

УДК 551.465.5(265.72)

## ЦИРКУЛЯЦИЯ ВОД В ЗОНЕ ВЬЕТНАМСКОГО ТЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МАЛОГРАДИЕНТНОГО БАРИЧЕСКОГО ПОЛЯ (ЮЖНО-КИТАЙСКОЕ МОРЕ)

*Г.А. Власова<sup>1</sup>, Нгуен Ба Суан<sup>2</sup>, М.Н. Деменок<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, gavlasyova@mail.ru

<sup>2</sup> Институт океанографии Вьетнамской академии наук и технологий

На основе численного моделирования рассчитана интегральная циркуляция вод Южно-Китайского моря на шельфе Восточного Вьетнама, в зоне прибрежного Вьетнамского течения весной 1999 г., как периода, обеспеченного необходимыми натурными первичными данными. Расчеты выполнены для двух типов атмосферных процессов: первый характеризуется наличием малого барического градиента над всей акваторией Южно-Китайского моря, второй — присутствием сильного северо-восточного ветра в северной половине моря. Результаты моделирования показали, что в указанный период на исследованной акватории существуют два антициклонических круговорота, отвечающих за летний режим вод (с юга на север), и разделяющий их циклонический круговорот, отвечающий за зимний режим вод (с севера на юг). Все это формирует сложную картину Вьетнамского течения.

*Ключевые слова:* Южно-Китайское море, Вьетнамское течение, атмосферные процессы, циркуляция вод, циклон, антициклон, гидродинамические структуры, численное моделирование.

## CIRCULATION OF WATERS IN THE ZONE OF VIETNAMESE CURRENT UNDER THE CONDITIONS OF A LOW-GRADIENT BARIC FIELD (SOUTH-CHINA SEA)

*G.A. Vlasova<sup>1</sup>, Nguyen Ba Xuan<sup>2</sup>, M.N. Demenok<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, RAS

<sup>2</sup> Institute of Oceanography, Vietnamese Academy of Science and Technology (IO VAST)

On the basis of numerical modeling, the integrated water circulation of the South China Sea on the shelf of Vietnam, in the zone of the coastal Vietnam current in the spring of 1999, as a period provided with the necessary primary data, has been calculated. Calculations were made for two types of atmospheric processes: the first was characterized by the presence of a small pressure gradient over the entire of the South China Sea, the second - by the presence of a strong NE wind in the northern half of the sea. The results of the modeling showed that during the indicated period there are two anticyclonic gyres responsible for the summer regime of waters from the south to the north and the cyclonic gyre separating its, responsible for the winter regime of waters from north to south in the investigated region. All this formed a complex picture of the Vietnamese Current.

*Keywords:* South China Sea, Vietnamese current, atmospheric processes, water circulation, cyclone, anticyclone, hydrodynamic structures, numerical modeling.

## Введение

Вьетнамское, или Западное пограничное течение расположено на шельфе Южно-Китайского моря у побережья Вьетнама (рис. 1). Мористее его продолжением является Северное Наньшанское течение. Свойства указанного течения во многом определяются сложными синоптическими процессами и явлениями, такими как муссоны, пассаты, тайфуны. Вследствие взаимодействия сезонных муссонов с прибрежным горным рельефом пространственно-временная структура Вьетнамского течения становится специфичной: происходит смена направлений течения. Так, в зимний период под воздействием северо-восточного муссона формируется циклоническая циркуляция вод и водные массы переносятся с севера на юг, а летом при юго-западном муссоне формируется антициклоническая циркуляция вод и перенос вод происходит с юга на север [30]. При этом данное течение является асимметричным: зимой оно следует по западной границе шельфа, а летом отрывается от побережья Вьетнама (приблизительно в районе параллели  $11^{\circ}$  с.ш.) и превращается в Северное Наньшанское течение [23]. Зачастую Северное Наньшанское течение не выделяется, а является продолжением Вьетнамского течения. В весенний и осенний сезоны происходит перестройка циркуляции вод.

Пионерскими работами на исследуемой акватории можно считать работы французских ученых в 20—30-х годах XX века [21]. Именно они выдвинули гипотезу о существовании постоянного течения в западной части Южно-Китайского моря, которое меняет свое направление под воздействием муссонов. Доказательную базу этой гипотезе предоставил американский ученый *Wyrtki* в 1961 г. [30]. С этого времени и началось изучение Вьетнамского течения.

К настоящему времени изучены многие аспекты пространственно-временных характеристик Вьетнамского течения, однако характер его перестройки от зимнего режима к летнему и обратно до сих пор остается практически не изученным [26, 29]. В немногочисленных работах, посвященных исследованию Вьетнамского течения ([4, 12, 28, 31, 32, 34] и др.), описываются в основном его сезонные обобщенные характеристики без детального сравнительного анализа перестроенных режимов циркуляции вод при смене северо-восточного муссона на юго-западный или же в периоды межсезонья. Это определило цель и задачи наших исследований.

Целью настоящей работы является исследование вертикальной структуры Вьетнамского течения в условиях малоградиентного атмосферного поля с помощью гидродинамической модели, неоднократно описанной в [1—3, 6, 7, 16] и др., апробированной при решении аналогичных задач для дальневосточных морей России и представленной в материалах и докладах международных конференций и симпозиумов. Указанная модель позволяет рассчитывать циркуляцию вод по заданным полям приводного ветра и плотности морской воды.

В качестве расчетного сезона использована весна 1999 г. Указанный год выбран в связи с проведением в этот период крупномасштабной международной экспедиции Рыболовной ассоциации стран Юго-Восточной Азии и Японии (SEAFDEC, Cruise № 57-3/99), данные которой предоставлены вьетнамскими коллегами и использованы в процессе моделирования.

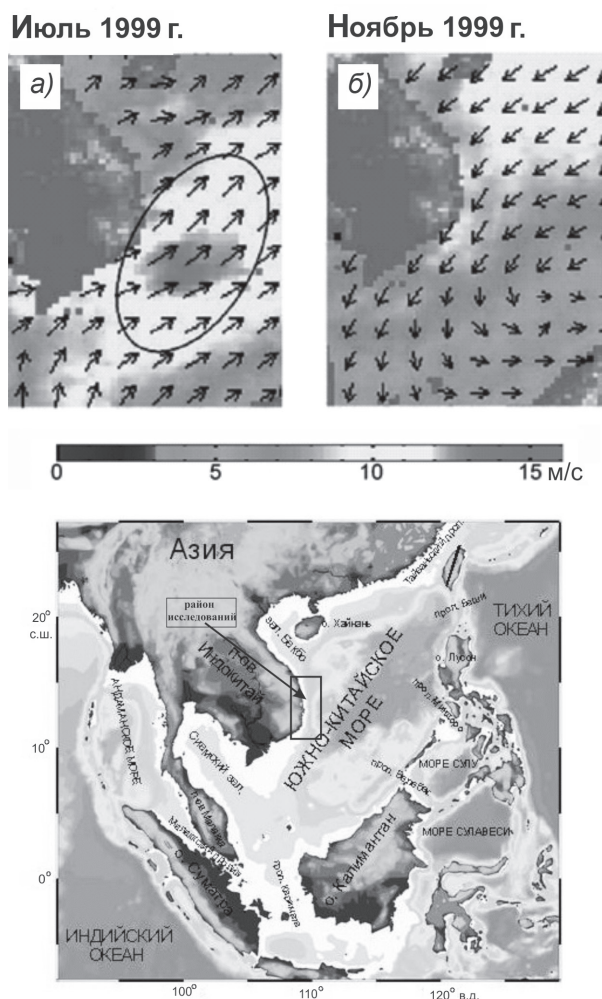


Рис. 1. Направление и скорость (м/с) приводного ветра вблизи побережья Вьетнама в летний (а) и зимний (б) периоды 1999 г. [22].

На карте побережья Вьетнама прямоугольником выделен исследуемый район.

Для моделирования был выбран район (см. рис. 1), охватывающий прибрежную акваторию Центрального Вьетнама в указанной зоне Вьетнамского течения ( $11\text{--}16^\circ$  с.ш.,  $108\text{--}112^\circ 30'$  в.д.) и обеспеченный результатами натурных измерений.

### Исходные данные

Для учета атмосферных процессов над Южно-Китайским морем была использована их типизация, представленная в работе [17]. В основе типизации

лежат два основных признака: положение траекторий тропических циклонов и положение квазистационарных антициклонов, характерных для данного региона. Для типов атмосферных процессов, не связанных с влиянием тропических циклонов, отражающих собственно муссонный характер климата, изучалось расположение центров антициклонов и внетропических циклонов над территорией Китая и северо-западной части Тихого океана.

В соответствии с работой [17] в регионе выделены три типа и три подтипа атмосферной циркуляции, получившие названия: «малоградиентное поле» (МГП), «малоградиентное поле с зоной сильного ветра в северной половине моря» (МГПс) и «тропический циклон с выходом в северную, центральную и южную части моря». Последний тип включает три подтипа (ТЦс, ТЦц, ТЦю). Первые два типа отражают муссонный характер климата над исследуемой акваторией; суммарная повторяемость этих типов циркуляции в течение года составляет более 60 % [17]. Третий тип соответствует краткосрочным гидрометеорологическим явлениям (тропическим циклонам).

Публикации с использованием атмосферного форсинга (задание внешних полей) над акваторией Южно-Китайского моря отсутствуют. Указанная типизация используется впервые. В наших исследованиях были использованы два типа атмосферных процессов: МГП и МГПс (рис. 2). Указанный выбор обусловлен необходимостью разделения макромасштабного муссонного режима воздушных масс и краткосрочных гидрометеорологических явлений (тропических циклонов с выходом в разные части моря), по-разному влияющих на циркуляцию вод.

Первый из выбранных типов атмосферных процессов (МГП) был описан в работе [5]. В условиях указанного типа барическое поле характеризуется малыми

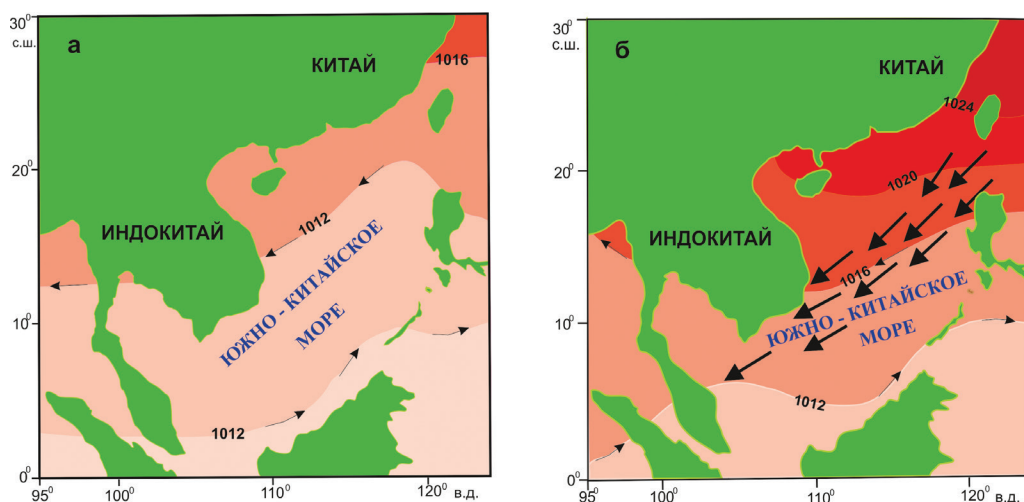


Рис. 2. Типы атмосферной циркуляции [17].  
а — малоградиентное поле, б — малоградиентное поле с зоной сильного ветра в северной половине моря.

изменениями над всей акваторией Южно-Китайского моря при слабом и умеренном ветре (преимущественно до 8 м/с) неустойчивого направления. Его максимальная непрерывная продолжительность существования приходится на весеннее время (март — май) и составляет 52 сут.

При режиме циркуляции типа МПГ с над южной половиной моря наблюдается малоградиентное барическое поле, в то время как над северной половиной преобладает поле давления со значительным градиентом, который обусловлен наличием антициклона над центральным или восточным Китаем. В северной, а иногда и в центральной части моря преобладает сильный ветер северо-восточного направления со скоростью до 15 см/с. В условиях данного типа циркуляции над центральной и северной частями моря располагается субтропический фронт. Южная граница зоны сильного ветра зависит от положения субтропического фронта: чем южнее он располагается, тем дальше к югу распространяется область сильного северо-восточного ветра. Его максимальная непрерывная продолжительность действия приходится на зимнее время (январь — февраль) и составляет 56 сут. При этом МПГ с большой вероятностью (73,7 %) переходит в МГПс.

Для моделирования использована следующая входная информация:

- контур береговой линии, приближенный к реальной конфигурации берега;
- значения глубины морского дна из массива топографических данных ЕТОРО-5 [25];

- значения температуры и солёности на поверхности моря за период 21 апреля — 19 мая 1999 г., полученные в экспедиции Рыболовной ассоциации стран Юго-Восточной Азии и Японии (SEAFDEC, Cruise № 57-3/99) (рис. 3);

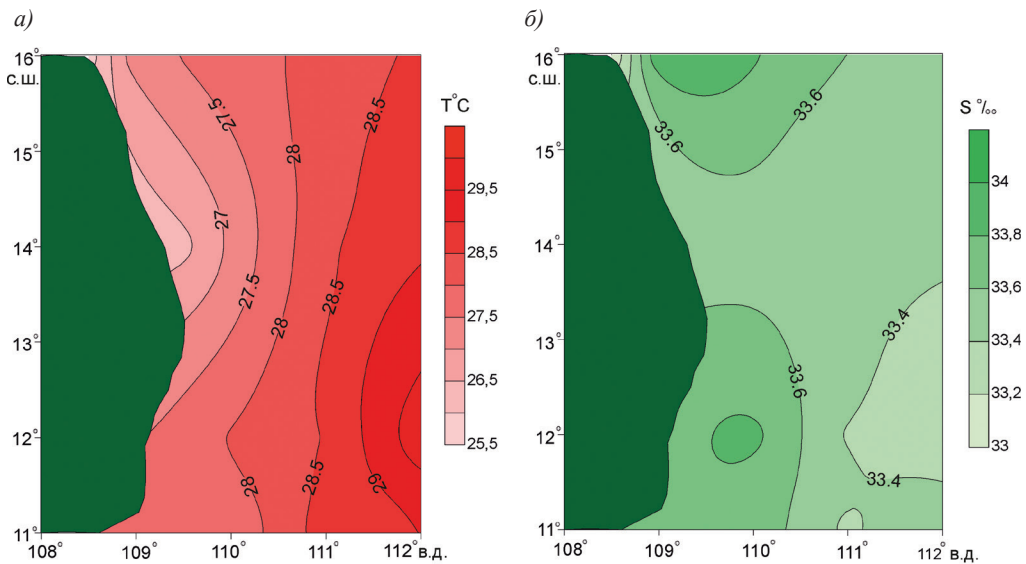


Рис. 3. Наблюдаемые поля средних значений температуры (а) и солёности (б) на поверхности для зоны Вьетнамского течения за период 21 апреля — 19 мая 1999 г.

— значения атмосферного давления, соответствующие выбранной типизации синоптических процессов над Южно-Китайским морем [17].

Для дна приняты условия прилипания (скорость течения на дне равна нулю). Задача решалась в односвязной области.

Для расчетов использовалась равномерная сетка  $30 \times 30'$  в соответствии с данными, предоставленными вьетнамскими коллегами. На этой основе была рассчитана циркуляция вод в поверхностном слое, в слое от поверхности моря до горизонта 200 м и от поверхности до дна с учетом выбранных синоптических ситуаций (учет проводился на основе ввода данных о поле давления заданного атмосферного форсинга).

### Результаты и их обсуждение

В соответствии с результатами большинства ранее выполненных исследований рассматриваемый район относится к той части Южно-Китайского моря, где в апреле еще сохраняются течения, обусловленные зимним муссоном. Ослабевает мощность поступающего с севера потока вод на западной периферии акватории, а в мае уже над всей акваторией моря преобладают ветры южного, юго-западного направления и наступает летняя модификация течений, характерная для летнего муссона ([22, 30, 32] и др.). (Под терминами «зимняя циркуляция вод», «зимняя модификация течения», «зимняя ориентация» подразумевается, что течение направлено с севера на юг и юго-восток, а под словом «летняя» — что, наоборот, течение направлено с юга на север и северо-запад.)

Однако выполненные авторами настоящей работы расчеты показали, что на исследуемой акватории в этот период наблюдается несколько иная гидродинамическая ситуация. Во-первых, Вьетнамское течение, по крайней мере в переходный период зима — лето, не представляет собой единого неразрывного потока водных масс. Вместо этого в данном районе существуют три гидродинамических круговорота: два антициклонических и разделяющий их циклонический. Во-вторых, эти гидродинамические структуры сохраняют свое существование в смоделированных условиях двух типов атмосферных процессов. Это может свидетельствовать о квазистационарности такой гидродинамической ситуации, которая может формировать особенности структуры Вьетнамского течения вообще и, в частности, по сезонам (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что в северной и южной частях исследуемого района Вьетнамское течение имеет летнее направление водных масс — с юга на север и северо-запад, а в его центре — противоположное зимнее — с севера на юг и юго-восток. Полученные нами результаты согласуются с результатами исследований, изложенных в работе [32], в которой показано, что в пределах того же временного периода, но годом ранее (29 апреля — 20 мая 1998 г.) здесь были обнаружены два антициклонических вихря с центром в точках с координатами  $15^\circ$  с.ш.,  $111^\circ 10'$  в.д. и  $11^\circ 40'$  с.ш.,  $111^\circ 10'$  в.д. Циклоническая циркуляция вод на обозначенном участке может быть объяснена наличием здесь мощного апвеллинга. Как показано в работе [22], такой апвеллинг действительно наблюдается



на большом протяжении вдоль побережья Восточного Вьетнама (см. рис. 1 а, б). Полагается, что причиной этого является смена муссонов и постоянство юго-западного муссона, а также меридиональная ориентация побережья. Антициклоническая циркуляция является следствием уже наступающих летних муссонных ветров.

Рассмотрим гидродинамический режим подробнее, используя вышеприведенную типизацию атмосферных процессов.

*Тип атмосферных процессов «малоградиентное поле» (МГП).*

Характер циркуляции вод в поле функций тока *на поверхности* показан на рис. 4 а. Форма изолиний обоих антициклонических круговоротов близка к эллиптической; при этом длинная ось северного антициклонического круговорота направлена на восток, а южного — на юго-восток. Циклонический круговорот с двумя субмезомасштабными вихрями вытянут, как и южный антициклонический, в юго-восточном направлении. Зимний характер циркуляции вод в этот период года может быть объяснен, как уже сказано, существованием здесь апвеллинга с выносом к поверхности водных масс с пониженной температурой [14, 15, 20, 22, 31]. Помимо этого, как отмечается в некоторых работах, в данном районе даже при летнем муссоне на поверхности моря в мае сохраняется слабый циклонический вихрь, совпадающий с выделенной нами аналогичной структурой [19, 28, 33]. Летняя циркуляция, как было указано выше, является следствием уже наступающих летних муссонных ветров, что соответствует известным фактам [8, 10—13, 18, 24, 27].

В слое до 200 м гидродинамическая картина в целом сохраняется (см. рис. 4 б). В соответствии с работой [32] это объясняется тем, что весной около побережья Вьетнама существующий прибрежный поток сохраняется до глубины 300 м. Однако в отличие от схемы течений на поверхности в указанном слое все гидродинамические структуры выражены более четко и вытянуты вдоль параллели с небольшим северо-восточным разворотом. Это является признаком того, что Вьетнамское течение уже начинает разворачиваться на север, частично переходя на летний режим циркуляции. Вероятно, это связано с существенным влиянием атмосферных процессов на слой воды 0—200 м, на нижней границе которого температурные колебания годового периода практически затухают [9]. Формирование термогидродинамического режима этого слоя обусловлено в основном процессами энерго- и массообмена с атмосферой на его верхней границе и объемного поглощения лучистой энергии, но роль гидродинамических факторов уже повышается в силу турбулентного перемешивания водных масс.

Схема интегральной циркуляции вод в слое *от поверхности до дна* заметно отличается от таковой на поверхности моря и в слое 0—200 м (см. рис. 4 в). Из рисунка видно, что северный антициклонический и циклонический круговороты теряют свою амплитуду. В этом отношении практически неизменным остается лишь южный антициклонический круговорот. Однако он, как и циклоническая структура, уже развернулся на северо-восток, что характерно для летнего режима циркуляции.

*Тип атмосферных процессов «малоградиентное поле с зоной сильного ветра в северной половине моря» (МГПс).*

По результатам моделирования, на поверхности присутствуют те же гидродинамические структуры, что и в первом случае, однако их конфигурация и ориентация существенно отличаются от аналогичных характеристик структур в условиях предыдущего типа атмосферных процессов (см. рис. 4 з).

Наиболее выражен северный антициклонический круговорот, особенно его западная часть, вытянутая в северо-западном направлении вдоль побережья Вьетнама. Располагающийся южнее циклонический круговорот занимает всю центральную часть акватории исследуемого региона, простираясь на север до  $15^{\circ}30'$  с.ш. и на юг до  $11^{\circ}30'$  с.ш., но выражен очень слабо. Южный антициклон занимает всю южную часть изучаемого района вплоть до  $13^{\circ}$  с.ш., однако его ядро расположено приблизительно на расстоянии 150 морских миль от берега.

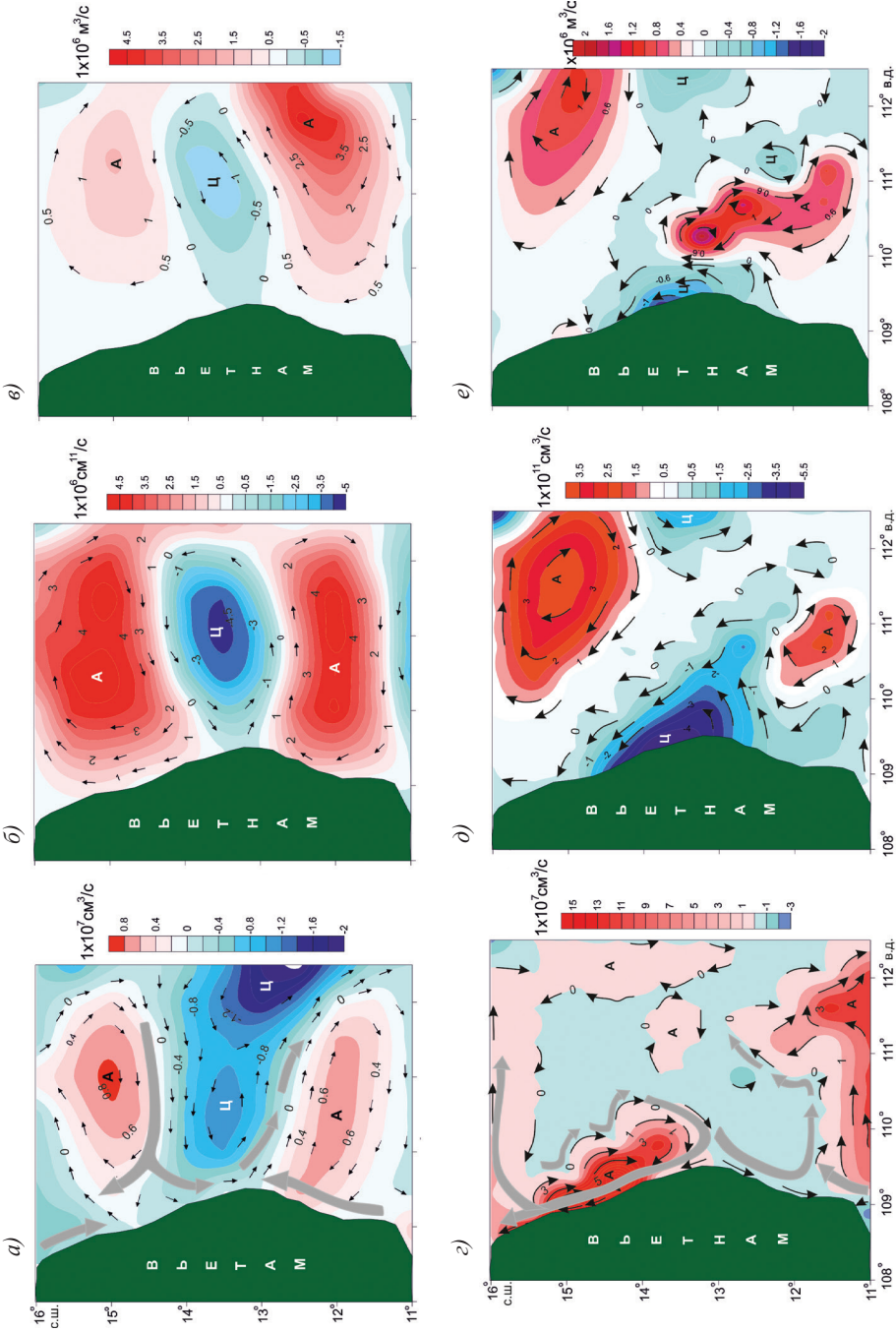
Циклоническая структура «зимней модификации» распространяется на достаточно большую часть исследуемой акватории под влиянием сильного северо-восточного ветра. В то же время она как бы взята в «кольцо» антициклоническими структурами, которые стремятся установить летний режим течений.

В слое 0—200 м (см. рис. 4 д) северный и южный антициклонические круговороты соединяются, образуя единое антициклоническое поле, вытянутое в северо-западном направлении. При этом ядро северного антициклона располагается приблизительно на расстоянии 150 морских миль от побережья Вьетнама в сторону моря. Таким образом, можно считать, что в непосредственной близости от берега все еще сохраняется зимний режим Вьетнамского течения, а за пределами 150 миль наступает летний режим потока вод. Ядро южного антициклона немного сместилось в сторону берега. На месте слабого циклонического поля на поверхности формируются глубокий циклонический круговорот практически вдоль всего побережья Вьетнама и циклонический вихрь на западе центральной части исследуемого района с координатами в его центре приблизительно  $13^{\circ}30'$  с.ш. —  $112^{\circ}30'$  в.д. Все это, вероятно, объясняется различием инерционной сохранности водных и воздушных структур. Сильный северо-восточный ветер начинает оказывать влияние на формирование водных масс в указанном слое с некоторым запаздыванием.

В слое от поверхности до дна (см. рис. 4 е) все гидродинамические структуры становятся слабее. Северный антициклонический круговорот еще более смещается в сторону моря, а южный продвигается на север вплоть до  $14^{\circ}$  с.ш. Центральный циклонический круговорот сливается с циклоническим вихрем и занимает неширокую полосу вдоль побережья Вьетнама. Можно предположить, что это связано с ослаблением влияния атмосферных процессов с глубиной и усилением роли гидродинамических факторов и рельефа дна.

Если сравнить циркуляцию вод от поверхности до дна с картой глубины (рис. 5), то можно увидеть, что антициклонические структуры в основном формируются на шельфе и мелководье, а циклонические — в глубоководных районах. Так, в работах [12, 20] утверждается, что, начиная с горизонта 200 м, вплоть до глубины 2000 м циркуляция вод в Южно-Китайском море представляет собой





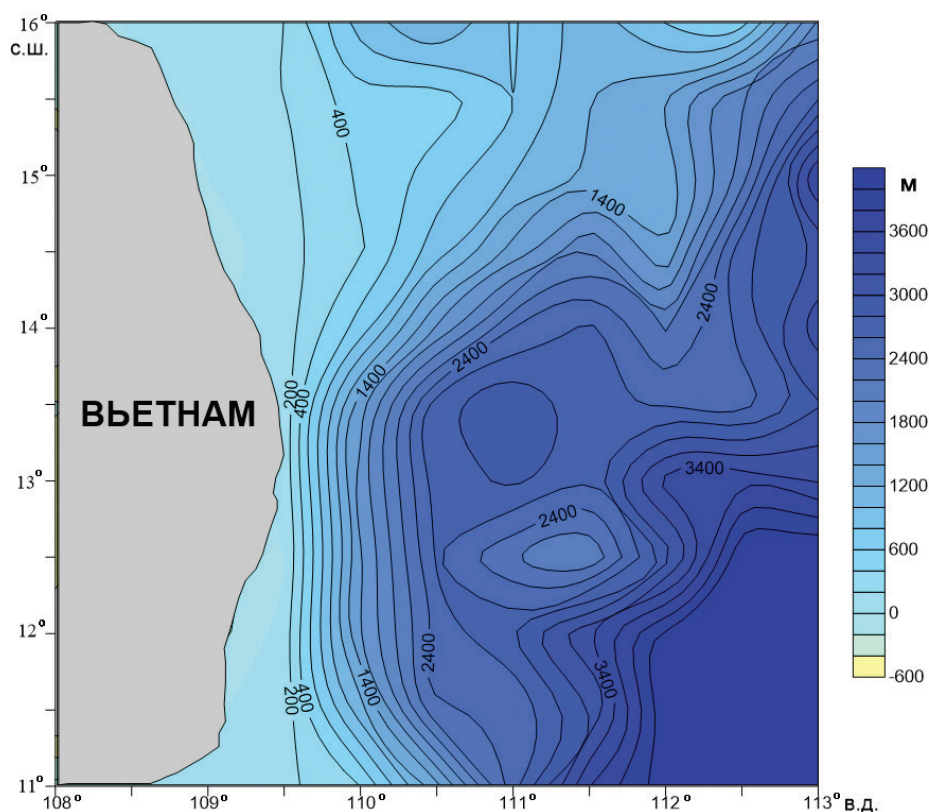


Рис. 5. Карта глубин западной части Южно-Китайского моря вдоль побережья Вьетнама.

крупномасштабный циклонический круговорот. Это означает, что в переходный весенний сезон на мелководье летнее движение водных масс устанавливается быстрее, чем в глубоководных частях моря.

### Выводы

В результате выполненных численных расчетов с учетом синоптических ситуаций типа «малоградиентное поле» и «малоградиентное поле с зоной сильного ветра в северной половине моря» [17] получены следующие основные выводы.

1. Вьетнамское течение на исследованной акватории в переходный период зима — лето в 1999 г. не представляет собой единого неразрывного потока водных масс; вместо этого в данном районе существуют три гидродинамических круговорота: два антициклонических и разделяющий их циклонический, формирующие сложную конфигурацию Вьетнамского течения.

2. Указанные круговороты сохраняют свое существование в смоделированных условиях двух типов атмосферных процессов, что может свидетельствовать о квазистационарности такой гидродинамической ситуации.

3. Система указанных круговоротов показывает, что на участках антициклонических структур перенос водных масс вдоль вьетнамского побережья в рассматриваемый период происходит с юга на север (летнее направление). На участке циклонического круговорота движение водных масс происходит в обратную сторону — с севера на юг (зимнее направление). Последний фактор, возможно, связан с существованием здесь апвеллинга. Вероятно, это стало причиной неполного перехода Вьетнамского течения на летний режим переноса вод вплоть до первой декады июня.

4. В условиях разных типов атмосферных процессов летние и зимние признаки циркуляции вод проявлялись по-разному: при «малоградиентном поле» зимний режим вод проявлялся более активно, чем при «малоградиентном поле с сильным ветром».

### Список литературы

1. Васильев А.С., Власова Г.А., Полякова А.М. Программа расчета циркуляции вод на акватории Южно-Китайского моря под влиянием различных типов атмосферных процессов / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615257 от 6.07.2011.
2. Васильев А.С., Власова Г.А., Полякова А.М., Деменок М.Н. Расчет циркуляции вод на акваториях Дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана под влиянием различных типов атмосферных процессов / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012611765 от 12.05.2012.
3. Власова Г.А., Васильев А.С., Шевченко Г.В. Пространственно-временная изменчивость структуры и динамики вод Охотского моря. М.: Наука, 2008. 359 с.
4. Власова Г.А., Полякова А.М., Деменок М.Н. Влияние изменчивости циркуляции поверхностных вод Южно-Китайского моря на Азиатско-Тихоокеанский регион в зимний период // Вестник ДВО РАН. 2011. № 3. С. 104—111.
5. Власова Г.А., Нгуен Ба Суан, Буй Хонг Лонг. Влияние синоптических процессов на динамику Вьетнамского течения (Южно-Китайское море) весной 1999 г. // Метеорология и гидрология. 2013. № 4. С. 36—46.
6. Власова Г.А., Деменок М.Н., Нгуен Ба Суан, Буй Хонг Лонг. Роль атмосферной циркуляции в пространственно-временной изменчивости структуры течений в западной части Южно-Китайского моря // Известия РАН. ФАО. 2016. Т. 52, № 3. С. 361—372.
7. Власова Г.А., Нгуен Ба Суан, Деменок М.Н. Циркуляция вод Южно-Китайского моря в зоне Вьетнамского течения в условиях южного тропического циклона весной 1999 г.: результаты численного моделирования // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2016. Т. 9, № 4. С. 25—34.
8. Данг К.М. Океанологические условия Южно-Китайского моря // Морской сборник. 1974. № 4. С. 91—93.
9. Кузнецов А.А. Физика природной среды. Учебное пособие. Ч.2. Мировой океан. М.: изд-во Московского государственного университета геодезии и картографии, 1997. 96 с.
10. Ле Фьюк Чинь. Гидрологические условия южного континентального шельфа Вьетнама / Афтореф. ... канд. геогр. наук. Л., 1987. 280 с.
11. Лоция Южно-Китайского моря. Ч. 2. Вып. 1. № 1428. Л.: Изд-во Глав. упр. навигации и океанографии МО СССР, 1987.
12. Нгуен З.Т. Циркуляция вод Южно-Китайского моря в зимний и летний сезоны / Афтореф. ... канд. геогр. наук. Владивосток, 1990. 177 с.
13. Нгуен Чунг Киен. Возможные последствия изменения климата Вьетнама / VII Всероссийская научно-практическая конференция «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов», 23-25 апреля 2014 г. Томск: изд-во Томского политехнического университета.
14. Нгуен Д.К., Малинин В.Н., Гордеева С.М. Влияние температуры воды на формирование биологической и промысловой продуктивности Южно-Китайского моря // Ученые записки РГГМУ. 2016. Вып. 42. С. 74—80.

15. Нгуен Д.К., Малинин В.Н., Гордеева С.М. Статистическое моделирование вылова тунца в Южно-Китайском море // Ученые записки РГГМУ. 2016. Вып. 42. С. 64—73.
16. Полякова А.М., Власова Г.А., Васильев А.С. Влияние атмосферы на подстилающую поверхность и гидродинамические процессы Берингова моря. Владивосток: Дальнаука, 2002. 203 с.
17. Полякова А.М. Типизация атмосферных процессов над Южно-Китайским морем // Метеорология и гидрология. 2010. № 5. С. 17—24.
18. Сирипонг А. Динамика термической структуры верхнего слоя и поверхностная циркуляция Южно-Китайского моря / В кн.: Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана. Труды I Межд. симпоз. Т. 3. Таллин, 2—10 октября 1983 г. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 150—178.
19. Akihiko Morimoto, Koichi Yoshimoto, Tetsuo Yanagi. Characteristics of sea surface circulation and eddy field in the South China Sea revealed by satellite altimetric data // J. Oceanogr. 2000. V. 56. P. 331—344.
20. Chao S.Y., Shaw P.T., Wang J. Deep water ventilation in the South China Sea// Deep Sea Res. Part 1. 1996. V. 43. P. 445—466.
21. Chevey P., Carton P. Les courants de la mer de Chine meridionale et leurs rapports avec le climat de l'Indochine // Note Inst. Ocean. Indochine. 1935. V. 26. P. 13.
22. DanLing Tang, Hiroshi Kawamura, Tran Van Dien, MingAn Lee. Offshore phytoplankton biomass increase and its oceanographic causes in the South China Sea// Marine Ecology Progress Series. 2004. V. 268. P. 31—41.
23. Fan K.L. The branch of Kuroshio in the Taiwan strait / T. Ichiye, ed. Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Sea. New York. Elsevier, 1984. P. 77—82.
24. Li R.F., Guo D.J., Zeng Q.C. Numerical simulation of interrelation between the Kuroshio and the current of the northern South China Sea // Prog. Natural Sci. 1996. V. 6. P. 325—332.
25. National Geophysical Data Center, 1993. 5-minute Gridded Global Relief Data (ETOPO5). National Geophysical Data Center, NOAA. doi: 10.7289/V5D798BF (access date). <http://www.ngdc.noaa.gov/docucomp/page?xml=NOAA/NESDIS/NGDC/MGG/DEM/iso/xml/3141.xml&view=getData-View&header=none>
26. Qinyu Liu, Arata Kaneko and Su Jilan. Recent progress in studies of the South China Sea circulation // J. Oceanogr. 2008. V. 64. P. 753—762.
27. Qu T. Upper-layer circulation in the South China Sea // J. Phys. Oceanogr. 2000. V. 30. P. 1450—1460.
28. Uda M., Nakao T. Water masses and currents in the South China Sea and their seasonal change // Proc. of The Kuroshio III. Proc. of the third CSK Symposium. Thailand. Bangkok. 1973. P. 161—188.
29. Vlasova G. A., Bui Hong Long, Taranova S.N., Nguyen Ba Xuan, Belyaev V. A., Yurasov G. I., Le Dinh Mau. Background data on the South China Sea// Pre-print. V.I.Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEBRAS. Vladivostok. 2010. No. 98. 57 p.
30. Wyrski K. Scientific results of marine investigation of the South China Sea and Gulf of Thailand — NAGA: Report 2. 1961. 195 p.
31. Xie S., Xie Q., Wang D., Liu W.T. Summer upwelling in the South China Sea and its role in regional climate variations // J. Geophys. Res. 2003. V. 108. P. 3261—3265.
32. Yuan Y., Liao G., Xu X. Three dimensional diagnostic modeling study of the South China Sea circulation before onset of summer monsoon in 1998 // J. Oceanogr. 2007. V. 63, No. 1. P. 77—100.
33. Zhao X., Pang H., Li X., Song P. Abnormal incident analysis of tropical cyclones influencing South China Sea in 1997 // J. Tropic. Oceanogr. 2008. V. 27, No. 1. P. 11—15.
34. Zhou Hui, Yuan Dong liang, Li Ruixiang, He Lei. The western South China Sea currents from measurements by Argo profiling during October to December 2007 // Chinese J. Oceanology and Limnology. 2010. V. 28, No. 2. P. 398—406.