

551.465:595.383.1 (269.43)

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДНЫХ
СЛОЕВ И ЕЕ МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В МОРЕ СКОТИЯ****Н. В. Хвацкий**

Исследования, проведенные на научно-поисковом судне «Академик Книпович» в 1965, 1967—1970 гг. в приантарктических водах Атлантического океана (в море Скотия и прилегающих к нему водах), с достаточной степенью достоверности позволяют судить о распределении основных гидрологических и гидрохимических характеристик в летний период (Иванов, 1961; Богданов и др., 1969; Богданов и Солянкин, 1970; Солянкин, 1969; Хвацкий, 1972).

Такие физико-химические характеристики, как соленость, содержание кислорода, фосфора, рН распределяются в море Скотия довольно равномерно. Их величины в поверхностном слое как от года к году, так и от района к району изменяются незначительно (Богданов и др., 1969).

Температура поверхностных вод летом изменяется от 3,5—4,5°С в районе острова Южная Георгия до 0,0—1,0°С в южной части моря Скотия. Большой интерес представляет рассмотрение изменчивости такой гидрологической характеристики, как вертикальная устойчивость водных слоев — $E \cdot 10^8$ (Иванов-Францкевич, 1953).

Изменение этой величины, определяемое колебаниями температуры и солености определенных водных слоев, вызывает в свою очередь, изменение интенсивности перемешивания и вертикального обмена, поэтому изучение ее представляет несомненный интерес как в океанологическом аспекте, так и с точки зрения промысловой океанографии.

Для этой цели данные по температуре и солености, полученные на НПС «Академик Книпович» в 1967—1970 гг., обработали по формуле Хессельберга и Свердрупа (Зубов, 1947). Из полученных значений E на каждой станции выбирали максимальные величины вертикальной устойчивости, а также глубину залегания слоя с максимумом E . По этим данным построили карты распределения указанных характеристик для района острова Южная Георгия и для юго-восточной части моря Скотия за 1969 г. (к сожалению в другие годы районы исследований в южной части моря Скотия представляют собой небольшие локальные акватории).

Рассмотрим распределение максимумов устойчивости и глубину их залегания в отдельные годы.

В 1967 г., отнесенном нами к холодному, в районе острова Южная Георгия максимумы E колебались в пределах от 300 до 1000 ед. (рис. 1, а). Наибольшие их величины (порядка 1000 ед.) наблюдались у северо-западных берегов острова, и постепенно уменьшались с удалением от берегов, достигая на периферии района 600 ед.

У юго-восточной части острова, в районе подводной долины Бородатова отмечена наименьшая величина максимума E (менее 300 ед.), но в направлении к северо-востоку она увеличилась, что, на наш взгляд, объясняется влиянием вод моря Уэдделла.

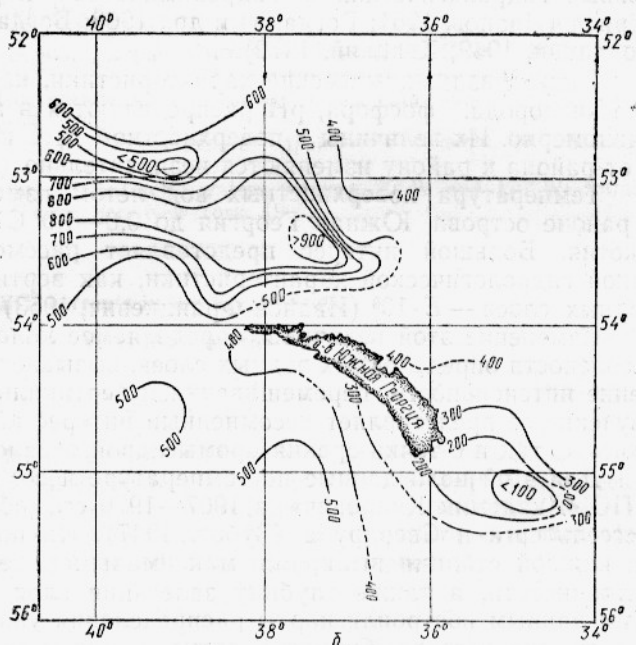
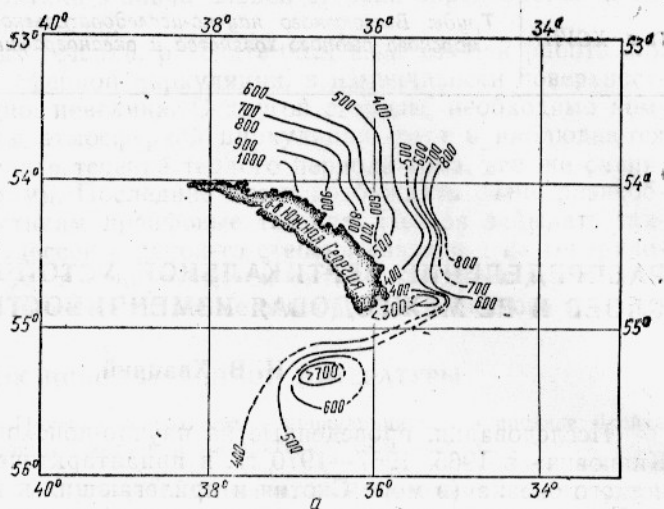
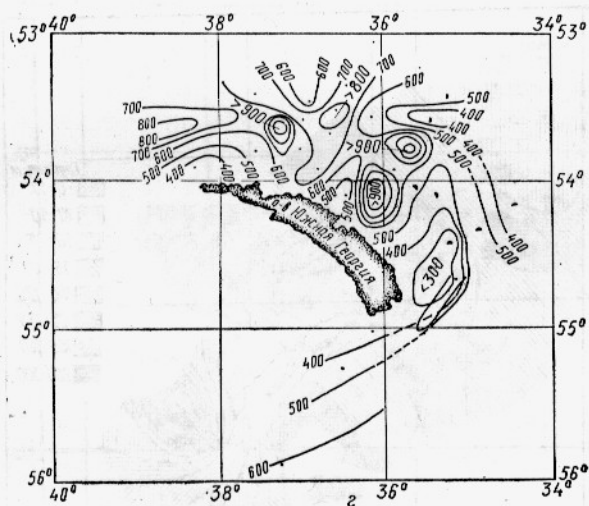
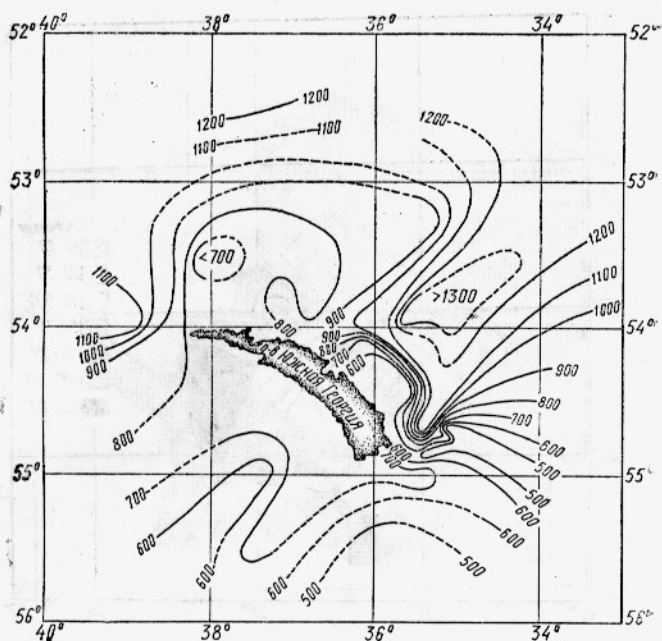


Рис. 1. Распределение максимумов вертикальной устойчивости
 а — в феврале — марте 1967 г.; б — в феврале 1968 г.;

Глубину залегания слоев с максимумами E можно считать обратной абсолютным значениям устойчивости, т. е., как правило, чем больше величина максимума, тем меньше глубина залегания слоя с этим максимумом (рис. 2, а). В среднем же глубина залегания колебалась от 50 до 100 м. Резкое уменьшение глубины залегания в районе бухты Кэмберленд связано, по-видимому, с выносом пресных вод из этой бухты.

Особое внимание обращает на себя тот факт, что в районе подводной долины Бородатова наблюдалась наибольшая глубина расположения слоя с максимумом E (150—200 м) и наименьшая абсолютная величина этого максимума (менее 300 ед.), а также наибольшие горизонтальные градиенты максимумов E .



($E \cdot 10^8$) в районе о-ва Южная Георгия:
 а — в феврале 1969 г.; з — в марте 1970 г.

В 1968 г. в районе острова Южная Георгия исследования проводили в два этапа: с 1 по 15 февраля (27 станций) и с 12 марта по 2 апреля (20 станций). Повторная съемка, к сожалению, была проведена лишь в районе, расположенном к востоку и северо-востоку от острова.

В первой половине февраля максимум E колебался от 60 до 900 ед. (рис. 1, б). Наибольшая его величина отмечена к северу от острова и превышала 900 ед. В среднем же величина максимума равнялась 400—800 ед. Лишь к востоку от острова максимум E не превышал 300 ед., а к юго-востоку от подводной долины отмечена его наименьшая величина — 60 ед.

Слой с максимумом E располагались в основном на глубине 50—75

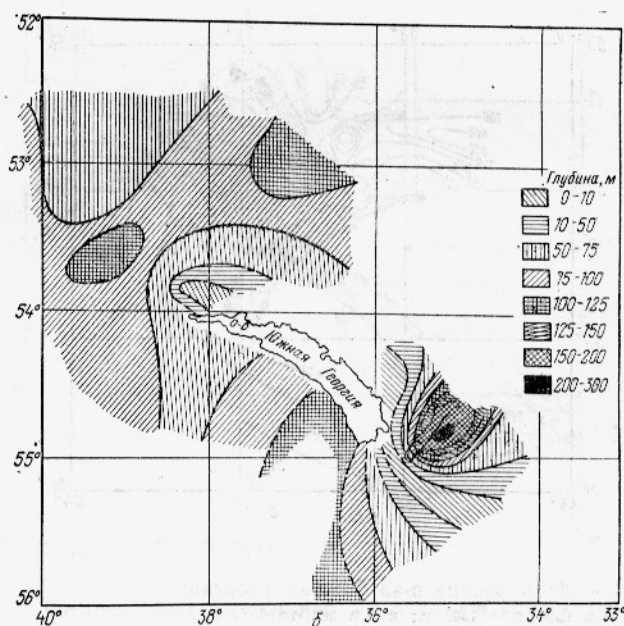
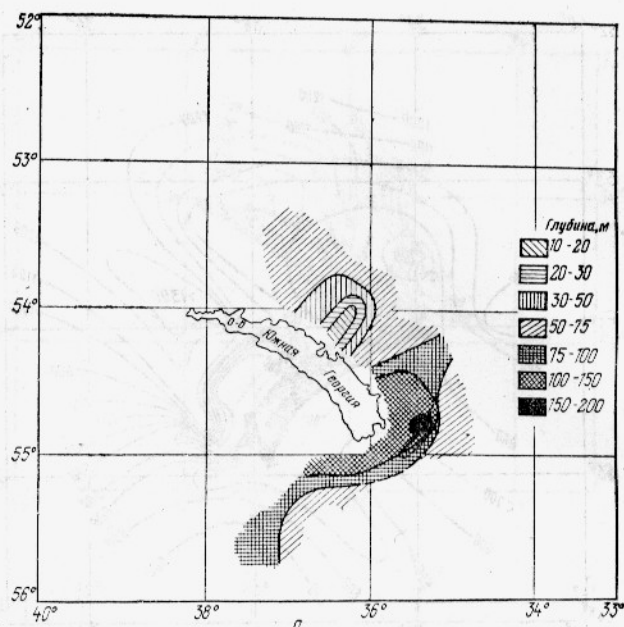
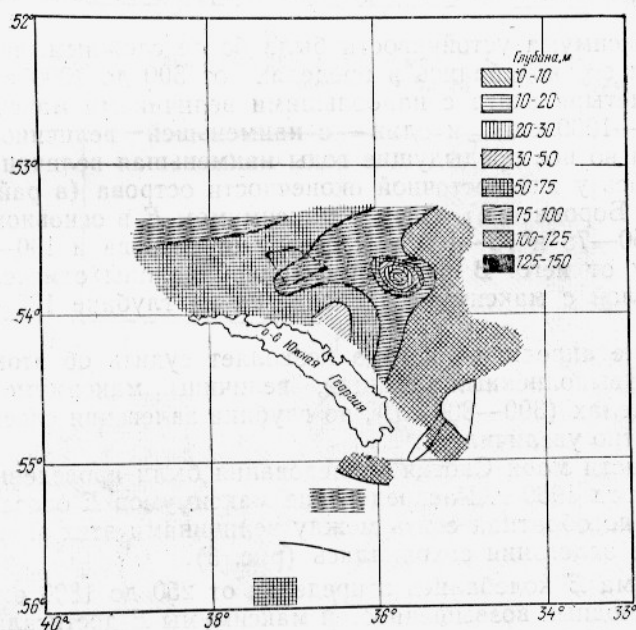
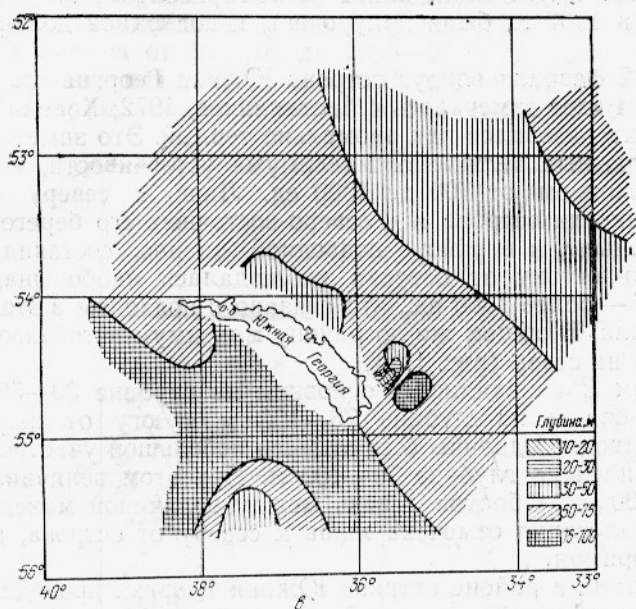


Рис. 2. Глубина залегания
а — в феврале — марте 1967 г.; б — в феврале 1968 г.;

и 75—100 м (рис. 2, б). Следует отметить своеобразную «чересполосицу» в залегании слоев с максимумами *E* к юго-востоку от острова. Наибольшая глубина залегания слоев с максимумами *E* (200—300 м) вновь наблюдалась в районе подводной долины Бородатова (так же, впрочем, как и наибольшие горизонтальные градиенты максимумов *E*), хотя абсолютная величина максимума и не являлась наименьшей (140 ед.). В этот период исследований такой четкой обратной связи между величинами максимума *E* и глубиной залегания слоя с этим максимумом, какая отмечалась в 1967 г., не наблюдалось.



слоев с максимумами *E*:

в — в феврале 1969 г.; г — в марте 1970 г.

Во второй половине марта величины максимума *E* колебались в основном в пределах 300—500 ед. Лишь на севере района они достигали 600 ед., а на востоке — 700 ед. Наименьшая же величина максимума *E* (55 ед.) опять приходилась на район подводной долины.

Глубины залегания слоев с максимумом *E* колебались в пределах 50—75, 75—100 и 100—125 м. Связь между абсолютными значениями максимумов *E* и глубиной залегания слоев с этими максимумами не наблюдалась. Например, наименьшая величина максимума *E* (55 ед.) отмечена в слое 50—75 м. В этом же слое наблюдалась и наибольшая

величина максимума (700 ед.). Однако наибольшие горизонтальные градиенты, так же как и в 1967 г., были приурочены к подводной долине Бородатова.

В 1969 г. с 4 по 22 февраля вокруг острова Южная Георгия было выполнено 42 станции. Ранее отмечалось (Масленников, 1972; Хвацкий, 1972), что 1969 г. характеризовался как аномально теплый. Это заметно отразилось и на абсолютных величинах максимума устойчивости, которые колебались в основном от 700 до 1300 ед. Лишь к северу от северо-западной оконечности острова и у северо-восточных его берегов максимумы E были меньше, а в районе подводной долины составили 500—700 ед. К северо-востоку от острова наблюдалась наибольшая величина максимума E — более 1300 ед., что связано с подходом в этот район вод моря Уэдделла. В общем же по району максимум устойчивости увеличивался с юга на север (рис. 1, *в*).

Слои с максимумом E находились в основном на глубине 30—50, 50—75 м севернее острова и на глубине 75—100 м к югу от него (рис. 2, *в*). В районе подводной долины был отмечен небольшой участок, где максимум E находился на глубине 75—100 м. При этом величина его равнялась 700—1100 ед. Обратная связь между величиной максимума и глубиной его залегания отмечена лишь к северу от острова, а к югу от него — связь прямая.

В 1970 г. исследования в районе острова Южная Георгия проводились также в два этапа: с 1 по 25 марта (33 станции) и с 14 по 23 апреля (11 станций).

Распределение максимума устойчивости было более сложным, чем в 1969 г., а величины его колебались в пределах от 300 до 1000 ед. (рис. 1, *г*). Отмечено четыре очага с наибольшими величинами максимума E (порядка 900—1000 ед.) и один — с наименьшей величиной (менее 300 ед.). Как и во все предыдущие годы наименьшая величина максимума E отмечалась у юго-восточной оконечности острова (в районе подводной долины Бородатова). Слои с максимумом E в основном залегали на глубине 50—75 и 75—100 м к северу от острова и 100—125 м к северо-востоку от него. В районе подводной долины отмечен небольшой очаг, где слой с максимумом E залегал на глубине 125—150 м (рис. 2, *г*).

Во второй половине апреля, насколько позволяет судить об этом небольшое количество выполненных станций, величины максимумов остались в тех же пределах (300—800 ед.), но глубина залегания слоев с максимумами E заметно увеличилась.

В юго-восточной части моря Скоттия исследования были проведены с 26 февраля по 17 марта 1969 г. Распределение максимумов E оказалось весьма сложным, но обратная связь между величинами этих максимумов и глубиной их залегания сохранялась (рис. 3).

Величины максимума E колебались в пределах от 250 до 1800 ед. (в 1968 г. в районе подводных возвышенностей максимумы E достигали 2000—2500 ед.) В основном же максимумы E колебались в пределах 300—1000 ед.

Отмечены большие горизонтальные градиенты максимумов устойчивости на севере этого района и в его крайней юго-восточной части. В первом случае это можно объяснить, скорее всего, наличием вторичной фронтальной зоны, выявленной нами по температурной структуре вод и по горизонтальному распределению кремния, а во втором случае это обусловлено подъемом глубинных вод, о чем свидетельствуют низкая температура вод и максимальные значения кремния на поверхности.

Слои с максимумом E расположены в основном на глубине 50—75 и 75—100 м (рис. 4), хотя в отдельных случаях они залегали на большей глубине, а на юго-востоке района — ближе к поверхности.

В результате наших наблюдений можно прийти к следующим выводам. Абсолютные величины максимума E относительно невелики и колеблются от 50—100 до 2000—2500 ед. Для сравнения укажем, что в тропической зоне величины E достигают 6000—9000 ед., а в северных полярных водах в летнее время 15 000—20 000 ед. (Елизаров, 1962).

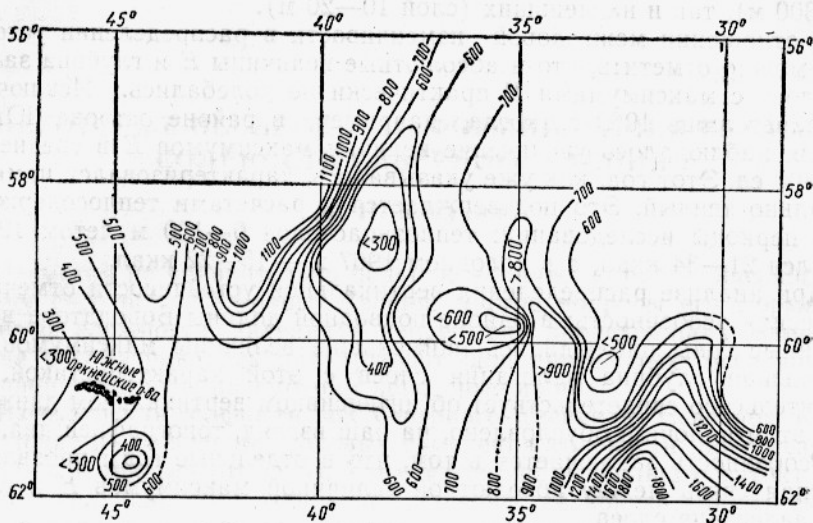


Рис. 3. Распределение максимумов E в феврале—марте 1969 г. в юго-восточной части моря Скотия.

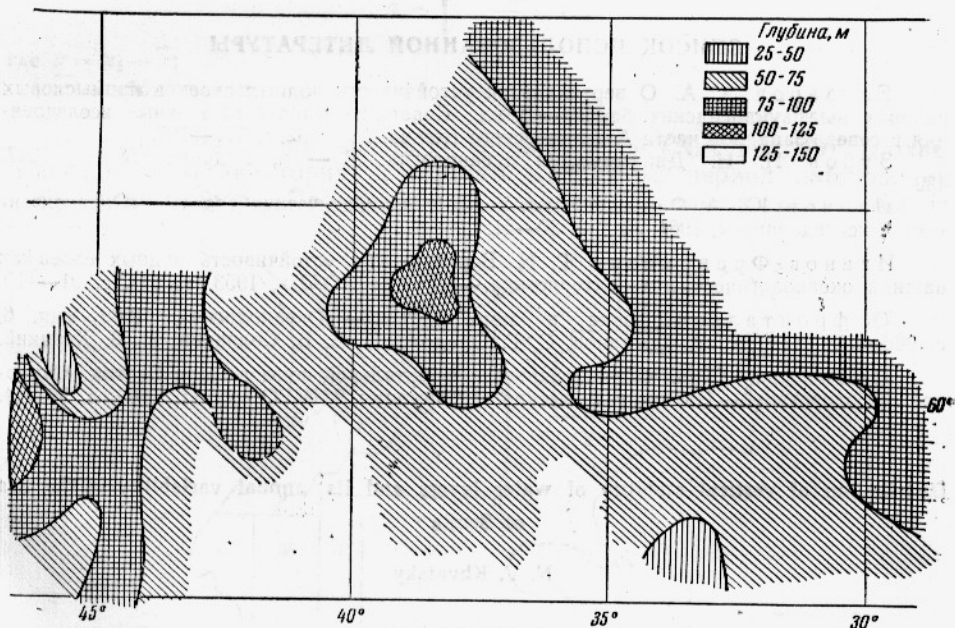


Рис. 4. Глубина залегания слоев с максимумами E в феврале—марте 1969 г. в юго-восточной части моря Скотия.

В основном же в исследованных районах моря Скотия за указанные годы величины максимумов устойчивости колебались в пределах от 400—500 до 1000 ед.

Наибольшие значения величин E отмечались в южной части моря Скотия и в районе Южных Шетландских островов, т. е. там, где поверх-

ностные слои представлены водами Циркумполярного течения, а подстилающие их слои — водами моря Уэдделла.

Максимумы величин E расположены в основном в слоях 50—75 и 75—100 м, хотя в отдельные годы на некоторых станциях максимумы E отмечались как на больших глубинах (например, 150—200 и даже 200—300 м), так и на меньших (слой 10—20 м).

В отношении межгодовой изменчивости в распределении устойчивости можно отметить, что и абсолютные величины E и глубина залегания слоев с максимумами E практически не колебались. Исключение составляет лишь 1969 г., когда, например, в районе острова Южная Георгия наблюдалось увеличение величин максимумов E в среднем на 300—400 ед. Этот год, как уже указывалось, характеризовался нами как аномально теплый. Это подтверждается и расчетами теплосодержания вод в периоды исследований: теплосодержание слоя 0—100 м летом 1969 г. равнялся 21—34 ккал, а в холодном 1967 г. — 15—22 ккал.

При анализе распределения вертикальной устойчивости отмечается интересная особенность: в районе подводной долины Бородатова во все указанные годы наблюдались наименьшие величины максимумов E и наибольшая глубина залегания слоев с этой характеристикой. Это обстоятельство свидетельствует об интенсивном вертикальном движении вод в этом районе и обусловлено, на наш взгляд, топографией дна. Вторая особенность заключается в том, что в отдельные годы проявляется обратная связь между абсолютной величиной максимумов E и глубинами залегания слоев.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости продолжить изучение вертикальной устойчивости вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Елизаров А. А. О вертикальной устойчивости водных слоев в промысловых районах ньюфаундлендских банок. — В кн.: Советские рыбохозяйственные исследования в северо-западной части Атлантического океана. М., 1962, с. 173—187.

Зубов Н. Н. Динамическая океанология. М.—Л., Гидрометеиздат, 1947. 430 с.

Иванов Ю. А. О фронтальных зонах в антарктических водах. — «Океанологические исследования», 1961, № 3, с. 30—51.

Иванов-Францкевич Г. Н. Вертикальная устойчивость водных слоев как важная океанологическая характеристика. — «Труды ИОАН», 1953, т. VII, с. 91—110.

О фронтальной зоне в море Скотия. — «Океанология», 1969, вып. 6, с. 966—973. Авт.: М. А. Богданов, С. Г. Орадовский, Е. В. Солянкин, Н. В. Хвацкий.

Солянкин Е. В. Об изменчивости фронтальной зоны в море Скотия. «Мировое рыболовство». — Научно-техническая информация ВНИРО, сб. 11, 1969, с. 39—44.

Distribution of vertical stability of water layers and its annual variability in the Sea of Scotia

N. V. Khvatsky

SUMMARY

The estimates of vertical stability of water layers ($E \cdot 10^8$) off South Georgia in the summers of 1967—1970 and in the southeast part of the Sea of Scotia in the summer of 1969 are presented. Peculiarities of the distribution and depth of maximum E in different years are discussed.