

639.2.053.1:551.462 + 551.463 (265)

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАЙОНОВ ПОВЫШЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В ТИХОМ ОКЕАНЕ

Д. Е. Гершанович, В. В. Натаров, Э. И. Черный

Океанографические, гидробиологические и промысловые исследования показывают, что в Тихом океане, как и в других частях Мирового океана, районы повышенной и пониженной продуктивности достаточно четко обособляются друг от друга. В их формировании и пространственном размещении ведущая роль принадлежит океанографическим факторам.

В данной статье сделана попытка наметить основные группы, на которые могут быть разделены эти районы, основываясь на специфике наиболее важных для их образования условий.

Одной из важнейших особенностей Тихого океана является его колоссальная площадь, равная 179,7 млн. км², или почти 50% всей площади Мирового океана. Свыше 80% ее приходится на центральную глубоководную часть (глубины более 3000 м). Прибрежные районы океана, расположенные на подводной окраине континентов (шельф, материковый склон до глубины 3000 м), и соответствующие им неритическая и батинальная зоны занимают 34 млн. км². Показательно, что периферия Тихого океана, связанная с подводными окраинами континентов, лишь немного больше аналогичной периферии Атлантического океана, достигающей 25 млн. км², тогда как открытая часть в 2,1 раза больше, чем в Атлантике (соответственно 145,8 и 68,1 млн. км²). Возможно, что это является одной из причин близких значений мировой добычи рыбы на периферии этих океанов.

Островные дуги, подводные хребты с отдельными островами и рифами, подводные вулканы существенно усложняют рельеф многих глубоководных областей, особенно на западе и частично в центре океана, где находятся весьма специфичные районы, выделяющиеся по своему режиму, биологическим и промысловым характеристикам.

Простираясь от Арктики до Антарктики. Тихий океан охватывает все климатические пояса Земли. Наиболее четко они прослеживаются в открытой части океана. На периферии ввиду отсутствия континентального обрамления к югу от Австралии и меридиональной направленности многих важнейших течений наблюдается более сложное размещение климатических поясов. Это очень хорошо заметно в зонах действия так называемых восточных пограничных течений, которые определяют положение некоторых особенно богатых по продуктивности районов Тихого океана.

Сужение Тихого океана к северу и в меньшей степени к югу сказывается на размерах площадей, занимаемых разными климатическими поясами. Наибольшие площади приходятся на экваториальный, тропические и субтропические пояса северного и южного полушарий, а также на южный умеренный и полярный пояса, имеющие первостепенное значение с точки зрения продуктивности и рыболовства. Для шельфа, который в силу геологических причин широко развит в окраинных мо-

рях на севере и северо-западе океана, соотношения несколько иные. Так, в пределах северного умеренного и полярного поясов шельф занимает 1,34, южного около 1, экваториальные и тропические шельфы северного и южного полушарий 4,19, субтропические на севере 1,22, на юге 0,42 млн. км².

Речной сток слабо воздействует на режим и продуктивность большинства районов Тихого океана. Дренаруемая океаном суша в 10 раз меньше его площади, тогда как в Атлантическом всего лишь в 1,5, в Индийском — в 3,8 раза. К тому же все крупные реки впадают не прямо в океан, а в его периферийные моря (Юкон, Амур, Хуанхе, Янцзы, Красная, Меконг). Даже в тех районах океана, где заметно влияние стока на продуктивность, оно, как правило, сказывается на ограниченной акватории. Интересно, что один из наиболее продуктивных районов в мире, прилежащий к тихоокеанскому побережью Южной Америки, характеризуется минимальным речным стоком на огромном протяжении между Сантьяго (Чили) и Лимой (Перу).

Эти и ряд других физико-географических факторов определяют особое место общей циркуляции вод в формировании и размещении зон повышенной продуктивности в Тихом океане (Богоров, 1960; Бурков, 1967; Натаров, Черный, 1966). С этим в немалой степени связано и то, что области океана с пониженной и даже чрезвычайно малой продуктивностью, своего рода «океанские пустыни», весьма велики по площади и вряд ли могут рассматриваться как существенный резерв для развития рыболовства.

Основываясь на особенностях формирования и расположения продуктивных районов Тихого океана, можно наметить три группы их.

Первая группа районов связана с периферией океана в пределах подводных окраин континентов. Она охватывает воды и дно шельфа, материкового и частично островных склонов, сравнительно невелика по площади, хотя имеет ведущее значение для продуктивности океана. Прослеживаются эти районы почти по всему океану. Свойственные им океанографические, гидробиологические и промысловые условия изучены, за редким исключением, более или менее удовлетворительно и достаточно полно учитываются в практике научно-поисковых и промысловых работ. Для многих районов характерна большая пространственная и временная изменчивость режима, особенно значительная на шельфе умеренного и полярного поясов. Благодаря разным величинам океанографических параметров в этих районах разнообразна видовой и количественный состав флоры и фауны, различна биологическая и промысловая продуктивность, неодинаковы условия промысла. В наиболее северных из них участки с низкими и даже отрицательными температурами поверхностных и придонных вод практически (за редким исключением) обеднены промысловыми организмами до такой степени, что не могут использоваться рыболовством (например, в Беринговом и Охотском морях). Большое значение для образования участков с повышенной продуктивностью имеют локальные фронтальные зоны на стыке прибрежных опресненных, шельфовых и типично океанских вод, как это наблюдается в Восточно-Китайском и Южно-Китайском морях, зоны устойчивых поднятий и опусканий вод, халистатические зоны на мелководьях и в заливах.

Известно, что общая конфигурация побережий и рельеф дна влияют на положение течений по периферии океана, а нередко и определяют его. Непосредственно вдоль края континентов проходят многие важнейшие течения восточной и северной периферии Тихого океана и других его частей. Во многих районах при этом особое место принадлежит подъему глубинных вод, богатых биогенными веществами, в зону фотосинтеза — процессу апвеллинга. Проникновение таких или не-

сколько трансформированных вод в пределы узких континентальных шельфов создает благоприятнейшие условия для развития планктона и ихтиофауны. Некоторые районы, где сочетание гидрометеорологических и топографических факторов приводит к интенсивному апвеллингу, оказываются исключительно продуктивными, например перуанско-чилийский, калифорнийский, ряд районов на северо-западе Тихого океана (рис. 1).

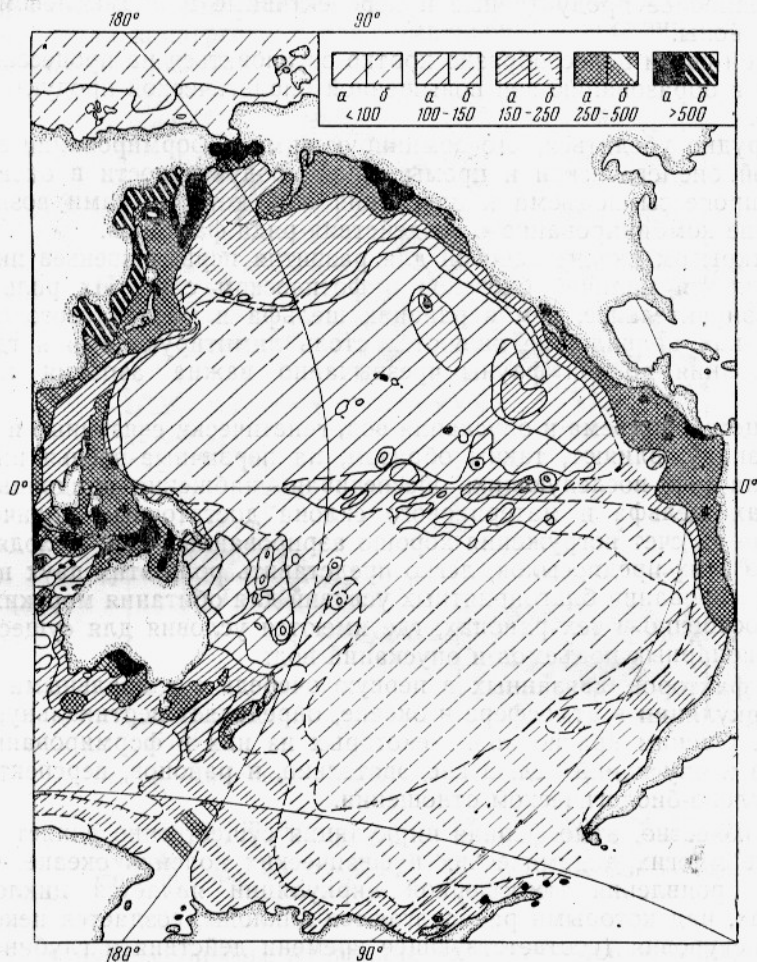


Рис. 1. Распределение первичной продукции в Тихом океане (по Кобленц-Мишке, Волковинскому, Кабановой, 1970), мг С/м² в день:
а — по результатам определений; б — предполагаемая.

Процессы перемешивания, почти повсеместно свойственные водам шельфа и материкового склона, имеют большое значение для создания благоприятного кислородного режима на глубинах. В тех случаях, когда глубинные слои оказываются хорошо аэрированными, они приобретают и промысловое значение.

Вторая группа продуктивных районов Тихого океана находится в его обширной глубоководной части. Формирование и размещение этих районов обусловлено спецификой общеокеанической и атмосферной циркуляции и вытекает из особенностей динамического режима вод, в том числе расположения квазистационарных антициклонических и циклонических круговоротов, зон конвергенции и дивергенции и основных течений.

Продуктивные зоны в океане могут существовать постоянно, если факторы их создания действуют непрерывно, или только в отдельные периоды года, если факторы, их формирующие, действуют периодически.

Зная процессы и условия, благоприятствующие развитию первичных звеньев пищевой цепи, и временной и пространственной сдвиги от одного трофического уровня до другого, можно довольно уверенно выделять наиболее продуктивные и перспективные в промысловом отношении районы.

В этой связи целесообразно кратко остановиться на процессах, приводящих к образованию зон повышенной биологической продуктивности в океане.

Нетрудно убедиться, что доминирующими в формировании зон повышенной биологической и промысловой продуктивности в океане являются процессы подъема и опускания вод, которые сами возникают вследствие комбинированного воздействия ряда факторов.

В открытом океане основой для развития первых звеньев пищевой цепи является наличие биогенов в фотическом слое. Их роль здесь гораздо значительнее, чем в районах шельфа и материкового склона, где они, как правило, не являются столь лимитирующими и где для существования донной фауны чрезвычайно важна аэрация придонных вод.

Процессы подъема и опускания вод, генетически связанные и обратные по знаку, влияют, таким образом, на первичные звенья пищевой цепи и на ряд последующих, обеспечивая снабжение придонных вод в районах шельфа и материкового склона достаточным количеством кислорода за счет погружения хорошо аэрированных вод. Исходя даже только из этих предпосылок, легко представить роль этих двух процессов в формировании благоприятных условий для обитания морских организмов, особенно в тех районах, где имеются условия для существования стационарных подъемов и опусканий вод.

Ряд факторов, связанных в первую очередь с глобальными системами циркуляции в атмосфере и океане, определяет вертикальную циркуляцию. Оценим кратко роль некоторых из них в формировании зон подъемов и опусканий вод, а следовательно, и районов, перспективных в промыслово-биологическом отношении.

Как известно, атмосферная циркуляция существенно влияет на образование многих динамических и физических полей в океане. Одной из форм проявления атмосферной циркуляции является циклогенез. В районах, над которыми располагаются циклоны, создается некоторое понижение уровня (соответствующее времени действия и глубине циклона), и соответственно более или менее интенсивный приток глубинных вод. Антициклоны, напротив, за счет повышения уровня, приводят к процессам погружения вод. В Тихом океане можно выделить ряд районов, продуктивность которых обусловлена циклогенезом, например район Алеутских островов, залив Аляска и т. д. (рис. 2).

Воды многих областей вовлечены в циклоническое или антициклоническое движение. Из гидродинамики известно, что при таком движении вод происходит (вследствие дивергенции или конвергенции чисто дрейфового течения) вынос вод от центра к периферии при циклоническом движении или притока вод от периферии к центру при антициклонической циркуляции и, следовательно, к развитию процессов подъема вод в первом случае и опускания во втором. Существенное значение, естественно, имеет степень стационарности таких циркуляционных систем. Можно считать (а наблюдения это подтверждают), что области циклонических циркуляций лучше, чем области антициклонической циркуляции обеспечены биогенными веществами (рис. 3). В областях

антициклонических циркуляций глубинные воды (в пелагиали) или придонные воды (в районах шельфа и материкового склона) хорошо аэрированы. На рис. 2 показаны районы подъемов вод за счет циклонических циркуляций, основными из которых являются залив Аляска, районы к западу от Панамы, залив Теуантепек, район к востоку от Филиппинских островов.

Усиление вертикальной циркуляции происходит также в районах дивергенций или конвергенций течений. Оно происходит вдоль оси дивергенции или конвергенции как компенсация понижения или повышения уровня (см. рис. 2).

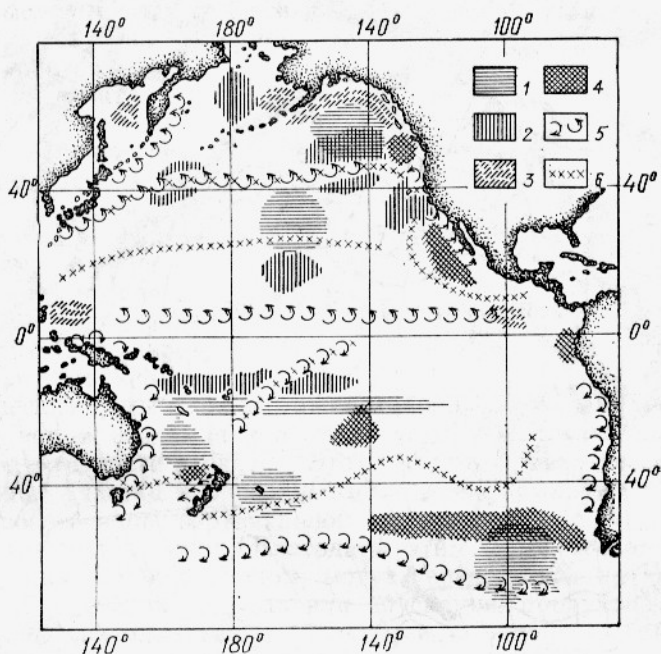


Рис. 2. Зоны повышенной биологической продуктивности в Тихом океане:

1 — зоны повышенной атмосферной циклоничности зимой; 2 — то же летом; 3 — районы с циклоническими системами течений; 4 — районы расхождения течений; 5 — районы циклонических завихрений на перифериях течений; 6 — зоны гидрологических фронтов.

Указанные процессы, влияющие на вертикальную циркуляцию вод, являются крупномасштабными и характерны поэтому для значительных по площади частей океана. Кроме них действует ряд динамических процессов меньшего масштаба, связанных главным образом с динамикой горизонтальных потоков. В данном случае имеются в виду меандрирование и вихреобразование вдоль границ течений.

Согласно современным представлениям, течение в океане не прямолинейное, а волнообразное в горизонтальной плоскости благодаря боковому трению вдоль границ течений и разности скоростей между стрежнем и периферией течений (Баталин, 1962; Натаров, Черный, 1966; Шулейкин, 1953). Волнообразный характер потока или его стационарное меандрирование определяются также «отрицательной вязкостью» (Starr and Gant, 1970).

Воздействие этих факторов обуславливает меандрирование потоков с образованием вихрей циклонического типа на левой периферии и антициклонического на правой (для северного полушария). Вихревые образования должны перемещаться вдоль потока, постепенно затухать,

а на потоке должны формироваться новые. Меандрирование течения и его роль в формировании рыбопродуктивности, а также как индикатора общеокеанических и атмосферных процессов сравнительно хорошо прослеживается на примере Куроиси и Калифорнийского течения. По-видимому, лишь отсутствие нужного количества наблюдений за меандрированием течений и его временной изменчивостью не позволяет повсеместно оценить его роль.

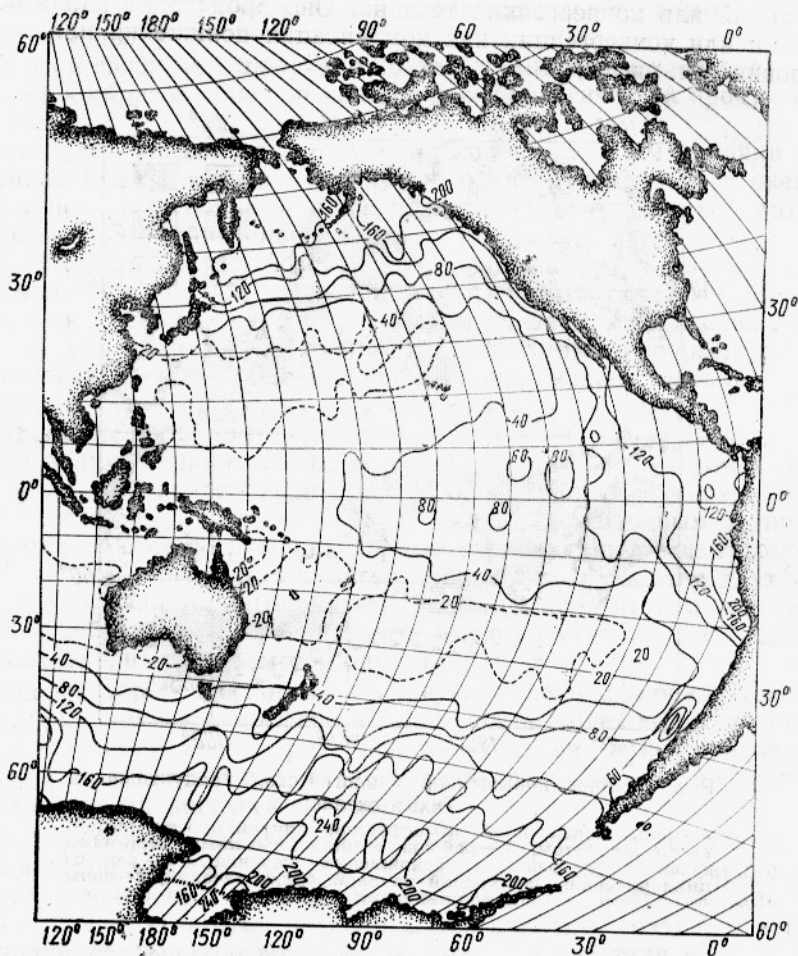


Рис. 3. Средневзвешенное среднегодовое содержание фосфатов в Тихом океане в слое 0—100 м, мг-ат P_{2O_4} под 1 м².

Нетрудно заметить, что даже не очень значительные, но постоянно существующие вихри вдоль границ течений способствуют обеспечению биогенами поверхностных вод вдоль левой периферии течений и аэрации глубинных вод вдоль правой периферии. Наше представление о процессах, связанных с вихреобразованием на периферии течений, схематически показано на рис. 4. Районы с повышенным содержанием биогенов за счет вихреобразования отмечены на рис. 2.

За счет общей тенденции к подъему вод на левой периферии течений уменьшается толщина перемешанного слоя, а термоклин располагается ближе к поверхности. Особенно важное значение это имеет в тропических и экваториальных районах при промысле тунцов. Области, приуроченные к левым перифериям течений (циклоническим вих-

рям и меандрам), оказываются наиболее перспективными с точки зрения промысла, и ярусный лов тунцов в их пределах, как правило, более эффективен.

К районам с интенсивной вертикальной циркуляцией следует отнести и фронтальные зоны (см. рис. 2). Кроме своеобразной динамики вод, продуктивность фронтальных зон объясняется еще и тем, что в таких зонах происходит стык различных по происхождению и свойствам водных масс (особенно в высоких широтах), что ведет к географическому сближению фауны различных климатических районов. Даже таким, чисто суммирующим, механическим способом создаются повышенные промысловые возможности в таких районах. Наиболее важными представляются зоны полярного фронта, северного и южного субтропических фронтов и субантарктического фронта.

Существование высокопродуктивных районов редко предопределяется влиянием какого-либо одного из приведенных выше факторов, как правило, оно является следствием комплексного воздействия ряда факторов. Поскольку все перечисленные факторы явля-

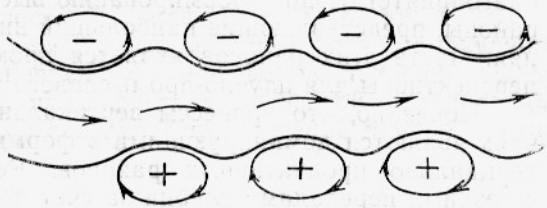


Рис. 4. Схема вихреобразования на перифериях течений.

ются динамическими, мы вполне можем говорить о доминирующей роли динамики вод в создании зон повышенной биологической и промысловой продуктивности в океане. Этот вывод усиливается еще и тем, что обогащенные участки в поверхностном слое формируются не только за счет собственной вертикальной циркуляции, но и под влиянием горизонтальных потоков. Благодаря этим потокам воды, обогащенные биогенами или кислородом, могут переноситься на значительные расстояния от очагов подъема или опускания, продуктивные зоны поэтому оказываются значительно большими по площади, чем собственно районы подъемов или опусканий вод.

Не меньшее значение имеет, по-видимому, и возможность выделить районы с заведомо низкой продуктивностью. Ориентируясь на приведенную карту, можно определить такие районы и тем самым более рационально использовать научно-исследовательский и промысловый флот.

Третья группа продуктивных районов в Тихом океане весьма специфична. Она свойственна лишь тем, преимущественно открытым, областям океана, где расположены многочисленные поднятия дна в виде подводных хребтов и массивов, островных цепей и коралловых рифов, отдельных подводных гор. Многие из этих поднятий еще недостаточно изучены, а их промысловые возможности определены лишь самым предварительным образом. Рыболовство в районах широкого развития коралловых островов и рифов и начатая в последние годы добыча некоторых рыб на подводных горах Гавайского и Бонинского подводных хребтов свидетельствуют о необходимости более углубленного изучения океанографических и гидробиологических факторов, формирующих их продуктивность. Как известно, в ряде случаев эта продуктивность может быть очень высокой. Предполагается, что это связано преимущественно с островными подъемами вод или подъемами вод у поднятий дна, а также объясняется общей интенсификацией циркуляции в таких районах с возникновением стационарных вихревых систем как с вертикальной, так и с горизонтальной осями.

По-видимому, наибольшего внимания заслуживают острова, рифы и подводные горы в зонах основных течений в открытых частях океана.

Помимо тех изменений, которые топография дна вносит в динамику вод и соответственно в распределение и биомассу планктона и рыб, можно предположить, что поднятия дна имеют некоторое значение и при миграциях пелагических промысловых объектов.

Топографический фактор, таким образом, выступает как один из важнейших при образовании локальных, ограниченных по площади «островных» участков высокой продуктивности в открытых районах Тихого океана.

* *
*

Таким образом, на основе комплекса океанологических условий, благоприятствующих формированию высокой продуктивности, выделены районы, представляющие наибольший интерес с промысловой точки зрения. Часть этих районов является промысловыми уже сейчас, другие перспективны для научно-промыслового изучения.

Показано, что процессы вертикальной циркуляции во многих случаях являются доминирующими в формировании продуктивных или потенциально продуктивных районов. Рельеф дна, особенно в районах с резкими перепадами глубин за счет подводных гор и возвышенностей, оказывает значительное влияние на мезомасштабные динамические процессы, во многом определяя их и тем самым оказывая большое влияние на положение зон повышенной продуктивности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Баталин А. М. Вихреобразование в области Куроиси и его влияние на рыбный промысел. — В кн.: Материалы VII научной конференции ДВГУ. Владивосток, 1962, с. 87—91.

Богоров В. Г. Географические зоны в пелагиали центральной части Тихого океана. — «Труды Института океанологии АН СССР», 1960, т. 41, с. 8—17.

Бурков В. А. Гидрология Тихого океана. — В кн.: Тихий океан. М., 1967, т. 2. 231 с.

Кобленц-Мишке О. И., Волковинский В. В., Кабанова Ю. Г. Первичная продукция планктона Мирового океана. — В кн.: Программа и методика изучения биогеоценозов водной среды. М., «Наука», 1970, с. 66—83.

Натаров В. В., Черный Э. И. О формировании зон повышенной биологической продуктивности в Тихом океане. — «Труды ВНИРО», 1966, т. LX, с. 125—133.

Федосов М. В., Максимова М. П., Буркальцева М. А. Карты распределения средневзвешенных величин содержания фосфатов в поверхностных слоях Мирового океана. М., ОНТИ ВНИРО, 1971. 12 с.

Шулейкин В. В. Физика моря. М., «Наука», 1953. 989 с.

Starr V. P. and Gant N. E. Negative viscosite. Scientific American, 1970, N 7, p. 72—78.

Oceanologic basis of forming areas with high productivity in the Pacific

D. E. Gershanovich, V. V. Natarov, E. I. Cherny

SUMMARY

Physical and dynamic processes in the ocean and atmosphere influencing the formation of zones with high productivity in the Pacific are considered. It is noted that topography of the bottom, ridges and island arcs play an important role in the formation of productive zones.

Based on the factors influencing the productivity of waters, areas of high production are revealed, some of them are promising for investigations.