, construction, hydrometeorological research, and territorial protection. This allows for the consideration of possible water level fluctuations associated with natural phenomena (tides, wind waves, atmospheric pressure changes, temperature fluctuations, and other factors).

For instance, when designing coastal protection structures, ports, piers, breakwaters, and other structures exposed to seawater, the determination of design sea level elevations is used to define the maximum permissible levels of water and wave rise, with the aim of ensuring structural safety and preventing their destruction. Sea level data is also necessary for engineering hydrological surveys, calculating loads on structures, and planning engineering protection of territories.

Key words: sea level, coefficients of variation and skewness.

В соответствии с нормативными документами [1,2] при определении нагрузок на гидротехнические сооружения отметки уровней моря должны иметь определенную обеспеченность в зависимости от класса капитальности гидротехнического сооружения.

Определение расчетных значений уровней моря заданной обеспеченности условно можно разбить на 3 этапа:

1. выполняется статистический анализ материалов многолетних наблюдений по данным МГ станции в районе исследуемого участка.
2. На основе обработки данных ряда

Таблица 1 – Уровни моря по данным МГ станции

натурных наблюдений рассчитываются коэффициенты вариации и асимметрии рядов уровней моря.

3. Выполняется расчет ординат кривых обеспеченности уровней и определяются расчетные значения уровней моря разной обеспеченности.

В данной статье рассмотрим определение расчетных значений уровней заданной обеспеченности на участке берега, расположенном на Черноморском побережье на основе данных ближайшей МГ станции за период, протяженностью более 50 лет, представленных в таблице 1.

№ год	Средний	Максимальный	Минимальный
1	482	503	454
2	472	495	448
3	479	498	452
4	487	507	464
5	482	498	465
6	482	506	467
7	479	500	442
8	490	514	460
9	480	498	449
10	473	492	449
	470	488	448
12	474	497	459
13	479	499	456
14	472	487	455
15	479	500	454
16	482	504	456
17	484	507	452
18	485	502	468
19	491	511	460
20	484	513	452
21	477	493	455
22	481	498	458
23	478	494	460
24	480	500	453
25	485	505	464

26	489	506	470
27	481	496	466
28	477	494	461
29	483	505	465
30	478	502	462
31	475	499	457
32	478	496	456
33	486	513	467
34	485	507	469
35	490	513	472
36	490	509	470
37	492	511	471
38	488	508	469
39	487	506	464
40	491	507	474
41	483	505	466
42	492	509	472
43	496	511	479
44	490	514	472
45	483	501	458
46	483	501	465
47	489	509	470
48	503	526	479
49	489	511	462
50	484	502	467
51	495	522	469
52	490	509	467
53	487	506	465

На основе обработки данных ряда представлены уровни годовые средние, натурных наблюдений, представленных в максимальные и минимальные. таблице 1, в таблицах 2,3,4 в порядке убывания

Таблица 2 – Годовые уровни моря

Годовые средние						
N	H	H/Hср	K-1	(K-1)^2	(K-1)^3	P %
1	503	1,039702	0,039702	0,001576	0,00006	1,31
2	496	1,025233	0,025233	0,000637	0,00002	3,18
3	495	1,023166	0,023166	0,000537	0,00001	5,06
4	492	1,016965	0,016965	0,000288	0,00000	6,93
5	492	1,016965	0,016965	0,000288	0,00000	8,80
6	491	1,014898	0,014898	0,000222	0,00000	10,67
7	491	1,014898	0,014898	0,000222	0,00000	12,55
8	490	1,012831	0,012831	0,000165	0,00000	14,42
9	490	1,012831	0,012831	0,000165	0,00000	16,29
10	490	1,012831	0,012831	0,000165	0,00000	18,16

11	490	1,012831	0,012831	0,000165	0,00000	20,04
12	490	1,012831	0,012831	0,000165	0,00000	21,91
13	489	1,010764	0,010764	0,000116	0,00000	23,78
14	489	1,010764	0,010764	0,000116	0,00000	25,66
15	489	1,010764	0,010764	0,000116	0,00000	27,53
16	488	1,008697	0,008697	7,56E-05	0,00000	29,40
17	487	1,00663	0,00663	4,4E-05	0,00000	31,27
18	487	1,00663	0,00663	4,4E-05	0,00000	33,15
19	487	1,00663	0,00663	4,4E-05	0,00000	35,02
20	486	1,004563	0,004563	2,08E-05	0,00000	36,89
21	485	1,002496	0,002496	6,23E-06	0,00000	38,76
22	485	1,002496	0,002496	6,23E-06	0,00000	40,64
23	485	1,002496	0,002496	6,23E-06	0,00000	42,51
24	484	1,000429	0,000429	1,84E-07	0,00000	44,38
25	484	1,000429	0,000429	1,84E-07	0,00000	46,25
26	484	1,000429	0,000429	1,84E-07	0,00000	48,13
27	483	0,998362	-0,00164	2,68E-06	0,00000	50,00
28	483	0,998362	-0,00164	2,68E-06	0,00000	51,87
29	483	0,998362	-0,00164	2,68E-06	0,00000	53,75
30	483	0,998362	-0,00164	2,68E-06	0,00000	55,62
31	482	0,996295	-0,00371	1,37E-05	0,00000	57,49
32	482	0,996295	-0,00371	1,37E-05	0,00000	59,36
33	482	0,996295	-0,00371	1,37E-05	0,00000	61,24
34	482	0,996295	-0,00371	1,37E-05	0,00000	63,11
35	481	0,994228	-0,00577	3,33E-05	0,00000	64,98
36	481	0,994228	-0,00577	3,33E-05	0,00000	66,85
37	480	0,992161	-0,00784	6,15E-05	0,00000	68,73
38	480	0,992161	-0,00784	6,15E-05	0,00000	70,60
39	479	0,990094	-0,00991	9,81E-05	0,00000	72,47
40	479	0,990094	-0,00991	9,81E-05	0,00000	74,34
41	479	0,990094	-0,00991	9,81E-05	0,00000	76,22
42	479	0,990094	-0,00991	9,81E-05	0,00000	78,09
43	478	0,988027	-0,01197	0,000143	0,00000	79,96
44	478	0,988027	-0,01197	0,000143	0,00000	81,84
45	478	0,988027	-0,01197	0,000143	0,00000	83,71
46	477	0,98596	-0,01404	0,000197	0,00000	85,58
47	477	0,98596	-0,01404	0,000197	0,00000	87,45
48	475	0,981826	-0,01817	0,00033	-0,00001	89,33
49	474	0,979759	-0,02024	0,00041	-0,00001	91,20
50	473	0,977692	-0,02231	0,000498	-0,00001	93,07
51	472	0,975625	-0,02438	0,000594	-0,00001	94,94
52	472	0,975625	-0,02438	0,000594	-0,00001	96,82
53	470	0,971491	-0,02851	0,000813	-0,00002	98,69
Исп	483,7924528		Сумма	0,009898	0,00003	

Таблица 3 – Годовые максимальные уровни моря

Годовые максимальные						
N	H	H/H _{ср}	K-1	(K-1) ²	(K-1) ³	P %
1	526	1,043846183	0,043846183	0,001922488	0,00008	1,31
2	522	1,035908189	0,035908189	0,001289398	0,00005	3,18
3	514	1,020032201	0,020032201	0,000401289	0,00001	5,06
4	514	1,020032201	0,020032201	0,000401289	0,00001	6,93
5	513	1,018047703	0,018047703	0,00032572	0,00001	8,80
6	513	1,018047703	0,018047703	0,00032572	0,00001	10,67
7	513	1,018047703	0,018047703	0,00032572	0,00001	12,55
8	511	1,014078706	0,014078706	0,00019821	0,00000	14,42
9	511	1,014078706	0,014078706	0,00019821	0,00000	16,29
10	511	1,014078706	0,014078706	0,00019821	0,00000	18,16
11	511	1,014078706	0,014078706	0,00019821	0,00000	20,04
12	509	1,010109709	0,010109709	0,000102206	0,00000	21,91
13	509	1,010109709	0,010109709	0,000102206	0,00000	23,78
14	509	1,010109709	0,010109709	0,000102206	0,00000	25,66
15	509	1,010109709	0,010109709	0,000102206	0,00000	27,53
16	508	1,008125211	0,008125211	6,6019E-05	0,00000	29,40
17	507	1,006140712	0,006140712	3,77083E-05	0,00000	31,27
18	507	1,006140712	0,006140712	3,77083E-05	0,00000	33,15
19	507	1,006140712	0,006140712	3,77083E-05	0,00000	35,02
20	507	1,006140712	0,006140712	3,77083E-05	0,00000	36,89
21	506	1,004156214	0,004156214	1,72741E-05	0,00000	38,76
22	506	1,004156214	0,004156214	1,72741E-05	0,00000	40,64
23	506	1,004156214	0,004156214	1,72741E-05	0,00000	42,51
24	506	1,004156214	0,004156214	1,72741E-05	0,00000	44,38
25	505	1,002171715	0,002171715	4,71635E-06	0,00000	46,25
26	505	1,002171715	0,002171715	4,71635E-06	0,00000	48,13
27	505	1,002171715	0,002171715	4,71635E-06	0,00000	50,00
28	504	1,000187217	0,000187217	3,50501E-08	0,00000	51,87
29	503	0,998202718	-0,001797282	3,23022E-06	0,00000	53,75
30	502	0,99621822	-0,00378178	1,43019E-05	0,00000	55,62
31	502	0,99621822	-0,00378178	1,43019E-05	0,00000	57,49
32	502	0,99621822	-0,00378178	1,43019E-05	0,00000	59,36
33	501	0,994233721	-0,005766279	3,325E-05	0,00000	61,24
34	501	0,994233721	-0,005766279	3,325E-05	0,00000	63,11
35	500	0,992249223	-0,007750777	6,00745E-05	0,00000	64,98
36	500	0,992249223	-0,007750777	6,00745E-05	0,00000	66,85
37	500	0,992249223	-0,007750777	6,00745E-05	0,00000	68,73
38	499	0,990264725	-0,009735275	9,47756E-05	0,00000	70,60
39	499	0,990264725	-0,009735275	9,47756E-05	0,00000	72,47
40	498	0,988280226	-0,011719774	0,000137353	0,00000	74,34
41	498	0,988280226	-0,011719774	0,000137353	0,00000	76,22
42	498	0,988280226	-0,011719774	0,000137353	0,00000	78,09

43	498	0,988280226	-0,011719774	0,000137353	0,00000	79,96
44	497	0,986295728	-0,013704272	0,000187807	0,00000	81,84
45	496	0,984311229	-0,015688771	0,000246138	0,00000	83,71
46	496	0,984311229	-0,015688771	0,000246138	0,00000	85,58
47	495	0,982326731	-0,017673269	0,000312344	-0,00001	87,45
48	494	0,980342232	-0,019657768	0,000386428	-0,00001	89,33
49	494	0,980342232	-0,019657768	0,000386428	-0,00001	91,20
50	493	0,978357734	-0,021642266	0,000468388	-0,00001	93,07
51	492	0,976373235	-0,023626765	0,000558224	-0,00001	94,94
52	488	0,968435242	-0,031564758	0,000996334	-0,00003	96,82
53	487	0,966450743	-0,033549257	0,001125553	-0,00004	98,69
Нср	504		Сумма	0,012439024	0,00005	

Таблица 4 – Годовые минимальные уровни моря

Годовые минимальные						
N	H	H/Нср	K-1	(K-1)^2	(K-1)^3	P %
1	449	0,969335154	-0,030664846	0,000940333	-0,00003	1,42
2	452	0,975811781	-0,024188219	0,00058507	-0,00001	3,44
3	452	0,975811781	-0,024188219	0,00058507	-0,00001	5,47
4	452	0,975811781	-0,024188219	0,00058507	-0,00001	7,49
5	453	0,977970657	-0,022029343	0,000485292	-0,00001	9,51
6	454	0,980129533	-0,019870467	0,000394835	-0,00001	11,54
7	454	0,980129533	-0,019870467	0,000394835	-0,00001	13,56
8	455	0,982288408	-0,017711592	0,0003137	-0,00001	15,59
9	455	0,982288408	-0,017711592	0,0003137	-0,00001	17,61
10	456	0,984447284	-0,015552716	0,000241887	0,00000	19,64
11	456	0,984447284	-0,015552716	0,000241887	0,00000	21,66
12	456	0,984447284	-0,015552716	0,000241887	0,00000	23,68
13	457	0,986606159	-0,013393841	0,000179395	0,00000	25,71
14	458	0,988765035	-0,011234965	0,000126224	0,00000	27,73
15	458	0,988765035	-0,011234965	0,000126224	0,00000	29,76
16	459	0,990923911	-0,009076089	8,23754E-05	0,00000	31,78
17	460	0,993082786	-0,006917214	4,78478E-05	0,00000	33,81
18	460	0,993082786	-0,006917214	4,78478E-05	0,00000	35,83
19	460	0,993082786	-0,006917214	4,78478E-05	0,00000	37,85
20	461	0,995241662	-0,004758338	2,26418E-05	0,00000	39,88
21	462	0,997400538	-0,002599462	6,75721E-06	0,00000	41,90
22	462	0,997400538	-0,002599462	6,75721E-06	0,00000	43,93
23	464	1,001718289	0,001718289	2,95252E-06	0,00000	45,95
24	464	1,001718289	0,001718289	2,95252E-06	0,00000	47,98
25	464	1,001718289	0,001718289	2,95252E-06	0,00000	50,00
26	465	1,003877164	0,003877164	1,50324E-05	0,00000	52,02
27	465	1,003877164	0,003877164	1,50324E-05	0,00000	54,05
28	465	1,003877164	0,003877164	1,50324E-05	0,00000	56,07

29	465	1,003877164	0,003877164	1,50324E-05	0,00000	58,10
30	466	1,00603604	0,00603604	3,64338E-05	0,00000	60,12
31	466	1,00603604	0,00603604	3,64338E-05	0,00000	62,15
32	467	1,008194916	0,008194916	6,71566E-05	0,00000	64,17
33	467	1,008194916	0,008194916	6,71566E-05	0,00000	66,19
34	467	1,008194916	0,008194916	6,71566E-05	0,00000	68,22
35	467	1,008194916	0,008194916	6,71566E-05	0,00000	70,24
36	468	1,010353791	0,010353791	0,000107201	0,00000	72,27
37	469	1,012512667	0,012512667	0,000156567	0,00000	74,29
38	469	1,012512667	0,012512667	0,000156567	0,00000	76,32
39	469	1,012512667	0,012512667	0,000156567	0,00000	78,34
40	470	1,014671542	0,014671542	0,000215254	0,00000	80,36
41	470	1,014671542	0,014671542	0,000215254	0,00000	82,39
42	470	1,014671542	0,014671542	0,000215254	0,00000	84,41
43	471	1,016830418	0,016830418	0,000283263	0,00000	86,44
44	472	1,018989294	0,018989294	0,000360593	0,00001	88,46
45	472	1,018989294	0,018989294	0,000360593	0,00001	90,49
46	472	1,018989294	0,018989294	0,000360593	0,00001	92,51
47	474	1,023307045	0,023307045	0,000543218	0,00001	94,53
48	479	1,034101423	0,034101423	0,001162907	0,00004	96,56
49	479	1,034101423	0,034101423	0,001162907	0,00004	98,58
Иср	463		Сумма	0,011884707	0,00001	

Расчет статистических параметров рядов натурных наблюдений, представленных в уровнях моря выполнен согласно требований таблиц 2-4, рассчитаны коэффициенты п.5.4 «Свода правил» [3]. вариации и асимметрии рядов уровней моря,

На основе обработки данных ряда которые представлены в таблице 5.
Таблица 5 – Коэффициенты вариации и асимметрии рядов уровней моря

Уровень моря	Коэффициенты вариации (Cv) и асимметрии (Cs)	
Наивысшие за год	Cv	0,0155
	Cs	0,2474
Среднегодовые	Cv	0,0138
	Cs	0,2179
Наинизшие за год	Cv	0,0157
	Cs	0,0505

Результаты расчета ординат кривых обеспеченности уровней представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Ординаты кривой обеспеченности уровней моря у рассматриваемого участка берега

Годовые средние										
	0,1	1	3	5	10	20	25	30	40	50
Ф	3,42	2,49	1,97	1,71	1,30	0,83	0,65	0,50	0,22	-0,04

$\Phi \cdot C_v$	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
$1+(\Phi \cdot C_v)$	1,05	1,03	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
$[1+(\Phi \cdot C_v)] \cdot H_{ср}$	507	500	497	495	492	489	488	487	485	484
Годовые максимальные										
	0,1	1	3	5	10	20	25	30	40	50
Φ	3,45	2,5	1,98	1,71	1,3	0,82	0,64	0,49	0,21	-0,04
$\Phi \cdot C_v$	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
$1+(\Phi \cdot C_v)$	1,05	1,04	1,03	1,03	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00
$[1+(\Phi \cdot C_v)] \cdot H_{ср}$	531	523	519	517	514	510	509	508	506	504
Годовые минимальные										
	0,1	1	3	5	10	20	25	30	40	50
Φ	3,16	2,36	1,9	1,65	1,28	0,84	0,65	0,52	0,24	-0,01
$\Phi \cdot C_v$	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
$1-(\Phi \cdot C_v)$	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
$[1-(\Phi \cdot C_v)] \cdot H_{ср}$	440	446	449	451	454	457	458	459	461	463

Где: Φ – отклонение ординат биномиальной кривой обеспеченности;

$\Phi \cdot C_v$ – отклонение ординат при коэффициенте вариации отличным от единицы;

$(\Phi \cdot C_v + 1) \cdot H_{ср}$ – уровни разной
Таблица 7 – Расчетные уровни моря, см

обеспеченности, в сантиметрах над нулем графика поста.

Расчетные значения уровней моря разной обеспеченности представлены в таблице 7.

Вид уровня моря	Обеспеченность в %					
	0,1	1	5	10	30	50
Наивысшие за год	531	523	517	514	508	504
Среднегодовые	507	500	495	492	487	484
Наинизшие за год	440	446	451	454	459	463

Согласно данных таблицы 7 для исследуемого участка берега средняя отметка из наивысших уровней моря равна 504 см (+0,4 м БС), из среднегодовых – 484 см (-0,16 м БС), из наинизших – 463 см (-0,37 м БС). Уровень моря 1% обеспеченности из наивысших годовых составляет 523 см (+0,23 м БС). Уровень моря 5% обеспеченности из наивысших годовых равен 517 см (+0,17 м БС).

Список литературы:

[1] 38.13330.2012 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. М., 2012.

[2] СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения».

Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. М., 2012.

[3] СП 32-103-97. «Проектирование морских берегозащитных сооружений». Корпорация «Трансстрой». М., 1998. 222 с.

References:

[1] 38.13330.2012 Loads and Impacts on Hydraulic Structures (Wave, Ice and from Vessels). Updated revision of SNiP 2.06.04-82 *. M., 2012.

[2] SP 58.13330.2012 "Hydraulic structures. Basic provisions." Updated revision of SNiP 33-01-2003. M., 2012.

[3] SP 32-103-97. "Design of offshore shore protection structures." Transstroy Corporation. M., 1998. 222 pp.

