

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

ISSN 0371-7119

ТРУДЫ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

Выпуск **192**



ОКЕАНОЛОГИЯ
И МЕТЕОРОЛОГИЯ
АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

МОСКВА
ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
1988

СОДЕРЖАНИЕ

Е. И. Баранов, В. С. Регентовский. Изменчивость положения фронта и стрежня Северо-Атлантического течения	3
А. В. Колинко, А. А. Степанов. О синоптической изменчивости положения фронтальной зоны Гольфстрима. . . 9	9
Г. И. Барышевская, Т. А. Хлыцова. Адвекция тепла системой Гольфстрим - Северо-Атлантическое течение	14
Т. В. Маковозенко, А. Г. Тарнопольский. Пространственно-временная изменчивость энталпии деятельного слоя Северной Атлантики	25
Е. И. Баранов, А. В. Колинко, В. С. Регентовский. Сезонная изменчивость океанологических характеристик Ньюфаундлендской энергоактивной зоны	32
Ю. Б. Михалечко. Особенности пространственно-временной изменчивости температуры и солености мезомасштабного диапазона в Северной Атлантике	42
В. Г. Гинкул. Происхождение температурных инверсий на субполярном фронте в Ньюфаундлендской энергоактивной зоне	50
Н. Н. Бондаренко, Е. К. Полежаев. Пространственно-временная изменчивость термических характеристик деятельного слоя океана в Ньюфаундлендской энергоактивной зоне	59
В. Т. Георгиев, Н. С. Мельничук. О вертикальных движениях вод в субполярной фронтальной зоне	66
Р. Р. Белевич, В. П. Захаров. О промышленно-океанографических особенностях северо-западной части тропической зоны Северной Атлантики	69
Е. К. Полежаев. Синхронизация параметров верхнего квазигомогенного слоя на Тринидадском энергетическом полигоне. . 73	73

А . Г . Т а р н о п о л ь с к и й , Н . Г . Ш и н к е в и ч . Энергообмен океана и атмосферы в области гидрологического фронта	81
А . Б . К о л и н к о , И . В . Н а з а р о в . Исследование теплообмена синоптических вихрей океана с атмосферой по данным измерений судов погоды	88
В . А . Г а н н о ч к а . Экспедиционные наблюдения в океане и их усвоение моделью	94
Р . В . Г а в р и л ь к , Н . Н . Б о н д а р е н к о , Л . В . Н е ч в о л о д о в . Опыт прогнозирования характе- ристик деятельного слоя океана для обслуживания промышленного флота	99
В . В . З е н к о в с к и й . Условия возникновения и повто- ряемости особо опасных ветров и волнения на океанской стан- ции "С"	107
В . М . Р о к о г о н . Атмосферные процессы в стратосфере Северной Атлантики	112

6. Рассчитанное значение вектора состояния системы принимается за исходное значение Ψ_0 для следующего шага усвоения.

7. На следующем шаге по времени Δt выполняются пункты 2-6. Задача решается в указанной последовательности до момента окончания поступления информации.

8. Осуществляется автоматическое построение карт полей компонент вектора Ψ (при наличии графопостроителя) либо значения компонент вектора Ψ табулируются с использованием алфавитно-цифрового печатающего устройства.

Конечным результатом работы модели усвоения океанографической информации различного вида будут поля основных океанографических характеристик (U, V, W, T, S) на всем интервале выполнения работ на полигоне или разрезе с заданной дискретностью во времени.

Список литературы

1. П е н е н к о В . В . Оценка параметров дискретных моделей динамики атмосферы и океана. - Метеорология и гидрология, 1979, № 7, с. 77-90.
2. П е н е н к о В . В . Методы численного моделирования атмосферных процессов. - Л.: Гидрометеоиздат. 1981. - 352 с.
3. П р о т а с о в А . В . , Г а н н о ч к а В . А . Численная модель усвоения океанографических данных. - В кн.: Численное решение задач динамики океана. Новосибирск ВЦ СОАН СССР. 1982, с. 24-34.
4. Т и х о н о в А . Н . , А р с е н и н В . Я . Методы решения некорректных задач. - М.: Наука, 1974. - 223 с.

Р.В.ГАВРИЛЮК, Н.Н.БОНДАРЕНКО,
Л.В.НЕЧВОЛОДОВ

ОПЫТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ ОКЕАНА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

Теоретическое обоснование возможности прогнозирования термических характеристик деятельного слоя океана на основе гидродинамического моделирования дано в /3/. При обслуживании морских отраслей народного хозяйства, в частности рыбного промысла, существенный интерес представляет прогнозирование полей термических характерис-

тик деятельного слоя с временным осреднением порядка 3–10 сут на протяжении всего года, включая периоды охлаждения и переходные сезоны. Непосредственный интерес для океанического промысла имеет также прогнозирование характеристик сезонного термоклина (градиент температуры в слое скачка, толщина слоя скачка), так как они во многом определяют поведение и распределение промысловых организмов и могут быть использованы в качестве индикатора зон повышенной биологической продуктивности.

В настоящей работе исследуется возможность применения нестационарных двухслойных моделей деятельного слоя океана для краткосрочных прогнозов температуры воды, толщины верхнего квазиоднородного слоя и характеристик сезонного термоклина как в теплую часть года, так и в период охлаждения и переходные сезоны.

Модель, позволяющая рассчитывать толщину однородного слоя и его температуру с учетом динамических процессов синоптического масштаба, описана в /4/. При построении интегральных моделей деятельного слоя океана весьма плодотворной оказалась идея параметрического описания вертикального профиля температуры в сезонном термокline. Реализация этой идеи нашла отражение при построении модели /2/, которая наряду с прогнозируемыми значениями температуры и толщины однородного слоя позволяет рассчитывать вертикальное распределение температуры в сезонном термокline, определять величину максимального градиента в слое скачка и глубину его залегания.

Модели /2, 4/ в силу своей физической постановки предназначены для использования в теплую часть года.

В /5/ была предложена обобщенная гидродинамическая модель, позволяющая по заданным потокам тепла и импульса через поверхность океана и по начальному распределению температуры в деятельном слое рассчитать изменения его термических характеристик на протяжении всего года, включая период охлаждения.

Рассмотрим возможность применения предлагаемых моделей для краткосрочного прогнозирования характеристик термической структуры деятельного слоя в средних широтах на примере Северной Атлантики. Выбор моделей определяется их относительной простотой и доступностью исходной информации в оперативных условиях.

Расчеты по моделям /2, 4, 5/ осуществлялись в летний период 1986 г., а по модели /5/ – в январе 1987 г. Район прогноза располагался между 35–60° с.ш., 10–60° з.д. В качестве начальной информации о температуре воды использовались данные, передаваемые по факсимильной связи радиометцентрами (РМЦ). По заданной части Северной Атлантики (33–60° с.ш., 35–75° з.д.) карты распределения температуры передают РМЦ Галифакс. Основой для построения этих

карт служит наравне с судовыми наблюдениями спутниковая информация и данные самолетного зондирования. Осреднение информации осуществляется за 3-4 сут, пространственный масштаб осреднения - сферическая трапеция со стороной 1° .

Северо-восточная часть Атлантического океана ($35-60^{\circ}$ с.ш., $0-45^{\circ}$ з.д.) освещена картами распределения температуры, передаваемыми РМЦ Нортвуд. Дискретность передачи 4-5 сут, пространственное осреднение выполнено по трапециям со стороной $2,5^{\circ}$.

Таким образом, северная часть Атлантического океана освещена факсимильной информацией о температуре воды достаточно подробно. Очевидно, что эта информация подвергается первичному контролю, и хотя в основе его лежат различные пространственно-временные масштабы осреднения, регулярность ее поступления дает представление о преимственности полей температуры. Совмещение карт с близкими пространственно-временными масштабами осреднения позволяет использовать эту информацию в качестве начальной для расчетов и прогнозов температуры воды и их оценки. Точность воспроизведения начального температурного поля, по нашим представлениям, не превышает $0,5^{\circ}\text{C}$.

Для расчета скорости ветра использовалась фактическая и прогностическая информация о приземном атмосферном давлении, передаваемая по факсимильной связи различными РМЦ с заблаговременностью 24, 48, 72, 96, 120 и 144 ч. В качестве начальных использовались также средние месячные климатические поля потоков тепла $/I/$, скорости ветра и толщины однородного слоя.

Все расчеты проводились на равномерной сетке с шагом $2,5^{\circ}$ по меридиану и параллели. Заблаговременность и периодичность прогнозов составила 4-3 сут. Расчеты осуществлялись с шагом по времени, равным 1 сут. В качестве допустимой ошибки при оценке прогнозов температуры воды принималось значение $0,67 \sigma$, где σ - среднеквадратические отклонения температуры воды, опубликованные в $/6/$. Погрешности расчетов толщины однородного слоя и градиента температуры в слое скачка в данной работе не оценивались из-за отсутствия соответствующих натуральных данных. Оценки прогнозов этих характеристик приводятся в $/2, 5/$ по данным наблюдений на океанской станции "С" и показывают хорошее количественное совпадение наблюдаемых и прогностических рядов.

Оправдываемость методических и инерционных прогнозов температуры воды приведена в таблице. В июле-сентябре 1986 г. оправдываемость оперативных краткосрочных прогнозов составила 80-83%, что сравнимо с оправдываемостью инерционных прогнозов для этого периода времени. Оправдываемость методических прогнозов по модели $/5/$ для января 1987 г. составила 76-80%, что также сравнимо с оправдываемостью инерционных прогнозов в этот период.

Оправдываемость (%) оперативных краткосрочных прогнозов температуры воды по моделям /2,4,5/ и инерционных прогнозов

№ прогноза	Период прогноза	По /4/	По /5/	По /2/	Инерционные прогнозы
1	22 - 25 УП	80	80	81	78
2	25 - 29 УП	82	76	73	81
3	29 УП - I УШ	86	86	81	83
4	I - 5 УШ	84	82	84	85
5	5 - 9 УШ	87	80	82	88
6	9 - 13 УШ	89	88	89	86
7	12 - 16 УШ	85	81	80	84
8	16 - 19 УШ	78	95	73	76
9	19 - 23 УШ	84	80	87	86
10	23 - 26 УШ	86	83	86	86
11	26 - 30 УШ	79	78	76	82
12	30 УШ - 3 IX	73	75	72	76
13	3 - 7 IX	84	85	-	83
14	6 - 11 IX	79	82	-	79
Среднее		83	82	80	82

Наиболее наглядно преимущества использования разработанных моделей по сравнению с инерционным прогнозом проявляются в аномальных ситуациях, когда за 2-3 сут происходят значительные изменения термической структуры деятельного слоя океана на большей части акватории.

Так, за период 16-20 августа 1986 г. атмосферные процессы над Северной Атлантикой характеризовались нарушением зональной циркуляции и значительным меридиональным переносом воздушных масс. 16 августа на центральную часть океана распространился отрог арктического максимума, ось которого была вытянута меридионально. Основное ядро располагалось над Гренландией, второе - несколько южнее о. Ньюфаундленд. По обе стороны от отрога арктического антициклона существовали фронтальные разделы, вдоль которых смещались неглубокие циклоны. При определенных условиях, как это наблюдалось в рассматриваемый период, циклоны стационарировали, образуя глубокие квазистационарные депрессии, как бы сжимающие отрог арктического антициклона с двух сторон. Барическое поле за 20 августа можно описать так. Несколько западнее Пиренейского полуострова на аркти-

ческом фронте образовалась квазистационарная депрессия, а южнее о. Ньюфаундленд – циклон. В зоне взаимодействия арктического антициклона и указанных депрессий отмечались довольно значительные барические градиенты, обуславливающие скорости ветра $15-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

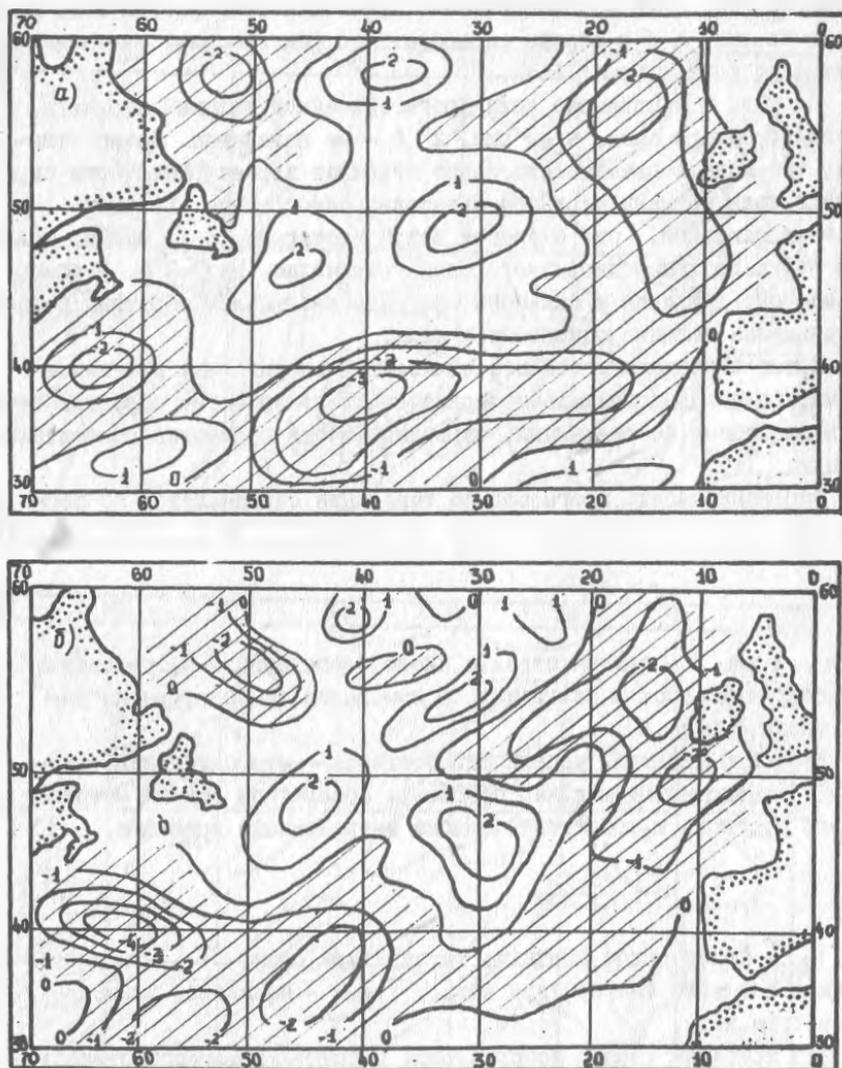


Рис. 1. Реальная (а) и рассчитанная по модели /5/ (б) изменчивость температуры воды за 16 – 20 августа 1986 г.

Изменения температуры поверхностного слоя воды за рассматриваемый период были весьма существенными: в зонах циклонов фактическое

понижение температуры достигало 3°C , а в области высокого давления в условиях радиационного прогрева температура повысилась на $1-2^{\circ}\text{C}$ (рис. 1 а). Оправдываемость инерционного прогноза в этом случае была сравнительно низкой и составила 76%, в то время как прогноз по модели /5/ оказался намного более эффективным – его оправдываемость составила 95%. Поле прогностических изменений температуры воды приведено на рис. 1 б и хорошо согласуется с фактическими изменениями за этот же период (рис. 1 а).

На рис. 2 а показано поле прогностической толщины верхнего квазиоднородного слоя, а на рис. 2 б – ее изменения. Можно отметить, что модель качественно верно отражает характерные черты перестройки поля толщины верхнего квазиоднородного слоя. В зонах действия циклонов, где скорости ветра достигали $15-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, толщина верхнего квазиоднородного слоя увеличилась на 5–8 м. В области высокого давления и сильного прогрева наблюдался обратный процесс – уменьшение толщины однородного слоя.

Кроме оправдываемости методических и инерционных прогнозов рассчитывались дополнительные критерии достоверности: оправдываемость прогнозов по тенденции, оправдываемость прогнозов относительно инерции.

Оправдываемость прогнозов по тенденции определяется по формуле

$$P = \frac{n_+ - n_-}{N}, \quad (1)$$

где n_+ и n_- – соответственно число совпадений и несовпадений прогнозировавшегося и фактического изменения температуры из общего числа точек N .

Второй показатель успешности прогноза – относительная ошибка ε , подсчитываемая как отношение абсолютной ошибки методического прогноза к абсолютной ошибке инерционного прогноза

$$\varepsilon = \frac{|T_{\text{ф}} - T_{\text{пр}}|}{|T_{\text{ф}} - T_{\text{нач}}|}, \quad (2)$$

где $T_{\text{ф}}$ – фактическое значение температуры воды, $T_{\text{пр}}$ – прогностическое значение температуры воды, $T_{\text{нач}}$ – начальное значение температуры воды.

Эти критерии хорошо используются в практике метеорологического прогнозирования, и в тех случаях, когда $\varepsilon \ll 1$, методический прогноз считается лучше инерционного.

Интегральная оценка эффективности всех прогнозов рассчитывалась для каждого узла расчетной сетки по зависимости

$$P = \frac{n(\varepsilon \leq 1)}{N}. \quad (3)$$

где n ($\epsilon \leq 1$) - число случаев, в которых методический прогноз лучше инерционного; N - общее число прогнозов. В случае, когда $P \approx 50\%$, методические прогнозы могут быть приравнены к инерционным, при $P > 50\%$ обеспеченность методического прогноза выше инерционного.

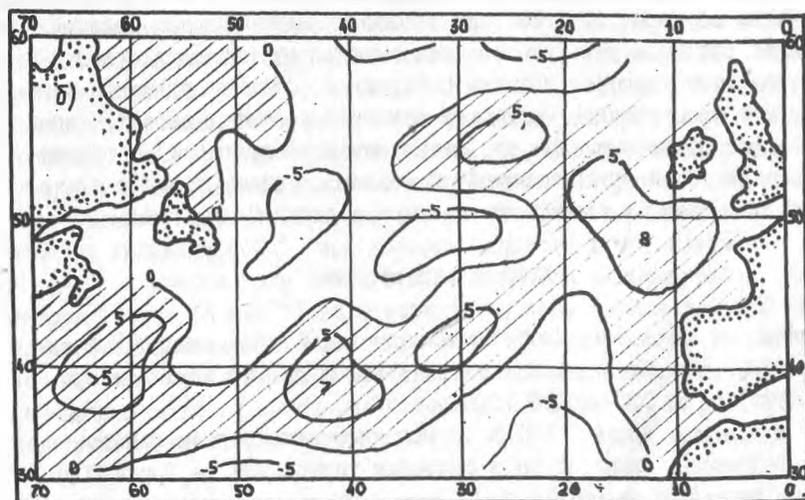
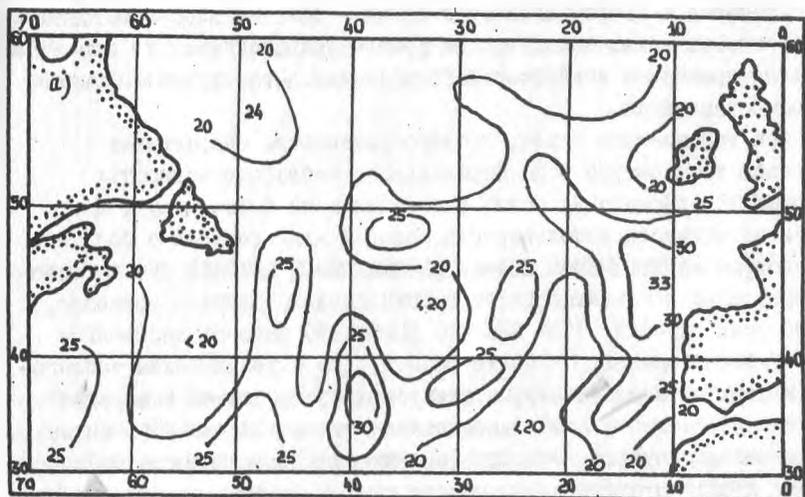


Рис. 2. Прогностическая толщина однородного слоя за 16-20 августа 1986 г., рассчитанная по модели /5/ (а), и ее реальная изменчивость за этот же период (б)

Расчеты дополнительных критериев достоверности прогнозов показали, что на большей части акватории Северной Атлантики обеспеченность оперативных методических прогнозов оказалась выше инерционных. Южнее 40° с.ш. обеспеченность методических прогнозов находится на уровне инерционных, что связано с незначительной изменчивостью температуры воды в этом районе. Западнее 45° з.д. — в зоне Лабрадорского течения и Ньюфаундлендской банки — обеспеченность методических прогнозов также находится на уровне инерционных, что определяется меандрированием зоны фронта Гольфстрима. Этот эффект моделями не воспроизводится.

Как указывалось ранее, заблаговременность оперативных прогнозов температуры воды определялась заблаговременностью информации о барических полях и составила не более 6 сут. Для оценки возможности использования моделей для прогноза с большей заблаговременностью проводились расчеты на 7 и 10–12 сут на основе информации о фактических барических полях. Расчеты показали, что во всех случаях $P > 50\%$ и $\rho > 50\%$, а пространственное распределение оценки P подтверждает, что с увеличением заблаговременности обеспеченность методических прогнозов на всей акватории Северной Атлантики выше обеспеченности инерционных прогнозов. Это свидетельствует о том, что фактическая изменчивость температуры воды с ростом заблаговременности растет быстрее ошибки прогноза и поэтому проявляются преимущества методического прогнозирования.

Таким образом, опытное использование разработанных моделей позволяет рекомендовать их при обслуживании промысловых судов прогнозами температуры, толщины однородного слоя и градиента температуры в слое скачка. Поскольку наибольшие ошибки вносятся динамическими факторами, для улучшения качества прогнозов необходимо в используемой крупномасштабной модели, учесть эффекты подсеточного масштаба (в частности, меандры и ринги Гольфстрима).

Список литературы

1. Атлас теплового баланса земного шара / Под ред. М.И.Будыко. — М.: Изд. Межведомственного геофизического комитета при Президиуме АН СССР и ГГО, 1963. — 69 с.
2. Бондаренко Н.Н. Моделирование вертикального распределения температуры в сезонном термоклине. — Труды ГОИН, 1986, вып. 181, с. 66–74.
3. Калацкий В.Н. Моделирование вертикальной термической структуры деятельного слоя океана. — Л.: Гидрометеопиздат, 1978. — 216 с.
4. Калацкий В.Н., Нестеров Е.С. Численный

- прогноз термической структуры в океане с учетом влияния атмосферных процессов синоптического масштаба. - Труды Гидрометцентра СССР, 1980, вып. 229, с. 37-44.
5. Нечволодов Л. В., Калацкий В. Н. Параметризация конвективного перемешивания в двухслойной модели деятельного слоя океана. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД, № 377 гм - Д85, 1985. - 20 с.
6. Поле температуры воды северной части Атлантического океана. - М.: Гидрометеиздат, 1984. - 225 с.

В.В. ЗЕНКОВСКИЙ

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПОВТОРЯЕМОСТИ
ОСОБО ОПАСНЫХ ВЕТРОВ И ВОЛНЕНИЯ
НА ОКЕАНСКОЙ СТАНЦИИ "С"

Вопросы обеспечения безопасности мореплавания и рыбопромысловых работ в Северной Атлантике находятся в центре внимания отрядов оперативного обслуживания научно-исследовательских судов погоды (НИСП) Государственного океанографического института (ГОИИ). Начиная с июля 1975 г. НИСП ГОИИ проводят регулярные гидрометеорологические наблюдения на океанской станции "С" (ОС). Пределы области, предписанные для ОС, ограничены квадратом со стороной 210 миль и центром в точке $52^{\circ}45'$ с.ш. и $35^{\circ}30'$ з.д.: (рисунок). Географическое положение станции таково, что она является как бы реперной точкой северной части Атлантического океана, через которую проходят большинство глубоких циклонов внетропических широт /3/. В связи с этим большое значение приобретают достоверные наблюдения об особо опасных явлениях (ООЯ), при которых скорости ветра превышают $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ и высота волн более 8 м. В /2/ дана климатография сильных ветров (более $14 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) на основании судовых сводок за 1950-1970 гг. по акватории Северной Атлантики, а в /1/ были описаны типовые барические поля при штормах с жестокими ураганными ветрами. Целью данного сообщения является обобщение материалов об ООЯ на ОС за 1976-1985 гг., содержащихся в "Технических отчетах об ООЯ", составленных на НИСП.

Всего за десятилетний период работы в Северной Атлантике НИСП ГОИИ зафиксировали 119 случаев указанных ООЯ, причем непосредственно на ОС - 97 случаев, в Ньюфаундлендской энергоактивной зоне (НЭАЗО) - 13, на стандартных разрезах - 7 и в Бермудской энергоактивной зоне - 2. Хотя из этих данных следует, что ООЯ могут отме-