

К оценке влияния течения Гольфстрим на тепловой режим Баренцева моря на основе данных спутниковых СВЧ-радиометрических измерений.

А.Г. Гранков¹, Е.П. Новичихин¹, Н.К. Шелобанова¹

¹ Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова, 141190 Фрязино Московской области, пл. Введенского, д. 1
E-mail: agrankov@inbox.ru

*На основе спутниковых СВЧ-радиометрических данных о среднемесячных значениях температуры водной поверхности и общего влагосодержания атмосферы в Мировом океане проведен анализ их пространственно-временной изменчивости в Баренцевом море в период аварийных разливов нефти в Мексиканском заливе в апреле 2010 г. Результаты анализа указывают на ослабление притока тепла в Баренцево море, переносимого течением Гольфстрим, достигающего максимума в августе-сентябре 2010 г.
Ключевые слова: спутниковая СВЧ-радиометрия, температура водной поверхности, общее влагосодержание атмосферы, приток тепла*

On the assessment of the influence of the Gulf Stream on the thermal regime of the Barents Sea based on the data of satellite microwave radiometric measurements

A.G. Grankov¹, E.P. Novichikhin¹, N.K. Shelobanova¹

¹ Fryazino Branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics, RAS

*On the basis of satellite microwave radiometric data on average monthly values of the water surface temperature and total atmospheric moisture content in the World Ocean, an analysis of their spatial and temporal variability in the Barents Sea during oil spills in the Gulf of Mexico in April 2010 was carried out. The results of the analysis indicate a weakening of heat inflow in the Barents Sea, carried by the Gulf Stream, reaching a maximum in August-September 2010.
Key words: satellite microwave radiometry, water surface temperature, total atmospheric moisture content, heat inflow*

Введение

Задача изучения влияния течения Гольфстрима на тепловой режим Северного Ледовитого океана и связанные с ним погодные условия, условия навигации, рыбного промысла в акваториях северных морей России привлекала внимание исследователей еще в 19-ом веке [1, 2]. Еще более актуальной эта задача становится в наши дни в связи с признанием Северного морского пути, простирающегося от Баренцева до Берингова моря, наиболее приоритетной транспортной артерией России.

Одним из перспективных направлений ее решения является мониторинг температуры поверхности океана и общего содержания водяного пара в атмосфере (влагосодержания атмосферы) на основе регулярных СВЧ-радиометрических измерений со спутников. Данные параметры несут важную информацию о теплосодержании приповерхностного слоя океана и о потенциале скрытого (латентного) тепла в атмосфере и, как показывают результаты исследований [3-5], позволяют анализировать тепловые процессы в различных энергоактивных районах Мирового океана: областях зарождения тропических, полярных и среднеширотных циклонов, атмосферных реках, районах распространения теплых и холодных течений.

Нами проведен анализ полей среднемесячных значений температуры поверхности моря (ТПМ) и общего влагосодержания атмосферы (ОВА) в прибрежной области Баренцева моря, совпадающей с начальной частью Северного морского пути (порт Мурманск – южная оконечность Новой Земли), в период аварийных разливов нефти у истоков Гольфстрима – в Мексиканском заливе в апреле 2010 г. В докладе рассматривается вопрос: сопровождаются ли наблюдаемые в этот период критические изменения в транспорте тепла течением к берегам Европы аномалиями пространственно-временной изменчивости ТПМ и ОВА в выделенной области Баренцева моря. Оцениваются отклонения пространственных распределений ТПМ и ОВА в 2010 г. от среднеемноголетних, а также от соответствующих данных за другие годы.

В работе используется глобальный архив NSIDC (National Snow & Ice Data Center) результатов тематической обработки данных измерений радиометра AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer) океанографического спутника EOS Aqua (2002 – 2011 гг.), представленных в архиве в виде сеточных значений для квадратов $0.25 \times 0.25^\circ$ с суточным, недельным и месячным разрешением.

Аномалии полей ТПМ и ОВА в прибрежной области Баренцева моря в 2010 году.

Область наших интересов представляет собой прямоугольную область Баренцева моря в его прибрежной части с координатами $70\text{--}75^\circ\text{с.ш.}$, $35\text{--}50^\circ\text{в.д.}$ (рис. 1).



Рис. 1. Область интересов в Баренцевом море

Благодаря адвекции тепла водами Гольфстрима в Арктический бассейн (рис. 2) его влияние на тепловой режим Баренцева моря значительно, вследствие чего его прибрежная часть в обычных условиях является незамерзающей круглогодично [6].

В конце апреля 2010 г. нормальный режим адвекции тепла течением Гольфстрим и Северо-Атлантическим течением был нарушен вследствие интенсивных разливов в нефтедобывающих районах Мексиканского залива. При этом вначале произошла частичная блокада течения Гольфстрим, затем – замедление его скорости и изменение его направления в Северной Атлантике.

Для оценки последствий этих факторов на температурный режим выделенной области Баренцева моря нами проведен анализ годового хода фоновых (осредненных в пределах ее границ) среднемесячных значений ТПМ из спутникового архива NSIDC в период апрель – декабрь 2010 г. и проведено их сопоставление с соответствующими климатическими (среднеемноголетними) значениями, приведенными в [6], а результаты представлены на рис. 3.

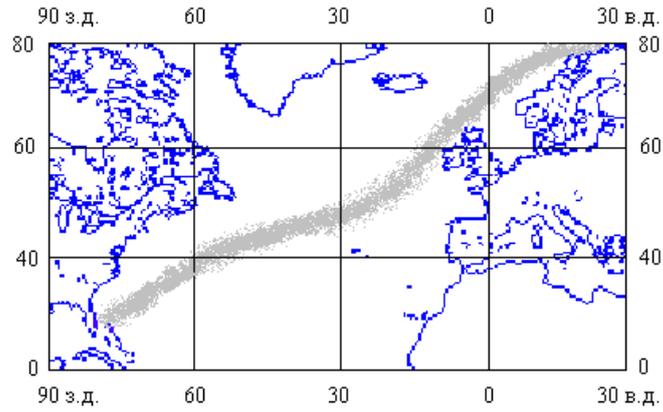
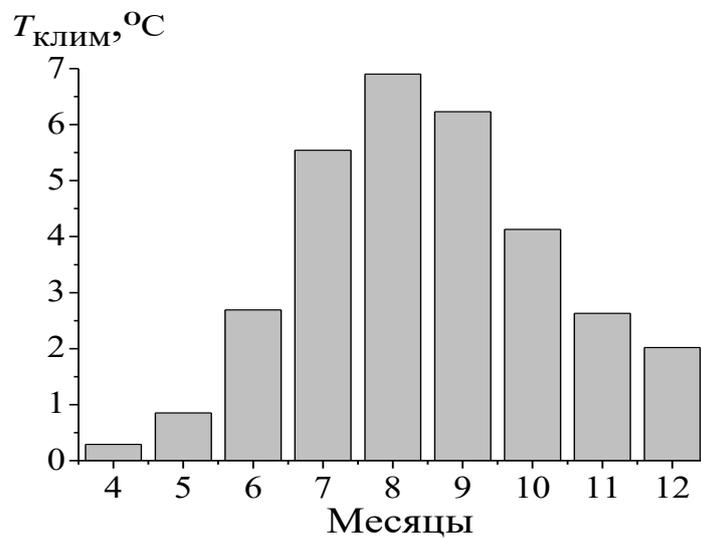
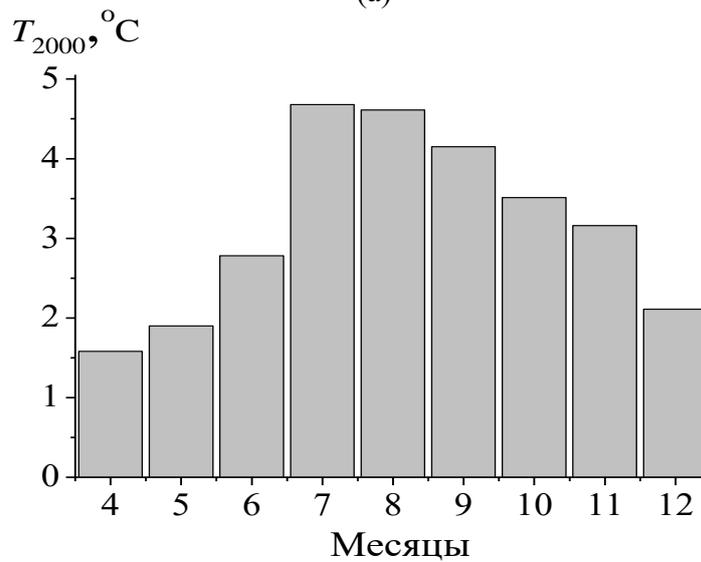


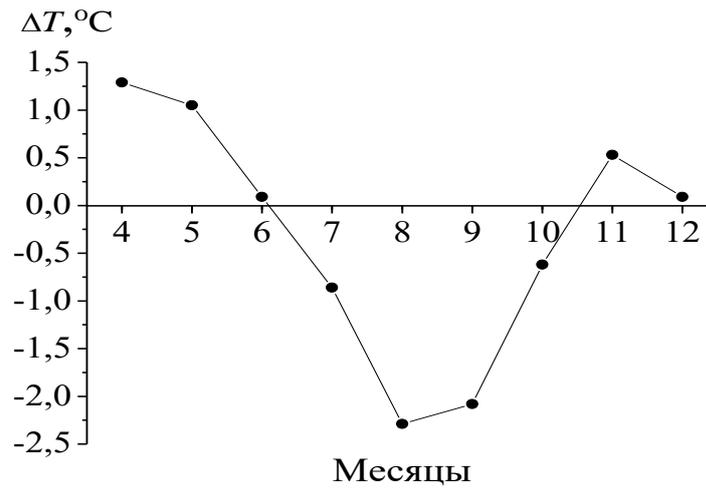
Рис. 2. Схематическое изображение положения течения Гольфстрим и его продолжения в районе Ньюфаундлендской банки (44°с.ш., 42°в.д.) – Северо-Атлантического течения



(а)



(б)

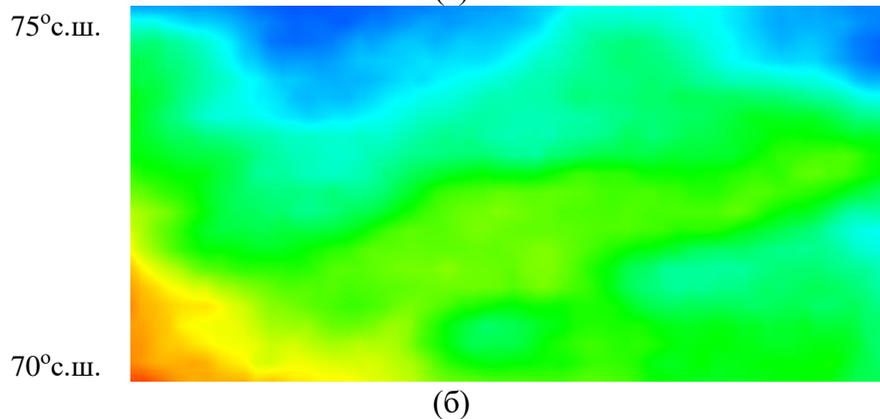
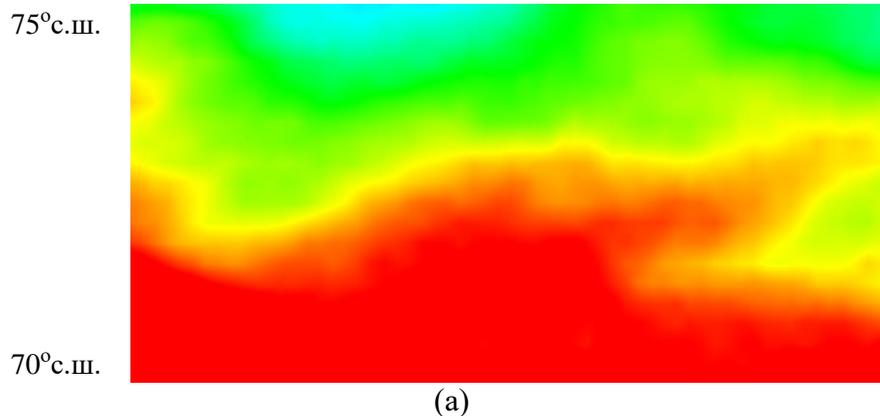


(в)

Рис. 3. Годовой ход параметров $T_{\text{клим}}$ (а) и T_{2010} (б) и их разности ΔT (в)

Отмечаются существенные различия между значениями T_{2010} и $T_{\text{клим}}$, наиболее выраженные в августе – сентябре 2010 г. (через 4–5 месяцев после разливов нефти в Мексиканском заливе в апреле этого года), что может быть связано снижением адвекции тепла Гольфстримом в этот период.

К такому же выводу можно прийти, проводя сопоставление спутниковых данных о пространственной изменчивости среднемесячных значений ТПМ в сентябре 2010 г. в выделенной области Баренцевого моря со средними за сентябрь данными за 2009 и 2011 годы (рис. 4).



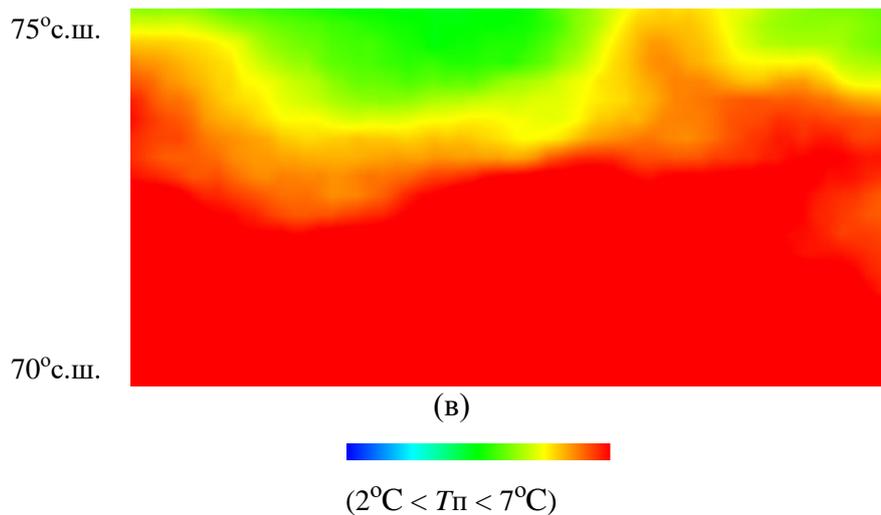
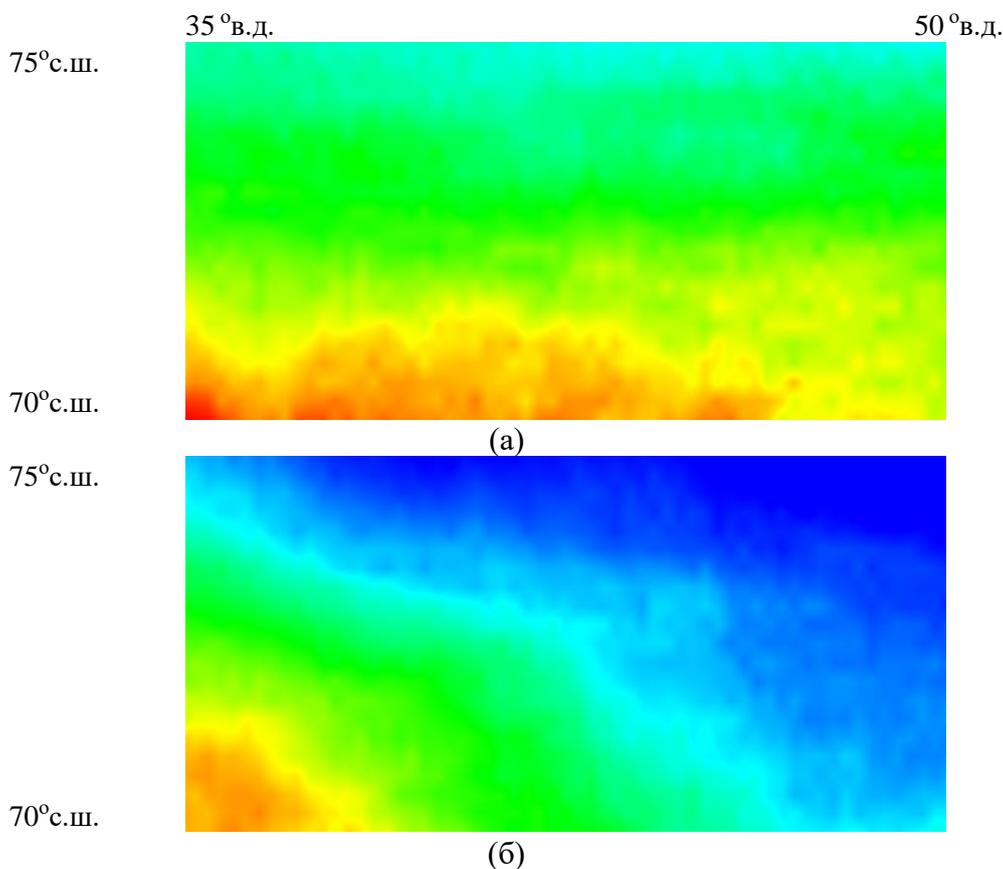


Рис. 4. Пространственное распределение в выделенной области Баренцева моря средних за сентябрь значений ТПМ: (а) – 2009 г. (б) – 2010 г. (в) – 2011 г.

Численный анализ показывает, что фоновые (осредненные в выделенной области Баренцева моря) средние за сентябрь значения ТПМ составляют: 5.9°C (2009 г.), 4.1°C (2010 г.), 6.9°C (2011 г.) при среднемноголетнем (климатическом) значении 6.2°C .

Об ослаблении адвекции тепла течением Гольфстрим после разливов нефти в Мексиканском заливе свидетельствуют также результаты анализа спутниковых данных о пространственной изменчивости средних за сентябрь значений ОВА в 2009–2011 гг. в выделенной области Баренцева моря (рис. 5).



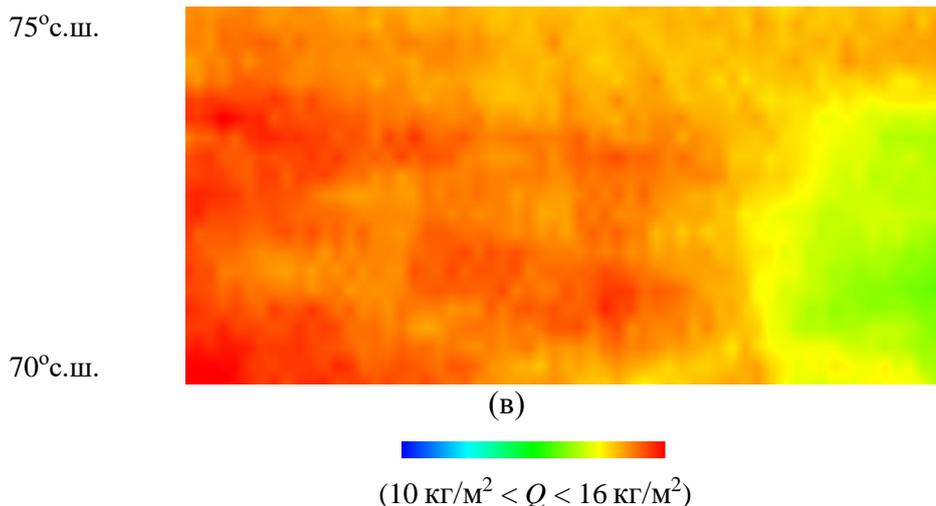


Рис. 5. Пространственное распределение в выделенной области Баренцева моря средних за сентябрь значений ОВА: (а) – 2009 г. (б) – 2010 г. (в) – 2011 г.

Согласно результатам анализа фоновые (осредненные в выделенной области Баренцева моря) средние за сентябрь значения ОВА составляют: 13.4 кг/м² (2009 г.), 11.7 кг/м² (2010 г.), 15.0 кг/м² (2011 г.).

Заключение

В докладе представлены результаты спутникового СВЧ-радиометрического мониторинга пространственно-временной изменчивости среднемесячных значений температуры водной поверхности и общего влагосодержания водяного пара в атмосфере в прибрежной области Баренцева моря, совпадающей с начальной частью Северного морского пути (порт Мурманск – южная оконечность Новой Земли) в период аварийных разливов нефти в Мексиканском заливе в апреле 2010 г.

Результаты анализа спутниковых данных указывают на появление аномалий полей ТПМ и ОВА, свидетельствующих о снижении адвекции тепла Гольфстримом в этот период. В частности, отмечаются существенное снижение фоновых (осредненных в пределах выделенной области Баренцева моря) среднемесячных значений ТПМ по сравнению с соответствующими климатическими (среднепогодными) значениями в августе – сентябре 2010 г., через 4–5 месяцев после нефтяных разливов – примерное время транспорта тепла течением Гольфстрим к Баренцеву морю.

В качестве перспективной задачей следующего этапа исследований можно рассматривать анализ влияния на тепловой режим Баренцева моря не только рассмотренных здесь кратковременных (сезонных) возмущений адвекции тепла Гольфстримом, но и их естественных многолетних изменений, обусловленными таянием арктических льдов, сопровождающихся изменениями термохалинной структуры течения в районах его формирования и их последствий для самого течения. Такая задача представляется реалистичной благодаря действующей в настоящее время сети спутниковых СВЧ-радиометрических средств, обеспечивающих определение температуры поверхности океана и общего влагосодержания атмосферы, а также накопленным по всему Мировому океану многолетним данным об этих параметрах.

В дальнейшем представляет также интерес исследование возможностей использования спутниковых СВЧ-радиометрических методов для обнаружения и мониторинга полярных мезоциклонов по контрастам температуры морской поверхности и общего влагосодержания атмосферы. В настоящее время в этом направлении получены хорошие результаты применительно к тропическим циклонам, которые существенно

превышают полярные по размерам циклонических областей и времени их существования, что делает их по сравнению с полярными циклонами намного более заметными для спутниковых СВЧ-радиометров.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

Литература

1. Голицин Б. Б. Материалы к определению границ Гольфстрима в Северном Ледовитом океане // Известия Императорской Академии Наук. Т. IX. № 4. СПб., 1898. С. 321–344.
2. Аверинцев С. В. Зависимость метеорологических факторов, урожаев и рыбных промыслов от температурных колебаний в воде Гольфштрима // Известия Архангельского общества изучения Русского Севера, 1909, № 10. С. 69–78.
3. Шарков Е.А., Шрамков Я.Н., Покровская И.В. Повышенное содержание водяного пара в атмосфере тропических широт как необходимое условие генезиса тропических циклонов // Исслед. Земли из космоса. 2012. №2. С. 73–82.
4. Ermakov D. Satellite radiothermvision of atmospheric processes: method and applications. Springer, Chaim, 2021. 199 p.
5. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Новичихин Е.П. Спутниковая СВЧ-радиометрия тепловых и динамических процессов на поверхности океана и в атмосфере - М.: Российская Академия наук, 2022. 240 с.
6. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР (проект «Моря СССР»). Т.1. Баренцево море. Вып.1. Гидрометеорологические условия. Ф.С. Терзиев, Г.В. Гирдюк, Г.Г. Зыкова, С.Л. Дженюк (ред.). Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 281 с.