СПУТНИКОВАЯ Альтиметрия Белого и Баренцева Морей

Сергей А. Лебедев



Геофизический Центр РАН



Майкопский государственный технологический университет

Сергей К. Попов



Гидрометцентр России

Андрей Г. Костяной Евгения А. Костяная



Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН

Александр Г. Сорокин



Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Павел Н. Кравченко



Тверской государственный университет







Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Белое море относится к внутренним морям. Его площадь равна 90 873 км², объем — 5 115 км³, средняя глубина — 67 м, наибольшая глубина — 351 м.

По форме береговой линии и характеру дна в море выделяется семь районов: Воронка, Горло, Бассейн и заливы: Кандалакшский, Мезенская губа, Двинская губа, Онежская губа.





Самые глубокие районы моря – Бассейн и Кандалакшский залив.

Довольно плавно уменьшаются глубины от устья к вершине Двинского залива.

Несколько приподнято над чашей Бассейна дно мелководного залива Онежская губа.

Дно Горла моря представляет собой подводный желоб глубиной от 50 до 100 м.

Северная часть моря наиболее мелководна. Глубины ее не превышают 50 м. Дно здесь весьма неровное, особенно в Мезенском заливе. Этот район усеян множеством банок.







Площадь водосбора Белого моря — 729 000 км², что в 8 раз превышает площадь акватории моря и является наибольшим показателем для всех окраинных морей Северного Ледовитого океана.

Впадающие в Белое море реки ежегодно приносят около 215 км³ пресной воды.

Более 3/4 всего стока приходится на реки, впадающие в заливы: Онежская губа, Двинская губа и Мезенская губа



БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ 48° 32°к востоку от Гринвича 40° 56° .Колгуе 5 A UFBO MOP м. Канин Но Великий Устюг 40° 48° Граница бассейна Масштаб 1: 10 000 000 - Граница моря

В многоводные годы реки: Северная Двина вносит около 170 км³/ год, Мезень – 38 км³/ год, Онега – 27 км³/ год.

Впадающие на западном побережье моря реки Кемь и Выг дают соответственно 12 км³ и 11 км³ воды в год.

Другие реки дают всего 9% стока.

Максимум стока наблюдается весной и составляет 40% годового стока. Для моря в целом максимальный сток приходится на май, минимальный – на февраль – март. За год возобновляется более 2/3 всей массы глубинной беломорской воды.







Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.









Дно Баренцева моря — сложнорасчлененная подводная равнина, несколько наклоненная к западу и северо-востоку. Наиболее глубокие районы, в том числе и максимальная глубина, находятся в западной части моря.

Для рельефа дна, в целом, характерно чередование крупных структурных элементов подводных возвышенностей и желобов, имеющих разные направления, а также существование многочисленных мелких (3–5 м) неровностей на глубинах менее 200 м и террасовидных уступов на склонах.

Разность глубин в открытой части моря достигает 400 м.

Пересеченный рельеф дна существенно сказывается на гидрологических условиях моря.





Площадь водосбора Баренцева моря составляет 668 000 км².

Общий речной сток по отношению к площади и объему моря невелик и равен в среднем 163 км³/год.

На 90% он сосредоточен в юговосточной части моря. В этот район несут свои воды самые крупные реки Баренцевоморского бассейна.

Река Печора сбрасывает в средний по водности год около 130 км³ воды, что составляет примерно 70% всего берегового стока в море за год. Сюда же впадают и несколько мелких рек.

На северное побережье Норвегии и берег Кольского полуострова приходится всего около 10% стока. Здесь в море стекают небольшие реки горного типа.





Особенности уровенного режима Белого и Баренцева морей



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Особенности уровенного режима Белого и Баренцева морей

На уровенный режим Белого и Баренцева морей оказывают сильное влияние следующие факторы:

- Приливы и остаточная приливная циркуляция,
- Э Вертикальные движения земной коры,
- Э Штормовые нагоны,
- Э Циркуляция,
- Сезонные изменений уровня моря, обусловленные речным стоком и измерениями термохалинной структуры,
- Э Ледовый режим.







Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Изоамплитуда (1) и изофаза (2) приливной волны M₂ в Белом море (Kowalik and Proshutinsky, 1993)

В Белом море хорошо выражены приливы. Поступательная приливная волна из Баренцева моря распространяется вдоль оси Воронки до вершины Мезенского залива. Проходя поперек входа в Горло, она вызывает волны, проходящие через Горло в Бассейн, где они отражаются от берегов. Сложение отраженных от берегов и набегающих волн создает стоячую волну, которая создает приливы в Горле и Бассейне Белого моря. Они имеют правильный полусуточный характер. Благодаря конфигурации берегов и характеру рельефа дна, наибольшая величина прилива (около 7,0 м) наблюдается в Мезенском заливе, у Канинского берега, Воронки и у о. Сосновец, в Кандалакшском заливе она несколько превышает 3 м. В центральных районах 📗 Бассейна, Двинском и Онежском заливах приливы меньше.













Котидальная карта приливной волны М. Белого и Баренцева морей (Зильберштейн-и др., 2000) Приливы в Баренцевом море вызываются атлантической приливной волной, которая поступает в море с запада между Нордкапом и Шпицбергеном и двигается на восток до Новой Земли, и приливной волной, приходящей из Северного Ледовитого океана. Вследствие этого у северо-восточных берегов Шпицбергена и у Земли Франца-Иосифа происходит интерференция атлантической и северной волн.

Высота подъема уровня при приливе у Мурманских берегов достигает 3 м. На севере и северо-востоке высота приливов. уменьшается и у берегов Шпицбергена равна 1–2 м, а у южных берегов Земли Франца-Иосифа всего 40–50 см. Это объясняется особенностями рельефа дна, конфигурацией берегов и интерференцией приливных волн, приходящих из Атлантического и Северного Ледовитого океанов, которые в одних районах увеличивают, а в других уменьшают величину прилива.











Вертикальные движения земной коры



Схема современных вертикальных движений земной коры в районе Белого моря. Области поднятия и опускания - скорости, мм/год: 1 - области поднятия 4-6 мм/год; 2 - области поднятия 2-4 мм/год; 3 - области поднятия 0-2 мм/год; 4 - области опускания 0-2 мм/год; 5 - области опускания 2-4 мм/год; 6 - области опускания 4-6 мм/год.

Вертикальные движения земной коры по данным проекта BIFROST (1996).







Штормовые нагоны



Уровень Белого моря испытывает периодические полусуточные приливные колебания и непериодические сгонно-нагонные изменения. Наибольшие нагоны наблюдаются в осенне-зимний сезон при северо-западных и северовосточных ветрах. Подъем уровня может достигать 75–90 см. Самые сильные сгоны отмечаются зимой и весной при юго-западных ветрах. Уровень в это время понижается на 50–75 см.

Сильные и продолжительные ветры вызывают сгонно-нагонные колебания уровня в разных районах Баренцева моря. Они наиболее значительны (до 3 м) у Кольского побережья и у Шпицбергена (порядка 1 м), меньшие величины (до 0,5 м) наблюдаются у берегов Новой Земли и в юго-восточной части моря.





Горизонтальная циркуляция





Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



75°N 70°N -Coastal water Depth (meters) 0 - 200 Atlantic wate 200 - 400 400 - 1 000 Arctic wate 65°N 1000 - 2000 April 1966 Atlantic waters Polar front 2000 - 3000 Arctic waters Arctic waters April 1995 > 3 000 Land 10°E 20°E 30°E 40°E 50°E

Водообмен с соседними морями имеет большое значение в водном балансе Баренцева моря. В течение года в Баренцево-море поступает (и столько же выходит из него) около 74 000 км³ воды, что составляет примерно четверть общего объёма воды в море. Наибольшее количество воды (59 000 км³ в год) несёт тёплое Нордкапское течение.

Примерно 2 000 км³/год воды вытекает из Баренцева моря в Белое море, и около 2 200 км³/год поступает обратно.



Горизонтальная циркуляция



Общая циркуляция вод Баренцева моря формируется под совокупным влиянием ветровой обстановки, притока вод из соседних бассейнов, приливов, рельефа дна и других факторов, поэтому она сложна и изменчива во времени.

Как и в других морях Северного полушария, здесь существует общее движение поверхностных вод против часовой стрелки, осложненное различными по направлениям и скоростям течениями.



Средний климатический уровень Белого и Баренцева морей по данным модели Лаборатории прикладных морских исследований Гидрометцентра РФ (Зильберштейн и др., 2000)





Сезонные изменения уровня



Сезонный ход уровня Белого моря характеризуется его низким положением зимой, некоторым повышением от весны к лету и сравнительно быстрым ростом от лета к осени. В октябре он достигает наивысшего положения, за которым следует его снижение.

Сезонные изменения уровня Баренцева моря, вызванные главным образом совокупным воздействием атмосферного давления и ветров, а также внутригодовым ходом температуры и солености воды. Здесь наблюдается зональный режим сезонного хода уровня. Для него характерно смещение максимума положения уровня на зиму (ноябрь-декабрь), а минимума на весну (май-июнь. Разница между максимальным и минимальным положением среднего уровня в Мурманске может достигать 40-50 см.







Сезонные изменения уровня



Среднемесячные уровни (см) Белого и Баренцева морей по данным модели Лаборатории прикладных морских исследований Гидрометцентра РФ (Зильберштейн и др., 2000).



Каждую зиму Белое море покрывается льдом, который совершенно исчезает весной, поэтому оно относится к морям с сезонным ледяным покровом (рис. 23). Раньше всего (примерно в конце октября) лед появляется в устье Мезени, а позднее всего (в январе) у Терского берега Воронки и Горла. Льды Белого моря на 90% плавучие. Все море покрывается льдом, но это не сплошной покров, а постоянно дрейфующий лед, местами сгущенный, а местами разреженный под влиянием ветров и течений. Весьма существенная черта ледового режима Белого моря постоянный вынос льда в Баренцево море. С ним связаны полыньи, постоянно образующиеся среди зимы, которые быстро затягиваются молодым льдом.

Спутниковые изображения Белого моря спектрарадиометра MODIS 3 мая 2000 (верхний снимок) и 23 апреля 2000 (нижний снимок).







Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Баренцево море относится к числу ледовитых, но это единственное из арктических морей, которое никогда полностью не замерзает. Ежегодно около 1/4 его поверхности не покрывается льдом в течение круглого года. Это объясняется притоком в его юго-западную часть теплых атлантических вод, не позволяющих воде охлаждаться до температуры замерзания и служащих своеобразным барьером для льдов, надвигающихся с севера. Вследствие слабых течений из Карского моря в Баренцево принос льдов оттуда незначителен. Таким образом, в Баренцевом море наблюдаются льды местного происхождения. В центральной части и на юго-востоке моря это однолетние льды, которые образуются осенью и зимой, а весной и летом растаивают. Лишь на крайнем севере и северо-востоке, куда спускаются отроги океанического ледяного массива, встречаются старые льды, в том числе и арктический пак.

Спутниковое изображение Баренцева моря спектрорадиометра MODIS на 23 апреля 2000.











Припай в Баренцевом море развит слабо. Сравнительно небольшие площади он занимает в Канинско-Печорском районе и у Новой Земли, а у Мурманских берегов встречается только в губах. В юго-восточной части моря и у западных берегов Новой Земли всю зиму сохраняются заприпайные полыньи. Наибольшее распространение льдов в море наблюдается в апреле. В этом месяце они покрывают до 75% его площади. Толщина ровного морского льда местного происхождения в большинстве районов не превышает 0,7–1,0 м. Наиболее толстые льды (до 150 см) встречаются на северо-востоке, в районе м. Желания.

В весенне-летнее время однолетние льды быстро тают. В мае южные и юго-восточные районы освобождаются ото льдов, а к концу лета почти все море очищается ото льдов, за исключением районов, прилегающих к Новой Земле, к Земле Франца-Иосифа и восточным берегам Шпицбергена. Ледовитость Баренцева моря изменяется от года к году, что связано с различной интенсивностью Нордкапского течения, характером крупномасштабной атмосферной циркуляции, общим потеплением или похолоданием Арктики в целом.

Климатическое положение кромки льда в Баренцевом море по данным ИК и СВЧ-радиометрии.



Данные спутниковой альтиметрии и их обработка



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Положение треков спутников ERS-1/2, EnviSat и SARAL/AltiKA (синяя линия) и спутников ТОРЕХ/Роseidon и Jason-1/2/3 (красная линия) на акватории Белого, Баренцева морей и западной части Карского моря. Граница между морями показана зеленой линией



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Массив данных спутника ERS-1 представляет собой прерывный, но длинный по времени ряд измерений Фаза С (апрель 1992 – декабрь 1993) и Фаза G (апрель 1995 – июнь 1996) с возможностью его продления данными спутника ERS-2 (Gilbert et al., 2014) (апрель 1995 – июнь 2002 г.), спутника EnviSat (март 2002 – апрель 2012) и спутника SARAL/AltiKa (февраль 2013 – настоящее время).

В свою очередь массив данных спутника ТОРЕХ/Poseidon представляет собой непрерывный и наиболее длинный по времени ряд измерений (сентябрь 1992 – август 2002) с возможностью его продления данными спутника Jason–1 (декабрь 2001 – февраль 2009), спутника Jason–2 (июнь 2008 – настоящее время) и спутника Jason–3 (январь 2016 – настоящее время)





Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Временная изменчивость аномалий уровня Баренцева моря по данным альтиметрических измерений спутников ERS-1 и ERS-2 (а) и ERS-2 и EnviSat (б) в точке пересечения 180 и 461 треков, расположенной вблизи уровенного поста Вадро (Норвегия).















Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Верификация региональной приливной модели



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Расчетная область региональной приливной модели Лаборатории прикладных морских исследований Гидрометцентра-России, изобаты и расположение 60 уровневых постов









Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.









Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Волна	Район	Средняя амплитуда, см		едняя олютная ка расчета итуды, см	Средняя фаза, град		едняя олютная ка расчета кы, град	ее значени 'n, см
ŕ		Таблицы приливов	Модель	Ср абсс ошибн ампли	Таблицы приливов	Модель	Ср абсс ошибн фал	Средно
	1	137,5	133,9	6,0	190,3	158,2	11,2	7,1
	2	53,0	39,7	14,3	69,1	93,1	25,6	19,8
M.	3	89,4	102,9	19,9	221,9	225,0	22,7	16,2
1412	4	193,6	165,0	40,5	236,2	270,2	35,6	64,8
	- 5	52,1	52,0	10,3	140,5	180,8	25,2	10,9
	6	85,6	79,4	14,5	142,9	158,2	23,1	18,4
	1	39,9	41,0	2,4	239,3	203,4	13,3	2,5
	2	12,3	14,1	2,1	105,8	126,4	21,5	1,9
S.	3	26,4	30,2	11,4	280,4	258,4	25,1	13,6
¹³ 2	4	47,6	70,0	22,4	160,6	102,9	21,3	19,9
	5	15,2	19,0	7,8	183,4	188,7	25,8	7,5
	6	23,1	27,2	6,4	176,8	170,8	21,4	6,3
	1	15,2	11,5	3,7	265,2	268,0	32,9	5,1
	2	5,9	5,1	1,0	73,0	97,8	40,2	2,1
N .	3	10,3	9,2	2,9	245,6	275,4	29,9	3,2
_ m1	4	13,7	15,7	2,0	308,0	311,2	7,5	1,9
	- 5	14,4	13,5	2,6	187,3	103,9	53,5	5,1
	6	10,9	9,7	2,2	175,3	167,1	39,2	3,6
	1	3,6	4,8	2,5	80,3	64,2	21,6	2,2
	2	1,1	2,2	1,1	200,0	230,8	61,2	1,5
0	3	1,8	3,0	1,3	188,4	154,6	82,7	2,5
	4	-	-	-	-	-	-	-
	5	2,8	5,6	2,8	247,8	172,5	82,2	2,4
	6	2,3	4,0	2,0	184,6	160,0	62,2	2,1

После номера района в скобках указаны номера соответствующих постов наблюдений. 1.(1-12) Кольский берег Баренцева и Терский берег Белого моря (до м. Никодимский); 2.(13-33) Бассейн Белого моря, Кандалакшский, Онежский и Двинской заливы; 3.(34-40) Зимний и Канинский берега Белого моря; 4.(41-45) Мезенский залив; 5.(46-60) Восточная часть Баренцева моря; 6.(1-60) Баренцево и Белое моря в целом.



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



© 2019, ГЦ РАН, МГТУ, С.А. Лебедев

 $\langle i | \rho$



Временной ход суммарного уровня моря. Синяя кривая – расчет по модели, розовая кривая – наблюдения на автоматической буйковой станции в губе Долгой (глубина постановки 30 метров). Дискретность 1 час. Июль 2009 год. Серия продолжительностью







Временной ход суммарного уровня моря. Синяя кривая – расчет по модели, розовая кривая – наблюдения на автоматической буйковой станции в губе Долгой (глубина постановки 30 метров). Дискретность 1 час. Июль 2009 год. Серия продолжительностью 4





Верификация Уровня морей



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Верификация данных об уровне Белого моря



Расположение по акватории Белого моря треков изомаршрутных программ спутников **ТОРЕХ/Poseidon** и Jason-1/2 (красная линия), точки на треках (зеленый цвет) и уровенные посты (черный цвет), с которых данные альтиметрических измерений использовались для верификации аномалий уровня моря.



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Верификация данных об уровне Белого моря



Временная изменчивость аномалий высот морской поверхности Белого моря летом 1996 года по данным уровенного поста Соловки и данным альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon и Jason-1/2.



Харана Санариания Санариания Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Верификация данных об уровне Белого моря

	Vровонный	Спутники T/P & J1		Спутник GFO		Спутники ERS-1/2 & Envisat		
1	пост	Номер река	омер река Коэффициент корреляции		Коэффициент корреляции	Номер река	Коэффициент корреляции	
200	Порт Кемь	090, 239, 242	0.66	023,074, 160,425	0.35	272, 483, 730, 816, 941	0.61	
	Онега	090, 239, 242	0.76	023,074, 160,425	0.41	272, 483, 730, 816, 941	0.96	
	Северо- двинск	137, 213, 242	0.97	195,281, 332,418	0.56	100,311,769, 558	0.88	1
	Соловки	061,064, 239,242	0.76	023,074, 109,160, 246,425	0.59	272, 397, 483, 730, 816, 941,	0.65	
	Канда- лакша	-	_	195,218, 304,390	0.45	358,941	0.58	P
	Сосновец	_	_	051,137, 160,223, 246,453	0.44	014, 100, 472, 683	0.77	
	Умба	_	_	109, 195, 218, 304, 390	0.67	358, 397, 816, 941	0.95	







Расположение по акватории Баренцева моря треков изомаршрутных программ спутников ERS 1/2 и ENVISAT (синяя линия), точки на треках (желтый цвет) и уровенные посты (красный цвет), с которых данные альтиметрических измерений использовались для верификации аномалий уровня моря.



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.







Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.







Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.









		Спутник	GFO-1	Спутник ERS-1/2 & Envisat		
Ç.	Уровенныи пост	Номер трека	Коэффициент корреляции	Номер трека	Коэффициент корреляции	
	Хоннингсвог	048, 079, 134, 165, 192, 251, 278, 309, 364, 395, 450, 481	0.69	025,111,302,388, 569,655,760,846	0.99	
	Вардо	076, 079, 162, 165, 248, 392, 395, 478, 481	0.71	311, 416, 502, 855, 874, 960	0.99	
	Териберка	104, 190, 395, 481	0.43	072, 158, 225, 530, 616, 683	0.97	
	Иоканга	132, 218, 304, 395	0.37	053, 186, 272, 511, 730, 816	0.89	
	Печенга	162, 248, 309, 334, 395	0.45	330, 874,	0.93	
	Тобседа	193, 279, 332	0.44	042,195,281,500, 586,739,825	0.87	
	Варандей	049,102,135,221	0.39	242,395,853,939	0.89	





Верификация Скорости приводного ветра



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Верификация данных о скорости ветра



Расположение треков изомаршрутных программ спутников ERS 1/2 и ENVISAT (синяя линия), спутников и GFO 1 (зеленая линия) и T/P и J1/2 (красная линия), данные альтиметрических измерений с которых использовались для верификации скорости ветра по данным метеостанций порт Кемь и Канин Нос.



Двумерная диаграмма рассеяния скорости ветра по данным альтиметрических измерений и по данным метеостанций порт Кемь (а) и Канин Нос (б).

Прямыми линиями показана линейная аппроксимация данных методом наименьших квадратов



Направления разложения скорости ветра по четырем квадрантах относительно нормали к береговой линии для метеостанции Канин Нос и соответствующие им коэффициенты корреляции Стрелками показаны преобладающие направления ветра для каждого квадранта





Климатическая Изменчивость Уровня



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.



Климатическая изменчивость уровня Белого моря



Климатическая изменчивость уровня Белого моря по данным спутниковой альтиметрии. Линейный тренд составляет соответственно 2,82±0,46 мм/год





Климатическая изменчивость уровня Баренцева моря



Климатическая изменчивость уровня Баренцева моря по данным спутниковой альтиметрии. Линейный тренд составляет соответственно 2,06±0,28 мм/год





Климатическая Изменчивость Ледовой Обстановки



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





, Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Изменчивость положения кромки льда вдоль 988 трека изомаршрутных программ спутников ERS 1/2 и ENVISAT. За период с 1995 по 2009 скорость климатической изменчивости положения кромки льда составила 13,2 ± 0,6 км/год







Изменчивость положения кромки льда вдоль 932 трека изомаршрутных программ спутников ERS 1/2 и ENVISAT. За период с 1995 по 2009 скорость климатической изменчивости положения кромки льда составила 10,7 ± 0,4 км/год







Изменчивость радтояркостной температуры по каналу 36,5 ГГц вдоль 988 трека изомаршрутных программ спутников ERS 1/2 и ENVISAT

Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.





Изменчивость радтояркостной температуры по каналу 36,5 ГГц вдоль 988 трека изомаршрутных программ спутников ERS 1/2 и ENVISAT за период с 1992 по 2005

ГΓ,





Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов:

Э№ 18-05-01053_а «Исследование гидрометеорологического и гидродинамического режимов Белого моря по данным спутниковой альтиметрии»

Э№ 18-05-80065_Опасные_явления «Анализ и прогнозирование опасных гидрометеорологических явлений в прибрежных районах Арктической зоны Российской федерации»





Спасибо за внимание



Десятая Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли», Таруса, 9–12 апреля 2019г.

