

Дарницкий В. Б., Мишанина Е. И. К вопросу о топографических волнах Россби в районе Гавайского подводного хребта // Труды ДВНИИ. - 1982. - Вып.96. - С.26-33.

Дарницкий В. Б., Мишанина Е. И. О генерации воли Россби в районах подводных гор и возвышенностей. // III съезд советских океанологов. Течения, синоптические и мезомасштабные вихри: Тезисы докладов. - Л., 1987. - С.66-67.

Ефимов В. В., Куликов Е. А., Рабинович А. Б., Файн И. В. Волны в пограничных областях океана. - Л.: Гидрометеониздат, 1985. - 280 с.

Заферман М. Л. О поведении тупорылого макруруса по данным подводных наблюдений // Подводные рыбохозяйственные исследования. - Мурманск, 1986. - С.5-14.

Заферман М. Л., Кеменов В. Е. Динамика вод и поведение рыб // III съезд советских океанологов. Биология океана; Тезисы докладов. Ч. II. - Л., 1987. - С.16-17.

Кеменов В. Е. Прогнозирование горизонтальных миграций макруруса на банках Срединно-Атлантического хребта как основа системного ведения промысла // II Всесоюзный съезд океанологов: Тезисы докладов. - Вып.5, Ч.2. - Севастополь, 1982. - С.65-66.

Николаев А. С. Влияние внутренних волн на вертикальное распределение рыбных скоплений // Рыбное хозяйство. - 1979. - N 6. - С.102-123.

В.Б. Дарницкий (ТИНРО)

ВИХРИ ТЭЙЛОРА В РАЙОНЕ ГОРЫ ПУЛКОВСКАЯ, ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ГОР ЭЛТАНИН, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Физическая природа и идентификация вихрей Тэйлора рассматривались в литературе и ранее [Дарницкий, 1979, 1980; Козлов и др., 1982]. Период существования топографических вихрей Тэйлора может быть различным [Козлов и др., 1983; Зырянова, 1985].

Предпринимались попытки определения циркуляции топографических вихрей и длительности их существования в районах некоторых подводных гор ЮЗТО [Дарницкий, 1978, 1979;

Козлов и др., 1982; Дарницкий, Болдырев, 1985]. Особенности геологического и геоморфологического строения подводных гор в этой части океана и, в частности, горы Пулковская, приводятся в литературе [Бек-Булат, Залишак, 1987; Агапитов, 1988]. Серия океанографических съемок (1978 по 1983 гг.) была выполнена в районе подводных гор разлома Элтанин, восемь съемок над горой Пулковская.

Подводные горы зоны разломов Элтанин (приблизительно в центральной ее части находится гора Пулковская) расположены в области нескольких, в основном зонально ориентированных фронтов Южного океана, разделяющих различные структуры вод, которые будем называть зонами. Крайние южные горы (55° ю.ш., 140° з.д.) расположены в районе Южного Полярного фронта (Антарктического фронта, или Антарктической конвергенции). К северу располагается зона Полярного фронта - переходная область между Антарктическими и Субантарктическими поверхностными водами. Между $50-55^{\circ}$ ю.ш. расположен Субарктический фронт, к северу от него - Субарктическая зона, характеризующаяся мощным 500-600-метровым слоем изотермии (от $7-8^{\circ}\text{C}$ зимой, до $10-11^{\circ}\text{C}$ летом). В северной части этой зоны, вблизи северных гор зоны разломов Элтанин, в 1978-1980 гг. было зарегистрировано периодическое прохождение синоптических вихрей с параметрами: пространственный масштаб около 60 км, временной - 30 сут, скорость перемещения - 12 см/с в юго-восточном направлении, орбитальные скорости на глубине 1000 м - 20 см/с. НИС "Кнопг" в районе $48,5^{\circ}$ с.ш., 174° з.д. зарегистрирован холодный вихрь диаметром 250 км и вертикальным развитием до 2000 м, причем на глубинах 1700-2000 м его диаметр увеличивался до 500 км. Амплитуда смещения изолиний океанографических элементов достигала 500 м, увеличиваясь в слое 1500-2000 м [Экосистемы ..., 1988; Garret, 1980].

Северной границей субарктической зоны является Субтропический фронт (Субтропическая конвергенция), располагающийся восточнее Новой Зеландии, примерно от точки 175° з.д., 45° ю.ш. в северо-восточном направлении, и в центральной части океана "поднимающийся" до 35° ю.ш. (рис.1).

Северные горы зоны разломов Элтанин могут находиться под влиянием Субтропического фронта, разделяющего субантарктические и субтропические поверхностные воды. Диапазоны температур на Субтропическом фронте составляют $10-14^{\circ}\text{C}$ зимой и $14-18^{\circ}\text{C}$ летом, солености - $34,6-35,1^{\circ}/\text{oo}$ с увеличением ее к северу. Ориентировочные критерии

Субтропического фронта: зимняя изотерма - 10°C, летняя - 15°C, соленость - 34,7-34,9‰, глубина проникновения - около 200 м.

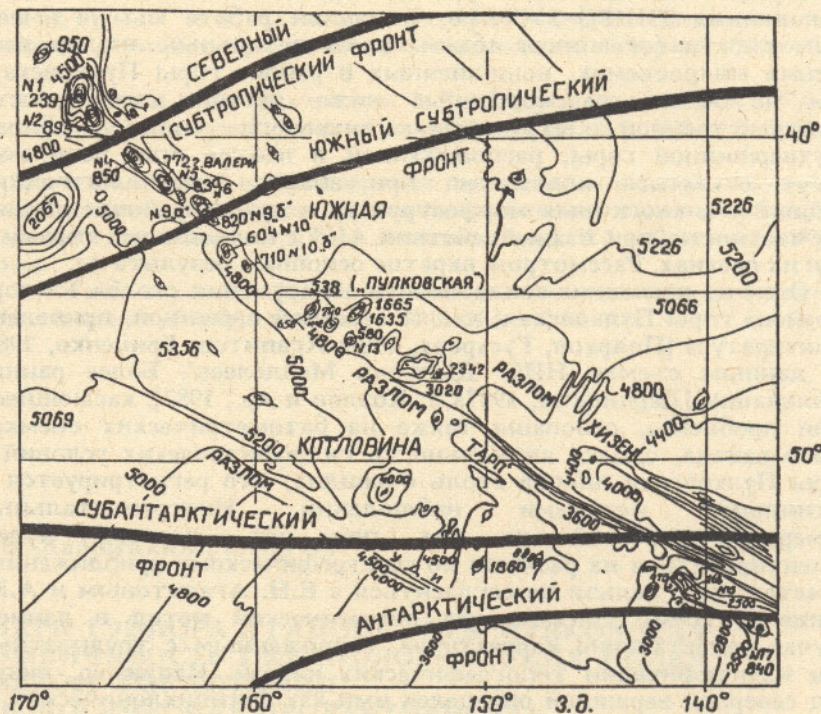


Рис.1. Схема подводных гор вдоль разлома Элтани и основные климатические фронты [Экосистемы..., 1988].

Наблюдения за дрейфом свободно плавающих буев, отслеживаемых со спутника [Garret, 1980], показали резкое возрастание вихревой активности в "квадрате" 40-43° ю.ш., 160-164° з.д., в районе локализации гор ТА-403 - ТА-423. Диаметры наблюдавшихся здесь вихрей были около 500 км, вертикальное развитие - 1000 м. Очевидна их обусловленность взаимодействием течений с рельефом дна.

На основании непрерывной регистрации температуры и солености в январе 1985 г. в 34-м рейсе НИС "Дмитрий Менделеев" между 40-55° ю.ш., вдоль 158° з.д. зарегистрировано восемь термохалинных фронтов [Экосистемы ..., 1988]. Очевидно, при следовании судна не по меридиану, а строго вдоль оси подводных гор, число фронтов могло оказаться большим из-за наличия вторичных фронтов, индуцированных топографическими вихрями, неоднократно наблюдавшимися в экспедициях ТИНРО-ТУРНИФ. В данной работе мы не имеем возможности (ограничен объем) дать детальный анализ всех восьми микросъемок, выполненных в районе горы Пулковская. Тем не менее, рассмотренные ниже детали изменчивости пространственной структуры вихревого поля вблизи двухвершинной горы, расположенной в центре этой цепи гор, могут оказаться полезными при анализе океанологических условий у аналогичных морфоструктур в других районах океана, и в частности, при взаимодействии АЦТ с подводными горами в других океанах. Рассмотрим вкратце основные результаты.

Одно из последних свидетельств обнаружения столба Тэйлора в районе горы Пулковская, над ее северной вершиной, приведено в литературе [Поярков, Гусарова, 1988; Агапитов, Гриценко, 1988] по данным съемки НИС "Дмитрий Менделеев". Более ранние публикации [Дарницкий, 1987а,б; Козлов и др., 1982], касающиеся этой проблемы, основаны также на батометрических съемках этого района, однако аномальность гидрофизических условий у горы Пулковская иногда столь очевидна, что регистрируется и рутинными методами наблюдений. Инструментальных измерений течений до сих пор нет, поэтому будем ориентироваться на расчеты по геострофическому приближению. Вместе с тем, нельзя не согласиться с Е.Н. Агапитовым и А.М. Гриценко [1988], считающими динамический метод в данном случае недостаточным корректным, сопряженным с трудностями при идентификации топографических вихрей. Например, вихрь над северной вершиной определен ими как антициклонический, а их коллегами-гидрохимиками (по одной и той же съемке, но с использованием гидрохимических элементов как трассеров вихревого движения) с неменьшим основанием он определен как циклонический [Поярков, Гусарова, 1988]. С трудностями подобного плана автор сталкивался неоднократно при анализе океанографии вблизи подводных гор; теоретически они пока необъяснимы. Этот принцип неопределенности следует иметь в виду. С учетом этих предварительных замечаний рассмотрим опубликованные и имеющиеся в ТИНРО данные по океанографии горы Пулковская.

Не вызывает сомнения случай существования вихря Тэйлора - столба воды, жестко связанного с вершиной и имевшего резко

выраженные аномальные свойства. Такие вихри обусловлены в основном выплеском промежуточных вод за счет гидродинамики квазицилиндрического вихря, вращающегося над вершиной. Как отмечено в работе В.Ф. Козлова, В.Б. Дарницкого и М.И. Ермакова [1982] столбообразное возмущение водных масс над северной вершиной горы Пулковская в январе-феврале 1980 г. наблюдалось как по термохалинным характеристикам, так и по гидрохимическим элементам. Концентрация кремнекислоты в столбе воды над вершиной, например, была аномально высокой - 228-235 *мкг/л*, в окружающих фоновых значениях верхнего слоя океана она не превышала 96-150 *мкг/л*. Слой с концентрацией кремнекислоты 200-300 *мкг/л* занимал за пределами влияния горы, как и промежуточный гомохалинный слой, тот же диапазон глубин (300-600 *м*), но имел вертикальный всплеск в столбе воды над вершиной. Большая концентрация кремния в этом столбе воды по сравнению с фоновыми значениями хорошо прослеживается ниже верхнего слоя (с горизонта 50 *м*) вплоть до вершины горы (500-600 *м*), где его концентрация была в 2-3 раза выше фоновой на этих глубинах. Через месяц после первой съемки столб воды над северной вершиной был также легко наблюдаем, хотя термохалинные и гидрохимические параметры ядра несколько изменились. Детальные наблюдения в районе подводных гор разлома Элтанин позже выполнены НПС "Чарльз Дарвин" (ноябрь 1981 г.). Максимальная вихревая активность в этой экспедиции, как и в предыдущих, наблюдалась в районах горы Пулковская и гор хребта Геракл. Особенностью динамического режима вод у горы Пулковская было существование обширного антициклонического вихря с двумя ядрами. Вихрь, обтекавший двухвершинную гору против часовой стрелки, имел внутри на этот раз два столба Тэйлора различной высоты - по одному над каждой из вершин. Разница в высоте вершин (130 *м*), очевидно, обусловила различную интенсивность апвеллингов внутри вихрей. Судя по ходу изолиний равной концентрации биогенных элементов, разница в высоте столбов апвеллинговых вод составила около 250 *м* [Дарницкий, 1987а,б]; набегающий поток при этом имел западное направление.

Аналогичное явление наблюдалось в районе гор хребта Геракл (53° ю.ш.) с той разницей, что концентрация биогенных элементов в столбе воды над вершинами увеличивалась, в частности, концентрация кремнекислоты в верхнем 200-метровом слое возросла до 330-396 *мкг/л*. Последнее обстоятельство вызвано влиянием двух факторов: близостью в данном случае зоны Антарктической конвергенции, где количество кремнекислоты достигает максимума в Южном полушарии, и

увеличением высоты самого горного массива, состоящего из трех вершин, выходящих в верхней 200-метровый слой.

Блокирование над вершинами гор промежуточных антарктических вод с высоким содержанием биогенных элементов - явление довольно типичное для подводных гор ЮЗТО, возможно, благодаря режиму Антарктического Циркумполярного течения в этом океанском кольце оптимальному для возникновения вихрей Тэйлора. Например, анализ микросъемки (июль 1978 г. НПС "Каменское") также показал наличие повышенной концентрации биогенных элементов над горой Пулковская. На поверхности концентрация кремнекислоты в ядре площадью около 100 $мл^2$ над северной вершиной превышала фоновую на порядок, составляя более 200 $мкг/л$ в центре этого ядра. Концентрация фосфатов также превышала фоновую для этого района в несколько раз. Повышенные концентрации биогенов были более выражены над северной вершиной, т.е. имел место случай, аналогичный отмеченному в экспедиции НПС "Чарльз Дарвин": над каждой вершиной отмечались воды с аномально высокими концентрациями биогенов, но над южной изолированный столб прослеживался от вершины только до горизонта 250 $м$, а над северной он занимал весь полукилометровый слой воды, от вершины до поверхности (см. рис.2).

Таким образом, оказывается, что масштабы выноса биогенных элементов летом и зимой могут быть почти одинаковыми, хотя летом их фоновые концентрации из-за утилизации фитопланктоном оказываются гораздо меньшими.

Субантарктические воды с аномально высокими концентрациями биогенных элементов из промежуточных глубин (500-600 $м$) могут выноситься в пограничных слоях подводных гор в верхние горизонты, вплоть до фотического слоя, и в субтропических широтах Южного полушария (см., например, рис.2, в работе В.Б. Дарницкого с соавторами [1984]). При этом их блокирование над вершиной за счет динамики вихря Тэйлора наблюдалось, по крайней мере, в течение проведения синоптических съемок (несколько суток).

Для установления гидродинамических причин образования, существования или отсутствия в тот или иной момент вихрей Тэйлора требуются сведения о скорости набегающего потока АЦТ за пределами горы, которых в ТИПРО нет, а геострофические скорости также нельзя оценить из-за малого масштаба микросъемок.

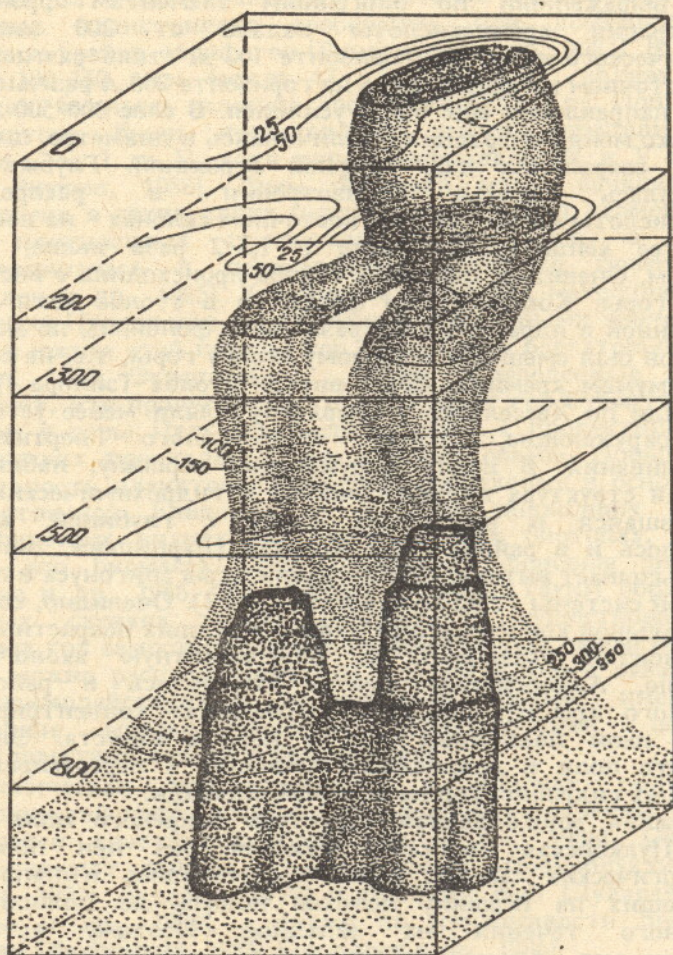


Рис.2. Блок-схема вертикального распределения биогенных веществ (Si) в вихре Тэйлора в районе горы Пулковская (в июле 1978 г. НПС "Каменское")

Вихри Тэйлора, безусловно, - неустойчивые структуры. Некоторые гидрофизические параметры, наблюдавшиеся в случае, представленном на рис.2, свидетельствуют об этом. Шлейф высокоминерализованных вод, распространявшийся в восточном направлении от столба, наблюдался в верхнем 50-

метровом слое, при этом западный сектор столба Тэйлора имел четко выраженный по биогенным элементам фронт, где концентрация кремнекислоты падала от 200 *мкг/л* до аналитического нуля. На горизонте 100 *м* столб размывался в юго-восточном направлении, а на горизонте 200 *м* размыв столба в этом направлении еще более усилился. В слое 300-500 *м* столб несколько менял очертания, увеличиваясь в диаметре, центр его, однако, сохранялся над северной вершиной. Глубже 800 *м* наблюдалась резкая анизотропия в распределении кремнекислоты на западном и восточном склонах - на восточном склоне ее концентрации были в 1,5-2 раза выше, чем на западном. Очевидно, подпитка столба происходила с восточного склона горы. Концентрация фосфатов в столбе хотя и была повышенной в ядре (в 1,5-2,0 раза выше фоновой), но максимум фосфатов был смещен к северному склону горы, т.е. не совпадал с максимумом кремния. Воды внутри столба Тэйлора (расчеты проводили по Хессельбергу-Свердрупу) были менее устойчивы, чем окружающие, из-за интенсивного вертикального перемешивания. В водах, окружающих вершину, наблюдалась ячеистая структура гидрологических и гидрохимических полей, изменявшаяся в различных слоях с глубиной, как это отмечалось и в районе горы Колахан [Дарницкий, Зигельман, 1986]. Вызывает интерес концентрация икры эпигоноса в пределах вихревой системы горы Пулковская (рис.3). Очевидно, сочетание вод с большой концентрацией икры и младших возрастных групп гидробионтов указывает на благоприятную экологическую ситуацию. Аналогичные факты отмечались в районе гор Гавайского хребта, где икра кабан-рыбы концентрировалась вблизи цепи подводных гор в период нереста. Эволюция вихревого поля в дальнейшем приводит к перераспределению пассивных гидробионтов на большей площади.

Сложная многоядерная структура вихревого поля вблизи горы Пулковская менялась каждый раз при повторении гидрологических съемок, при этом менялись и направления набегающих на вершину потоков вплоть до полной смены восточного течения на западное. Поэтому установить периодичность изменения вихревых систем при большой временной дискретности съемок в большинстве случаев весьма сложно.

Каким может быть период существования столбчатых структур? Рассмотрим съемку, выполненную НПС "Мыс Тихий" 9-17.07.78, т.е. за полмесяца до фиксации столба на НПС "Каменское" (20.07.-1.08.78). На фиксированной площади съемки три вихря вращались вокруг северной вершины, причем один из них (антициклон) был в состоянии отрыва: его центр удалялся в

южную часть съемки, а вытянутая хвостовая часть еще взаимодействовала с северной вершиной на западном склоне и сдвоенной вихревой парой противоположного знака, взаимодействовавшей с вершиной на восточном склоне. Антициклонический вихрь был ориентирован в меридиальном направлении, и его большая ось составляла 30 миль, малая - около 10, в то время как диаметры ячеек двойной вихревой циклонической пары не превышали 10 миль.

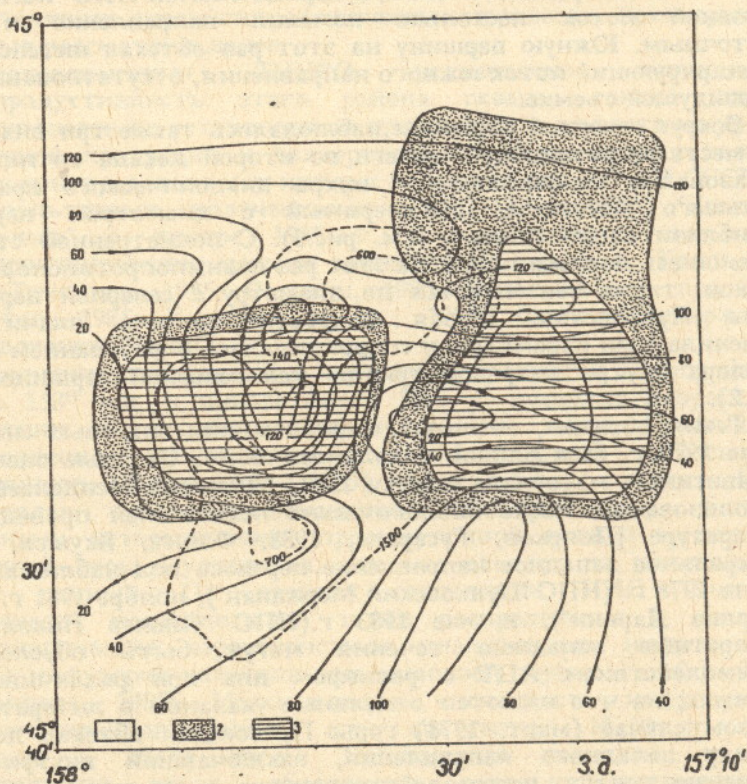


Рис.3. Географические течения и распределение икры эпигонуса в районе горы Пулковская 20.07-1.08.78. (НПС "Каменское"). Изменения штриховки от 1 до 3 соответствуют увеличению количества икры на лов икорной сетью

Такая форма вихря при соотношении осей 1:3 свидетельствует о потере им устойчивости [История ..., 1988]. По литературным

данным [История ..., 1988], условия устойчивости в антициклоническом вихре нарушаются раньше, чем в циклоническом. Именно этот случай и зафиксирован в период съемки НПС "Мыс Тихий". Такая ситуация наблюдалась в верхнем 250-метровом слое, глубже, с горизонта 300 до 600 м, с вершины взаимодействовало только два эллиптических вихря, а на горизонте 800 м осталась лишь ядро антициклона на юго-восточном склоне, вблизи более глубоководной (660 м) вершины горы Пулковская. Общее направление набегавшего потока при этом было северо-восточным. В период съемки НПС "Каменское" основной поток несколько изменил направление и стал восточным. Южную вершину на этот раз обтекал интенсивный меандрирующий поток южного направления, отсутствовавший на предыдущей съемке.

Вокруг северной вершины наблюдалось также три вихря. Но на месте эволюционировавшего во второй декаде антициклона образовался новый вихрь - вихрь циклонического вращения меньшего масштаба, соизмеримый с диаметром вершины (приблизительно 10 миль (см. рис.3). С подветренной стороны отмечалась вихревая пара, на этот раз взаимнопротивоположных знаков, также соизмеримая по диаметру с северной вершиной горы Пулковская. Новая вихревая система значительно изменила свои параметры и сопровождалась образованием столба Тэйлора внутри вихревой триады над северной вершиной (см. рис.2).

Таким образом, очевидно, период жизни вихревых систем в июле 1978 г. был близок к полумесячному. Сходные оценки на независимом материале съемки НИС "Дмитрий Менделеев", при использовании также биологических показателей проведены в литературе [Поярков, Гусарова, 1988; Флинт, Якушев, 1988]. Генеральное западное направление переноса вод наблюдалось в марте 1978 г. (НПС "Пулковский Меридиан"), ноябре 1981 г. (НПС "Чарльз Дарвин"), в мае 1983 г. (НПС "Пионер Николаева"). Возвратные западные течения могут быть обусловлены взаимодействием АЦТ с рельефом дна при различных его режимах, на что имеются отдельные указания в литературе. В первом случае (март, 1978) горы Пулковская обтекал дельта-меандр западного направления, заключавший внутри себя вихревую триаду, взаимодействовавшую с северной вершиной. Дельта-меандр имел асимметричное распределение скоростей - северная ветвь при взаимодействии с вершиной имела скорости до 75 см/с, южная - 40 см/с. Во втором случае (ноябрь, 1981 г.) двухъядерный антициклонический вихрь был соизмерим со всей двухвершинной горой, т.е. в 3-4 раза превышал наблюдавшиеся до этого вихри. В период выполнения последней съемки (май, 1983 г.) картина вихревого поля также отличалась от

предыдущих: два циклонических вихря - один на восточном склоне северной вершины, другой на северном склоне южной вершины в сочетании с меандром змееобразной формы, обтекающим обе вершины и оба вихря, - наблюдались до глубины вершин, а глубже 800 м гору обтекал поток против часовой стрелки.

Как видно из краткого описания геострофических течений, пространственная структура вихревого поля на синоптических интервалах гидрологических съемок носит сложный характер, однако и она не полностью отражает все взаимодействия в происходящих здесь гидрофизических процессах, некоторые из которых рассмотрим далее.

Исследованиями ТИНРО установлена повышенная рыбопродуктивность этого района океана, однако тонких экспериментов по установлению причин этого эффекта на уровне первичной продукции и бактериопланктона не проводилось. В этом плане представляют интерес исследования ИО АН СССР.

Результатами, полученными в ЮЗТО на НИС "Дмитрий Менделеев" в январе 1985 г. и касающимися элементов биопродуцирования живого вещества [Ведерников, Коновалов, 1985; Туманцев, 1985; Сорокин, 1985; Виноградов и др., 1985; Бархатов, 1985; Воронина и др., 1985], были подтверждены исследования ТИНРО.

Изучение распределения первичной продукции и хлорофилла вдоль 158° з.д. в январе-марте 1985 г. показало возрастание продукции в столбе воды в районе горы Пулковская, обусловленное увеличением удельной скорости фотосинтеза [Ведерников, Коновалов, 1985], этот эффект может быть обусловлен квазипериодическим блокированием богатой биогенами антарктической промежуточной водной массы над вершиной горы Пулковская, как это следует из приведенных выше данных. По данным экспедиции НИС "Дмитрий Менделеев", исследовавшей также распределение и эколого-физиологические характеристики планктонных инфузорий в ЮЗТО, инфузории населяли весь диапазон глубин - от 0 до 200 м (Туманцева, 1985). Максимальная численность инфузорий в верхнем квазигомогенном слое составляла 10-20 тыс. экз/л, биомасса - 20-70 мкг/м³. Наблюдения показали, что во фронтальных зонах образуются локальные повышенные концентрации инфузорий, приуроченные или непосредственно к фронтальным разделам, или к прилегающим областям [Туманцева, 1985]. Аналогичный эффект обнаружен над горой Пулковская. Контакт апвеллинговых вод с фоновыми поверхностными водными массами приводит к образованию локализованных у вершин подводных гор вторичных фронтов

часто концентрической формы, поэтому фронтогенетические явления проявляются и здесь.

В центральной части субарктической зоны время генераций инфузорий составляло в среднем 27 ч, в зоне Субтропического фронта оно возрастало в среднем в 1,5 раза. Время деления было наименьшим 15-26 ч. Водоросли составляли основную часть содержимого пищеварительных вакуолей. Массовые виды микропланктона (50 видов), формировавшие подавляющую часть биомассы инфузорий в слое 0-200 м, удовлетворяли свои энергетические затраты, потребляя только один вид корма - фитопланктон. Инфузории формировали существенную часть всей биомассы гетеротрофного микропланктона, а популяции массовых видов обладали высокими репродукционными способностями. Эти характеристики имели максимум в районе горы Пулковская такого же порядка, как и на главных фронтах, т.е. в данном случае характеристики вторичных фронтов по биологическим параметрам сопоставимы с таковыми климатических фронтов Южного океана.

По наблюдениям Ю.И. Сорокина [1985], интенсивность потребления минерального фосфата бактериопланктоном ниже слоя сезонного термоклина обычно убывает в 2-5 раз, однако в субантарктике, где сезонный термоклин выражен слабо, скорость потребления фосфата, как правило, мало менялась до глубин 150-200 м [Сорокин, 1985]. Это характерно и для подводных гор, где термоклин разрушается апвеллингом.

Таким образом, при наличии постоянного пересыщения вод биогенными элементами в локализованных очагах вблизи вершин подводных гор существуют возможности удвоения биомасс первичных продуцентов во всем верхнем 200-метровом слое ежесуточно. Значимость этих явлений в увеличении общей биомассы следующих трофических уровней очевидна. Повышение рыбопродуктивности в районах подводных возвышенностей связано с увеличением концентрации биогенов в фотическом слое окружающих вод за счет апвеллингов промежуточных вод, где биогенных элементов значительно больше, чем в верхнем 200-метровом слое, и, следовательно, может возрасти толщина слоя, благоприятного для питания бактериопланктона. Изучение распределения биомассы мезопланктона на разрезе вдоль 158° з.д., пересекавшем район горы Пулковская в январе 1985 г., показало, что в полосе от 57 до 27° ю.ш. имеются три области повышенной биомассы планктона слоями максимальных концентраций более 100, 250 и 500 мг/м³. Одна из них (в южной части разреза) была связана с антарктическими водами и зоной Антарктической конвергенции; вторая наблюдалась в центральной части Субантарктического района у группы гор, вблизи горы Пулковская, и третья - на южной границе

Субтропического фронта. Эти скопления планктона были образованы за счет увеличения биомассы всех трофических группировок планктонного сообщества при доминировании грубых фильтратов-эврифагов [Виноградов и др., 1985]. В полосе шириной 100-150 миль между 47 и 45-44° ю.ш., вблизи горы Пулковская, биомасса калянуса достигала 700 мг/м³. Популяции мезопланктона были представлены всеми копепоидитными стадиями - от I до V, хотя явно преобладали IV и V стадии [Флинт, Якушев, 1988]. Днем основная масса рачков была сосредоточена в узких слоях непосредственно под термоклином или в плотностных ступеньках внутри него, а ночью рассредотачивалась в перемешанном слое до поверхности [Виноградов и др., 1985]. Увеличение биомассы макропланктона вблизи горы Пулковская, по сравнению с фоновыми значениями севернее и южнее этой группы гор, отмечалось Бархатовым и др. [Бархатов, 1985; Экосистемы ..., 1988]. Приведенные данные показывают, что продуктивность подводных гор Субантарктики с центром у горы Пулковская сопоставима с продуктивностью климатических фронтальных зон Южного океана. Повышенная продуктивность планктона, очевидно, происходит в основном в непосредственной близости от вершин подводных гор в топографических вихрях как элементарных биотопах, и, как правило, его биомасса здесь превышает фоновые значения [Болдырев и др., 1986; Экосистемы ..., 1988]. Таким образом, в отдельных случаях можно говорить о существовании у подводных гор самостоятельных полузамкнутых экосистем. Эти выводы можно распространить на районы Южного океана, где АЦТ взаимодействует с подводными горами, имеющими аналогичные морфометрические характеристики, особенно вблизи климатических фронтальных зон.

Биологическая продуктивность в районах подводных возвышенностей часто хотя и выше фоновых значений, однако не является константой [Болдырев и др., 1986]. Об этом свидетельствуют данные по изменениям рыбопродуктивности [Павлова, 1979; Дударев, 1979] и питания рыб [Дударев, 1979; Болдырев и др., 1981], а также по изменчивости биомассы планктона [Дарницкий, 1985; Болдырев и др., 1986].

Рассмотрим некоторые возможные причины изменчивости биологической продуктивности с позиции обеспечения верхнего слоя океана биологическими элементами из промежуточных и глубинных вод, вынос которых в верхний фотический слой океана, как показали расчеты, в районе банки Уанганелла изменяется во времени [Дарницкий и др., 1984].

Интегральные запасы биогенных элементов в пограничном слое банки Уанганелла могут существенно меняться как от сезона к сезону, так и от года к году в одни и те же сезоны. За

период наблюдений в районе банки выделялись один разко выраженный максимум (июль 1976 г.) и два минимума (декабрь 1975 г., октябрь 1976 г.). Концентрации фосфатов и кремния изменялись синхронно в слоях от 0-100 до 0-1000 м. Амплитуда колебаний содержания биогенных веществ возрастала с увеличением вертикальной мощности слоев, колебания были почти синхронными в слоях, ограниченных стандартными горизонтами от 0-50 до 800-1000 м, следовательно, эти колебания были вызваны одними и теми же гидрофизическими причинами для всего исследованного слоя. Так, в декабре 1974 г. в слое 0-200 м кремния было в 4 раза больше, чем в декабре 1975 г. В декабре 1974 г. наблюдалась и наибольшая масса мезопланктона (15900 мг/м^3) и, соответственно, была лучше промысловая обстановка, чем в декабре 1975 г. [Дударев, 1979]. Интересно, что аналогичную связь, но в других временных масштабах в районе горы Пулковская обнаружил Бек-Булат [1988] при проведении научно-поисковых работ.

Постоянного хорошего совпадения максимумов общей промысловой продуктивности с увеличением интегральных запасов биогенных веществ ожидать трудно, так как между максимумом содержания биогенов и максимумом биомассы экосистемы, в том числе промысловой популяции, должен существовать определенный промежуток времени. Установление его величины - задача будущих исследований. Здесь лишь заметим, что этих наблюдений было недостаточно для обнаружения очередной вспышки биологической продуктивности, последовавшей за максимумом содержания биогенов, отмеченного в июле 1976 г. Однако, очевидно, в одни и те же сезоны или календарные сроки наблюдений уровень интегральных запасов биогенных элементов может значительно варьировать, изменяя таким образом и уровни продуцирования как фито-, мезо- и макропланктона, так и в общем живого вещества различных трофических уровней в районах подводных гор. Важен также вопрос о том, какова доля продукции, уносимой из района в потоке АЦТ. Этот аспект не исследован вообще. Большое влияние на локальную продуктивность вод вблизи подводных гор ЮЗТО должны оказывать адвекция водных масс и связанные с ней смещения и меандрирование основных климатических и вторичных фронтальных зон.

Расчеты показывают, что процессы, происходящие в пограничных слоях у подводных возвышенностей, ввиду их значительной динамичности, связанной с изменчивостью потоков биогенных элементов в промежуточные и верхний фотический слой океана, должны в дальнейшем учитываться [Дарницкий и др., 1984].

В пользу этого свидетельствуют эксперименты, выполненные в 34-м рейсе НИС "Дмитрий Менделеев" по изучению влияния глубинной воды на продукцию поверхностного фитопланктона. Глубинная вода, поднятая с горизонта 600 м, богатая биогенами, смешивалась в различных пропорциях (1/8; 1/4; 1/2) с поверхностной водой, отличающейся низким содержанием биогенных элементов [Ведерников, Коновалов, 1985]. В конце экспозиции, длившейся восемь сут., в проточном аквариуме первичная продукция в различных вариантах с добавлением глубинной воды возрастала в 10-70 раз, в то время как в контрольной пробе - лишь в 2,7 раза [Ведерников, Коновалов, 1985].

В периоды всплеск развития диатомового планктона содержание кремния в эвфотическом слое уменьшается в десятки раз и скорость фотосинтеза лимитируется за счет низких концентраций биогенов. Повышенное содержание биогенов в районах подводных возвышенностей приводит к увеличению ассимиляционной активности фитопланктона, обусловленной улучшением условий минерального питания. Естественно ожидать увеличения продукции на втором и третьем трофических уровнях, что и наблюдается: повышение биомассы мезо- и макропланктона и концентрации популяций рыб или их отдельных группировок у подводных гор [Павлова, 1979; Дударев, 1979; Болдырев и др, 1981; Бек-Булат, 1988].

Крупномасштабный вынос антарктических промежуточных вод в верхние слои океана, наблюдавшийся в районах банки Уанганелла и горы Пулковская, не является региональным эффектом, свойственным только этим горам, а характерен для районов ЮЗТО со сложным подводным рельефом. Об этом свидетельствуют данные, полученные в марте 1978 и 1980 гг. на разрезах протяженностью около 1000 миль (между 37 и 55° ю.ш., вдоль оси подводных гор разлома Элтанин [Маркина, Дарницкий, 1982; Дарницкий, Жигалов, 1989]. Анализ разреза показал, что распределение солености в пределах промежуточных вод в 1978 и 1980 гг. резко различалось. В марте 1980 г. слой промежуточного минимума солености располагался значительно выше среднемноголетнего положения и среднего уровня 1978 г. Характерные для слоя минимума изохалины 34,0-34,3‰ наблюдались в этом году в диапазоне глубин 200-600 м, а на отдельных участках разреза над подводными горами слой минимума солености резко поднимался в вышележащие горизонты и достигал приповерхностных вод 20-50 м. Этот подъем изохалин был наиболее ярко выражен над подводными горами, что, очевидно, объясняется действием апвеллинга и последующим блокированием промежуточных вод пониженной солености в вышележащих горизонтах. Распределение биогенных

элементов (фосфора и кремния) на разрезе также свидетельствовало о крупномасштабных явлениях, которые вызывали подъем высокоминерализованных промежуточных вод в верхние слои океана. Наиболее отчетливо этот эффект проявлялся в вихревых системах над подводными горами, где подъем промежуточных вод составлял 500-700 м, т.е. в масштабах, характерных для планетарных климатических фронтальных зон. В результате этого в 1980 г. промежуточные воды с высоким содержанием минеральных солей располагались значительно ближе к поверхности, а поверхностный и верхний фотический слой океана были обогащены биогенными элементами соответственно в большей степени, чем в 1978 г. Очевидно, наблюдавшиеся эффекты могут управлять процессами биопродуцирования гидробионтов не только в верхнем фотическом слое, но и в промежуточных слоях, что впоследствии должно отражаться на следующих звеньях экосистем Южного океана. При этом эти явления должны проявляться на гораздо больших площадях в зональном направлении, а не только вблизи подводных гор.

Крупномасштабный подъем промежуточных вод, обнаруженный в процессе полигонных измерений и на разрезах, сопровождается квазипериодическими апвеллингами меньших масштабов - на синоптическом, суточном и внутрисуточном временных масштабах.

Для изучения короткопериодной изменчивости океанологических процессов в районе горы Пулковская проводили следующие работы:

1) выполнена шестисуточная станция над северной вершиной с дискретностью наблюдений 6 ч (НПС "Мыс Бабушкина", 22-27.04.80). Проводили наблюдения за температурой воды, содержанием растворенного кислорода и концентрацией биогенных элементов (фосфатов и кремнекислоты). Одновременно с выполнением гидрологических станций определяли биомассу сетного планктона в слое 100-0 м;

2) с суточной дискретностью (один раз в сутки) проводили гидрологическую станцию в течение 10 сут над центром северной вершины (НПС "Экватор" 7-16.05.80). Определяли температуру, соленость и концентрацию кислорода;

3) в декабре 1986 г. с суточной дискретностью 10 раз был повторен разрез протяженностью 13 миль (НПС "Чарльз Дарвин", в феврале-марте 1987 г.), этим же судном был повторен разрез еще 3 раза с разрывом 3 и 4 сут, протяженностью 50 миль через северную вершину горы Пулковская. На суточных станциях наблюдения проводили до глубины вершины - 500 м, а на разрезе - до горизонта 1500 м. Был выполнен полный комплекс измерений температуры, солености, концентрации кислорода,

фосфатов, кремнекислоты и биомассы планктона до глубины 600 м.

Разнопериодная динамика океанологических процессов на указанных временных масштабах, по данным перечисленных наблюдений, выглядит следующим образом. В процессе выполнения шестисуточной станции атмосферное давление изменялось в широких пределах с амплитудой 28 мм (989-1017) за весь период наблюдений. Локальной зависимости поля ветра от атмосферного давления в районе над горой Пулковская не наблюдалось, однако с понижением атмосферного давления значительно снижалась температура воздуха.

Колебания биомассы мезопланктона характеризовались в основном суточной ритмикой. Максимальная биомасса была 22 апреля в 22 ч - 128 мг/м³. В этот же период отмечались наибольшие температура воды на поверхности (11,7°C), концентрация кислорода (6 мг/л) и биогенных элементов (22 мкг P/л и 115 мкг Si/л). В остальные сроки максимальная биомасса мезопланктона отмечалась также в темное время суток (не более 105 мг/м³), днем она снижалась до 30-50 мг/м³. Амплитуда колебаний биомассы мезопланктона в среднем составляла около 70-100 мг/м³.

Внутрисуточные колебания температуры воды прослеживались во всем 500-метровом слое. Максимальная амплитуда колебаний (1,8°C) наблюдалась на горизонте 75 м, а с увеличением глубины и в верхних горизонтах происходило уменьшение амплитуды внутренних волн. Максимум амплитуды из-за недостаточной дискретности наблюдений, возможно, не зарегистрирован. В спектре энергии волновых движений преобладали нерегулярные суточные и полусуточные колебания, связанные с внутренними волнами приливных периодов.

В период повышения атмосферного давления с 04 и 24 апреля до 10 и 25 апреля наблюдалось понижение температуры воды в верхнем 50-метровом слое на 0,3°C. При этом абсолютное содержание кислорода в слое 0-300 м увеличивалось на 0,2-0,4 мг/л, а концентрация биогенных элементов уменьшилась: фосфатов - на 4 мкг/л, а кремния - от 150 мкг/л до аналитического нуля. Причиной этого явления могло быть опускание вод в центре проходившего над районами антициклона.

Со значительной внутри- и межсуточной изменчивостью биогенных элементов - фосфатов и кремнекислоты - контрастировала небольшая изменчивость содержания растворенного кислорода, максимум амплитуды внутрисуточных изменений которого (0,4-0,5 мг/л) наблюдался во всем верхнем 400-метровом слое только в первые сутки наблюдений. Затем, в течение двух суток, волновых колебаний в содержании кислорода почти не наблюдалось. Усиление волновых движений в

промежуточных слоях (100-400 м) вновь произошло на четвертые-пятые сутки, которые по модулю были гораздо ниже колебаний в первые сутки наблюдений.

Наибольшими были волновые колебания в концентрациях кремнекислоты и фосфатов. Максимальная их интенсивность наблюдалась в промежуточных слоях (200-500 м). Наибольшая амплитуда изменчивости концентрации кремнекислоты при этом составляла 180 мкг/л на горизонте 200 м, увеличиваясь далее до 275 мкг/л в слое 300-350 м, 285 мкг/л на горизонте 400 м и 300 мкг/л на горизонте 450 м; на горизонте 500 м происходило уменьшение амплитуды колебаний до 250 мкг/л. На колебания суточного и полусуточного периодов накладывалась уединенная волна двухсуточного периода во второй половине серии измерений (рис.4,А), которая может интерпретироваться как захваченная волна Кельвина [Дарницкий, 1988].

Аналогично происходили межсуточные и внутрисуточные колебания концентраций фосфатов, амплитуда которых возрастала с глубиной, однако максимум амплитуды (24 мкг/л) был смещен относительно максимума амплитуды колебаний содержания кремнекислоты вверх и расположен на горизонте 100 м. Вторичный максимум амплитуды (17 мкг/л) наблюдался на горизонте 400 м. Заметим, что максимум амплитуды изменчивости концентрации кремнекислоты наблюдался несколько ниже - на горизонте 450 м. Колебания концентрации фосфатов также отражали волновые движения суточного и полусуточного периодов, на них накладывались уединенные волны больших периодов, которые, однако, не были когерентны с волновыми движениями, отраженными по концентрации кремнекислоты (см. рис.4,Б).

Межсуточная динамика океанологических полей в период выполнения десятисуточной станции вызвала значительную изменчивость термохалинных характеристик и их производных, причем на различных горизонтах она оказалась различной. Максимальной амплитуды изменения температуры, солености, условной плотности и частоты Вьясяля - Брента достигали на горизонте 75 м. Динамические высоты испытывали наибольшую изменчивость в слое 75-250 м. Максимальная изменчивость термохалинных характеристик на горизонте 75 м, как и на шестисуточной станции, обусловлена колебательными процессами в сезонном термоклине. С глубины 75 м и до 500-метрового горизонта по ходу термохалинных характеристик хорошо прослеживаются волны двухсуточного периода, амплитуда которых уменьшается в слое 100-200 м, затем вновь возрастает в слое 250-400, иногда 250-500 м и в слое 20-50 м.

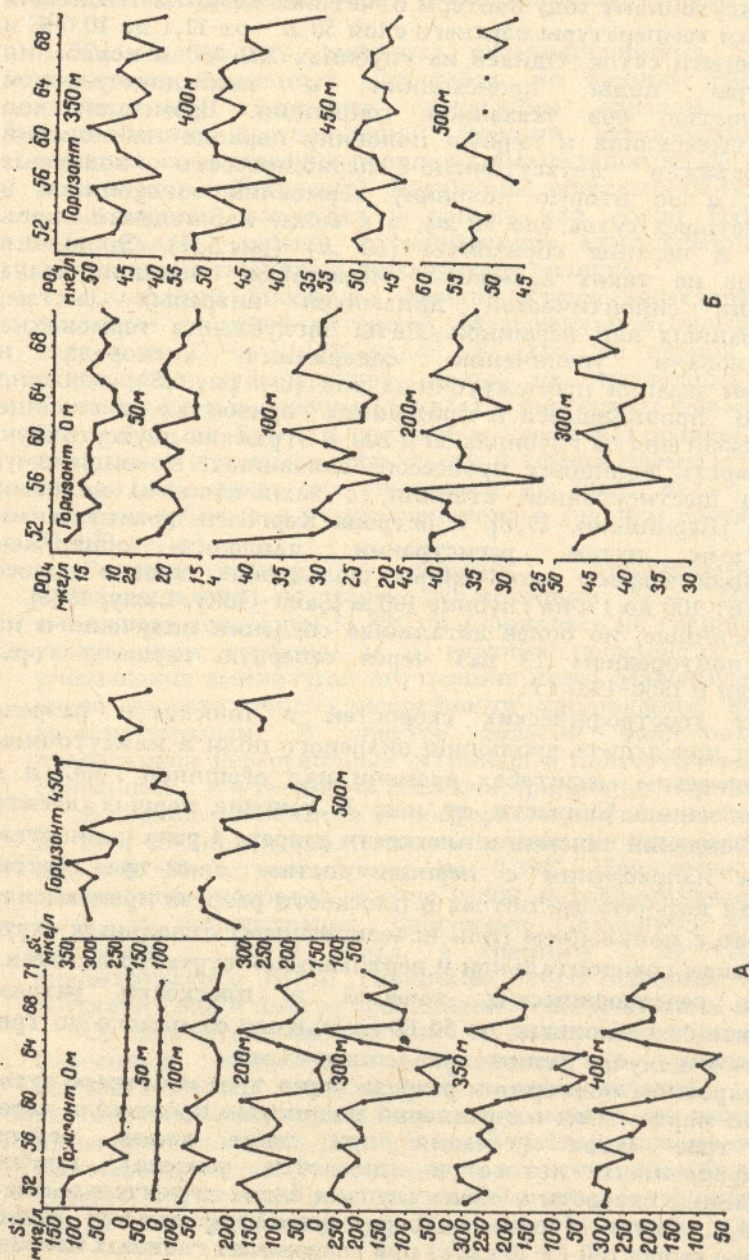


Рис. 4. Колебания концентраций кремния (А) и фосфатов (Б) в период выполнения многоточечной станции в районе горы Пулковская (разлом Элтанги) в экспедиции НПС "Мыс Бабушкина" 22-27.04.80

По межсуточному ходу изотерм отчетливо заметна тенденция уменьшения температуры верхнего слоя 50 м - от 11,1 до 10,6°C в течение десяти суток. Однако на глубинах 200-450 м колебания температуры воды происходили с квазидвухсуточной периодичностью без указанной тенденции. Временной ход глубины термоклина в первую половину периода наблюдений также отражал двухсуточную периодичность волновых процессов, а во вторую половину термоклин заглублялся в течение четырех суток (до 90 м), а к концу наблюдений вновь поднялся в верхние горизонты (60 м) (рис.5,А). Эволюция термоклина на таких временных масштабах, очевидно, была обусловлена синоптической динамикой вихревых систем, локализованных над вершиной. Даты заглубления термоклина соответствовали увеличению содержания кислорода и устойчивой аэрации промежуточных вод (см. рис.5,Б), особенно отчетливо проявившееся в придонных горизонтах на глубине 450 м. Изоксигены на глубинах 50 и 200 м отражали двухсуточную периодичность волновых процессов, связанных, по-видимому, как и на шестисуточной станции, с захваченными волнами Кельвина [Дарницкий, 1988]. У острова Кергелен французскими океанологами путем регистрации давления обнаружен аналогичный эффект захваченных шельфовых волн в полосе периодов от 100 до 1 ч на глубине 100 м [Saint-Gully, Lamy, 1988].

Аналогичные, но более детальные сведения получены и на разрезе, повторенном 13 раз через северную вершину горы Пулковская в 1986-1987 гг.

Расчет геострофических скоростей в плоскости разреза позволяет проследить эволюцию вихревого поля в межсуточном и синоптическом масштабах времени над вершиной горы и в непосредственной близости от нее. В течение первых десяти суток наблюдений течения в плоскости разреза 4 раза полностью изменили направления с периодичностью одни-трие суток. Частичная деформация потока в плоскости разреза происходила ежесуточно с появлением (или исчезновением) отдельных струй и изменением горизонтальной и вертикальной структур потоков. Скорости геострофических течений в плоскости разреза изменялись от нескольких до 50-60 см/с, имея от одного до трех максимумов в случае разнонаправленных струй.

При трехкратном повторении разреза через трие и четверо суток в феврале-марте смена направлений полностью произошла через первые трие суток (течения при этом имели четыре разнонаправленных потока в плоскости разреза), причем максимальные скорости в обоих случаях были значительными - 40-50 см/с. Затем (через четверо суток) произошло резкое ослабление скоростей (5-10 см/с) при сохранении главных направ-

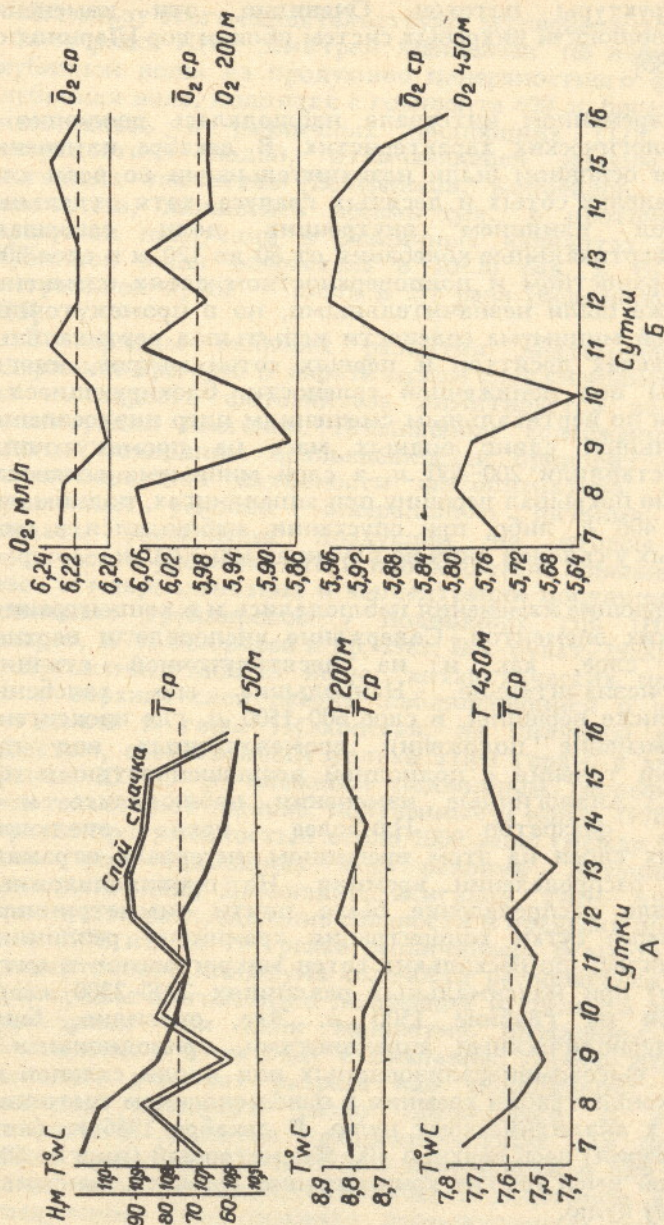


Рис.5. Межсуточная изменчивость температуры воды и глубины слоя скачка (А) и содержания кислорода (Б) на десятисуточной станции в районе горы Пулковская (45°17 ю.ш., 157°32 з.д.) (07-16.05.80) в экспедиции на НПС "Экватор"

лений и структуры потоков. Очевидно, эти изменения обусловлены эволюцией вихревых систем вблизи гор [Дарницкий, Зигельман, 1986].

На этом временном интервале наблюдалась эволюция и других океанологических характеристик. В декабре изменения температуры в основном были незначительными во всем слое 1500 м - в пределах сотых и десятых градуса, хотя отдельные изотермы под влиянием внутренних волн совершали межсуточные вертикальные колебания от 80 до 120 м в слое 300-500 м. В поверхностном и подповерхностном слоях изменения солености также были незначительными, но в промежуточных горизонтах слой минимума солености испытывал вертикальные сдвиги в пределах десятков и первых сотен метров, иногда образуя линзы вод пониженной солености, блокирующиеся у вершины. Судя по вертикальным смещениям ядер низкосоленых вод, вертикальный сдвиг водных масс на промежуточных горизонтах составляли 200-400 м, а слой минимума солености либо полностью покрывал вершину при апвеллингах, поднимаясь до горизонта 400 м, либо, при опускании, наблюдался в виде локализованных у склонов линз на глубинах 600-1200 м.

Соответствующие изменения наблюдались и в концентрациях гидрохимических элементов. Содержание кислорода в верхнем 400-метровом слое, как и на десятисуточной станции, изменялось незначительно. Наибольшие его колебания наблюдались ниже вершины, в слое 600-1500 м, где изоксигены отражали изменение положения промежуточных вод при взаимодействии течения с подводной возвышенностью и при подъеме вод. Аналогичные изменения наблюдались и в концентрации фосфатов. Наиболее ярко эволюцию промежуточных слоев на этом временном интервале отражали изменения в распределении кремния. На противоположных склонах вначале распределение было почти симметричным, однако уже через сутки концентрация кремния у различных склонов изменялась до нескольких сотен микрограммов в литре (130-800 мкг/л) при максимальных различиях 2000-2300 мкг/л, наблюдавшихся на глубине 1500 м. Это, очевидно, было обусловлено периодическими апвеллингами, приводившими к подъему линз высокоминерализованных вод вдоль склонов на вершину, где концентрации кремния в невозмущенном состоянии были близки к аналитическому нулю. В декабре 1986 г. (лето Южного полушария) весь верхний 400-500-метровый (иногда 600-метровый) слой имел низкие концентрации кремния, близкие к аналитическому нулю.

Однако в периоды действия апвеллингов в этом слое появлялись линзы высокоминерализованных вод с концентрацией кремния в ядрах до 200-500 $\mu\text{кг/л}$, которые поднимались вдоль склонов, а затем наблюдались над вершиной до горизонтов 200-300 м. Иногда высокоминерализованная линза накрывала вершину в виде купола, имея максимум концентрации над пиком вершины, либо чечевицеобразные линзы были локализованы над верхними склонами или центром вершины, выделяясь замкнутыми изолиниями на фоне вод низкой концентрации кремния (рис.6). Наблюдалось также обогащение вод минеральными солями в слое 400-600 м вдоль всего разреза. Появление линз на десятисуточном разрезе было отмечено три раза, купола - один раз и общее фоновое повышение в промежуточном слое - один раз. Эти эффекты, очевидно, отражали различную интенсивность апвеллингов. Подпитка промежуточных вод глубинными водами происходила в среднем в течение половины всего периода наблюдений приблизительно с квазидвухсуточной периодичностью.

В распределении мезопланктона на разрезе также отмечено изменение его структуры и общей биомассы по слоям, что в немалой степени было, очевидно, обусловлено изменением локальной гидрологической структуры вод (рис.7).

Нами приводились соответствующие данные и была высказана гипотеза [Дарницкий, 1979], что перераспределение планктонных сообществ вблизи подводных гор и промысловая обстановка в значительной степени связаны с вихревой активностью и эволюцией вихревых систем. Эволюция и динамика топографических вихревых систем к настоящему времени изучены в гораздо большей степени, чем эволюция планктонных сообществ [Дарницкий, Старицын, 1978; Дарницкий, Мишанина, 1981, 1983; Дарницкий, 1979; Безруков, Дарницкий, 1979; Дарницкий, Зигельман, 1986]. Тем не менее эта гипотеза была подтверждена полученными позже конкретными данными [Бек-Булат, 1988] при сопоставлении гидробиологических и промысловых результатов. Г.З. Бек-Булату удалось проследить прямую связь между изменениями среднесуточных выловов и колебаниями суммарной биомассы мезопланктона: падение выловов приходилось на дни, когда отмечалось уменьшение биомассы планктона, и наоборот. Очевидно, короткопериодная динамика вихревых систем и волновых движений обуславливали перераспределение планктонных организмов как в данном случае, так и в других аналогичных районах океана [Дарницкий, 1979; Болдырев и др., 1981; Дарницкий, Мишанина, 1981; Болдырев и др. 1988].

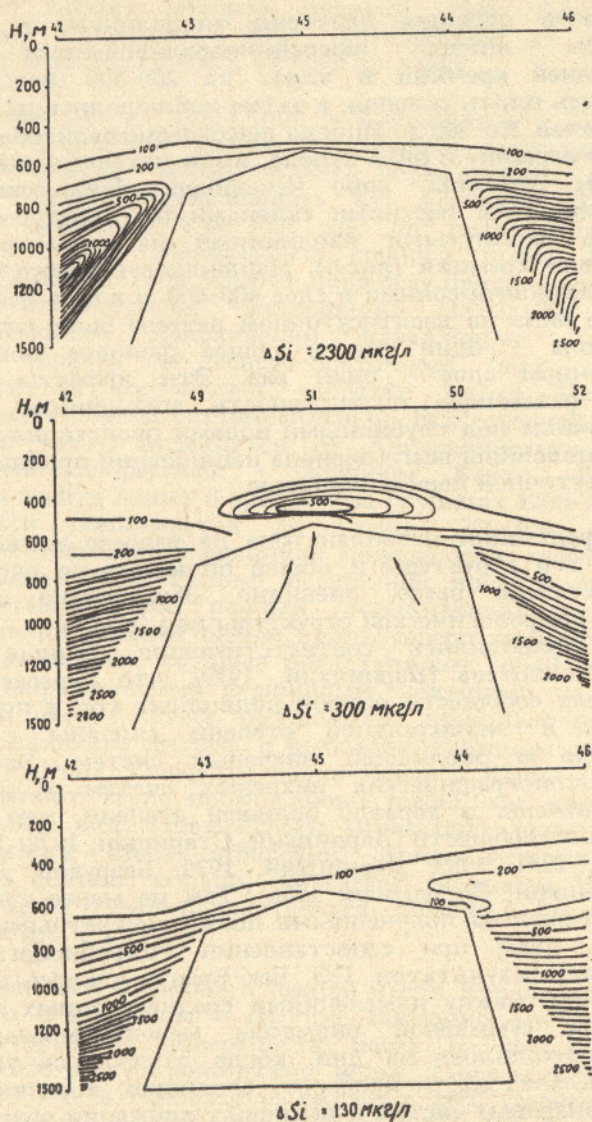


Рис.6. Вертикальное распределение кремнекислоты на трех последовательно повторяющихся разрезах в середине периода выполнения десятисуточного разреза. ΔSi - разница концентраций кремнекислоты в придонных горизонтах на противоположных склонах в период выполнения разрезов

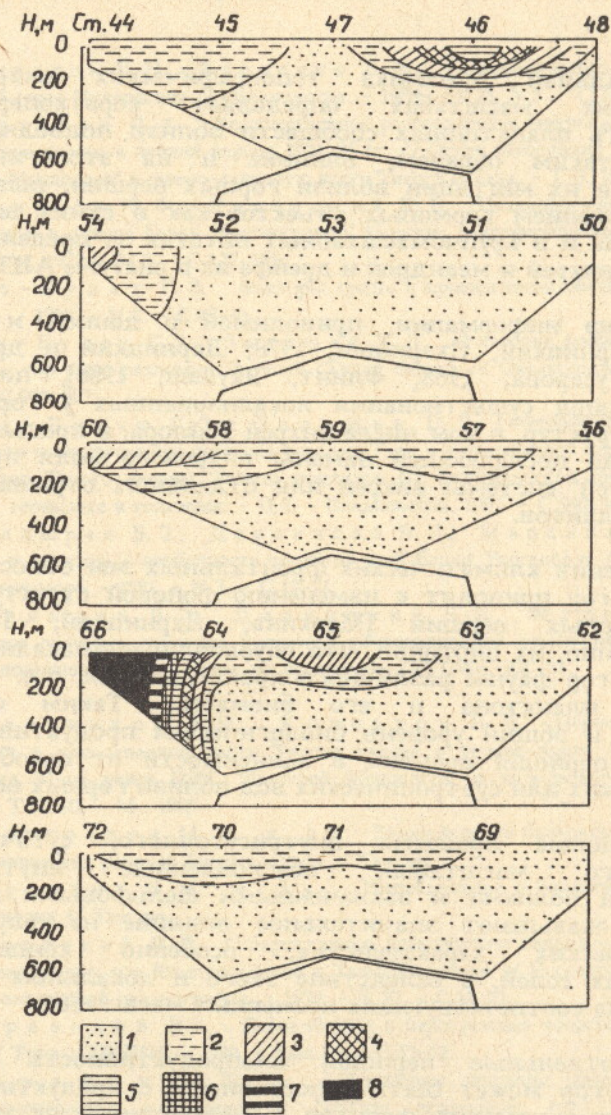


Рис. 7. Изменение структуры планктонных сообществ (по общей биомассе) на десятисуточном разрезе в течение пяти суток. Изменение градаций от 1 до 8 соответствует увеличению биомассы от 0 до 100 мг/м^3 и более

Выводы

1. Локальная динамика топографических вихрей на синоптических масштабах определяет короткопериодную изменчивость планктонных сообществ вблизи подводных гор, оказывая, таким образом, влияние и на этологию рыб, обуславливая их миграции вблизи горных вершин, вызванные перераспределением кормовых объектов как в самих вихревых системах, так и в крупномасштабных потоках за пределами гор при отрыве вихрей и меандров и дрейфе их в системе АЦТ.

2. Анализ информации, приводимой в данной и других работах [Дарницкий, Старицын, 1978; Дарницкий и др., 1984; Поярков, Гусарова, 1988; Флинт, Якушев, 1988], позволяет оценить период существования локализованных у гор ЮЗТО вихревых структур, в том числе вихрей Тэйлора, в пределах от 10 до 30 сут до последующей замены вихревого поля при сносе "отработавшей" системы вихрей или отдельных отрывающихся вихрей-сателлитов.

3. Смещения климатических фронтальных зон относительно подводных гор приводят к изменению фоновой структуры вод вблизи горных вершин [Маркина, Дарницкий, 1982] и, соответственно, их биотопов, что обуславливает локализацию у подводных гор фауны различного происхождения, т.е. видовой структуры планктона и его биомассы. Таким образом, изменяется и общий уровень биологической продуктивности в различные периоды времени в зависимости от преобладания субарктических или субтропических вод вблизи горных вершин.

4. Волновые процессы внутрисуточного, суточного и межсуточного масштабов, обусловленные внутренними приливными волнами и захваченными шельфовыми волнами Кельвина, оказывают значительное влияние на флуктуации океанологических характеристик, особенно концентрации минеральных солей, а вследствие этого и локальных биомасс планктона на соответствующих временных масштабах.

5. В отдельные периоды биопродуктивность районов подводных гор может быть сопоставимой с продуктивностью главных климатических фронтов и независимой от них. Это обусловлено выносом больших объемов вод с высокой концентрацией биогенных элементов в промежуточные и фотический слои океана вблизи подводных гор.

Список использованной литературы

- Агапитов Е. Н., Гриценко А. М. Гидрофизические условия в районе подводной горы Пулковская // *Океанология*. - 1988. - Т.28, N 5. - С.748-751.
- Бархатов В. А. Количественное распределение макропланктона в южной части Тихого океана в летний период 1984-85 гг. // *Отчет экспедиции 34-го рейса НИС "Дмитрий Менделеев" в северо-западную часть Тихого океана*. - Т. II, III. - М., 1985
- Безруков Ю. Ф., Дарницкий В. Б. Океанологические условия и их изменчивость в районе банки Уанганелла // *Морские гидрофизические исследования*. - Севастополь, 1979. - N 3. - С.177-185.
- Бек - Булат Г. З. Факторы среды и промысловая обстановка // *Рыбное хозяйство*. - 1988. - N 8. - С.45-46.
- Бек - Булат Г. З., Залишак В. Л. О находке фосфорита на одной из подводных гор зоны разломов Элтанин (Тихий океан) // *Океанология*. - 1985. - Т.25, вып.6. - С.993-997.
- Бек - Булат Г. З., Залишак В. Л. Геоморфология и некоторые особенности геологического строения разлома Тари в юго-западной части Тихого океана // *Геология Тихого океана: Тезисы докладов III Тихоокеанской школы по морской геологии, геофизике и геохимии*. - Ч.2. - Владивосток, 1987. - С.140-141.
- Болдырев В. З., Дарницкий В. Б., Маркина Н. П. Условия обитания и некоторые особенности экологии рыб банки Уанганелла (Тасманово море) // *Биология моря*. - 1981. - N 2. - С.15-21.
- Болдырев В. З., Дарницкий В. Б., Муравьева О. Е. Прикладное значение изучения процессов разнопериодной изменчивости в океане // *Международственная экспедиция по программе ПОЛЭКС-ЮГ-81*. - Л., 1986. - С.100-110.
- Ведерников В. И., Конвалов Б. В. Первичная продукция и хлорофилл в юго-западной части Тихого океана в январе-марте 1985 г. // *Отчет экспедиции 34-го рейса НИС "Дмитрий Менделеев" в юго-западную часть Тихого океана*. - Т. II, III. - М., 1985.
- Виноградов М. Е. и др. Распределение биомассы мезопланктона в субантарктических районах Тихого океана // *Там же*.
- Воронина Н. М. и др. Распределение и биология массовых видов мезопланктона // *Там же*.
- Дарницкий В. Б. О бароклинных возмущениях синоптического масштаба в районах подводных гор Южного океана и Тасманова моря // *Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии*. - 1979. - N 10. - С.14-25.
- Дарницкий В. Б. Бароклинные и баротропные топографические вихри в океане // *Труды ДВНИИ*. - 1980. - Вып.86. - С.51-62.
- Дарницкий В. Б. Некоторые причины изменчивости био- и рыбопродуктивности мезопелагиали (вблизи подводных гор) // *Изучение и рациональное использование биоресурсов открытого океана*. - М., 1985. - С.102-123.
- Дарницкий В. Б. Вихри Тэйлора в районах подводных гор Южного океана и их влияние на биологическую продуктивность // *Сырьевые ресурсы Южного океана и*

проблемы их рационального использования: Тезисы докладов II Всесоюзного совещания (22-24 09.87., АзчерНИРО). - Керчь, 1987а. - С.37-40.

Д а р н и ц к и й В. Б. Подводные горы в океане, некоторые аспекты изучения динамики и биопродуктивности вод // III съезд советских океанологов: Тезисы докладов. Ч.1. Биология океана. - Л., 1987б. - С.148-150.

Д а р н и ц к и й В. Б. Волны Россби и Кельвина в районе горы Лира, океанологические последствия // Биологические ресурсы талассобатниальной зоны Мирового океана. - М., 1988. - С.17-19.

Д а р н и ц к и й В. Б., Б о л д ы р е в В. З. О формировании высокопродуктивных промежуточных (мезопелагических) слоев в океане // Изучение и рациональное использование биоресурсов открытого океана (рыбы мезопелагиали). - М., 1985. - С.141-157.

Д а р н и ц к и й В. Б., Ж и г а л о в И. А. Изменчивость и структура фронтальных зон в районах разломов Элтанин и Баллени. - М.: ВНИРО, 1989.

Д а р н и ц к и й В. Б., З и г е л ь м а н Н. И. Структура и эволюция вихревого поля в районе горы Колахан // Океанологические условия мезопелагиали Мирового океана. - М., 1986. - С.85-107.

Д а р н и ц к и й В. Б., З и г е л ь м а н Н. И., Ш а х у н о в а С. А. Изменчивость уровней биогеоносодержания в погранслое банки Уанганелла // Труды ДВНИИ. - 1984. - Вып.3. - С.107-116.

Д а р н и ц к и й В. Б., М и ш а н и н а Е. И. Вихри у горных вершин в океане, моделирование и натурные наблюдения: Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции "Проблемы научных исследований в области изучения и освоения Мирового океана". Ч.1. - Владивосток, 1983. - 113 с.

Д а р н и ц к и й В. Б., М и ш а н и н а Е. И. О явлениях переброса в динамике вращающейся жидкости в приложении к геофизическим явлениям // Комплексное использование и охрана водных ресурсов Дальнего Востока: Тезисы докладов III Дальневосточной региональной научно-практической конференции. Ч.2. - Владивосток, 1981. - С.278-279.

Д а р н и ц к и й В. Б., С т а р и ц ы н Д. К. Об изменчивости океанологических условий и вихреобразования в районе банки Уанганелла // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. - Владивосток, 1978. - С.26-34.

Д у д а р е в В. А. Условия обитания и биологическая характеристика капродона Тасманова моря // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. - Владивосток, 1979. - Вып.10. - С.99-105.

З ы р ь а н о в В. Н. Теория установившихся океанических течений. - Л.: Гидрометеониздат, 1985. - 248 с.

И с т о р и я А₂: структура и динамика синоптического вихря Куроиси / Н.В. Булатов, В.Б. Лобанов, А.Ф. Ломакин, К.А. Рогачев, К.П. Толмачев. - Предприн. - Владивосток: ТОИ ДВО АН СССР, 1988. - 45 с.

К о з л о в В. Ф., Д а р н и ц к и й В. Б., Е р м а к о в М. И. Опыт математического моделирования топографических вихрей над подводными горами // Труды ДВНИИ. - 1982. - Вып.96. - С.3-25.

К о з л о в В. Ф. Модели топографических вихрей в океане. - М.: Наука, 1983. - 200 с.

Ланин В. И. Океанографические предпосылки формирования повышенной рыбопродуктивности антарктических банок // Биологические основы промыслового освоения открытых районов океана. - М., 1985. - С.210-221.

Маркина И. П., Дарницкий В. Б. Перераспределение продуктивных зон в связи с изменением условий среды в Южном океане // Всесоюзная конференция по теории формирования численности и рациональному использованию стад промысловых рыб. - М., 1982. - С.216-219.

Павлова Т. П. Некоторые черты биологии зубатого эпигонуса Южно-Тихоокеанского поднятия // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. - Владивосток, 1979. - Вып.10. - С.92-98.

Поярков С. Г., Гусарова А. П. Влияние подводной горы Пулковская на гидрохимическую структуру вод // Океанология. - 1988. - Т.28, N 5. - С.766-773.

Сорокин Ю. И. Потребление минерального фосфата микропланктоном в водах южной части Тихого океана // Отчет экспедиции 34-го рейса НИС "Дмитрий Менделеев" в юго-западную часть Тихого океана. Т. II, III. - М., 1985.

Туманцева И. И. Количественное распределение и эколого-физиологические характеристики планктонных инфузорий в ЮЗТО // Отчет экспедиции 34-го рейса НИС "Дмитрий Менделеев" в юго-западную часть Тихого океана. Т. II, III. - М., 1985.

Флинт М. В., Якушев Е. В. Особенности пространственной структуры мезопланктона и распределение растворенного аммиака в районе подводной горы Пулковская // Океанология. - 1988. - Т.28, N 5. - С.843-849.

Экосистемы субантарктической зоны Тихого океана / Белкин . - М.: Наука, 1988. - 304 с.

Garret J. F. Availability of the FGGE drifting buoy system data set // Deep-Sea Res. - 1980. - Vol.27, N 12. - P.1083-1086.

Saint-Gully B., Lamy A. Ondes guidees par le tatus de l'île de Kerguelen // G. r. Acad. Sci. Ser. 2. - 1988. - Vol.2, N 6. - P.573-578.

В.З. Болдырев, В.Б. Дарницкий (ТИНРО)

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЫБ В РАЙОНЕ ПОДВОДНОГО ХРЕБТА ЛОРД-ХАУ

Рельеф дна оказывает большое влияние на процессы формирования биологической продуктивности, определяет положение и границы экологических зон и рыбопродуктивных районов [Гершанович, Елизаров, 1979; Моисеев, 1979; Шунтов, 1979; Кушинг, 1979; Гершанович, Муромцев, 1982]. Подводные горы, являясь составной частью рельефа дна, играют значительную роль в распределении рыб. Только в Тихом океане,