

551.465.5 : 577.475. (269.43)

ДРЕЙФОВЫЕ ТЕЧЕНИЯ В МОРЕ СКОТИЯ**В. В. Масленников**

Большую роль в изменчивости геострофического потока, в образовании и разрушении мелкомасштабных форм поверхностной циркуляции играют, по-видимому, неустановившиеся дрейфовые течения. Целью данной работы является выявление характера дрейфовой составляющей и оценка ее влияния на систему поверхностных течений в море Скотия и сопредельных водах (рис. 1).

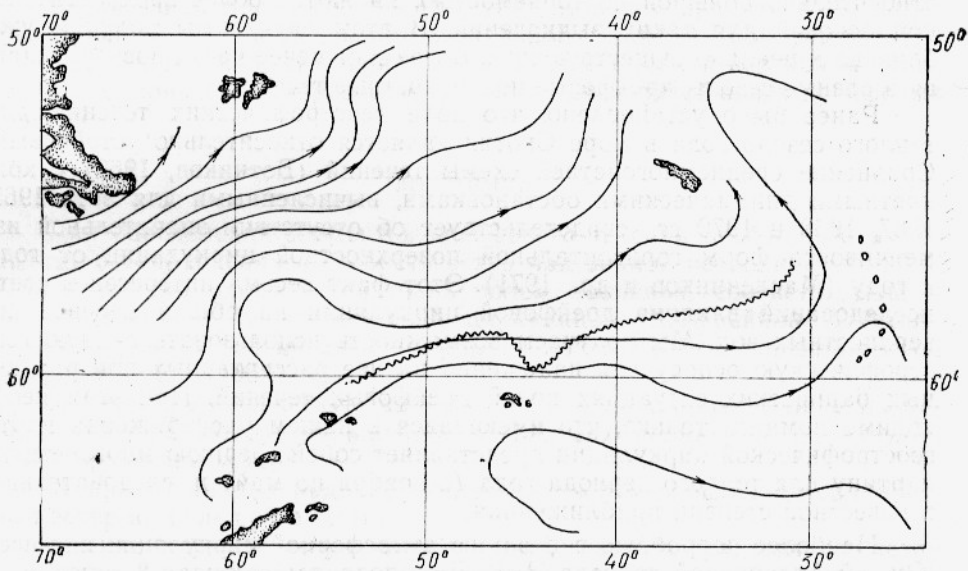


Рис. 1. Схема поверхностной геострофической циркуляции (по В. Н. Ботникову и А. Gordon).

Как показали динамические расчеты, геострофическая циркуляция (в среднемноголетнем плане для теплого периода года) в море Скотия не характеризуется большими скоростями (Ботников, 1969) за исключением северо-западной части моря (до 30 см/с). В юго-западной, центральной и особенно в восточной частях этой акватории скорость потока почти нигде не превышает 10 см/с. В силу этого большую роль в переносе масс, по-видимому, должны играть дрейфовые неустановившиеся течения, определяемые существующими над морем полями ветра. Частая смена последних должна привести к неустойчивости суммарных потоков.

На фоне кажущейся беспорядочности смены одних форм атмосферной циркуляции другими можно выявить некоторые закономерности в их повторяемости, продолжительности и преемственности в различные сезоны года. Это позволяет выделить наиболее характерные для данного

сезона типы барических полей, рассчитать для них поля дрейфовых течений, охарактеризовать их режим, опираясь на сведения о режиме каждого из используемых типов атмосферной циркуляции, и оценить влияние их на систему поверхностных течений.

Для расчетов можно использовать либо карты атмосферного давления, осредненные за какой-либо период, либо типовые барические карты. Более интересен, по нашему мнению, второй вариант.

На среднегодовых, среднемесячных и других осредненных картах происходит сглаживание барического рельефа и исчезновение отдельных его форм. Используя эти карты, мы получим результирующее ветровое поле. Следовательно, расчет элементов дрейфовых течений не позволит получить картину реальных горизонтальных движений воды. Имея сумму множества векторов мы как бы фиксируем начальные и конечные точки дрейфа, но не имеем возможности проследить весь сложный путь между этими пунктами. Таким образом, мы можем упустить из виду именно тот характер перемещения водной массы, который и может объяснить особенности режима данного водоема или его отдельных участков.

Различные типы барических ситуаций, выделенные из всех наблюдавшихся за определенный ряд лет полей давления, характеризующиеся относительно большой повторяемостью, являются более предпочтительной основой для таких вычислений. В этом случае мы получим уже близкие к реально существующим, более или менее часто повторяющиеся в разные сезоны дрейфовые поверхностные течения.

Ранее было установлено, что поле геострофических течений для теплого сезона года в море Скотия является относительно устойчивым. Сравнение среднемноголетней схемы течений (Ботников, 1969) с конкретными динамическими обстановками, вычисленными для лета 1965, 1967, 1968 и 1970 гг., свидетельствует об отсутствии значительной изменчивости форм горизонтальной поверхностной циркуляции от года к году (Масленников и др., 1971). Этот факт весьма интересен в свете исследований влияния дрейфовой циркуляции на общий перенос поверхностных вод. Мы получаем возможность использовать единую геострофическую основу для наложения на нее рассчитанных при различных барических ситуациях полей дрейфовых течений. При этом необходимо помнить только, что имеющаяся в нашем распоряжении карта геострофической циркуляции представляет собой среднюю многолетнюю картину для теплого периода года (с ноября по май) и, следовательно, в известной степени приближенная.

Наиболее подробную типизацию атмосферной циркуляции над всей Южной Атлантикой провела Н. Г. Давыдова, выделившая 8 типов ее — 2 зональных и 6 меридиональных (Давыдова, 1966). Так как мы рассматриваем лишь юго-западную часть Южной Атлантики, то для расчетов выбрали наиболее характерные именно для этой части океана барические ситуации, соответствующие 4, 5 и 6-му типам по классификации Н. Г. Давыдовой.

Известно, что над юго-западной частью Атлантики в наибольшей степени проявляется нарушение зональности атмосферной циркуляции. Одной из причин этого (возможно главной) является орографическое влияние материка Южной Америки и полуострова Земля Грейама. Наиболее ярко эти нарушения выражаются в образовании здесь меридиональной перемычки высокого давления, соединяющей южно-атлантический субтропический антициклон с полярным. Это 5-й (меридиональный) тип циркуляции, характеризующийся интенсивным воздухообменом между субтропическими и полярными широтами. Этому типу циркуляции свойственны специфические черты, проявляющиеся именно над морем Скотия. В других случаях такие «индикаторы» типа циркуляции

(типы 3, 4, 6, 6-а, 6-б) располагаются вне рассматриваемого нами района.

Над морем Скотия обычно распространяются относительно небольшие по размерам циклоны, имеющие в основном зональный характер перемещения. Естественно, что они не сопровождаются значительным междуширотным обменом воздушными массами над рассматриваемой акваторией. Для 1-го или 2-го типов (зональных) характерно еще более быстрое перемещение приземных циклонов с запада на восток. В силу того, что эти циклоны невелики по размерам, воздухообмен, который происходит в пределах каждого из них, охватывает относительно небольшие по площади участки одной и той же воздушной массы. Таким образом, в результате прохождения над морем Скотия серии циклонов, характерной для 1-го или 2-го типов, каких-либо аномальных изменений в характеристиках воздушных масс не наблюдается.

Достаточно высокие скорости движения циклонических образований приводят к быстрой смене ветровых полей. Это не способствует развитию более или менее устойчивых и интенсивных дрейфовых потоков. Напротив, меридиональный характер атмосферной циркуляции может оказывать большое влияние на перенос поверхностных вод. Это объясняется прежде всего меньшими скоростями перемещения самих барических образований. Например, отрог высокого давления, распространяющийся над морем Скотия (5-й тип), может сохранять свое местоположение в течение довольно длительного промежутка времени (до 6 суток). Безусловно, что наряду с достаточно высокой повторяемостью, это может привести к образованию относительно устойчивых дрейфовых течений.

МЕТОДИКА

Для определения элементов дрейфового течения необходимо иметь данные о направлении и скорости ветра над водной поверхностью. Первоначально мы располагаем лишь полем давления, соответствующим определенному типу атмосферной циркуляции. Дальнейшие действия производятся в следующем порядке по методике, предложенной А. И. Соркиной (1958):

1) зная географическую широту точки и расстояние между изобарами (через 5 мбар), выраженное в градусах меридиана, определяем геострофический ветер;

2) при различных радиусах кривизны изобар определяем градиентный ветер на большой высоте;

3) зная географическую широту точки, скорость градиентного ветра на высоте и разность между поверхностной температурой воды и температурой воздуха, определяем скорость и направление ветра на высоте 6 м над поверхностью моря.

Полученные данные о поле ветра над морем используем для расчета поля горизонтальных дрейфовых течений на поверхности по формуле Экмана

$$U_0 = \frac{1,27}{f \sin \varphi} W,$$

где U_0 — скорость дрейфового течения на поверхности, см/с;

W — скорость ветра, м/с;

$\sin \varphi$ — синус географической широты.

По этой формуле А. В. Фомичев (1968) составил таблицы, входя в которые со значениями скорости ветра и географической широты места можно легко получить скорости дрейфовых течений на поверхности моря. Угол отклонения течения влево от направления ветра (южное полушарие) принимается равным 45° .

Все описанные операции проводили для трех типов барических полей — 4, 5 и 6-го¹. Все эти типы полей меридиональные. Мы остановились на них потому, что их повторяемость наиболее велика летом (для этого же сезона мы имеем векторы геострофических течений). Кроме того, скорости перемещения барических форм меньше, чем при остальных типах циркуляции (особенно зональных).

Наиболее часто встречается 4-й тип (повторяемость 25%). Наиболее устойчив 5-й тип (средняя продолжительность 2,7 суток). Интересны данные о преобладании этих типов атмосферной циркуляции: 4-й тип чаще всего сменяется 5-м и 6-м, 5-й тип — 4-м и 6-м и, наконец, 6-й тип — 1-м и 4-м.

Зная режим используемых типов барических полей, мы можем утверждать, что поля дрейфовых течений, рассчитанные для каждого из этих типов, являются наиболее характерными для лета (декабрь—март).

Расчеты проведены для узлов двухградусной сетки. Дальнейшее сложение векторов дрейфового течения с векторами геострофического течения проводили с помощью специальных таблиц И. В. Максимова (1957). Векторы суммарных течений получены только для моря Скотия (до Южных Сандвичевых островов на востоке).

ОБСУЖДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Дрейфовые течения. В результате расчетов получены три карты дрейфовых течений, соответствующих трем типам атмосферной циркуляции — 4, 5 и 6-му. Для удобства изложения мы будем называть их теми же порядковыми номерами.

Прежде всего необходимо отметить общность 4-й и 6-й карт. Имеется в виду подобие в направлении дрейфовых течений. Скорости течений на 4-й карте выше, чем на 6-й, 5-я карта принципиально отлична от двух отмеченных выше: если при 4-м и 6-м типах поле дрейфовых течений носит весьма неравномерный характер как по направлению, так и по скоростям, то при 5-м типе на всей рассматриваемой акватории выделяются лишь три области, существенно различающиеся элементами течений (рис. 2). Западная часть характеризуется относительно высокими скоростями дрейфовых течений (10—12 см/с) юго-восточного направления. В центральной части их скорость сильно уменьшается (<3 см/с), а направление меняется на восточное. И, наконец, в восточной части происходит вновь увеличение скорости (до 7—12 см/с), а поток принимает северное и северо-западное направление.

При 4-м и 6-м типах циркуляции на рассматриваемой акватории возбуждается несколько довольно интенсивных циклонических образований с центрами в районах Фолклендских островов, пролива Дрейка, острова Южная Георгия и между островом Южная Георгия и Южными Сандвичевыми островами. При исследовании влияния этих весьма неоднородных течений на общий характер поверхностной циркуляции необходимо учитывать неустойчивость циклонических образований в атмосфере. Достаточно быстрые перемещения циклонов приводят к частой смене направлений поверхностных течений, что не способствует перемещению водных масс на значительные расстояния. Более или менее интенсивные нарушения поверхностной циркуляции могут происходить в результате действия штормовых ветров, сопровождающих, как правило, прохождение циклонов над морем Скотия. Относительно небольшие размеры этих циклонов тем не менее свидетельствуют о незначительном

¹ В расчетах принимал участие студент географического факультета МГУ В. Гаврилов.

междуширотном водообмене, происходящем в пределах одной водной массы.

Примером сильного нарушения зональности может служить схема дрейфовых течений, соответствующих 5-му типу атмосферной циркуляции (см. рис. 2). Как было сказано ранее, отрог высокого давления, распространяющийся над морем Скотия и морем Уэдделла, менее подвижен, чем отмеченные выше циклонические образования. Такое явление способствует образованию более или менее устойчивых дрейфовых течений. Почти вся рассматриваемая акватория находится под влиянием практически одного барического образования, что объясняет отно-

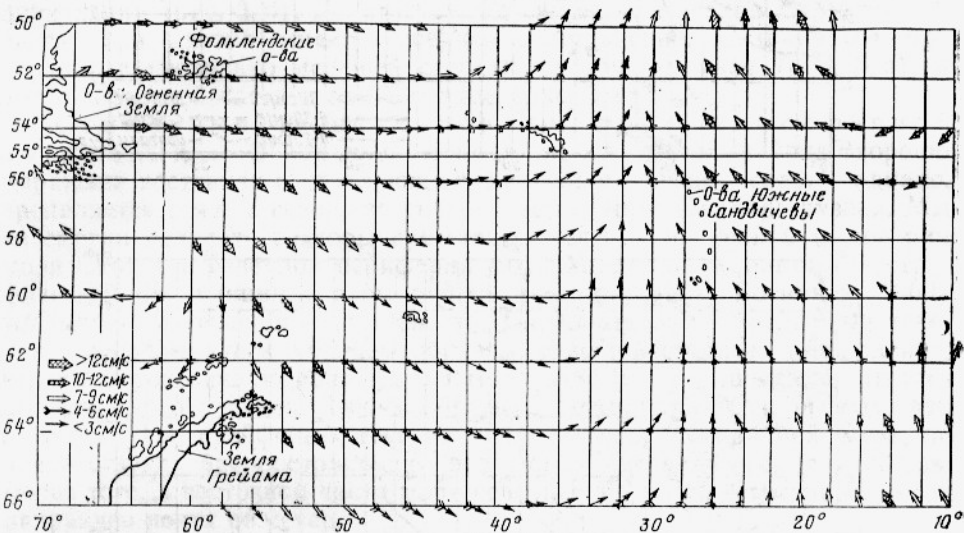


Рис. 2. Дрейфовые поверхностные течения, соответствующие 5-му типу атмосферной циркуляции.

сительную простоту полученной картины дрейфовых течений. Максимальные скорости отмечаются в западной и северо-восточной частях рассматриваемой акватории. Четко выражена связь между северной и южной перифериями моря.

5-й тип атмосферной циркуляции и соответствующее ему поле дрейфовых течений интересны прежде всего в силу резко выраженной меридиональности процессов. Именно такие крупномасштабные (охватывающие одновременно большие площади) меридиональные явления приводят к проникновению теплых воздушных масс с севера на юг и холодных — с юга на север. Безусловно, это в свою очередь непосредственно отражается на тепловом состоянии гидросферы. Кроме того, дрейфовые течения, возбуждаемые в поверхностном слое, приводят к адвективному переносу масс, а следовательно, тепла и холода.

Вообще для моря Скотия, по-видимому, наибольшую роль играет поле ветра над его восточной частью, где скорость геострофического течения весьма мала. Хотя рассмотренные типы атмосферной циркуляции не вызывают здесь интенсивных дрейфовых течений, все же в отдельные конкретные годы возможно значительное их усиление. В частности, это может быть результатом незначительного смещения отрога высокого давления на запад.

Суммарные течения. Полученные карты суммарных поверхностных течений не указывают на значительные изменения в общем характере циркуляции в пределах моря Скотия. Можно констатировать сохранение основных особенностей геострофического потока: максимальные

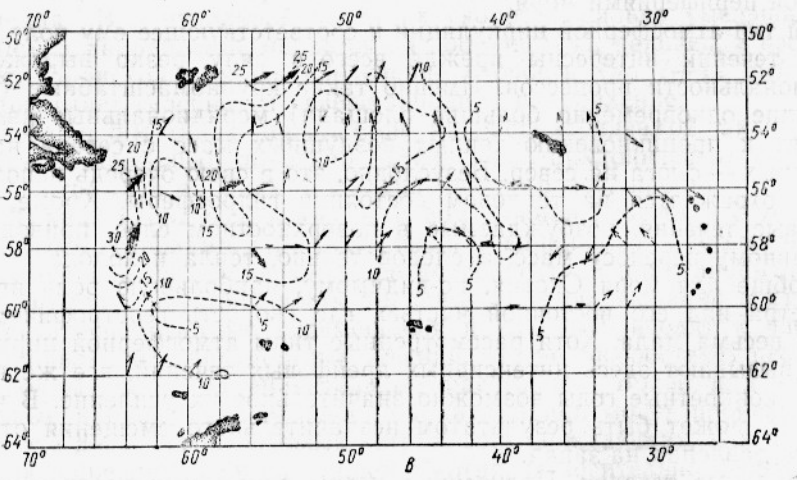
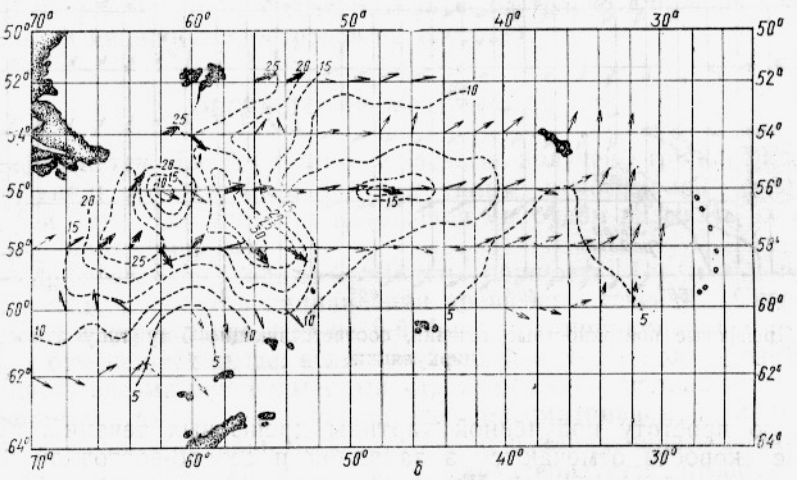
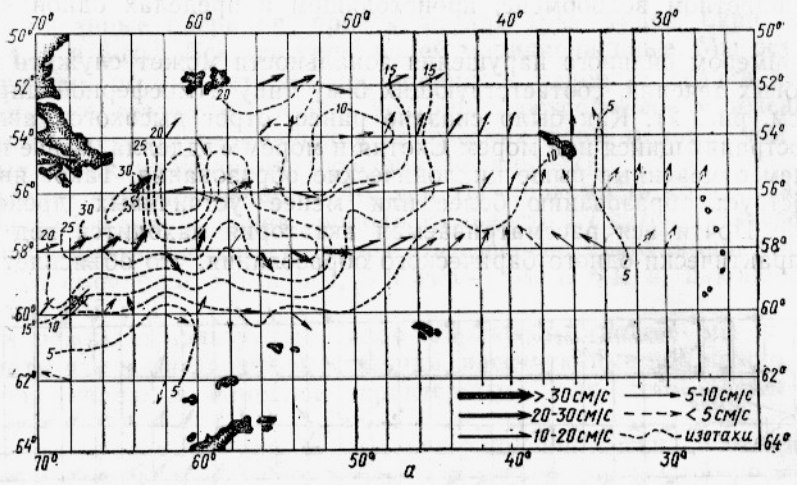


Рис. 3. Суммарные течения при атмосферной циркуляции:
 а — 4-го типа; б — 5-го типа; в — 6-го типа.

скорости в северо-западной части моря, довольно резкое уменьшение их в центральной части и минимальные скорости в юго-восточной части, генеральное восточное и северо-восточное направление потока. Скорость течения (абсолютные значения ее) несколько возросла по всей площади моря. Весьма слабы и, по-видимому, непостоянны течения в южной части пролива Дрейка, на акватории, примыкающей к Южным Шетландским островам. Таковы черты, общие для всех трех карт суммарных течений.

Как и следовало ожидать, в наибольшей степени нарушения зональности в переносе водных масс проявляются при 5-м типе атмосферной циркуляции (рис. 3, б). Действительно, суммарные векторы в восточной части моря Скотия имеют северное направление. Сохраняется оно (правда в несколько меньшей степени) и при 4-м типе (рис. 3, а), а в юго-восточной части и при 6-м типе (рис. 3, в).

Суммарные течения при 4-м типе атмосферной циркуляции. В западной и центральной частях района хорошо выражена восточная составляющая движения. Очень слабо, однако, проявляется связь с северо-восточной частью моря Беллингаузена. Мы не смогли получить векторы суммарных течений по южной периферии моря Скотия и северной периферии моря Уэдделла. Характер геострофической циркуляции в этом районе (Gordon, 1967; Ботников, 1969) указывает на очень малые скорости. Следовательно, дрейфовые течения, имеющие здесь главным образом северо-восточное направление, играют определенную роль. Скорость их к тому же выше скорости геострофического течения. Таким образом, можно прийти к выводу, что в этом случае дрейфовые течения данного типа, по крайней мере, не препятствуют распространению вод моря Уэдделла в море Скотия. Более того, в восточной части моря севернее 58° ю. ш. суммарный поток направлен почти на север.

Суммарные течения при 5-м типе атмосферной циркуляции. 5-й тип атмосферной циркуляции в наибольшей степени определяет нарушения зональности в поле течений. Карта суммарных поверхностных течений (см. рис. 3, б) свидетельствует о том, что векторы в восточной части моря Скотия имеют северное направление.

Суммарные течения при 6-м типе атмосферной циркуляции. Картина суммарных течений подобна той, которая получена при 4-м типе атмосферной циркуляции, что объясняется общим характером дрейфовых течений.

Выводы

1. Влияние дрейфовых течений на образование и разрушение круговоротов, по-видимому, возможно проследить только в синоптическом плане. Любое осреднение или типизация приводят к исчезновению как мелких, так и весьма интенсивных и крупных, но быстро перемещающихся или редко наблюдающихся форм барического рельефа. С другой стороны, такие кратковременные, пусть даже и интенсивные, атмосферные возмущения могут вызвать столь же кратковременные изменения в поверхностной циркуляции. Лишь общая аномальность характера атмосферной циркуляции может привести к высокой повторяемости нетипичных барических ситуаций в данный сезон и, следовательно, к более или менее продолжительным изменениям поверхностной циркуляции. Есть основания предполагать, что более важную роль в этом процессе играет атмосферная циркуляция над смежными акваториями и, прежде всего, над Тихоокеанским сектором и над морем Уэдделла. Представляется, что изменчивость характера распределения вод Циркумполярного течения и моря Уэдделла в юго-западной части Атланти-

ческого сектора Антарктики в значительной степени определяется именно этими барическими полями.

2. Роль дрейфовых течений, рассчитанных в настоящей работе для 4, 5 и 6-го типов атмосферной циркуляции, в изменчивости поверхностных течений, как видно, невелика. С другой стороны, необходимо помнить, что данные типы атмосферной циркуляции, хотя и наблюдаются большую часть времени в течение теплого периода года, все же сменяются и другими формами. Последние могут возбуждать очень разнообразные по характеристикам дрейфовые течения. Нельзя забывать также, что типизация процессов в какой-то степени связана с их генерализацией. Таким образом, в конкретные синоптические сроки мы можем наблюдать отдельные мелкомасштабные отклонения от данного типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Ботников В. Н. Нулевая поверхность и циркуляция вод в проливе Дрейка в летний период. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1969, вып. 32, с. 5—13.
- Давыдова Н. Г. Типы атмосферных процессов и соответствующие им поля ветра в океанических районах южного полушария. — «Метеорологические исследования», 1966, № 11, с. 5—31.
- Максимов И. В. Таблицы для обработки наблюдений над течениями в море. Л., «Морской транспорт», 1957. 105 с.
- Масленников В. В., Парфенович С. С., Солянкин Е. В. Исследования поверхностных течений моря Скотия. — «Труды ВНИРО», 1971, т. 79, с. 41—49.
- Соркина А. И. Построение карт ветровых полей для морей и океанов. — «Труды ГОИНА», 1958, вып. 44. 128 с.
- Фомичев А. В. Таблицы характеристик дрейфовых течений. М., ВНИРО, 1968. 33 с.
- Gordon A. L. Structure of Antarctic waters between 20° W and 170° W: Antarctic Map Folio series, Amer. Geogr. Soc. New-York, 1967.

Drift currents in the Sea of Scotia

V. V. Maslennikov

SUMMARY

Surface drift currents for three types of atmospheric circulation in accordance with Davydova's classification are calculated by Ekman's formula. The drift current vectors obtained are summed up with vectors of geostrophic currents. Thus, three charts of summed surface currents corresponding to three types of atmospheric circulation which are most characteristic for the warm period of the year are compiled.