

## ГИДРОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПОДВОДНЫХ ГОР МИРОВОГО ОКЕАНА

*Ю. Ф. Безруков, кандидат географических наук, доцент, Е. А. Кудрянь, аспирант*

Подводные горы сравнительно давно были известны геологам и геоморфологам, но наибольший интерес они стали вызывать по мере того, как выяснялось их происхождение, геологическая структура, возраст, глубина залегания вершины, форма подводного препятствия.

Совсем недавно природой районов подводных гор заинтересовались и океанологи, поскольку оказалось, что подводные горы вносят разнообразие не только в геологию и геоморфологию океанического дна, но являются причиной возникновения аномалий в распределении океанологических характеристик (температуры, солености, биогенных элементов), а также геострофических течений.

Районы подводных гор характеризуются несколькими особенностями:

### 1. ВИХРЕОБРАЗОВАНИЕМ

Исследования показали, что подводные горы способствуют образованию над своими вершинами или склонами сложных вихреобразных структур, оказывая при этом существенное влияние на квазистационарные течения. В результате взаимодействия геострофического потока с одиночной подводной горой при определенных условиях возникают трехмерные вихревые образования циклонического вращения в невозмущенном восточном потоке и антициклонического вращения в западном потоке. Причем эти вихревые образования могут усиливаться от поверхности океана к вершине подводной горы. Однако это свойство нельзя назвать универсальным, так как наблюдалось некоторое увеличение скоростей в вихре и в верхних горизонтах.

Помимо одиночных вихрей, вращающихся над центром горы (рис.1), у изолированных подводных гор могут образоваться два сопряженных вихря разного знака, расположенных над противоположными склонами горы на различных глубинах и "сплюснутых" в поверхностных горизонтах до эллиптической формы. Наконец, могут формироваться и три вихря вокруг вершины, служащей общим центром вихревой системы, или же снесенных основным потоком на "подветренный" склон подводной горы (рис.2). Интересной особенностью топографического вихреобразования является квазишахматная упаковка четырех геострофических вихрей вокруг вершин подводных пиков: такие системы вихрей были зарегистрированы у изолированных гор подводных хребтов Эйкельберг и Гавайского в Тихом океане. А при двухвершинной морфологической структуре подводных гор наблюдалось шесть вихрей, расположенных симметрично по три над вершиной.

Вертикальное развитие топографических вихрей колеблется в широком диапазоне глубин от поверхности до дна океана.

Топографические вихри взаимодействуют между собой, с препятствиями (подводными горами), являющимися причиной их возникновения, и со средним квазистационарным течением, в потоке которого они могут уноситься после отрыва от вершины горы.

Хуппертом и Брайеном [4] доказано, что при относительно слабом по скорости набегающем потоке вихри взаимодействуют между собой вблизи препятствия, а при увеличении скорости набегающего потока один из вихрей (теплый) отрывается и уносится вниз по потоку.

Таким образом, к наиболее важным особенностям топографического вихреобразования можно отнести следующие:

- районы подводных гор в океане являются квазистационарными вихревыми зонами;
- системы топографических бароклинических вихрей у изолированных гор могут включать от одного до шести вихрей, которые взаимодействуют между собой, что в свою очередь приводит к перемещению их относительно друг друга и подводной горы. Взаимодействуя между собой, с квазистационарным течением либо с мезомасштабными океаническими вихрями, они выносятся из районов своего образования.

Следует особо отметить, что над вершинами изолированных подводных гор относительно малые силы, которые остаются незамеченными в более глубоких слоях, выступают на первое место и могут вызвать заметные эффекты. К таким эффектам относится явление, получившее название вихрей или столбов Тейлора-Праудмана (по имени гидродинамиков, впервые открывших их существование), которые представляют собой двумерные вихри.

Двумерный вихрь – это вихревая циркуляция, независимая от вертикальной координаты, и окружающие воды обтекают такой вихрь или столб Тейлора как твердое тело.

Столб Тейлора-Праудмана очень чувствителен к изменению режима набегающего на подводное препятствие течения. При определенных условиях (изменении скорости и направления течения) его верхняя часть отклоняется от вершины подводного препятствия в направлении следования потока, а затем отрывается от препятствия и преобразовывается в систему нескольких вихрей.

Вихрь или столб Тейлора возникает в океане достаточно редко, поскольку для его формирования требуется определенный набор гидрофизических и топографических условий. Характерно, что структура водной массы на формирование столбов Тейлора не влияет. Они могут существовать в водных массах различной стратификации – как в боротропной, так и в бароклинической жидкости. Эффект стратификации состоит лишь в ослаблении столба Тейлора в верхнем слое и вырождении его в "конус Тейлора" (или Тейлора-Хогга), образующийся внутри потока на некотором расстоянии от дна.

Вихрь Тейлора-Хогга не всегда может выходить на поверхность океана своей вершиной. Он может иметь сложную криволинейную форму наклонного конуса. При достаточном заглублении его вершины на поверхности океана возможно образование вихря противоположной направленности, совместное действие которого с глубинным вихрем может привести к формированию ядра промежуточных вод высокой продуктивности.

Кроме уже названной формы вихрей Тейлора-Праудмана – усеченный конус Тейлора-Хогга – существует еще три формы этих вихрей (рис.3):

- развитый стационарный столб Тейлора формы "песочные часы"; в данном случае происходит закручивание столбов воды в разные стороны, а в месте их соединения обмен массой и энергией;

- столб Тейлора в форме срезанного конуса, выходящего на поверхность; в этом случае в месте выхода столба Тейлора на поверхность наблюдается холодная температурная аномалия. Случай возможен при неустойчивой стратификации и интенсивных вертикальных движениях, а сама вершина горы является его энергетическим центром;

- наклоненный столб Тейлора, который образуется при увеличении скорости набегающего потока, вихрь смещается от вершины подводного препятствия и принимает форму наклоненной колонны на некотором расстоянии от нее. Эта форма уже довольно неустойчива и при увеличении пульсации вихрь отрывается, превращается в ротор и уносится течением.

Форма возникающих вихревых образований в районах подводных гор зависит от скорости и направления набегающего потока, стратификации, формы и глубины залегания препятствия. В результате того, что в океане скорости набегающего на препятствие потока очень изменчивы, вихри Тейлора, да и вообще любые вихри, генерируемые в районах подводных гор, не могут существовать продолжительное время. При достаточно большой скорости потока они срываются и уносятся вниз по потоку.

Таким образом, в океане над подводными горами определенное время могут наблюдаться, хотя и очень редко, течения стоячего вихря, связанные с установлением над вершиной горы двумерных вихрей Тейлора-Праудмана, после срыва которых образуются обычные вихри, и течение стоячего вихря переходит в волновое течение.

## **2. АНОМАЛЬНОСТЬЮ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Генерация вихрей над подводными препятствиями приводит к интенсивному вертикальному и горизонтальному обмену вод, нарушению структуры океанологических полей. Причем наиболее ярко такое нарушение проявляется в распределении растворенного кислорода и биогенных элементов, менее заметно в ходе температуры и солености. Аномальное распределение океанологических характеристик отчетливо наблюдается до глубины 500-600 м. Их характерная особенность – значительные изменения абсолютных величин над вершинами подводных гор. Но следует отметить, что аномалии в различных слоях не всегда строго сохраняют положение над центрами вершин гор, однако явно тяготеют к ним. Гидрологические разрезы, пересекающие в широтном и меридиональном направлениях районы подводных препятствий, выявляют подъем изотерм над их вершинами, достигающие амплитуды 50-150 м. Возмущающее влияние поднятий сказывается также на положении термоклина и его характеристиках. В районах глубоководных поднятий и банок средней глубины термоклин, как правило, заглубляется перед самым подводным препятствием со стороны набегающего потока и приподнимается за ним [3].

Аномальные свойства водных масс могут вызываться различными причинами, однако их локализация в районах подводных гор обязана прежде блокирующему эффекту вихрей Тейлора, периодически возникающих в толще воды.

### **3. ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ**

С блокирующим эффектом вихрей Тейлора, и, с возникающими с ними, аномалиями океанографических характеристик, тесно связана повышенная биологическая продуктивность, отмеченная в районах некоторых подводных гор. В этих районах или около них существуют промысловые скопления ценных пищевых рыб и беспозвоночных, представляющих сырьевую базу для промышленного рыболовства. Такие скопления были обнаружены в Атлантическом океане – над подводными горами Срединно-Атлантического хребта, на Азорских банках, Угловом поднятии, Китовом хребте; в Индийском океане – на Мадагаскарском и Западно-Индийском хребтах, разломе Элтанин, хребтах Кюсю-Палау, Лорд-Хау, Эйкельберг, Норфолк, Наска, Геракл и ряде других.

В тоже время было выяснено, что на многих других подводных поднятиях, расположенных, главным образом, в тропической части океанов, повышенной биологической продуктивности не наблюдается.

Скопления промысловых объектов были отмечены над подводными поднятиями разной глубины (глубина над вершинами от 30 до 1000 м) и формы (от плосковершинных банок и гайотов до остроконечных гор). морские организмы, обитающие как над одиночными, так и крупномасштабными подводными топографическими структурами, относятся к разным систематическим и экологическим группам. Среди них есть оседложивущие донные обитатели (лангусты, беспузирные окуни) и очень подвижные пелагические формы (тунцы, калшмары и другие). Но наиболее массовую группу составляют бентапелагические рыбы (красноглазка, элигонус, рыба-сабля и другие). Многие из рыб характерны только для подводных гор и поднятий и достаточно редки или вовсе отсутствуют в других районах Мирового океана.

Таким образом, повышенная биологическая продуктивность некоторых подводных поднятий Мирового океана является бесспорным фактом. Это тем более важно, что многие такие промысловые районы расположены за пределами 200-мильных экономических зон и скопления рыб в них успешно облавливаются промысловыми судами различных стран.

Все выше сказанное дает возможность утверждать, что подводные горы представляют собой пример частного гидролого-биологического комплекса Мирового океана. По Арманду [1] природный комплекс – это пространственно ограниченный набор компонентов, объединенный относительно тесным взаимодействием, который бывает полным, то есть включающим все имеющиеся в данном месте компоненты, или частными, – включающим только часть компонентов, наиболее тесно связанных между собой. Так как при данном рассмотрении подводных гор не учитывается такой компонент как их геолого-геоморфологическая структура,

то, ссылаясь на Арманд, подводные горы отнесены в данном случае к частным природным комплексам.

Внутри единого гидролого-биологического комплекса подводных гор можно выделить ряд подкомплексов или акваландшафтов:

- с сильным влиянием подводных гор на гидрофизические и биологические условия. Такой акваландшафт формируется, когда в одноградусном квадрате океана находится 3-4 подводных горы, воздействие рельефа проявляется в течении всего года и носит стационарный характер. Они характеризуются аномалиями гидрофизических (температуры, солености, плотности) и гидрохимических (насыщением вод кислородом, биогенными элементами) полей, а также высокой биологической продуктивностью.

- слабого влияния на гидрофизические и биологические условия: в одноградусном квадрате 1-2 горы, а воздействие рельефа носит сезонный характер. Аномалии океанологических полей и повышенная биологическая продуктивность формируются только в определенные сезоны года.

Спорадическое развитие таких акваландшафтов в океане, присутствие их во всех природных зонах, формирование в них своеобразных экосистем дают возможность классифицировать их как азональные аквакомплексы или акваландшафты, существенно отличающиеся своими параметрами от внутризональных характеристик.

Азональные акваландшафты подводных гор могут быть различного уровня иерархии. Акватории с сильным влиянием подводных гор на океанологические поля определены нами как азональные акваландшафты регионального уровня. Акватории со слабым влиянием подводных гор на океанологические поля – как азональные акваландшафты локального уровня.

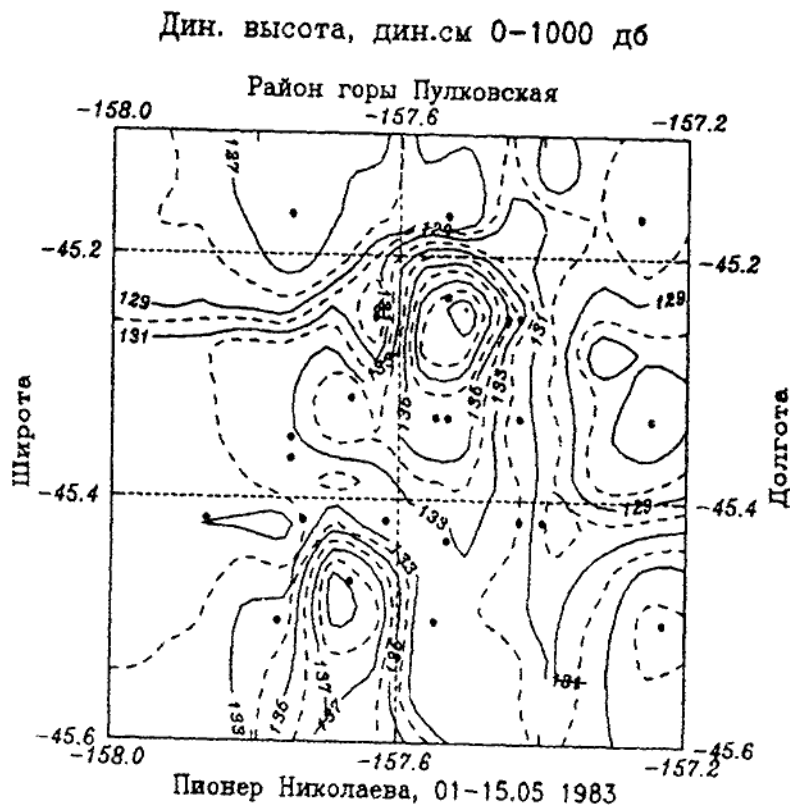
Таким образом, все подводные горы Мирового океана можно разделить на два крупных гидролого-биологических подкомплекса:

- азональный квазистационарный регионального уровня с сильным влиянием на океанологические поля и высокой биопродуктивностью;

- азональный сезонный локального уровня со слабым влиянием рельефа на океанологические поля и периодическим повышением биопродуктивности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. – М.: изд-во "Мысль", 1975. – 288 с.
2. Воронцов П. А. Турбулентность и вертикальные токи в пограничном слое атмосферы. – Л.: Гидрометеониздат, 1966. – 257 с.
3. Грезе В. Н., Арциховская Ж. М., Головки В. А. и др. Биоокеанографическая структура вод в районах подводных возвышенностей. – Киев: Наукова думка, 1988. – 208 с.
4. Huppert H. E., Brayn K. Topographically generated eddies// Deep Sea Res., 1979, vol.26, NGA. – P.601-621.



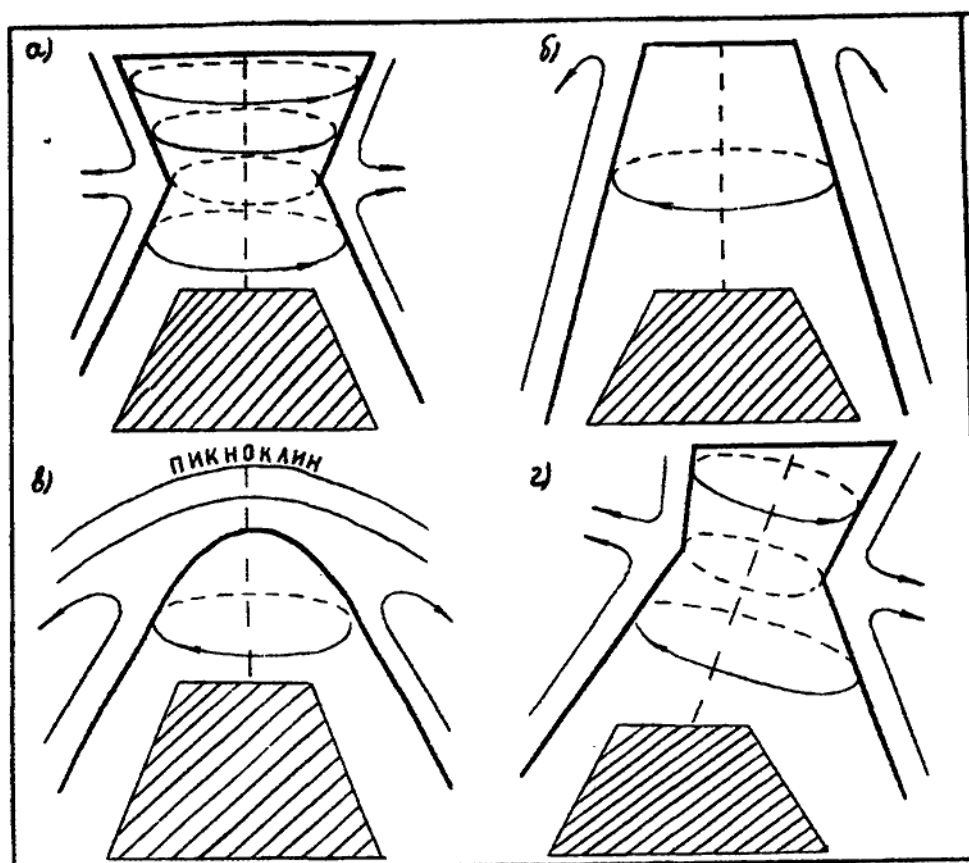


Рис. 3. Формы столбов Тейлора в реальном океане в зависимости от океанологических условий:

- А) развитый стационарный столб Тейлора;
- Б) столб Тейлора в форме срезанного конуса;
- В) усеченный конус Тейлора-Хогга;
- В) наклоненный столб Тейлора [2].