

УДК 551.465:577.475

О ВЛИЯНИИ ДИНАМИКИ ВОД НА ФОРМИРОВАНИЕ  
ПРОДУКТИВНОСТИ В СИСТЕМЕ ПЕРУАНСКОГО  
ТЕЧЕНИЯ

И.С.Берман

Динамика вод, т.е. их горизонтальная и вертикальная циркуляция, - один из основных океанологических факторов, влияющих на формирование биологической продуктивности. Попытаемся установить взаимосвязь этих двух явлений в Перуанско-Чилийском районе, используя материалы нескольких советских и иностранных экспедиция. По этим материалам были рассчитаны результирующие векторы горизонтальных и вертикальных составляющих скорости суммарного (чисто ветровое и геострофическое) течения в поверхностном слое 0-100 м, а затем построены карта-схема горизонтальных потоков в этом слое (рис.1) и карта распределения вертикальной составляющей скорости на горизонте 100 м (рис.2) соответственно для лета и зимы южного полушария.

В исследуемом районе результирующие скорости чисто ветрового течения больше скорости геострофического, поэтому распределение вертикальной составляющей скорости в поверхностном слое зависит от величины чисто ветровой составляющей, которая намного превосходит геострофическую в этом слое (при условии, что та и другая приняты равными нулю на поверхности). Поскольку до горизонта 50 м геострофическая составляющая близка к нулю, чтобы учесть ее влияние, необходимо рассматривать распределение суммарных вертикальных составляющих скорости на горизонте 100 м.

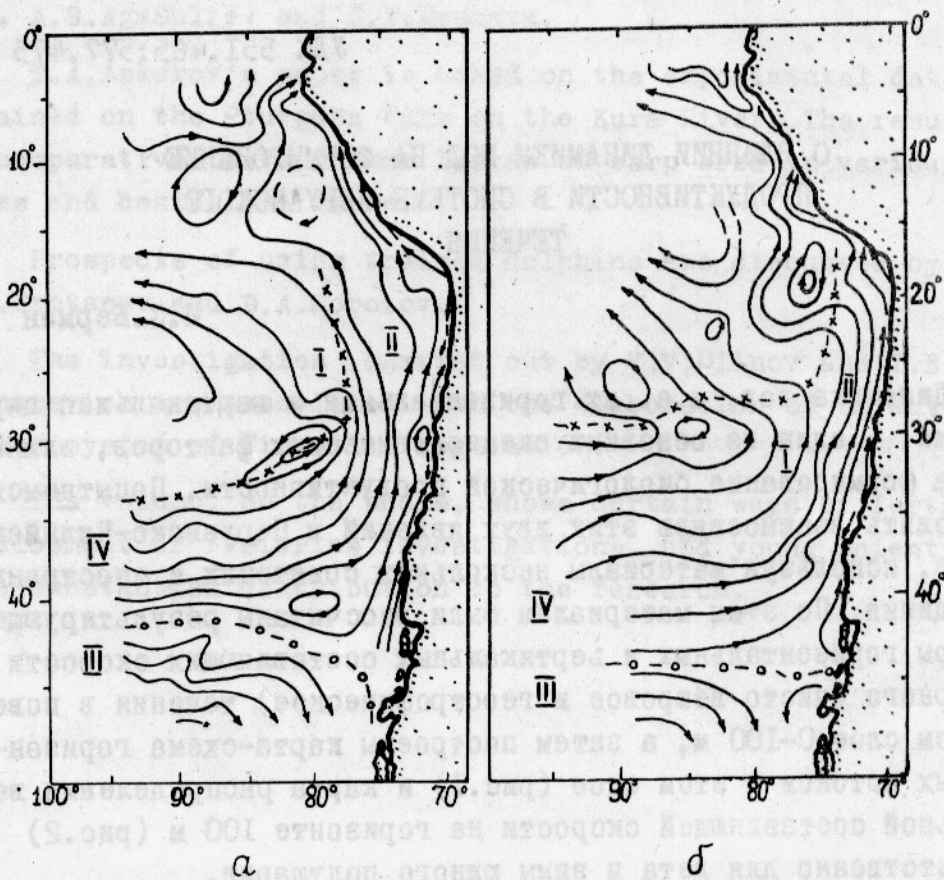


Рис. I. Карта горизонтальных потоков в поверхностном слое системы Перуанского течения: летом (а) и зимой (б): х-х-х-х - линия конвергенции; о-о-о-о - линия дивергенции; I - Перуанское океаническое течение; II - Перуанское прибрежное течение; III - северная ветвь Антарктического кругового течения; IV - Южно-Тихоокеанское течение.

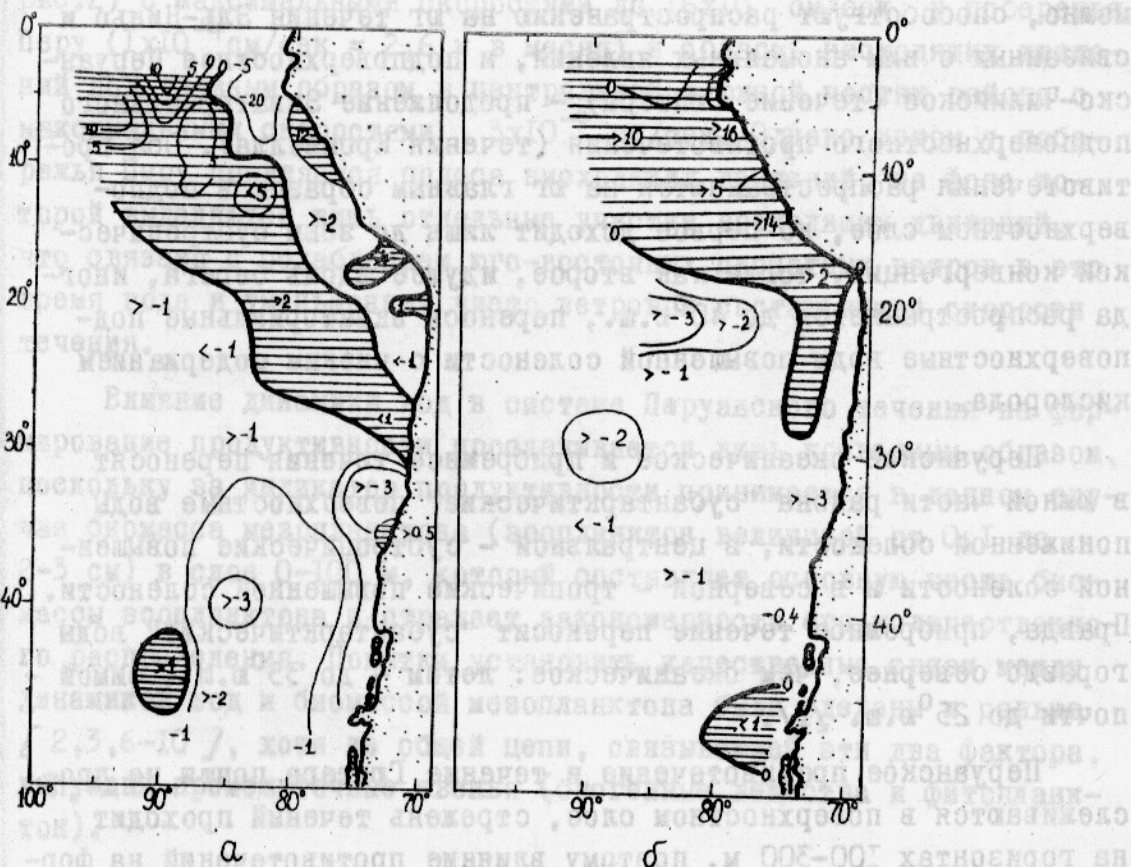


Рис.2. Карта распределения вертикальной составляющей скорости движения летом (а) и зимой (б).  
 Области подъема вод заштрихованы, области опускания - не заштрихованы.

В систему Перуанского течения входят Перуанское океаническое и прибрежное течения (которые вместе составляют восточную часть южного субтропического круговорота вод Тихого океана и являются продолжением Южнотихоокеанского течения и частично северной ветви Антарктического кругового течения), а также два противотечения: Перуанское, пульсации которого, возможно, способствуют распространению на юг течения Эль-Ниньо и связанных с ним аномальных явлений, и подповерхностное Перуанско-Чилийское (течение Гюнтера) — продолжение Экваториального подповерхностного противотечения (течения Кромвелла). Оба противотечения распространяются на юг главным образом в подповерхностном слое, но первое доходит лишь до зоны субтропической конвергенции, тогда как второе, идущее вдоль берега, иногда распространяется до 40° ю.ш., перенося экваториальные подповерхностные воды повышенной солености с низким содержанием кислорода.

Перуанское океаническое и прибрежное течения переносят в южной части района "субантарктические" поверхностные воды пониженной солености, в центральной — субтропические повышенной солености и в северной — тропические повышенной солености. Правда, прибрежное течение переносит "субантарктические" воды гораздо севернее, чем океаническое: летом — до 35° ю.ш., зимой — почти до 25° ю.ш. [1].

Перуанское противотечение и течение Гюнтера почти не прослеживаются в поверхностном слое, стружень течений проходит на горизонтах 100–300 м, поэтому влияние противотечений на формирование продуктивности в поверхностном слое невелико.

Все основные особенности и характер горизонтального движения вод в системе Перуанского течения более или менее стабильны; некоторые местные вихри и круговороты различного типа, появляющиеся или исчезающие в разные сезоны года, существенного значения не имеют. Такое относительное постоянство горизонтальной циркуляции связано с почти стационарным положением на протяжении года южнотихоокеанского атмосферного максимума давления, который наряду с южноамериканским минимумом определяет характер ветровой циркуляции, а следовательно, и горизонталь-

ные перемещения вод у западного побережья Южной Америки.

Характер вертикальных движений вод (распределения вертикальной составляющей скорости) также постоянен. И летом, и зимой в северной части района располагается преимущественно область восходящих движений вод (заштрихованные участки на рис.2) с максимальными скоростями до  $16 \times 10^{-4}$  см/сек. у побережья Перу ( $1 \times 10^{-4}$  см/сек = 2,6 м в месяц) и область нисходящих движений вод главным образом в центральной и южной частях района с максимальными скоростями  $3 \times 10^{-4}$  см/сек. Однако летом у побережья Перу появляется полоса нисходящих движений, на фоне которой выделяются лишь отдельные участки восходящих движений, что связано с ослаблением юго-восточных пассатных ветров в это время года и уменьшением чисто ветровой составляющей скорости течения.

Влияние динамики вод в системе Перуанского течения на формирование продуктивности прослеживается лишь косвенным образом, поскольку за индикатор продуктивности принимается в данном случае биомасса мезопланктона (зоопланктон величиной от 0,1 до 2-3 см) в слое 0-100 м, который составляет основную часть биомассы зоопланктона и отражает закономерности его количественного распределения. Попытки установить качественные связи между динамикой вод и биомассой мезопланктона были сделаны и раньше [2,3,6-10], хотя из общей цепи, связывающей эти два фактора, выпущены промежуточные звенья (биогенные вещества и фитопланктон).

Для анализа положения продуктивных районов по материалам экспедиций ТИНРО в 1965-1968 гг. [4-6] и в 1969-1970 гг., а также иностранных экспедиций (Shellback, USA, 1952 [11], Mag-chile-1, Chile, 1960) построена карта распределения биомасс мезопланктона в слое 0-100 м (рис.3).

Наиболее продуктивные районы и летом, и зимой располагаются в области восходящих движений вод, богатых питательными веществами, главным образом в тропической зоне и северной части субтропической, а также в области нисходящих движений вод на восточной периферии субтропической и умеренной зон.

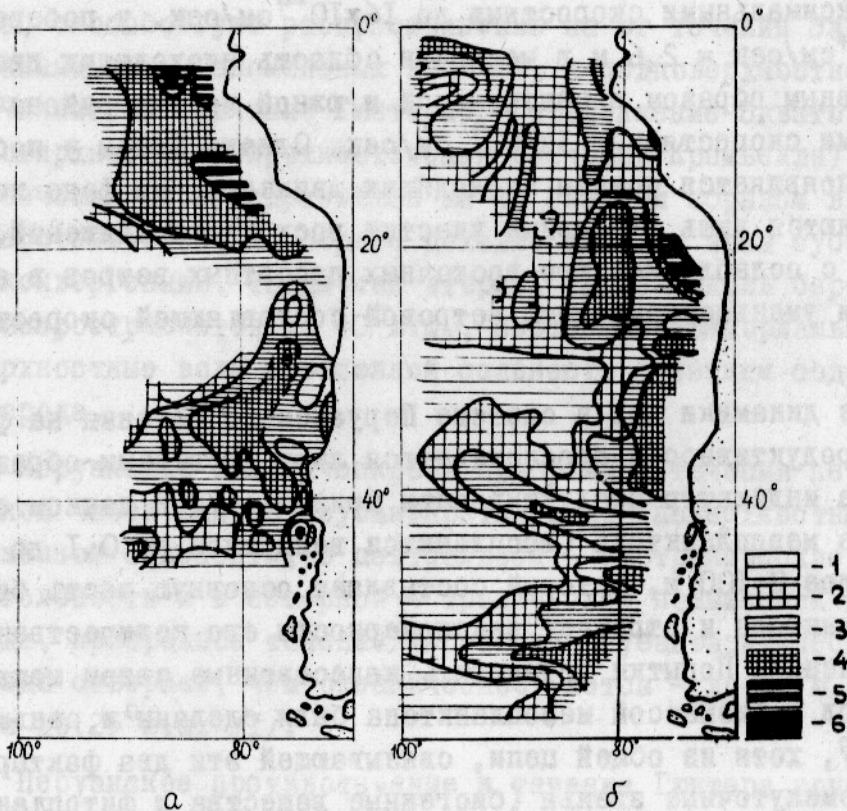


Рис.3. Карта распределения биомассы мезопланктона (в  $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в слое 100-0 м летом (а) и зимой (б) [1, 4, 5, 9, 10].  
 1 - 0-50, 2 - 50-100; 3 - 100-200; 4 - 200-500;  
 5 - 500-1000, 6 - 1000.

Летом биомасса мезопланктона в этих районах достигает 200-500 мг/м<sup>3</sup>, а в районе тропического циклонического круговорота, между 10-15° ю.ш., - 500-1000 мг/м<sup>3</sup>. Зимой она уменьшается (100-200 мг/м<sup>3</sup> в прибрежной и менее 100 мг/м<sup>3</sup> в океанической частях области восходящих движений вод), несмотря на то, что скорости подъема вод в это время года больше, чем летом. Очевидно, это связано с сезонным ходом изменений биомассы зоопланктона, уменьшающейся зимой во всем Перуанско-Чилийском районе, за исключением участка в районе циклонического круговорота (20° ю.ш.), где биомасса даже зимой достигает 500-100 мг/м<sup>3</sup>.

В области нисходящих движений вод максимальные величины биомассы мезопланктона составляют 200-500 мг/м<sup>3</sup>, что обусловлено распространением в потоке прибрежного и частично океанического течений "субантарктических" вод, сравнительно богатых питательными веществами. К тому же скорости нисходящего движения вод в этой области на порядок меньше скоростей восходящего движения в северной части района, и это также сказывается на величине биомассы мезопланктона.

Хорошо согласуется положение отдельных участков с относительно высокой биомассой мезопланктона (более 200 мг/м<sup>3</sup>) и замкнутых областей восходящих движений вод в южной части района (летом - в открытом океане, зимой - у побережья Чили, в зоне местной дивергенции вод).

Наименее продуктивные районы и летом, и зимой располагаются в области нисходящих движений центральной части субтропического антициклонического круговорота вод, где биомасса мезопланктона меньше 50 мг/м<sup>3</sup> (зона субтропической конвергенции и участка южнее 40° ю.ш. в области нисходящих движений вод на южной периферии этого круговорота, в потоке северной ветви Антарктического кругового течения).

### В ы в о д ы

I. На формирование высокой продуктивности в Перуанско-Чилийском районе существенное влияние оказывает восходящее движение вод в поверхностном слое у побережья Перу и распространение Перуанским прибрежным течением "субантарктических" поверхностных вод, относительно богатых питательными вещества-

ми. Максимальная продуктивность отмечается в районах тропических циклонических круговоротов вод.

2. Низкая продуктивность объясняется влиянием нисходящих движений вод в центральной части стационарного антициклонического круговорота, особенно в зоне субтропической конвергенции, южнее 40° ю.ш., в потоке северной ветви Антарктического кругового течения (летом и зимой).

3. Основные особенности и характер горизонтальной и вертикальной циркуляции вод в системе Перуанского течения относительно стабильны; возникновение или исчезновение местных круговоротов различного типа и разной интенсивности существенно их не меняют. Почти повсеместное уменьшение биомассы мезопланктона зимой по сравнению с ее летними значениями связано, очевидно, с сезонным ходом ее изменений под влиянием биологических факторов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Берман И.С., Добровольский А.Д. О сезонных изменениях водных масс и динамики вод в районе Перуанского течения. Проблемы Мирового океана. Труды конференции молодых ученых МГУ. М., 1970.
2. Богоров В.Г. Продуктивные районы океана (доклад на 48-й сессии МСИМ). Исследования по программе Международного Геофизического Года. Труды ВНИРО. Т. LXXI, 1965.
3. Богоров В.Г. Продуктивность океана. Первичная продукция и ее использование в пищевых целях. 2-й Международный Океанографический конгресс. Основные проблемы океанологии (доклады на пленарных заседаниях), М., изд-во "Наука", 1968.
4. Волков А.Ф. Мезопланктон и питание макреледуки в зоне Перуанского течения. Тезисы докладов. Научная конференция по тропической зоне Мирового океана. М., изд. Океанографической комиссии АН СССР, 1969.
5. Волков А.Ф. О видовом составе и распределении планктона в районе Перуанского течения в декабре 1965 г. - январе 1966 г. Новые районы и объекты промысла. Изв.ТИНРО. Т.69, 1970.



6. Волков А.Ф. Некоторые результаты исследований планктона юго-восточной части Тихого океана. Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. Сб. ТИПРО. 1971  
 Вып.2, Владивосток, 1970.
7. Brandhorst W. Thermocline topography, zooplankton standing crop and mechanisms of fertilization in the Eastern Tropical Pacific. J. du Conseil, vol.XXIV, No.1, Novembre 1958a.
8. Forsbergh E.D., Joseph J. Biological production in the Eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bull., vol.VIII, No.9, 1964.
9. Holmes R.W., Shaefer M.B., Shimada B.M. Primary production, chlorophyll, and zooplankton volumes in the Tropical Eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bull. vol.II, No.4, 1957.
10. Reid J.L. On circulation, phosphate-phosphorus content, and zooplankton volumes in the upper part of the Pacific Ocean. Limnology and Oceanography, vol.7, No. 3, July 1962.

При расчете скорости прибрежного подъема по формуле Ивса-

да [3]

$$W = \frac{\tau}{\sqrt{g\Delta\rho}}$$

где  $\tau$  - компонента касательного напряжения ветра, дующего параллельно берегу;

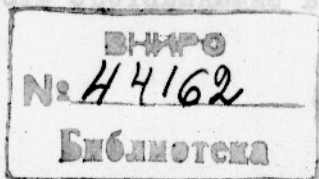
$g$  - ускорение силы тяжести;

$\Delta\rho$  - разность средних плотностей морской воды в поверхностном и лежащем ниже слое;

$H$  - толщина поверхностного перемешанного слоя,

для определения компонент касательного напряжения ветра, дующего параллельно берегу по направлению к экватору (в южном полушарии - с юга, в северном - с севера), необходимо знать направление береговой черты.

В расчетах повторяемости ветров, формирующих прибрежный подъем вод, следует также учитывать составляющие ветров бли-



On the influence of water dynamics on the  
formation of productivity in the Peruvian  
Current system

I.S.Berman

Summary

The dynamics of waters, that is their horizontal and vertical circulations in the Peruvian Current system affects indirectly the formation of productivity, the mesoplankton biomass in the upper 0-100 m layer being taken as an indicator of productivity.

The transfer of sub-Antarctic waters rich in biogenic elements with the Peruvian Oceanic and Coastal Currents attributes to the formation of relatively highly-productive areas in the temperate zone and in the south part of the sub-tropical zone, while upwelling rich in nutrients is responsible for the formation of highly productive areas in the tropical zone and in the north part of the sub-tropical zone.

3. Богоров В.Г. Продуктивность океана. Первичная продукция и ее использование в пищевых цепях. 2-й Международный океанографический конгресс. Основные проблемы океанологии (доклады на пленарных заседаниях), М., изд-во "Наука", 1968.
4. Волков А.Ф. Мезопланктон и питание макрелемуки в зоне Перуанского течения. Тезисы докладов. Научная конференция по тропической зоне Мирового океана. М., изд. Океанографической комиссии АН СССР, 1969.
5. Волков А.Ф. О видовом составе и распределении планктона в районе Перуанского течения в декабре 1965 г. - январе 1966 г. Новые районы и объекты промысла. Изв. ИНИРО. Т. 69, 1970.

ИЗДАНИЕ  
1970