



РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ УЧЁТА ПОПРАВКИ НА СОСТОЯНИЕ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ

С. А. Лебедев

И. В. Гусев

А. В. Сакович



ХАРАКТЕРИСТИКИ КГС

Метод наблюдений	Альтиметрия
Количество КА в системе	2
Дата запуска КА №12Л («Космос-2517»)	4 июня 2016 г.
Дата запуска КА №13Л («Космос-2540»)	30 августа 2019 г.
Тип орбиты	Околокруговая солнечно-синхронная
Высота орбиты	954 км
Наклонение	99,28°

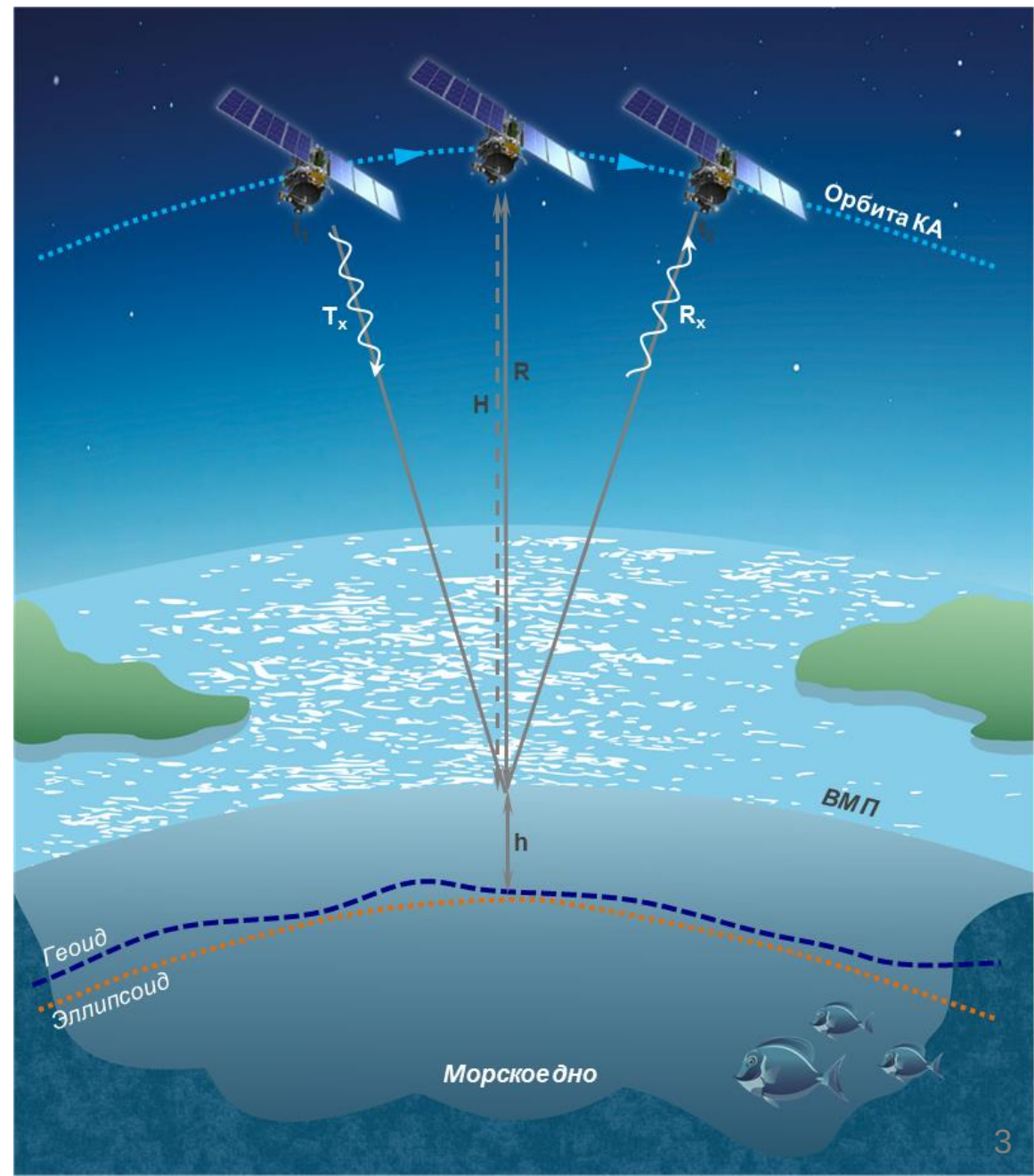
ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ЗАДАЧИ:

1. Определение параметров гравитационного поля Земли;
2. Построение высокоточной геодезической сети в геоцентрической системе координат;
3. Создание региональных геодезических сетей;
4. Дистанционное зондирование Земли;
5. Определение морского геоида;
6. Мониторинг ледовой обстановки.

$$R_{\text{изм}} = \frac{t_2 - t_1}{2} c$$

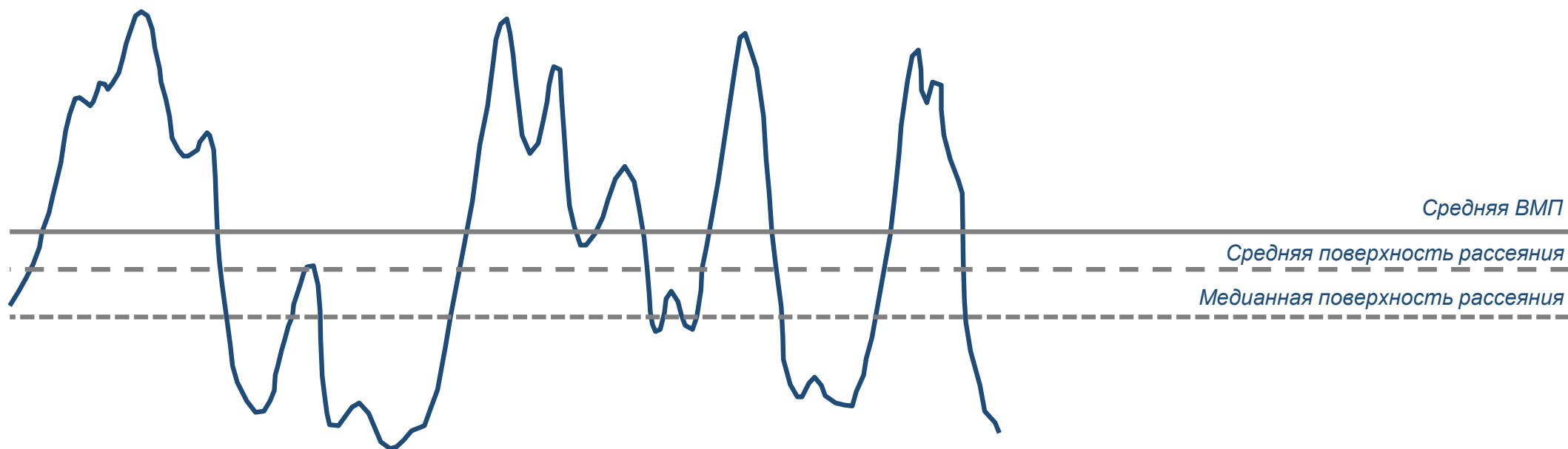
$$R_{\text{испр}} = R_{\text{изм}} + \sum \Delta R$$

$$\sum \Delta R = \Delta R_{\text{троп}} + \Delta R_{\text{ионо}} + \Delta R_{\text{SSB}}$$



$$dh_{ssb} = dh_{emb}$$

dh_{emb} - (electromagnetic bias – emb) – поправка на электромагнитное смещение, физическим механизмом, ответственным за этот эффект, является изменчивость интенсивности рассеяния радиоволн вдоль профиля длинных поверхностных волн (доминантных волн)



$$\beta = \frac{dh_{ssb}}{h_{swh}} = F(h_{swh}, U, A, E, \lambda, s), \quad (1)$$

где β – нормированное электромагнитное смещение (безразмерный коэффициент);

h_{swh} – значимая высота волны;

U – скорость ветра;

A – асимметрия плотности распределения возвышений морской поверхности;

E – эксцесс плотности распределения;

λ – длина доминирующей волны (зыби);

s – уклон доминирующей волны.

$$dh_{ssb} = a_1 h_{swh} + a_2 h_{swh}^2 + a_3 h_{swh} U_{10} + a_4 h_{swh} U_{10}^2 \quad (2)$$



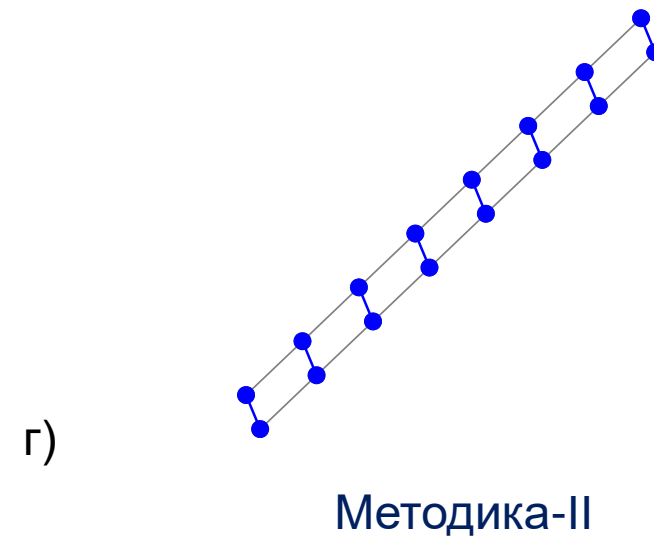
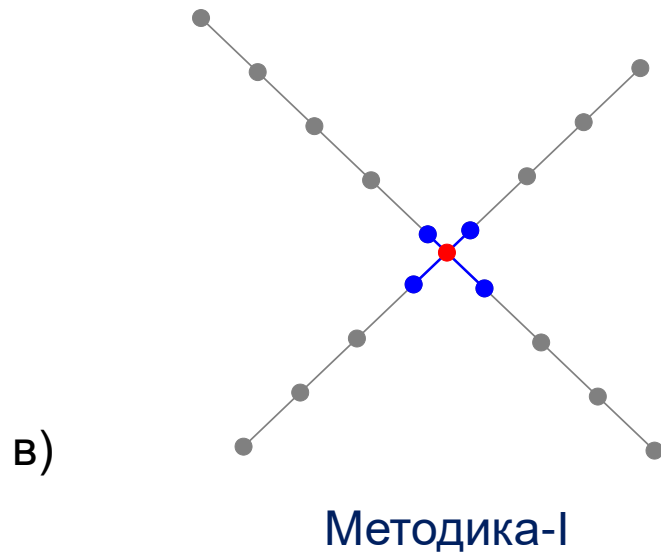
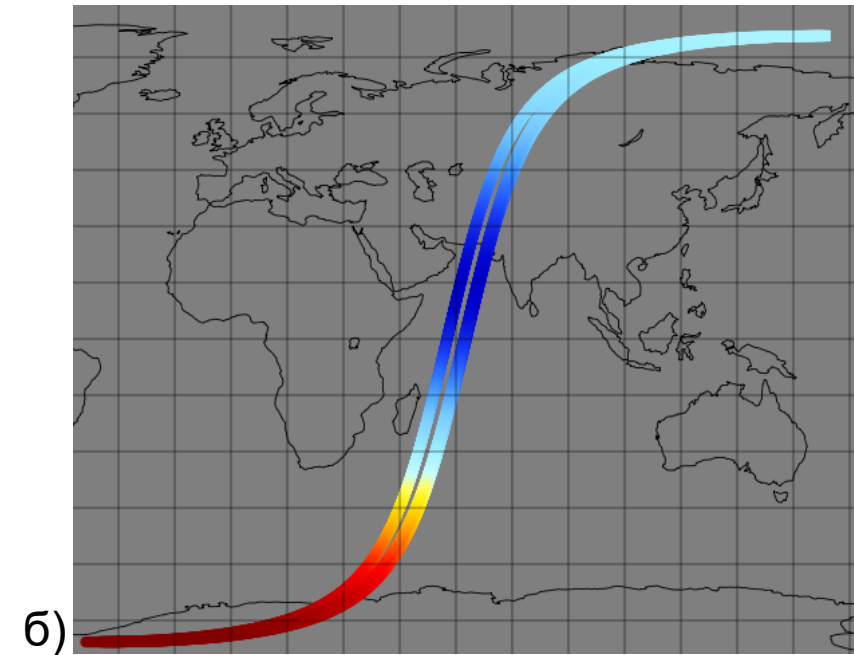
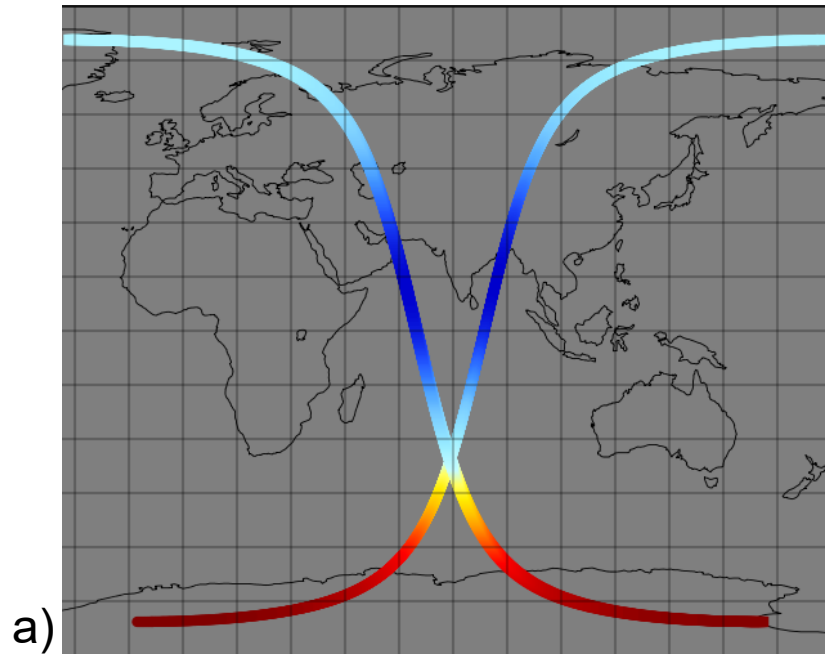
ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ЗАРУБЕЖНЫХ СПУТНИКОВ

Спутник	Значения коэффициентов				Источник
	a_1	a_2	a_3	a_4	
ERS-1	-0,075043	0,001413	-0,001790	0,000098	(Scharroo, Lillibridge, 2005)
TOPEX (side A)	-0,030578	0,002776	-0,002962	0,000127	
TOPEX (side B)	-0,032113	0,002992	-0,002780	0,000101	
	-0,034376	0,001145	-0,001969	0,000083	
Jason-1	-0,0200	0,0027	-0,000095	0,0106	(Peng, Deng, 2020)
	-0,0317	0,00052	-0,000018	0,0038	
ERS-2	-0,068219	0,001465	-0,001701	0,000082	(Scharroo, Lillibridge, 2005)
GFO	-0,055742	0,002743	-0,003756	0,000153	
Jason-2	-0,0398	0,0014	-0,000059	0,0023	(Peng, Deng, 2020)
	-0,0625	0,0020	-0,000029	0,0032	
	-0,029401	0,010798	-0,000046	0,002229	(Guo et al., 2023)
Jason-3	-0,0347	0,000722	-0,0000263	0,0034	(Peng, Deng, 2020)
	-0,0966	0,0035	-0,0001034	0,0029	
Sentinel-3A	-0,0068	0,0027	-0,0000936	0,0039	
	-0,0381	0,000078	-0,0000274	0,000579	

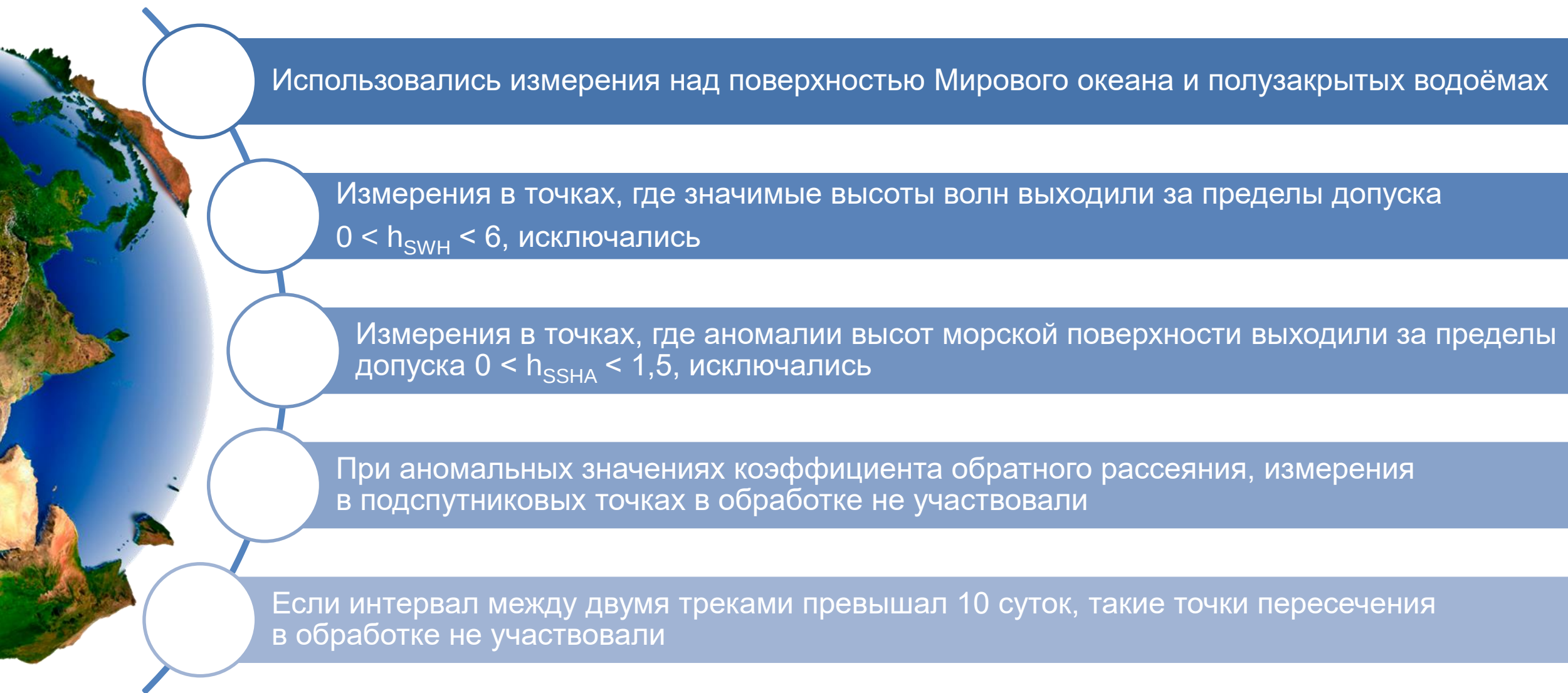
$$dh_{ssb} = a_1 h_{swh} + a_2 h_{swh}^2 + a_3 h_{swh} U_{10} + a_4 h_{swh} U_{10}^2$$

Причины различия в значениях коэффициентов:

- различие во временном интервале
- собственный дрейф альтиметра
- климатические тренды



КРИТЕРИИ ОТБОРА ИЗМЕРЕНИЙ



РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЧЕТЫРЁХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ SSV ДЛЯ МИРОВОГО ОКЕАНА.

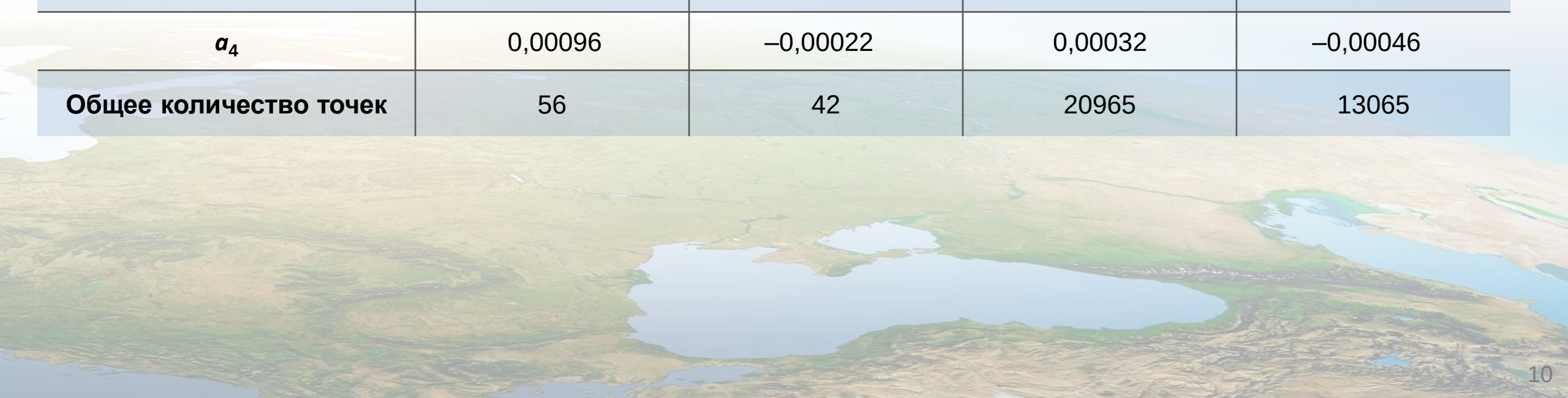
СРАВНЕНИЕ РАСЧЁТОВ ПОПРАВКИ SSV ПО МЕТОДИКАМ I И II

Коэффициенты	Метод расчёта			
	Методика-I		Методика-II	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
a_1	-0,03597	-0,01555	-0,06203	-0,05213
a_2	0,00728	0,00778	0,00402	0,00253
a_3	-0,00511	-0,00779	-0,00153	-0,00150
a_4	0,00010	0,00017	0,00004	0,00005
Количество точек	110184	102373	23070827	15939198
Ср. разность	(1)* 2018	(1) 2019	(2)* 2018	(2) 2019
(1) 2018	—	-1,26	1,89	0,58
(1) 2019	-1,26	—	3,15	1,83
(2) 2018	1,89	3,15	—	-1,31
(2) 2019	0,58	1,83	-1,31	—
СКО	(1) 2018	(1) 2019	(2) 2018	(2) 2019
(1) 2018	—	2,23	3,82	3,35
(1) 2019	2,23	—	6,04	5,41
(2) 2018	3,82	6,04	—	6,04
(2) 2019	3,35	5,41	6,04	—

Обозначение к табл. 2: (1) – Методика-I; (2) – Методика-II; ед. изм. – см

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЧЕТЫРЁХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ SSV ДЛЯ ЧЁРНОГО МОРЯ

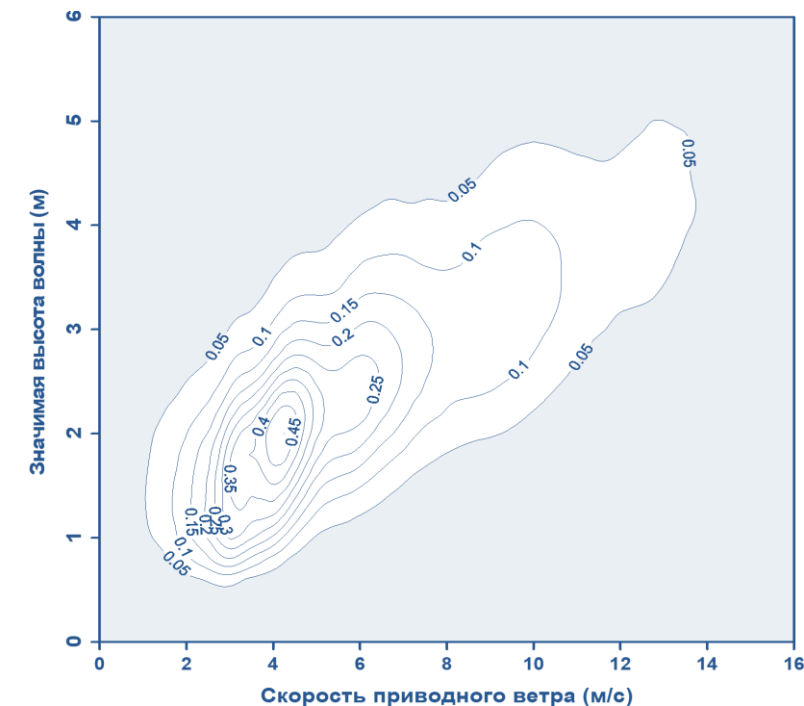
Коэффициенты	Метод расчёта			
	Методика-I		Методика-II	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
a_1	0,24201	−0,20984	−0,05980	−0,04183
a_2	−0,03545	0,10838	0,01193	0,00737
a_3	−0,02513	−0,00745	−0,00927	0,00237
a_4	0,00096	−0,00022	0,00032	−0,00046
Общее количество точек	56	42	20965	13065



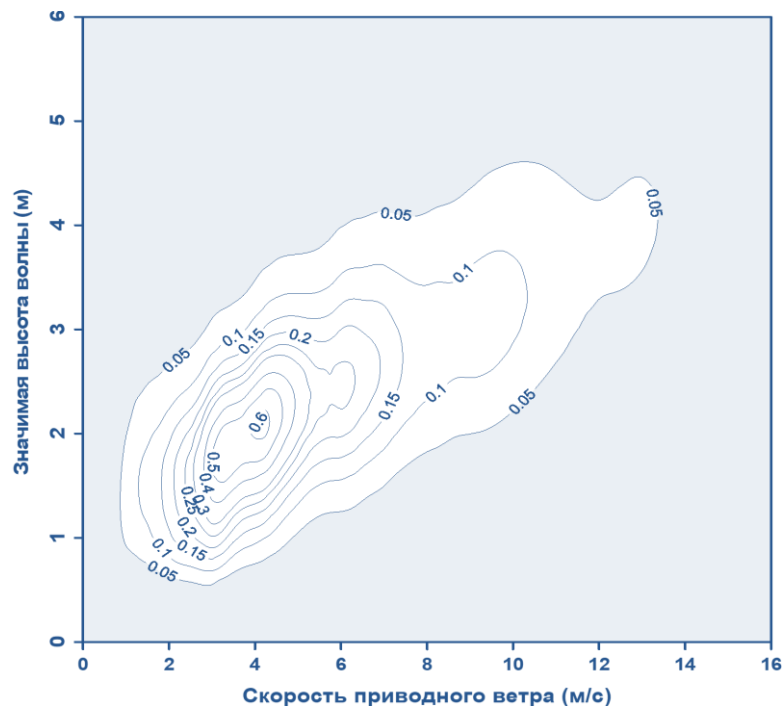
СКО		Чёрное море			
		(1) 2018	(1) 2019	(2) 2018	(2) 2019
Мировой океан	(1) 2018	16,63	32,89	6,78	3,07
	(1) 2019	14,82	31,16	8,12	3,06
	(2) 2018	19,69	6,14	6,14	5,91
	(2) 2019	18,51	35,34	7,38	5,52

Ср. разность		Чёрное море			
		(1) 2018	(1) 2019	(2) 2018	(2) 2019
Мировой океан	(1) 2018	-13,81	-12,32	5,93	-0,58
	(1) 2019	-12,56	-11,06	7,18	0,68
	(2) 2018	-15,70	4,04	4,04	-2,47
	(2) 2019	-14,39	-12,90	5,35	-1,16

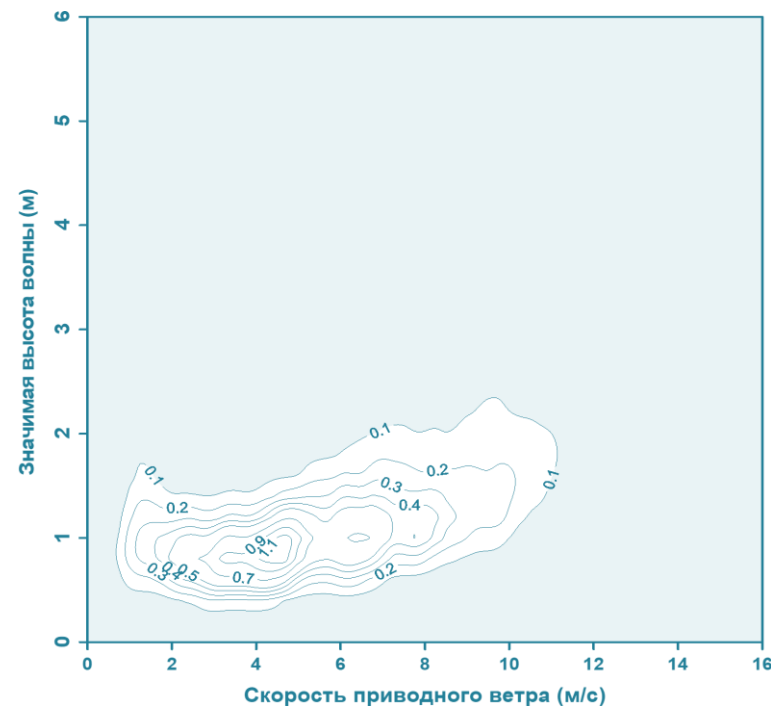
Козф. корр.		Чёрное море			
		(1) 2018	(1) 2019	(2) 2018	(2) 2019
Мировой океан	(1) 2018	0,5445	-0,0448	0,9906	0,9142
	(1) 2019	0,7058	0,1778	0,9391	0,9147
	(2) 2018	0,1676	-0,4780	0,8917	0,7094
	(2) 2019	0,1611	-0,5040	0,8802	0,6888



Методика-I
для Мирового океана



Методика-II
для Мирового океана



Методика-II
для Чёрного моря

Разработан рабочий алгоритм вычисления коэффициентов четырёх параметрической модели SSB по двум методикам.

Получены коэффициенты четырёх параметрической модели SSB для Мирового океана и Чёрного моря по данным за 2018 и 2019 годы по измерениям КГС «ГЕО-ИК-2».

Эти данные будут использованы для повторной измерений обработки «ГЕО-ИК-2», что должно повысить точность расчёта ВМП.

По результатам проведённого исследования, можно сделать вывод о различном ветроволновом режиме между Мировым океаном и Чёрным морем.

Есть основания предполагать, что различный ветроволновой режим, может быть не только между Мировым океаном и внутренними морями, но и иметь географическую зависимость по всему Мировому океану.

