

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР  
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE IN Leningrad

Transactions

Труды  
вып. 32

vol. 32

06  
778

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ ОКЕАН—АТМОСФЕРА

INVESTIGATIONS  
ON THE OCEAN — ATMOSPHERE PROBLEM

Сборник 2

работ научно-исследовательского института взаимодействия океана  
и атмосферы

issue 2

of the papers of the air sea interaction institute

24443

**БИБЛИОТЕКА**  
Ленинградского  
Гидрометеорологического  
Института

ЛЕНИНГРАД  
1970

Сборник содержит результаты исследований взаимодействия океана и атмосферы, выполняемых в Ленинградском гидрометеорологическом институте. Статьи посвящены формированию процессов в реальных океанах и морях, изменению метеорологических и гидрологических условий и их прогнозу. Некоторые статьи имеют теоретическое и методическое содержание.

Сборник рассчитан на широкий круг океанологов, метеорологов и геофизиков, а также на преподавателей, аспирантов и студентов.

Научный редактор В. В. Тимонов

Ответственный редактор *О. А. Алекин*

2—9—6

Труды Ленинградского Гидрометеорологического института  
Исследования по проблеме океан — атмосфера

СБОРНИК 2

Работ научно-исследовательского института взаимодействия океана и атмосферы

Редактор *Б. И. Леонова*

---

М-13 525. Сдано в набор 21/V-1968 г. Подписано к печати 2/VII-1970 г. Формат бум. 70 × 108<sup>1/16</sup>.  
Бумага тип. № 3. Печ. л. 16. Уч.-изд. л. 19. Тираж 500. Заказ 2329. Цена 1 р. 84 к. Тем. план 1968 г.

---

Типография профессионально-технического училища № 4. Ленинград, 12-я Красноармейская ул., 27.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Часть первая. ФИЗИКА ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

#### Теория, эксперименты, методы расчета

	Стр.
<i>В. М. Радикевич.</i> Исследование некоторых характеристик взаимодействия пограничных слоев атмосферы и моря на основе новой теоретической модели	3
<i>А. С. Балужева, В. Н. Веретенников.</i> К теории нестационарных чисто дрейфовых течений в океане	16
<i>А. С. Балужева, В. Н. Веретенников.</i> К вопросу о расчете ветрового нагона	23
<i>В. А. Макаров.</i> О распространении длинной волны в канале переменной ширины	30
<i>Л. И. Борис.</i> О расчете внутренних приливных волн и связанных с ними течений в океане	33
<i>Б. А. Каган, А. В. Некрасов, Р. Э. Тамсалу.</i> Расчет приливных явлений в море с учетом горизонтального турбулентного трения	50
<i>А. В. Некрасов.</i> Использование соотношений между уровнем и его наклоном при анализе приливных колебаний	56
<i>А. Б. Мензин.</i> Об электрической аналоговой модели глубинной циркуляции	64

#### Формирование процессов в реальных океанах и морях

<b>В. В. Тимонов</b> . Очаги взаимодействия океана и атмосферы	69
<i>В. М. Радикевич.</i> Основные причины изменений сезонных величин турбулентного потока тепла и затрат тепла на испарение в Северной Атлантике	76
<i>И. П. Карпова.</i> К вопросу об устойчивости атмосферы над Северной Атлантикой	81
<i>Н. Л. Козутовский.</i> К обмену теплом и солями между верхним слоем и глубинными водами Северной Атлантики	85
<i>Б. И. Тюрков.</i> Расчетная схема изменений структуры деятельного слоя Охотского моря от сезона к сезону	94
<i>В. П. Хрол.</i> Метод расчета адвективных изменений толщины льда вдоль восточно-американского пути перемещения льдов	121

#### Изменение метеорологических и гидрологических условий, их прогноз

<i>Б. Б. Елекоев.</i> Об изменении длины планетарных волн при переходе от зональной циркуляции к меридиональной	138
<i>А. А. Гирс.</i> Учет развития макросиноптических процессов при изучении причин изменения фоновых характеристик гидросферы	145
<i>А. И. Савичев.</i> К вопросу о прогнозе барического поля над Северной Атлантикой в июле	169
<i>Е. И. Серяков, В. П. Карауловский.</i> Расчет вариаций месячных величин потерь тепла на испарение и теплообмена с атмосферой в Северной Атлантике	184
<i>Е. И. Серяков, А. И. Смирнова.</i> Связь составляющих теплового баланса Северной Атлантики с аномалиями температуры воды за характерные годы	193
<i>А. И. Смирнова.</i> Изменение теплосодержания деятельного слоя Северной Атлантики при разных типах атмосферной циркуляции	206
<i>И. П. Карпова.</i> О влиянии Исландского минимума атмосферного давления на течения Норвежского моря	221

#### Методы натурных исследований, приборы

<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> Применение искусственных спутников Земли для океанологических исследований	230
<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> О дешифрировании снимков льдов, полученных с метеорологических спутников Земли	239

### Часть вторая. ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

<i>О. А. Алекин, Н. П. Моричева.</i> Расчет насыщенности карбонатом кальция воды Черного моря	250
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## CONTENTS

### Part first. PHYSICS OF THE OCEAN AND THE ATMOSPHERE

#### Theory, experiments, methods of calculation

	Pp.
<i>V. M. Radikevich.</i> Investigation of some characteristics of interaction between the atmosphere and sea boundary layers on the base of a new theoretical model	3
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov.</i> On the calculation of wind-induced surge	16
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov.</i> On the theory of non-stationary drift currents in the ocean	23
<i>V. A. Makarov.</i> On the propagation of a long wave in a channel with the variable cross-section	30
<i>L. I. Boris.</i> Calculation of internal waves and associated currents in the ocean	33
<i>B. A. Kagan, A. V. Nekrasov, R. E. Tamsalu.</i> Calculation of tidal phenomena in the sea taking into account the lateral turbulent friction	50
<i>A. V. Nekrasov.</i> Use of the relationships between the sea-level and its slope at the tidal oscillation analysis	56
<i>A. B. Menzin.</i> Electrical analogue model of the deep circulation	64

#### Formation of real ocean and sea processes

<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><i>V. V. Timonov</i></span> . Centers of ocean.—atmosphere interaction	69
<i>V. M. Radikevich.</i> Main causes of variations of seasonal values of turbulent heat flux and evaporation heat loss in the North Atlantic	76
<i>I. P. Karpova.</i> On the atmosphere stability over the North Atlantic	81
<i>N. L. Kogutovskv.</i> Heat and salt exchange between the upper and deep layers in the North Atlantic	85
<i>B. I. Tjuriakov.</i> Calculated pattern of the changes of the structure of the Okhotsk Sea from season to season	94
<i>V. P. Khrol.</i> Methods of calculation of the advective variation of the thickness of the ice along the East American ice travel path	121

#### Variation of meteorological and hydrological conditions and their forecast

<i>B. B. Elekoyev.</i> Change of the planetary waves length during the transition from the zonal to meridional circulation	138
<i>A. A. Girs.</i> Use of the data of the development of the macrosynoptic processes in studying causes of background hydrosphere characteristics variations	145
<i>A. I. Savichev.</i> The forecast of the atmosphere pressure field over the North Atlantic in July	169
<i>E. I. Seryakov, V. P. Karaulovsky.</i> Calculation of variations of the month values of evaporation heat loss and the sea—air heat exchange in the North Atlantic	184
<i>E. I. Seryakov, A. I. Smirnova.</i> Relation between heat balance components and water temperature anomalies for the characteristic years in the North Atlantic	193
<i>A. I. Smirnova.</i> Variation of the active layer heat content in the North Atlantic in various types of the atmospheric circulation	206
<i>I. P. Karpova.</i> Influence of the Icelandic depression on the currents of the Norwegian Sea	221

#### Methods of natural investigations. Apparatus

<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhzamer.</i> Use of satellites for oceanological investigations	230
<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhzamer.</i> Decoding of ice photographs made by means of meteorological satellites	239

### Part second. CHEMICAL SEA-AIR INTERACTION

<i>O. A. Alekii, <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><i>N. P. Moricheva</i></span>.</i> Calculation of the saturation of calcium carbonate in the water of the Black Sea	250
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ АТМОСФЕРЫ НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ

*И. П. Карпова*

Методика расчета полей ветра и тангенциального напряжения ветра [1], рекомендованная Государственным океанографическим институтом для практического применения, позволяет учитывать только термическую стратификацию атмосферы. Устойчивость атмосферы определяется не только термическими, но и динамическими факторами. Поэтому представляется интересным рассмотреть, насколько правомерным является учет только термической стратификации атмосферы.

Термическая стратификация атмосферы, согласно [1], определяется разностью температур вода — воздух ( $\Delta t$ ). Устойчивость атмосферы в целом характеризуется числом Ричардсона либо отношением  $r_i = \frac{\Delta t}{v^2}$  ( $v$  — скорость ветра в м/сек на уровне судовых наблюдений). В работе Соркиной и Грачевой [2] приведена зависимость  $\Delta t$  от  $\epsilon$  — параметра, характеризующего устойчивость атмосферы приземного слоя в обобщенном степенном законе Лайхтмана. Существование такой зависимости позволило автору методики [1] предложить для учета устойчивости атмосферы в качестве первого приближения учет только термической устойчивости атмосферы. Однако насколько тесной является эта связь, количественно определено не было. Материалы наблюдений на кораблях погоды в Северной Атлантике [3] позволили получить некоторые количественные характеристики связи термической стратификации атмосферы и отношения  $r_i$ .

Хорошо известно, что над Северной Атлантикой обе величины: разность температур вода — воздух и скорость ветра имеют четкий годовой ход с максимумом в зимнее время и минимумом в летнее. Можно было бы думать, что, поскольку годовой ход  $\Delta t$  и  $v$  подобен, величина  $r_i$  должна оставаться примерно постоянной в течение года. Иначе говоря, хотя термическая стратификация атмосферы и имеет место, но в результате динамических факторов изменения устойчивости атмосферы в целом настолько невелики, что их можно не учитывать при различных практических расчетах, особенно по осредненным за достаточно большой промежуток времени данным.

На основе материалов наблюдений на 9 кораблях погоды [3], осредненных за 10 лет (с 1951 по 1960 г.), проведен расчет отношения  $r_i$  для каждого месяца и рассмотрено изменение в течение года средних величин  $\Delta t$ ,  $v$  и  $r_i$  в различных точках Северной Атлантики. Действительно, изменения скорости ветра и разности температур вода —

воздух имеют четко выраженный годовой ход. Подобный внутригодовой ход имеет и величина  $r_i$ . Поскольку для всех кораблей погоды получен примерно одинаковый характер изменения в течение года величин  $\Delta t$ ,  $v$  и  $r_i$ , здесь приведен график только для одного корабля погоды С (рис. 1).

На кораблях погоды В, С и Е в летнее время разность  $\Delta t$  имеет отрицательный знак, т. е. имеет место устойчивая стратификация атмосферы с минимальной величиной  $r_i = -0,011$  (корабль погоды С, июль). Для остальных кораблей погоды по средним десятилетним данным в течение всего года характерна неустойчивая или безразлич-

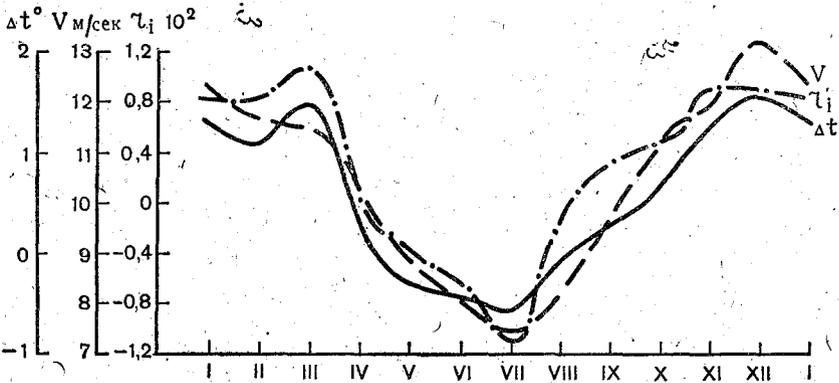


Рис. 4. Годовой ход скорости ветра ( $v$ , м/сек), разности температур вода-воздух ( $\Delta t^\circ$ ) и отношения  $r_i$  (град. сек<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>) для корабля погоды С.

ная стратификация атмосферы. Среднегодовые значения и величины амплитуд числа  $r_i$  (по среднемесячным данным, осредненным за 10 лет) для 9 кораблей погоды проведены в таблице.

Корабли погоды	$r_i \cdot 10^2$	$r_{i\max} - r_{i\min} \cdot 10^2$	$r_{\Delta t}, r_i$	Уровень значимости %
A	1,3	1,3	0,96	0,1
B	1,3	4,0	0,97	0,1
C	0,3	2,2	0,96	0,1
D	1,8	2,4	0,93	0,1
E	1,2	3,2	0,77	1,0
I	1,3	1,2	0,94	0,1
J	0,9	0,7	0,85	0,1
K	0,5	1,0	0,94	0,1
M	2,1	1,3	0,75	1,0

Наибольшая средняя величина  $r_i$  получена для корабля погоды М со сравнительно небольшой амплитудой (0,013 град·сек<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>). Иными словами, из рассмотренных 9 кораблей погоды наибольшая неустойчивость атмосферы имеет место в районе корабля погоды М, где разность среднемесячных температур вода — воздух не превышает 3—4°. В то же время среднемесячная величина  $\Delta t$  для Гренландского моря западнее о-ва Шпицберген достигает в феврале 15° [4], что может значительно увеличить отношение  $r_i$ . Кроме того, все эти данные относятся к осредненным за большой промежуток времени условиям. В конкретных случаях отношения  $r_i$ , характеризующие степень устойчивости атмосферы, могут значительно превышать средние значения, оказывая соответствующее влияние на турбулентный теплообмен, вла-

гообмен и обмен количеством движения в приводном слое атмосферы и верхних слоях океана.

Для характеристики связи  $\Delta t$  и  $r_i$  были определены коэффициенты корреляции между этими величинами: ( $r_{\Delta t, r_i}$ ). Значения коэффициентов корреляции и уровней значимости [5] также приведены в таблице. За исключением результатов для кораблей погоды Е и М, получены высокие коэффициенты корреляции при уровне значимости 0,1%. Для всех кораблей погоды найдены уравнения регрессии. Учитывая значения начальной абсциссы (т. е. при  $\Delta t = -1^\circ$   $r_i > 0$  или  $r_i < 0$ ) и угол наклона линии регрессии к оси абсцисс, представилось возможным

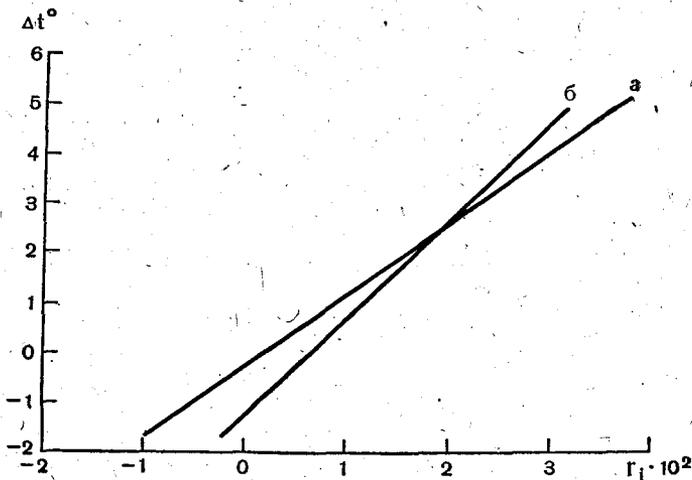


Рис. 2. График связи разности температур вода—воздух ( $\Delta t$ ) и отношения  $r_i$  для кораблей погоды В, С, Е, К (а) и А, Д, I, J, М (б).

объединить все уравнения регрессии в две группы. В первую вошли уравнения регрессии для кораблей В, С, Е и К, у которых при  $\Delta t = -1^\circ$ ,  $r_i < 0$  и тангенс угла наклона линии регрессии составляет 100—150. Вторую группу составили остальные пять кораблей погоды, линия регрессии которых отсекает от оси абсцисс значение  $r_i > 0$  при  $\Delta t = -1^\circ$ , а значения тангенса угла наклона прямой лежат в пределах 190—270. Для каждой из этих групп в свою очередь был найден общий коэффициент корреляции между  $\Delta t$  и  $r_i$  и уравнение регрессии. Для первой группы (корабли погоды В, С, Е и К) получено:  $r_{\Delta t, r_i}^I = 0,88$  при уровне значимости 0,1%. Для второй группы (корабли погоды А, Д, I, J, М):  $r_{\Delta t, r_i}^{II} = 0,81$  при уровне значимости 0,1%. Уравнения регрессии имеют вид соответственно:

$$I \quad r_i = 0,0072\Delta t + 0,0016 \quad S = 0,0042,$$

$$II \quad r_i = 0,0052\Delta t + 0,0063 \quad S = 0,0037$$

$S$  — средняя квадратичная погрешность уравнения регрессии.

Линии регрессии, согласно этим уравнениям, представлены на рис. 2.

Таким образом, по средним за десятилетие данным получена линейная зависимость между разностью температур вода — воздух и отношением  $r_i$ . Достаточно большие коэффициенты корреляции между этими величинами позволяют прийти к выводу, что  $\Delta t$ , определяющая термическую стратификацию атмосферы, достаточно хорошо характеризует

устойчивость атмосферы в целом. Следовательно, использование в качестве показателя устойчивости состояния атмосферы разности температур вода — воздух, предложенное Соркиной [1], должно давать вполне приемлемые результаты для практических расчетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Соркина. Построение карт ветровых полей для морей и океанов. Тр. ГОИН, вып. 44, 1958.
  2. А. И. Соркина, В. П. Грачева. Определение характеристик термического и турбулентного режима атмосферы над морем. Тр. ГОИН, вып. 38, 1957.
  3. Zur klimatologie Nordalantischen Ozeanes. Hamburg, 1963.
  4. Атлас условий промысла сельди в Норвежском и Гренландском морях. Калининград, 1962.
  5. К. Брукс, Н. Карузерс. Применение статистических методов в метеорологии. Л., Гидрометеониздат, 1963.
-