

УДК 551.462.32 : 527.63

И. А. ПРАВОТОРОВ

## РОЛЬ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЛЬЕФА ДНА В ПРЕДЕЛАХ НАВИГАЦИОННЫХ ГЛУБИН

Выявление причин изменчивости дна шельфовых акваторий в пределах судоходных глубин рассматривается как одна из задач навигационной геоморфологии. Проведено районирование шельфовых пространств океанов и морей. Основное внимание в динамических областях уделяется цикличности гидрометеорологических процессов, которую следует учитывать при наблюдении за изменениями дна через тот или иной шаг времени. Причины и индикаторные взаимосвязи иллюстрируются моделью-схемой.

Среди наук, изучающих литосферу, геоморфология ближе всех соприкасается с науками, поставленными на службу судоходства, — гидрографией, лоцией и навигацией. Именно советскими морскими геоморфологами и геологами — М. В. Кленовой, О. К. Леонтьевым, В. П. Зенковичем, Г. Б. Удинцевым, Б. А. Вильнером и др. — неоднократно высказывалось мнение о необходимости учета динамики дна и берегов для составления лоций на научной основе и учета геоморфологических условий при составлении и корректуре навигационных карт. В то же время повысились требования к морякам, так как посадка современного крупнотоннажного судна на неровности даже мягкого грунта приводит к повреждениям его днища.

Для решения назревших задач необходима определенная интеграция судоводительских и географических дисциплин, что осуществимо путем создания «навигационной геоморфологии» (Правоторов, 1977). Цель этой новой прикладной ветви в морской геоморфологии в широком ее понимании — использование тех теоретических разработок в геоморфологии морских берегов, дна и устьев рек, которые могут быть поставлены на службу навигации. В аспекте обратной связи это постановка ряда вопросов геоморфологам, океанологам и гидрографам, решения которых ждут от них навигация и лоция.

Для навигационной геоморфологии вопрос заключается не только в самих причинах образования тех или иных изменчивых форм рельефа дна но и в том, как часто и в каких масштабах они меняются, вследствие чего и в какой мере обратимы или необратимы эти процессы в пространстве и во времени, и как такая информация отражена в навигационных пособиях (лоции и поля карт). Дело в том, что по научным источникам (Лонгинов, 1973; Чахотин, 1977а, б; Off, 1963) нельзя установить, насколько изменчивость «банок» (так назовем крупные подводные аккумулятивные формы) затрагивает безопасность мореплавания, глухие и редкие указания об этом встречаются в навигационных пособиях, но далеко не во всех нужных случаях.

Обычно на поверхности крупных банок типа песчаных гряд наблюдаются осложняющие их более мелкие формы — песчаные волны. По мнению ряда исследователей, шторма приводят к стиранию песчаных волн, которые, видимо, являются наиболее подвижными формами из образо-

ванных приливными течениями. Поэтому можно считать, что их последующее восстановление приливными течениями влечет за собой динамику всего цоколя — аккумулятивной макроформы, на которую они «насажены». Следовательно, приливные течения как непрерывный периодический фактор «подправляют» динамику этих форм и всегда служат основным гидродинамическим «созидательным» фоном, на котором происходит их эволюция.

Периодические и непериодические вариации самого фона приливных течений в некоторой мере подчиняются региональным условиям, связанным с широтой места. Наблюдается полугодовая цикличность в изменениях годографов течений, зависящая от различного сочетания фазового и тропического неравенств на протяжении года (Дуванин, 1960; 1968, б). Между годографами течений первой и второй половин года замечается хорошо выраженное подобие — они возвращаются к почти исходной конфигурации.

Менее значительные вариации фона происходят при приливных течениях смешанного характера. В их полумесячном цикле в зависимости от величин склонения Луны меняются периоды вращения (при малом периоде — полусуточный, при большом — суточный) или круговые движения сменяются возвратно-поступательными. Месячные параллактические неравенства ничтожно влияют на направления течений и в основном сказываются на их скорости, тем самым равномерно увеличивая «эллипсы», максимально в пределах  $\pm 24\%$ . Полумесячные неравенства могут не отражаться на скоростях течений (Дуванин, 1960, 1968, а, б).

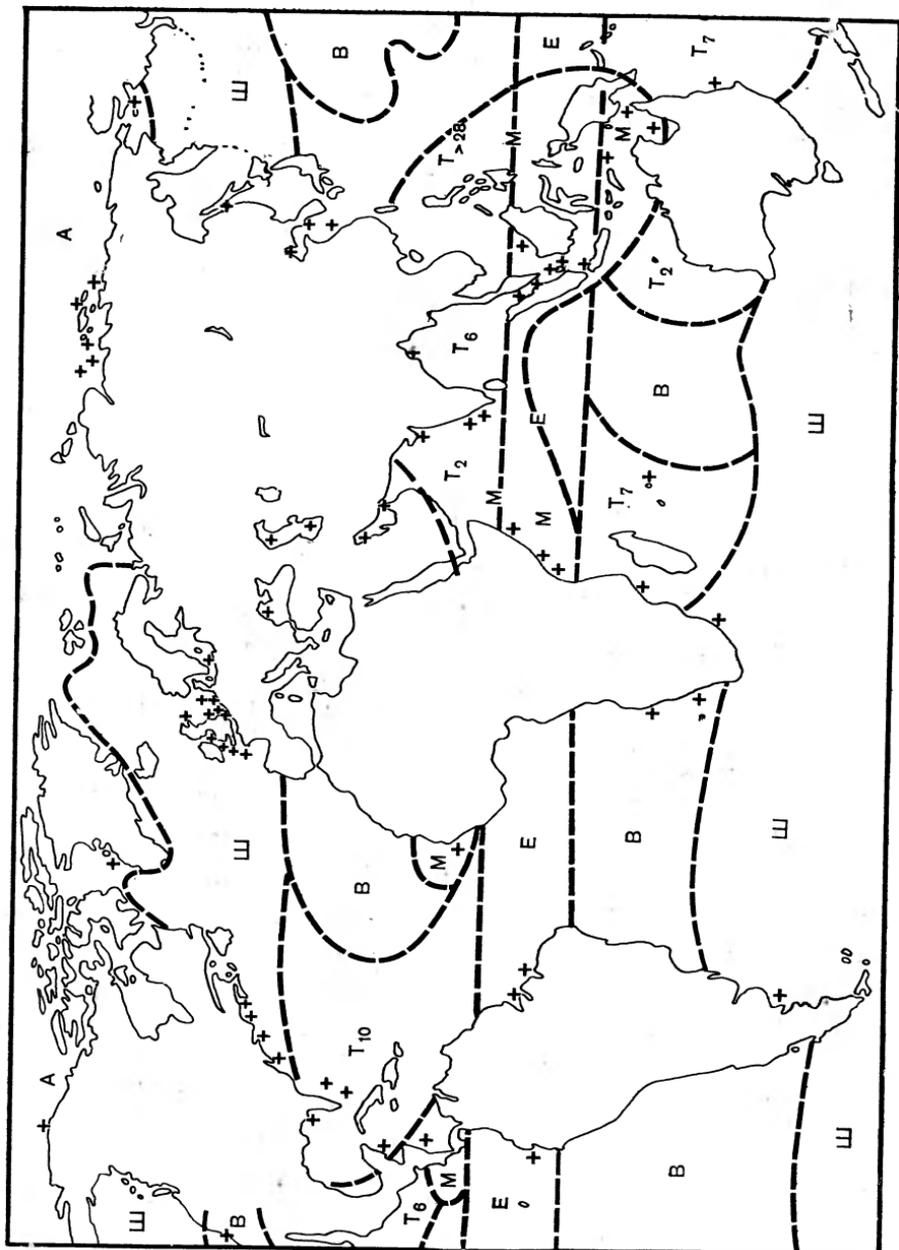
И. В. Максимов (1970), подробно останавливаясь на различных вариациях приливных явлений, приводит примеры как месячного, так и полугодового ритмов «астрономических» составляющих течений; они преимущественно высокоширотные («околополюсные») и особое значение имеют для северных океанов. Для нас важно замечание И. В. Максимова, что в отдельных случаях (на материковой отмели, в узкостях) скорости подобных «астрономических» течений бывают иногда значительными. Но все же из-за небольшой периодичности мало вероятно, что даже сочетание фазового и тропического неравенств и тем более другие циклические и ритмические вариации могут иметь «ударное» воздействие в деформационном фоне динамики донной аккумуляции и тем самым найти отражение в батиметрии на переиздаваемых картах. Следует обратить внимание на ряд других факторов, и тогда станет возможным повсеместно наметить пути прогноза изменчивости донных аккумулятивных форм, представляющих навигационную опасность.

Первым шагом к решению этой задачи для автора послужили сбор и анализ географических примеров изменчивости дна с уяснением ее причин посредством районирования (рис. 1). В основу районирования положены гидрометеорологические процессы и активные факторы, обуславливающие гидрогенную изменчивость дна. Для этого в основном использованы современные синоптико-климатологические разработки, указывающие на квазипериодичность гидрометеорологических процессов, их региональную специфику, а также зональные и региональные особенности Мирового океана и его берегов. В гидрографическом аспекте районирование может оказать помощь в планировании локальных рекогносцировочных промерных работ в целях наблюдения за изменениями дна водного района, а для геоморфологических исследований — основой для их организации и планирования.

Нами выделяются следующие области: арктических льдов, штормов умеренных широт, стационарных антициклонов, развития и трасс тропических циклонов, хорошо выраженных тропических муссонов, экваториального затишья. Ниже приводятся те сведения, которые послужили основой для районирования, и некоторые примеры результатов действия квазипериодических и различных непериодических факторов.

Рис. 1. Картохема динамического районирования континентальных и островных шельфов в пределах навигационных глубин.

А — области арктических льдов; Ш — области штормов умеренных широт; В — области стационарных антициклонов; Т<sub>10</sub> — области разветвля и трасс тропических циклонов с их средним числом за год; М — области хорошо выраженных тропических муссонов; Е — области экваториального затишья. Крестиками обозначены места с изменчивыми формами рельефа дна (по Оффру и другим источникам)



**В областях арктических льдов** величины приливов малы из-за ледовитости и динамика дна арктических шельфов подчинена ледовым условиям и процессам термоабразии.

Ледовые условия подвержены значительным колебаниям. Они характеризуются трех-пятилетней ритмичностью (Волков, 1967), что сильно отражается на размерах площади отдельных морей, свободной от льда. В сочетании же со стадиями этих ритмов активизируется динамика ледовых массивов и подвижки льдов, сопровождающиеся их торошением. Напоры глубоко сидящих гребней подводной части торосов (до 50 м ниже ур. моря), по имеющимся данным (Зенкович, 1962), вызывают образование сложного мезорельефа дна в виде беспорядочно разбросанных гряд, всхолмлений и борозд. Высота подводных всхолмлений может достигать 10—12 м с вершинами, срезанными под один уровень (глубина 2,5—3 м) весенними дрейфующими льдами. Вдоль северного побережья Аляски подобный рельеф образуется на глубинах до 30 м.

Другой процесс, термоабразия, наиболее ярко проявляется в районах побережий с вечномерзлыми рыхлыми породами и ископаемым льдом.

По Л. А. Иванову (1972), термоабразия—это «постоянное и интенсивное разрушение берегов и островов, постоянное и непрерывное создание новой береговой линии и образование характерных для этого моря форм подводного рельефа — банок, кос, отмелей, обширных мелководий и низких песчаных островов». При этом Л. А. Иванов не учитывает, однако, деятельность льда по выпахиванию дна, роль которой не следует преувеличивать, но о которой не надо также и забывать.

Интенсивное термоабразионное разрушение глинистых берегов приводит к обмелению побережья (взморья) и заливов (Зенкович, 1962), а в результате термоабразионных процессов целые острова и береговые формы, сложенные вечномерзлыми грунтами и ископаемым льдом, исчезают (широко известный факт); вместо них образуются банки и отмели, перепахиваемые льдом. В работе Л. А. Иванова приводятся данные, характеризующие и противоположный процесс — вытаивание дна и смещение 5-метровой изобаты на 1 км в сторону берега.

Темпы термоабразии и колебания ледовитости едва ли связаны только с температурными факторами, и здесь следует принимать во внимание некоторые изменения в ветроволновом режиме освободившихся от льда акваторий. По моему мнению, динамика берегов в зоне развития вечной мерзлоты в значительной мере зависит от волновых процессов. Основная причина заключается в изменении направления и величин так называемых ветроволноэнергетических равнодействующих (вернее по физическому смыслу, равнодействующих количества движений, передаваемого ветром воде и наносам) и их составляющих, называемых наносодвижущимися характеристиками, на ряде смежных участков побережий. Это в свою очередь означает изменение режима движения наносов. В результате аккумуляция, предохраняющая как теплоизолятор вечную мерзлоту, может смениться смывом наносов и их удалением за пределы данного участка, который теперь будет более податлив к термоабразии; на других же участках может произойти противоположное явление. В ряде географических примеров (Зенкович, 1946; Леонтьев, 1961) масштабы и темпы береговых процессов указывают на то, что в рельефе дна крупные изменения, связанные с термоабразией, могут наблюдаться до глубин около 10 м.

Динамика дна в той или иной мере связана с колебаниями климата. Следует иметь в виду как цикличность в изменениях форм атмосферной циркуляции, осуществляемой посредством циклонической деятельности (Гирс, 1971, 1974), так и пульсационную ритмичность периодов потеплений и похолоданий. С изменением форм циркуляции, которые происходят постепенно и циклически (через каждые 4—5 лет), изменяются, например, вынос льда из Арктического бассейна в Гренландское море, поло-

жение границ паковых льдов; происходят и другие крупномасштабные изменения дрейфа, что приводит, после преодоления инерции, к устойчивым сдвигам в положении Восточно-Сибирского и Таймырского ледяных массивов (Волков, 1967). Согласно представлениям Н. А. Волкова и Б. А. Слепцова-Шевлевич (1971), «5-летние» циклы в ледовитости арктических морей, проявляющиеся с разной интенсивностью в разных районах, связаны с реально существующими и причинно обусловленными 2—3-летними и 7-летними климатическими циклами (Дуванин, 1966; 1968, б; Максимов, 1970; Захаров, 1971; Николаев и Ковалев, 1971). Эпохальное потепление Арктики было связано с изменением пути циклонов и режима ветров, причем их равнодействующая в некоторых местах изменилась на  $180^\circ$  (Зубов, 1948; Борисов, 1967). Вследствие этого на дне акваторий, освобождающихся от льда летом и ранее не испытывавших гидрогенной аккумуляции, могли образоваться аккумулятивные формы. Известно также, что скорости приливных течений, воздействующих на дно, зависят и от ледовых условий.

**В областях штормов умеренных широт** на ряде шельфовых пространствах с сильными приливными течениями развиты подводные аккумулятивные формы, сложенные рыхлым материалом преимущественно ледникового происхождения. Чаще всего это очень крупные, прекрасно выраженные в рельефе гравийно-песчаные гряды или серповидные формы с волнистой поверхностью, или же обширные отмели, усложненные песчаными волнами, не достигающими поверхности моря всего на несколько метров (Лонгинов, 1973).

Поскольку в этих областях часто наблюдаются большие величины и неравенства приливов, то изменения банок могут происходить в результате вариаций приливных течений, о которых было сказано выше. Но судя по ряду работ, рассмотренных В. В. Лонгиновым (1973), динамика крупных песчаных форм далеко не всегда зависит от приливных течений. В конечном счете перенос твердого материала приливом и отливом во многих случаях взаимно компенсируется. Нетрудно представить, что весь рыхлый материал, если он ледникового происхождения, был бы уже давно, еще в начале голоцена, сдвинут к берегу или вынесен за пределы шельфа. Проведенный нами анализ изменчивости банок южной части Северного моря показал, что в процессе переноса песка песчаными волнами необходимо принимать во внимание наложение дрейфовых течений на приливные. Однако полагают, что только катастрофические шторма вызывают нарушение в динамическом равновесии донной аккумуляции и что только от таких импульсов зависит динамика банок, длинной во многие километры, также нет оснований. Скорее всего перестройки банок в данных областях связаны с более длительными изменениями режима ветров. А. И. Дуванин (1960) указывает, что приливные течения заметно подвержены влиянию ветра, и нарушение режима приливных течений в результате воздействия ветра относительно больше, чем нарушение приливных колебаний уровня. Поэтому если происхождение банок обязано режиму приливных течений как основному гидродинамическому фону, то их перестройку в этих областях вероятнее связать с наложением вторичных фоновых условий — с цикличностью в изменениях режима ветров, а следовательно, с остаточной частью суммарных течений. Эта непериодическая составляющая, учитываемая осредненными величинами, меняется в больших пределах, что четко увязывается даже с прохождением барических систем (Дуванин, 1960; Альтшулер, 1966).

Если в областях арктических льдов обнаруживается связь между гидрометеорологическими процессами, ледовым режимом и динамикой дна мелководного шельфа, где последняя может нести много элементов случайности, то тем более в данных областях, где воздействие атмосферы на море проявляется главным образом в передаче ему количества

движения (Жуков, 1976), аналитический подход к динамике дна должен включать последовательное рассмотрение причинной цепи процессов.

Для умеренных широт северного полушария имеются карты повторяемости циклонов. Выделены «каналы возмущения» — полосы, вдоль которых чаще всего перемещаются барические образования (Гирс, 1960), и это может иметь значение для оценки гидродинамической активности акватории в связи с ее морфометрией и географическими условиями.

Но в развитии атмосферной циркуляции прослежена квазипериодичность, используемая в прогностических целях (Гирс, 1971, 1974). Выявлены различные по годам и пространству «стадии циркуляционных эпох», или «форм циркуляции». Их продолжительность от 2 до 6 лет, и им присущи те или иные фоновые характеристики: зональный западный перенос — W, меридиональный — С и зональный восточный — Е. Интенсивность типовых процессов W, С, Е определяется распределением атмосферного давления и численно может быть охарактеризована «индексами циркуляции» (Хромов, 1968) — количеством изобар, расположенных субширотно (W и E) или субмеридиально (С). Это определяет горизонтальные барические градиенты, а следовательно, режим ветров, повторяемость циклонов и в конечном итоге сумму всех сил атмосферного воздействия на море, которая внесет изменение в общее количество движения за тот или иной квазипериод.

Между колебаниями интенсивности атмосферных процессов и гидрологическими процессами морей Северной Атлантики А. И. Дуванин (1966) выявил корреляционную связь. Индикатором интенсивности движения вод принимаются колебания уровня морей, относящиеся к нагонному воздействию западно-восточного переноса средних широт. В результате обработки уровенных наблюдений по ряду пунктов Северного и Балтийского морей, а также Тихого океана в гидрологических макропроцессах Северной Атлантики и средних широт северной части Тихого океана А. И. Дуваниным наиболее отчетливо выделены типичные периоды колебаний, составляющие в среднем 2,5 года и 5 лет. Такие квазипериодические изменения в общем количестве движения вод, создающие вторичный фон, должны отражаться в таких же квазипериодических нарушениях динамического равновесия мегаформ донной аккумуляции — совокупностей песчаных гряд или полей песчаных волн. Иными словами, количество движения за квазипериод составит ту сумму сил, которая посредством динамики наиболее подвижных образований — песчаных волн — воздействует на всю систему макро- и мезоформ. С такими процессами едва ли соизмеримы изменения в регулярном фоне — вариации в режиме приливных течений.

При характеристике этих областей надо упомянуть, что на дне окраинных и внутренних морей встречаются скопления небольших моренных валунов и гальки, в пределах которых глубины изменяются в интервале до 10 м. В некоторых случаях, по В. П. Зенковичу (1962), отмечается явная зависимость их расположения и очертаний от направления течений и ветров. В динамике таких образований может принимать участие поверхностный и донный лед, но некоторую роль играет также пузырчатая водоросль фукус, которая по мере своего роста всплывает или сальтируется волнами вместе с камнями, к которым она прикреплена (Леонтьев, 1963). Таким путем довольно крупные обломки могут переноситься на большие расстояния, сгружаясь в новые скопления и гряды.

В областях стационарных антициклонов трудно усмотреть какие-либо квазипериодические факторы. Ветры в них в основном неустойчивы по силе и направлению, а антициклоны, расширяясь в теплое время года, оттесняют фронтальные и тропические циклоны. Из-за низкого широтного положения этих областей в них сглажены полумесячные тропические неравенства, вызванные изменением величины склонения Луны.

К тому же сравнительно открытый характер прибрежных акваторий в этих областях вряд ли допускает какие-либо вариации в режиме приливных течений. Там, где в данных областях климат аридный, развиты процессы биогенной и хемогенной аккумуляции, а также литификации аккумулятивных форм, превращающие их в каменистые банки. Их поверхность, подвергаясь биологическому разрушению, может стать очень неровной и неблагоприятной для якорных стоянок. Интенсивный разрыв песчаных образований, придвинутых ветром вплотную к берегу, а также эпизодический массовый эоловый перенос песка у берегов пустынь приводит к возникновению временных мелей.

**Области развития и трасс тропических циклонов** характеризуются различным распределением повторяемости циклонов по месяцам с одним и реже с двумя годовыми пиками, а также средним числом их случаев за год. Но в течение нескольких лет могут быть и затишья. Так, например, в районе Карибского моря в начале 50-х годов несколько лет не было ни одного урагана, а в 1955 г. произошло 11 ураганов.

Тропические циклоны развиваются над акваториями с теплыми течениями, где распространены коралловые постройки. Они могут как быстро воздвигаться кораллами (их прирост может достигать 30 см в год) (Леонтьев и др., 1975), так и разрушаться штормовыми волнами при прохождении циклонов. Из обломков корралов, переотлагаемых штормовыми течениями, с подветренной стороны рифа образуются банки, заселяемые и преобразуемые известковыми водорослями. Прохождение тропических циклонов сопровождается резкими деневиляциями уровня вследствие динамических причин (Зубов, 1955), что приводит к сильным компенсационным течениям, перестраивающим песчано-коралловые банки, если они еще не закреплены кораллами и водорослями или не литифицированы. Как вследствие этой изменчивости, так и из-за навигационной опасности при производстве гидрографических работ на многих навигационных путевых картах, изображающих районы развития коралловых рифов, стоит предупреждение, что «положение коралловых рифов, островов и банок везде неточное».

**В областях хорошо выраженных тропических муссонов** особо сказывается влияние господствующих ветровых течений, скорость которых иногда превышает 2 узла (Keller, Richards, 1968). Они создают особенно мощные струи в узкостях. В целом постоянные течения там меняются по сезонам в зависимости от направления муссонов. По А. И. Дуванину (1960), муссонные течения подвержены ритмам с преобладающими в среднем периодами 2,5 года и 5 лет.

Из-за особой сложности физико-географических условий на шельфе Австрало-Азиатских морей, где значительны величины неправильных приливов, могут существовать особенно специфические условия динамики рельефа. В районе Торресова пролива приливные течения разнообразны и меняют свой характер на небольшом протяжении. При совпадении постоянного течения с приливным скорость суммарного течения достигает 8 узлов, что, по-видимому, влияет даже на конфигурацию коралловых рифов, приобретающих вытянутые очертания. Там же, по Оффу (Off, 1963), формируются крупные аккумулятивные гряды из органогенных песков.

Как в шельфовых морях Зондского архипелага, так и в ряде районов открытого континентального шельфа Азии, по данным соответствующих лоций, летние муссоны действуют в сочетании с бризовой циркуляцией, достигающей там особенно больших масштабов (Бурман, 1969). Эти наложения приводят к штормам у берегов и усиливают прибрежные ветви постоянных муссонных течений. Если еще добавляется обильный сток от дождей в летнее время, то приливные течения, суммируясь с такими факторами, могут нередко превышать 5 узлов.



## ВЫВОДЫ

Квазипериодические изменения в режиме преобладающих ветров над шельфовыми акваториями приводят к перестройке суммарных течений. Их приливная составляющая является систематическим «созидательным» фоном для донной аккумуляции, а остаточные, непериодические течения — переформирующим фактором, интенсивность которого тем больше, чем большее количество движения за масштаб времени передается атмосферой данной акватории, динамика вод которой определяется ее географическими условиями. Эти масштабы времени определяются квазипериодичностью атмосферной циркуляции, но ее индикаторы намного слабее дифференцированы, чем гидрологический индикатор — ход колебаний уровня, корреляционные связи которого с формами атмосферной циркуляции выявлены А. И. Дуваниным (1966, 1968б).

Полигонные или фрагментарные наблюдения за рельефом банок за выявленные промежутки времени, определяемые колебаниями регионального хода уровня, следует в первую очередь проводить для выделения различающихся по устойчивости форм, медленнее или быстрее восстанавливаемых приливными течениями, в зависимости от интенсивности остаточных течений. Следует ожидать, что при типизации банок и районировании полей аккумуляции обнаружится связь между динамикой совокупностей банок и изменениями в режиме отфильтрованных приливных течений.

Формализация сделанных обобщений качественного характера, включающих постановку отдельных вопросов для дальнейшего исследования, представлены на рис. 2.

Автор считает своим долгом выразить благодарность О. К. Леонтьеву за ценные замечания по стендовому докладу на I съезде советских океанологов и просмотр данной рукописи, а также за постоянное внимание к работам автора, связанным с вопросами навигационной геоморфологии.

## ЛИТЕРАТУРА

- Альтшулер В. М. Практические вопросы анализа и расчета морских приливов. Л., Гидрометиздат, 1966.
- Борисов А. А. Климаты СССР. М., «Просвещение», 1967.
- Бурман Э. А. Местные ветры. Л., Гидрометеоиздат, 1969.
- Волков Н. А. Долгосрочные ледовые прогнозы для арктических морей. В сб. «Метеорология и гидрология за 50 лет Советской власти». Л., Гидрометиздат, 1967.
- Волков Н. А., Слепцов-Шевлевич Б. А. О цикличности в колебаниях ледовитости арктических морей. «Тр. ААНИИ», т. 303. Л., Гидрометеоиздат, 1971.
- Гирс А. А. Основы долгосрочных прогнозов погоды. Л., Гидрометеоиздат, 1960.
- Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л., Гидрометеоиздат, 1971.
- Гирс А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л., Гидрометеоиздат, 1974.
- Дуванин А. И. Приливы в море. Л., Гидрометеоиздат, 1960.
- Дуванин А. И. О периодичности в гидрометеорологических процессах. II Международный океанографический конгресс. Тезисы докл. М., 1966.
- Дуванин А. И. Волновые движения в море. Л., Гидрометеоиздат, 1968а.
- Дуванин А. И. О модели взаимодействия между макропроцессами в океане и атмосфере. «Океанология», т. VIII, вып. 4, 1968б.
- Захаров В. Ф. К особенностям проявления атмосферных циклов в ледовитости. «Тр. ААНИИ», т. 303. Л., Гидрометеоиздат, 1971.
- Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов. М.—Л., «Морской транспорт», 1946.
- Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Зубов Н. Н. В центре Арктики. М., Изд-во Главсевморпути, 1948.
- Зубов Н. Н. Барический рельеф и уровень моря. В кн. Зубов Н. Н. «Избранные труды по океанологии». М., Воениздат, 1955.
- Жуков Л. А. Общая океанология. Л., Гидрометеоиздат, 1976.
- Иванов Л. И. Вопросы динамики берегов и рельефа дна арктических морей в гидрографии. Сб. трудов ЛВИМУ им. Макарова, «Гидрография и гидрометеорология», вып. 1, Л., 1972.

- Леонтьев О. К. Геоморфология морских берегов и дна. Изд-во МГУ, 1955.  
Леонтьев О. К. Основы геоморфологии морских берегов. Изд-во МГУ, 1961.  
Леонтьев О. К. Краткий курс морской геологии. Изд-во МГУ, 1963.  
Леонтьев О. К., Никифоров Л. Г., Сафьянов Г. А. Геоморфология морских берегов. Изд-во МГУ, 1975.  
Лонгинов В. В. Очерки литодинамики океана. М., «Наука», 1973.  
Максимов И. В. Геофизические силы и воды океана. Л., Гидрометеиздат, 1970.  
Николаев Ю. В., Ковалев Е. Г. Возможность использования дискриминантного анализа для долгосрочного прогноза ледовитости арктических морей. «Тр. АНИИ», т. 303. Л., Гидрометеиздат, 1971.  
Правоторов И. А. О «Навигационной геоморфологии», I съезд советских океанологов, Тез. докл., вып. III. «Геология морей и океанов». М., «Наука», 1977.  
Хромов С. П. К дидактике вопросов общей циркуляции атмосферы. «Вест. МГУ. География», т. 6, 1968.  
Чухотин П. С. Расчетные методы исследования песчаных волн. «Океанология», т. XVII, вып. 1, 1977а.  
Чухотин П. С. Некоторые результаты исследования приливных песчаных волн на Белом море. «Океанология», т. XVII, вып. 2, 1977б.  
Keller G. H., Richards A. F. Sediments of the Malacca Strait, Southeast Asia. International Indian Ocean Expedition. Collected reprints V. UNESCO, 1968.  
Off Th. Rhythmic linear sand bodies caused by tidal currents. «Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists», v. 47, No. 2, 1963.

Одесское высшее инженерное  
морское училище

Поступила в редакцию  
29.III.1978

---

## IMPORTANCE AND INTERRELATION OF HYDRODYNAMIC FACTORS OF BOTTOM TOPOGRAPHY CHANGES WITHIN LIMITS OF NAVIGABLE DEPTHS

I. A. PRAVOTOROV

### Summary

Causes of sea floor changes within navigable depth of shelves are considered to be one of problems of navigation geomorphology. An importance is estimated of background of tidal currents, quasi-periodic and non-periodic active hydrometeorological factors. An experience is described of ocean and sea shelves subdivision according to their dynamics; following areas have been identified and discussed: areas of arctic ices, of storms of temperate latitudes, of stationary anticyclones, of tropical cyclones development and movement, of tropical moonsoons and of equatorial calmes. While the «dynamic areas» being discussed, main attention is paid to the cyclic character of hydrometeorological processes, which is to be taken into consideration if the floor changes are observed with a certain time interval. A model-scheme shows causal and indicator's interrelations.

---