

Том LIII	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LII	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

551.353(265.2)

## ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ВОСТОЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ БЕРИНГОВА МОРЯ

Д. Е. Гершанович

ВНИРО

До недавнего времени всесторонние исследования донных отложений Берингова моря были выполнены лишь в его западных областях. Исследования «Витязя» в 1951—1953 гг. позволили выявить ряд закономерностей современного осадкообразования, химизма осадков и четвертичной истории моря, ранее совершенно неизвестных [5, 6, 7, 20, 21, 22, 31, 32, 33, 34, 40]. Особенно много новых данных было получено в глубоководной части западных областей.

В центральных и восточных областях моря «Витязь» не проводил исследований. Имеющиеся сведения об их донных отложениях [46, 48, 49, 50, 51, 53] крайне немногочисленны, требовали уточнений и в ряде случаев устарели.

В южной части моря также не было специальных исследований донных осадков, за исключением работы Скрутона в районе Ближних о-вов [47]. Для характеристики донных осадков здесь приходилось пользоваться не всегда точными навигационными определениями грунтов на морских картах.

Слабая изученность донных отложений большей части Берингова моря не только существенно затрудняла составление целостной картины распределения и состава осадков, но и в значительной степени препятствовала разрыванию научно-поисковых работ и подготовке правильных рекомендаций о возможности промысла донных и придонных рыб и краба во многих из вновь открытых богатых промысловых районов.

В этой связи исследование донных отложений являлось важным разделом комплексных океанологических работ Берингоморской научно-промысловой экспедиции ТИНРО—ВНИРО. Оно проводилось не только в тех частях моря, которые представляли непосредственный интерес для поиска и добычи рыбы, но и во многих районах на востоке, в центре и на юге Берингова моря. Обширный фактический материал о донных отложениях центральных и восточных областей Берин-

гова моря, собранный в результате многолетней деятельности экспедиции, и его аналитическая обработка, выполненная за последние годы, во многом заполнили имевшийся пробел в изучении берингово-морских осадков. Сейчас Берингово море в отношении изученности донных отложений заметно приближается к другим дальневосточным морям, от которых оно недавно еще так резко отличалось [10, 11, 12].

Фактический материал, использованный в работе [11], получен Беринговоморской научно-промысловой экспедицией ТИНРО—ВНИРО в 1958—1961 гг. в рейсах экспедиционных судов «Жемчуг» (1958 г.), «Первенец» (1959, 1960 и 1961 г.) и «Орлик» (1961 г.) и состоит более, чем из 600 проб, из которых около 130 колонок имеют среднюю длину 2,3 м. Максимальная длина колонок достигает 5,5—6 м. Используются также данные наблюдений над грунтами Берингова моря, полученные научно-поисковыми судами экспедиции и любезно предоставленные в наше распоряжение Н. П. Новиковым. Методика сбора и последующей обработки кратко освещена в работе о результатах изучения глубоководных осадков в связи с исследованиями по программе Международного геофизического года [11].

В сборе материала, кроме автора, участвовали В. С. Бортников, В. С. Гусева, Б. Г. Иванов, Б. Н. Котенев, В. Н. Новиков, Ю. Д. Подлипалин, В. Н. Семенов. Обработка проводилась во ВНИРО, Институте геологии Арктики и Геохимической лаборатории ААНИИ.

Гранулометрические анализы (ситовый и водномеханический анализ влажного материала с контролем крупности оседающих частиц под микроскопом) выполнялись А. Г. Моисеенко, Л. К. Новак, Е. Ф. Тимирязевой, разделение тяжелыми жидкостями (бромформ, удельный вес 2,90) — О. О. Куксиной и А. Н. Рудаковой, минералогические анализы крупноалевритовой фракции — Н. С. Добронравовой и В. В. Серовой. Общее руководство этими видами аналитических работ осуществлялось З. А. Глаголевой. Химические анализы (определение железа, марганца, титана, аутигенной кремнекислоты,  $\text{CaCO}_3$  и органического углерода) сделаны общепринятыми методами О. И. Зеленской, Н. К. Вознесенской, М. И. Гохват, А. Б. Самосудовой, М. Б. Чермашенцевой, Н. Н. Щевелевой, люминесцентно-битуминологические — А. Я. Шевченко. Термические, рентгенографические и электронномикроскопические исследования отдельных проб выполнены Н. Н. Лапиной. Просмотр шлифов грубо- и крупнообломочного материала выполнен А. Г. Кацем и Н. Г. Кисляковой.

Насколько можно судить по опубликованной литературе, исследования донных отложений, проведенные Беринговоморской научно-промысловой экспедицией ТИНРО—ВНИРО, весьма значительны. Многие данные получены впервые. Они позволяют гораздо подробнее, чем это делалось ранее, освещать наиболее существенные черты берингово-морских осадков как в промысловых [16, 26, 29, 30], так и в других целях.

#### НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Нам уже приходилось подчеркивать большое разнообразие и изменчивость современных осадков Берингова моря — одного из наиболее значительных краевых бассейнов на северной периферии Тихого океана. Неоднородное распределение осадков и различия в их составе прослеживаются не только в пределах шельфа и зоны материкового и островного склона, где расположены основные рыбопромысловые районы, но и в глубоководных частях моря. Вместе с тем имеющиеся материалы показывают, что, несмотря на единство всего процесса

осадкообразования в море, каждая из основных геоморфологических областей, выделяющаяся по своей геологии и рельефу, заметно отличается по особенностям развитых в ее пределах осадков и специфике осадочной дифференциации. Геология и рельеф дна составляют здесь, как и в других морях, ту основу, на которой проявляется воздействие всех других осадкообразующих факторов. Очень хорошо это прослеживается на примере берингоморского шельфа [12], где два основных типа шельфа — эпиконтинентальных и геосинклинальных областей — характеризуются разными донными осадками. В менее четкой форме это наблюдается и в более глубоководных областях моря, об осадках которых мы имеем меньше сведений. При этом приходится учитывать, что на дне Берингова моря мы имеем консолидированные мезозойские структуры, примыкающие к побережьям Чукотки и Аляски, на которых сформированы широкие эпиконтинентальные шельфовые области с относительно спокойным рельефом; молодые образования кайнозоя Корякского побережья и Северо-Восточной Камчатки; современную геосинклинальную зону в районе горного сооружения Командорско-Алеутской островной гряды и связанного с ней п-ова Аляска; узкий и крутой материковый и островной склоны, прослеживаемые в областях моря с разным геологическим строением; крупные глубоководные Камчатскую и Алеутскую котловины и два протяженных подводных хребта — Ширшова (б. Олюторский) и Бауэрс, происхождение и геологический возраст которых еще не установлены.

Основные черты рельефа дна Берингова моря (рис. 1), главным образом в пределах промысловых глубин, районирование (рис. 2), а также некоторые особенности строения прилегающей суши и геоморфологии моря освещены нами ранее и в данной статье не рассматриваются [12, 13]. Не разбираются также сведения об особенностях климата и гидрологического режима моря, всесторонне описанные в литературе [1, 4, 11, 19, 24, 25, 28, 36].

Ниже лишь кратко характеризуется ряд других осадкообразующих факторов, обуславливающих специфику современных отложений Берингова моря и закономерности их состава и распределения.

В Берингово море впадают три крупных реки — Юкон, Кускоквим, Анадырь и большое число мелких. Общая площадь водосборного бассейна Берингова моря составляет около 1704000 км<sup>2</sup>, что значительно меньше площади моря, равной 2304000 км<sup>2</sup> (примерно 0,7). В пределах материка Азии находится несколько меньше 1/3 площади водосбора рек Берингова моря, 2/3 приходится на Аляску и прилегающие районы Канады. Жидкий сток всех рек бассейна Берингова моря приближенно оценивается в 650 км<sup>3</sup> в год [28]. Большинство рек бассейна Берингова моря впадает в его эпиконтинентальной части. В геосинклинальной части нет ни одной крупной реки, а площадь бассейна тех мелких рек, которые здесь имеются, в десятки раз меньше бассейна рек эпиконтинентальных районов. Отчетливо прослеживается, что значение речного стока возрастает с юга и юго-запада на северо-восток и особенно север моря. В настоящее время нет сводных данных о величине твердого стока в Берингово море. Схема интенсивности механической денудации суши, составленная Н. М. Страховым [43], показывает, что Американское побережье Берингова моря характеризуется более значительным поверхностным смывом (50—100 т/км<sup>2</sup>), чем Азиатское (10—50 т/км<sup>2</sup>). Юкон приносит в море около 88 млн. т взвешенных веществ в год [41]. Этот осадочный материал попадает в мелководную и сравнительно ограниченную по площади часть Берингова моря. Несомненно, что во всех других районах

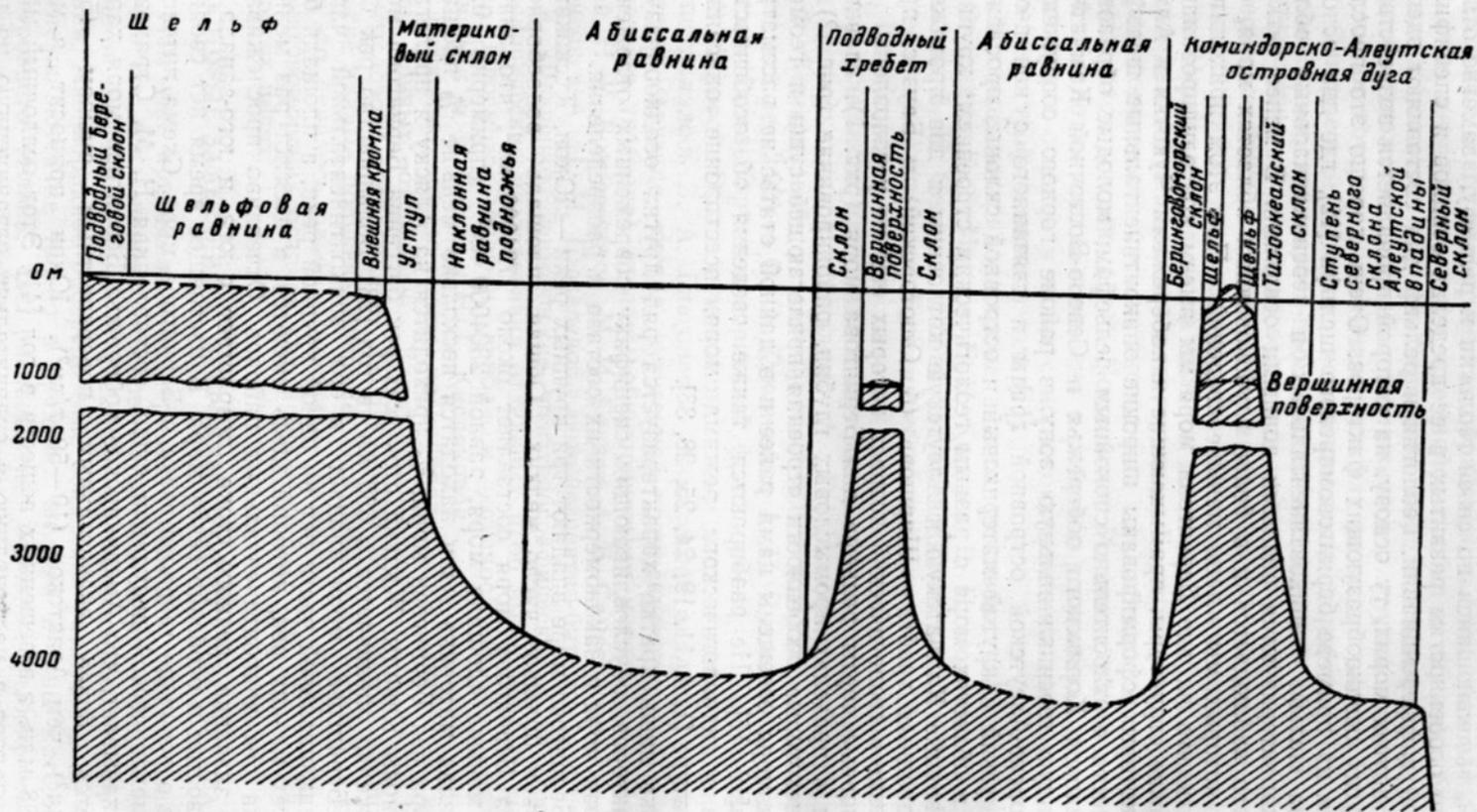


Рис. 1. Основные макроформы рельефа Берингова моря.

моря твердый сток значительно меньше и его поступление в пределы шельфовой зоны, по-видимому, невелико, тем более, что он в немалой степени должен оседать в заливах, бухтах и лагунах. Очень мал твердый речной сток во всех геосинклинальных шельфовых районах. Видимо, в отношении материала, поступающего в результате процессов абразии, в Беринговом море мы имеем обратное соотношение. Согласно Ирдли [46] Юкон поставляет значительное количество частиц песка и крупного алеврита (от 1 до 0,05 мм). В их составе много зерен хлорита, роговой обманки, кварца, несколько меньше мусковита, эпидота, магнетита. Дельтовые пески Юкона обогащены частицами,

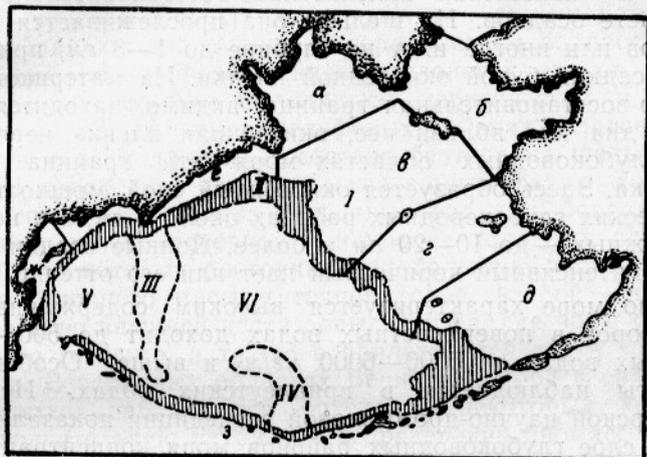


Рис. 2. Схема районирования Берингова моря.

*I.* Шельф. Эпиконтинентальные шельфовые области: *а* — Анадырский залив; *б* — североберингоморское мелководье; *в* — лаврентьевско-матвеевская; *г* — матвеево-нунивакская; *д* — прибылово-бристольская; геосинклинальные шельфовые области: *е* — Коряжская; *ж* — Северо-Восточной Камчатки; *з* — область островных шельфов Командорско-Алеутской дуги;  
*II* — материковый и островной склон; *III* — подводный хребет Ширшова; *IV* — подводный хребет Бауэрс; *V* — Камчатская глубоководная котловина; *VI* — алеутская глубоководная котловина.

в составе которых иногда идет повышенное накопление граната, роговой обманки и других минералов. Отрывочные данные о растворенных веществах в водах Аляски [54] свидетельствуют о большой изменчивости их содержания. Так, общее количество солей в летние месяцы колеблется от 25 до 225 мг/м<sup>3</sup>, чаще всего составляя около 150 мг/м<sup>3</sup>. Содержание SiO<sub>2</sub> редко превышает 10 мг/м<sup>3</sup>. Н. М. Страхов [43] полагает, что для бассейна Юкона химическая денудация примерно в пять раз меньше механической — соответственно 22 и 103 т/км<sup>2</sup>. Твердый осадочный материал, видимо, поступает еще в результате вулканических извержений в районе Алеутских о-вов и Камчатки. Иногда этому источнику придается очень большое значение [34]. Однако исследования в Беринговом море показывают, что в настоящее время роль этого фактора ограничена и пирокластический материал встречается крайне локализовано и сравнительно редко.

Как известно, Берингово море характеризуется субарктической структурой водных масс. Большой интерес для выявления особенностей современного осадкообразования представляет распределение растворенного кислорода. Содержание кислорода в поверхностных водах довольно значительно и обычно равно 100—110% насыщения

или более. В холодном промежуточном слое кислорода также много и здесь мы редко наблюдаем его насыщенность менее 80%. Далее концентрация кислорода резко убывает и начинает возрастать от нескольких процентов насыщенности до 10—20% лишь в глубинных водах [18]. Таким образом, все водные массы на шельфе содержат достаточно кислорода. В зоне материкового склона значительная часть поверхности дна соприкасается с водами теплого промежуточного слоя, наименее богатыми кислородом. Дно глубоководных котловин омывается водами, где количество кислорода намного больше. Эти особенности кислородного режима берингоморских вод существенно отражаются на положении окислительно-восстановительной границы в море и цвете осадков. На шельфе она прослеживается на поверхности осадков или иногда идет на глубине до 1—3 см, приводя к появлению в осадках бурой окисленной пленки. На материковом склоне окислительно-восстановительная граница, видимо, находится на самой поверхности дна или вблизи нее, окисленная пленка нередко отсутствует. В глубоководных областях моря эта граница опускается в глубь осадка. Здесь образуется окисленный слой, мощность которого в периферических глубоководных районах около 5 см, а в центральных районах и южных — до 10—20 см и более. Донные осадки этого слоя окрашены в интенсивный коричневый цвет или его оттенки.

Берингово море характеризуется высоким содержанием кремниевой кислоты, которое в поверхностных водах доходит до 500—700 мг/м<sup>3</sup>, а в глубинных водах до 5000—6000 мг/м<sup>3</sup> и выше. Особенно много кремниевой кислоты наблюдается в приалеутских водах. Исследования Берингоморской научно-промысловой экспедиции показали, что в поверхностном слое глубоководных районов моря концентрация кремниевой кислоты (а также фосфора) нередко оказывается большей, чем на мелководье. Это, возможно, говорит о том, что в доставке биогенных элементов в Берингово море существенную роль играют тихоокеанские воды, являющиеся источником не только тепла, но и некоторых биогенов. А. П. Лисицын полагает даже, что они приносят большое количество взвешенных частиц, превосходящее твердый сток с суши [34]. Наши данные не подтверждают этот вывод. Насборот, районы, прилегающие к подводному хребту Бауэрс и к проливам Алеутских гряды, через которые происходит основное поступление тихоокеанских вод, отличаются наибольшей прозрачностью, голубым или голубовато-синим цветом и минимальным содержанием взвесей. Здесь меньше скорость осадконакопления, чем в других глубоководных областях, и особенно значительны изменения в составе осадков под влиянием окислительной обстановки. Именно поэтому в центре южной части Берингова моря можно наметить своего рода океаническую зону, во многом отличную от собственно морской в остальных частях Берингова моря [11].

Для образования многих осадков Берингова моря существенное значение имеют планктон и бентос. Особенно велика в этом отношении роль планктона, одна из главных составных частей которого — диатомовые водоросли — является важным источником осадочного материала в глубоководных областях моря. Накопление кремневых скелетных остатков диатомовых водорослей вполне соизмеримо здесь с седиментацией терригенного материала. В некоторых южных районах Берингова моря осадки обогащены планктонными фораминиферами. Бентос заметно сказывается на составе донных отложений южных шельфовых областей моря, где более высокие температуры вод облегчают накопление в осадках органических карбонатных частиц. Иногда этот про-

цесс происходит и в других районах, где он сопряжен с ослабленным приносом и осажженным терригенного материала на некоторых участках подвижных вод. В зоне материкового и островного склона и на подводных хребтах Ширшова и Бауэрс в образовании донных осадков нередко участвуют кремневые губки, скелетные остатки которых оказываются важным компонентом многих отложений на глубинах до 500—1000 м. Планктон и бентос обуславливают поступление в осадки органического вещества. Принос его с суши в условиях Берингова моря, видимо, крайне ограничен.

Северо-западная, более холодная, часть моря характеризуется преобладанием холодноводного планктона, юго-восточная — тепловодного. В составе фитопланктона, как и в других дальневосточных морях, преобладают диатомовые и перидиниевые водоросли, в составе зоопланктона — разнообразные виды веслоногих рачков. Среди фитопланктона отчетливо выделяются неритические и океанические группировки [8, 22], причем в шельфовых районах в летнее время года наблюдается и та и другая. В составе бентоса на шельфе Берингова моря можно проследить два комплекса донной фауны: холодноводный, или арктический, и комплекс умеренных вод, или бореальный [37, 38, 39]. Первый развит в основном в наиболее холодных районах Берингова моря, дно которых постоянно или большую часть года омывается водами холодного промежуточного слоя, второй — в прибрежном мелководье и во внешней части зоны шельфа, где воды обычно оказываются более теплыми, а также в прилегающей части зоны материкового склона. В западных областях Берингова моря в связи с их большой суровостью наблюдается опускание некоторых холодолюбивых видов на значительную глубину. Распределение биомасс тесно связано с глубиной и донными осадками. На песке на глубинах до 50 м биомасса бентоса чаще всего менее 50 г/м<sup>3</sup>. В центре эпиконтинентального шельфа на илстых осадках она заметно возрастает, достигая между о-вом Св. Матвея и о-вом Св. Лаврентия 500—600 г/м<sup>2</sup>. Во внешней части эпиконтинентального шельфа биомасса обычно уменьшается до 50—100 г/м<sup>2</sup>. В западных областях моря биомасса бентоса так же достаточно велики, доходя иногда до 200—300 г/м<sup>2</sup> и более. Еще больше биомассы на скалистых грунтах южных и западных районов. В зоне материкового склона биомасса бентоса обычно не превышает 40 г/м<sup>2</sup> и уменьшается с глубиной.

Отчетливо выделяются различия в количестве и составе бентоса эпиконтинентальных и геосинклинальных шельфовых областей Берингова моря [37, 38].

#### К КЛАССИФИКАЦИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ

Донные отложения Берингова моря представлены многими вещественными и гранулометрическими типами осадков. В отдельных районах наблюдаются обнажения коренного дна, скалистые грунты, развитые на участках так называемой «отрицательной седиментации».

По вещественному составу все отложения Берингова моря могут быть разделены на терригенные, вулканогенные и органогенные. Среди последних выделяются кремневые, слабокремневые (диатомовые и кремнегубковые) и карбонатные (фораминиферовые и ракушечные). К слабокремневым и слабокарбонатным относятся осадки с соответственным содержанием аутигенной кремнекислоты или CaCO<sub>3</sub> от 10 до 30%, к кремневым и карбонатным — более 30% [42]. Часто встре-

чаются смешанные (полигенетичные\*) осадки, особенно характерные для некоторых южных районов моря [11]. Больше всего распространены терригенные отложения, преобладающие в зоне шельфа и верхней части зоны материкового склона, диатомовые и слабодиатомовые, выстилающие дно глубоководных котловин и прилегающей части материкового и островного склона. Гораздо реже развиты вулканогенные осадки, локализованно залегающие на шельфе и островном склоне наиболее восточных из Алеутских о-вов. Кремнегубковые осадки известны в верхней части материкового и островного склонов и на подводных хребтах Ширшова и Бауэрс, фораминиферовые — на склонах подводного хребта Бауэрс и изредка в других районах. Ракушечные отложения характерны главным образом для некоторых участков

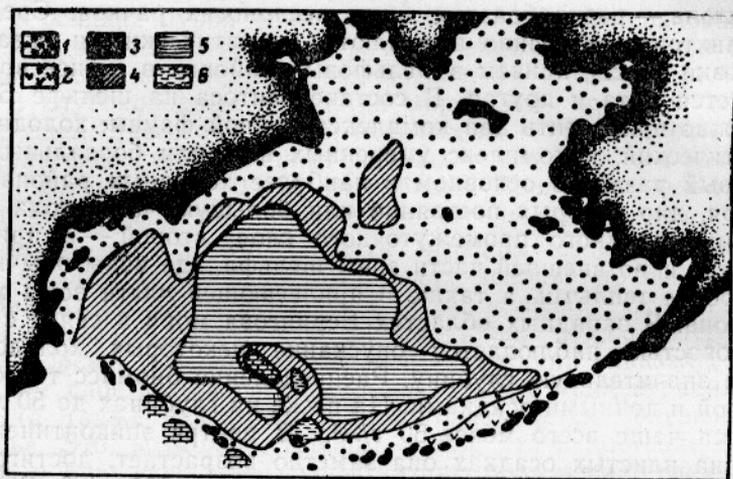


Рис. 3. Основные типы современных отложений Берингова моря:  
1 — терригенные; 2 — вулканогенные; 3 — карбонатные; 4 — слабокремневые; 5 — кремневые; 6 — смешанные.

шельфа южных тепловодных областей моря; иногда они свойственны отдельным участкам подвижных вод и в более северных областях (рис. 3).

Для характеристики донных отложений Берингова моря по их гранулометрическому составу используются те классификационные градации, которые приняты Гидрографической службой для морских карт и широко применяются в практике океанографических, рыбопромысловых и большого числа морских геологических исследований. В основе этих градаций донных осадков, как известно, положен динамический принцип, учитывающий связь между гранулометрическим составом, или крупностью осадков, и степенью подвижности вод, гидродинамической активностью [26]. Наиболее грубые осадки, не содержащие самых тонких частиц (меньше 0,01 мм) или содержащие их в небольшом количестве (до 5%), подразделяются по преобладающей фракции. Осадки, в которых частицы менее 0,01 мм составляют 5% и более, классифицируются по количеству этих частиц. Ниже приведена классификация донных отложений по гранулометрическому составу [26].

\* Моногенетичные (моногенные) донные отложения образуются в ходе дифференциации морскими агентами единого по своему происхождению исходного осадочного материала, полигенетичные (полигенные) — разного.

Типы осадков	Гранулометрический состав	
	размер преобладающих частиц, мм	содержание частиц менее 0,01 мм, %
Глыбы . . . . .	1000	—
Валуны		
крупные . . . . .	1000—500	—
средние . . . . .	500—250	—
мелкие . . . . .	250—100	—
Галька*		
крупная . . . . .	100—50	—
средняя . . . . .	50—25	—
мелкая . . . . .	25—10	—
Гравий*		
крупный . . . . .	10,0—5,0	—
средний . . . . .	5,0—2,5	—
мелкий . . . . .	2,5—1,0	—
Песок		
крупный . . . . .	1,00—0,50	—
средний . . . . .	0,50—0,25	Менее 5
мелкий . . . . .	0,25—0,10	—
Пылеватый песок (алеврит, сilt)	0,10—0,01	—
Илистый песок . . . . .		5—10
Песчанистый ил . . . . .		10—30
Ил . . . . .		30—50
Глинистый ил . . . . .		Более 50

\* Для неокатанных отдельностей соответственно щебень и хрящ.

Цифровые градации, исходя из которых устанавливается тот или иной гранулометрический тип донных отложений, получаются в резуль-

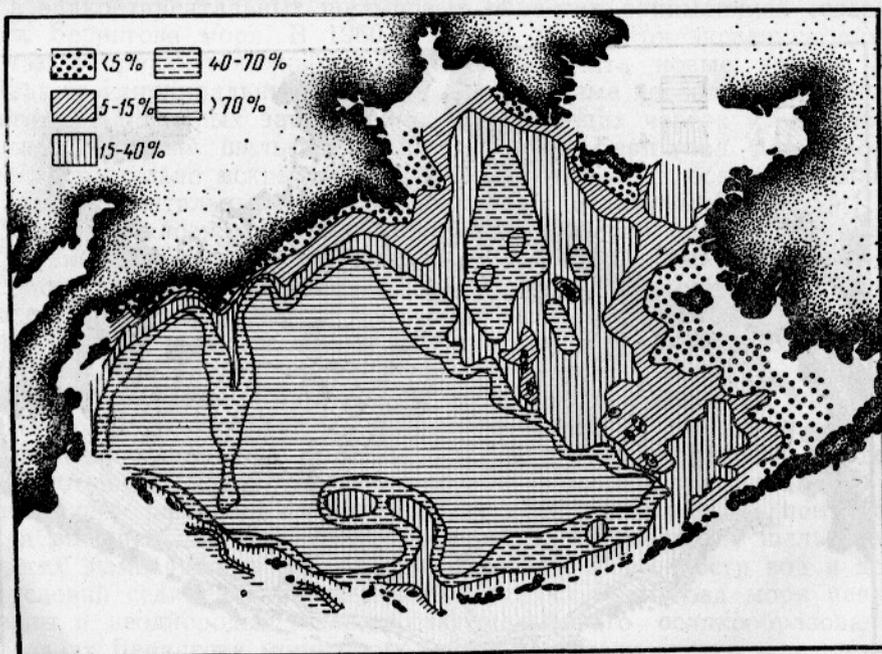


Рис. 4. Схема распределения глинистых (пелитовых) частиц ( $<0,01\text{ мм}$ ) в современных отложениях Берингова моря.

тате ситового или водномеханического анализа сухого осадка. Нами анализировались пробы влажного осадка, которые, как известно, дают

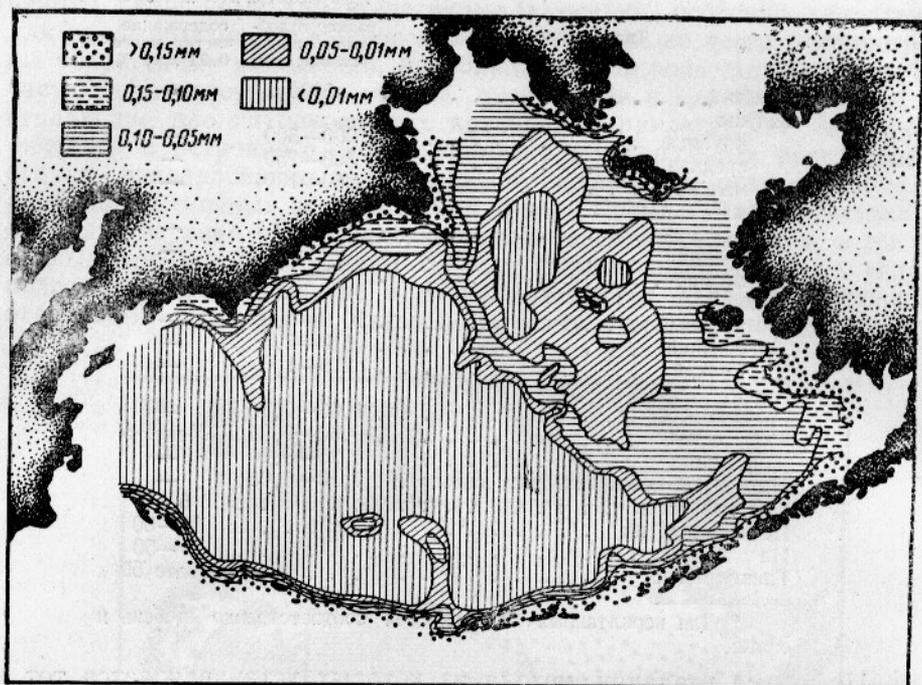


Рис. 5. Медианный диаметр современных отложений Берингова моря (схема).

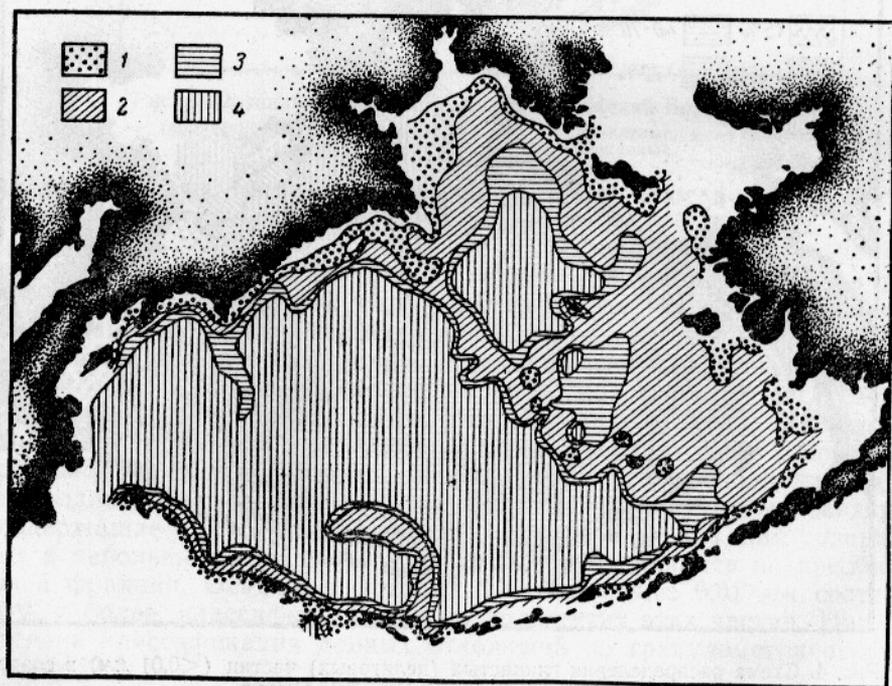


Рис. 6. Преобладающие гранулометрические фракции в современных отложениях Берингова моря (схема):  
 1 — мелкий песок; 2 — крупный алеврит; 3 — мелкий алеврит; 4 — пелит.

иные, значительно более высокие количества частиц меньше 0,01 мм. Основываясь на данных М. В. Кленовой [27] и наших, процент содержания глинистой фракции (частиц меньше 0,01 мм) оставлен без изменений только для песка — 5%; для илистого песка он принят от 5 до 15, песчанистого ила — 15—40, ила — 40—70, глинистого ила — более 70% (рис. 4).

Сравнивая составленные на одинаковом аналитическом материале схемы распределения частиц менее 0,01 мм, медианного диаметра и преобладающих фракций в донных отложениях Берингова моря, нельзя не отметить значительное сходство между ними (см. рис. 4, 5, 6). Это сходство особенно хорошо выражено в глубоководных областях и частично в зоне материкового склона. На шельфе картина несколько менее четкая, но и там нет каких-либо принципиальных отличий. Все районы развития наиболее тонкого осадочного материала прослеживаются достаточно хорошо и их обособление лучше всего фиксируется схемами распределения глинистых частиц и преобладающих фракций. Менее сопоставимо распределение осадков, переходных от песка к илам. Здесь большую детализацию можно наблюдать на схеме, отражающей количество глинистых частиц.

### **ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ БЕРИНГОВА МОРЯ**

Большой фактический материал, полученный по донным отложениям Берингова моря в течение 1958—1961 гг., позволяет значительно подробнее охарактеризовать осадочный покров шельфовой зоны, чем это было сделано в предыдущих работах [11, 33, 34].

Исследования 1958—1959 гг. были сосредоточены главным образом в эпиконтинентальных шельфовых областях, занимающих север и восток Берингова моря. В 1960—1961 гг. благодаря экспедиционным работам в приалеутских водах удалось получить новые данные об осадках геосинклинальных шельфов. Эти данные позволили не только наметить ряд важных закономерностей об общих чертах и свойствах донных отложений шельфов южных районов Берингова моря, но и более обстоятельно вскрыть существенные отличия в осадкообразовании эпиконтинентальных и геосинклинальных шельфовых областей [12].

Как отмечалось, донные отложения шельфовой зоны представлены, главным образом, терригенными осадками. Однако на отдельных участках, главным образом на юге моря, развиты и смешанные осадки, в составе которых вместе с обломочными частицами, приносимыми с суши, важное место занимают карбонатные остатки скелетов донных организмов, а иногда и вулканогенный материал. В ряде случаев, особенно в прибрежной части зоны, мы наблюдаем коренное дно.

Наиболее разнообразны донные отложения геосинклинальных шельфовых областей. Но и в пределах эпиконтинентального шельфа нет монотонного накопления совершенно однородных осадков. Из-за существенных различий в соотношениях между прибрежной, центральной и внешней частями шельфовой зоны в отдельных шельфовых областях, изменчивости рельефа дна, степени подвижности вод и других условий седиментации шельфовые осадки Берингова моря разнообразны и неоднородны. Сложность шельфового осадкообразования в условиях Берингова моря проявляется достаточно четко и представляет большой теоретический и практический интерес.

### **ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ ШЕЛЬФОВЫЕ ОБЛАСТИ**

Эпиконтинентальные шельфовые области на севере Берингова моря охватывают Анадырский залив и североберингоморское мелководье — часть моря к северу от о-ва Св. Лаврентия и устья Юкона.

Донные отложения этих областей освещены в литературе [34] и их характеристика далее не приводится. Можно лишь подчеркнуть, что здесь резко преобладают терригенные отложения, представленные разными гранулометрическими типами осадков.

Они образуются главным образом из обломочного материала, приносимого с прилегающей суши речным стоком, и его перераспределения волнением и течениями. Обломочные частицы, особенно валуны, галька, гравий, приносятся также льдами. Свойственная этой части моря мелководность приводит к тому, что волнение, по-видимому, в некоторых районах доходит до дна и повышает крупность донных отложений. Имеет место и перемыв ранее образовавшихся осадков. Сравнительно сложное распределение течений обуславливает изменение общей подвижности вод и появление в отдельных случаях сравнительно тонких отложений. Твердый сток наиболее крупной реки бассейна Берингова моря — Юкона — приводит к заметному изменению осадков вблизи ее дельты. При плавании «Первенца» в 1959 г. можно было наблюдать, что мутные воды и серые осадки, содержащие примесь тонких частиц, встречались лишь в непосредственной близости от морского края дельты. Уже на расстоянии около 30 миль располагались воды с обычными для шельфовых областей прозрачностью и содержанием взвешенных веществ, а донные отложения имели не серую, а зеленовато-серую окраску.

Расположенная южнее обширная Лаврентьевско-Матвеевская область эпиконтинентального шельфа, сравнительно детально изученная в ходе работ экспедиции, охватывает все глубины шельфовой зоны. При разнообразии встречаемых здесь терригенных донных отложений она резко выделяется обширным ареалом тонких обломочных осадков, залегающих в ее центре.

Прибрежные участки области наиболее четко выражены вдоль южного берега о-ва Св. Лаврентия. Донные отложения на малых глубинах представлены здесь смешанными галечно-гравийно-песчаными осадками, сменяющимися нередко скалистыми грунтами с валунами и галькой. Подобную картину мы наблюдаем обычно до 20—30 м. Далее с ростом глубин залегает серия более тонких осадков от песка до ила и даже глинистого ила, в распределении которых достаточно ясно прослеживаются закономерности, свойственные отложениям эпиконтинентальных шельфовых областей [9, 12].

Характерной особенностью всех отложений области является отсутствие в подавляющем большинстве проб рассеянного галечного и гравийного материала. Несмотря на то, что область в целом зимой оказывается занята льдами, мы не наблюдаем обогащения осадков (исключая лишь подводный береговой склон о-ва Св. Лаврентия и единичные участки за его пределами) приносимыми льдами каменными обломками различной величины.

Песок, имеющий зеленовато-серую окраску, наиболее широко развит близ побережья Аляски. Большая часть пологого мелководья на глубинах до 25—30 м представляет собой полосу распространения преимущественно мелкого песка с ничтожным содержанием глинистых частиц. Глубже 25—30 м происходит смена мелкого песка на пылеватый, одновременно возрастает количество глинистых частиц. На глубинах свыше 40 м песок обычно переходит в илистый песок, в составе которого преобладают частицы 0,10—0,05 мм, а еще глубже — в песчаный ил с максимумом частиц во фракции крупного алеврита. К юго-востоку от о-ва Св. Лаврентия глубины около 25 м заняты слабо заиленными осадками, тогда как южнее и севернее они харак-

теризуются мелким или пылеватым песком. Заиленность этих мелко-водных отложений обусловлена, по-видимому, накоплением здесь некоторого количества тонких частиц, доставляемых стоком Юкона.

Вся центральная часть области занята обширным ареалом тонких илистых осадков. Количество частиц менее 0,01 мм в этих осадках превышает 40—50%, а на единичных станциях и 70%. Осадки, окрашенные в зеленовато-серый цвет, по-видимому, имеют значительную мощность. Самый верхний их слой, иногда до 1—3 см, характеризуется буроватым оттенком. Относительно богатая бентосная фауна в ряде случаев, приводит к тому, что во многих пробах осадков встречаются раковины некоторых моллюсков. Появление этого ареала илистых осадков в центре шельфа обусловлено замедлением скорости течений и наличием их круговорота к югу от Анадырского залива. Видимо, в немалой степени этому способствует и принос сюда течениями тонких частиц из других, главным образом южных, областей эпиконтинентального шельфа, поскольку там их седиментация в связи с большей подвижностью вод крайне ограничена.

Характерной чертой осадков внешней части лаврентьевско-матвеевской шельфовой области является их укрупнение. На севере, где внешняя часть области более пологая и где важнейшим элементом ее рельефа является крупная подводная ложбина, преобладает песчанистый ил. На юге по мере увеличения крутизны и сокращения ширины края шельфа тонкие осадки сравнительно быстро сменяются песчанистым илом и илистым песком. Таким образом, тонкие шельфовые осадки оказываются отделенными от аналогичных по крупности глубоководных отложений.

Содержание карбонатов в осадках области около 0,80—1,00%. Более значительно количество аутигенной кремнекислоты, которое в ряде осадков превышает 5%, а в иле может достигать до 10—15% и даже более; оно свидетельствует о повышенном накоплении кремневых остатков диатомовых водорослей в районе развития тонких отложений. Наблюдается переход шельфовых отложений со сравнительно высокими концентрациями аутигенной  $\text{SiO}_2$  в аналогичные отложения верхней части зоны материкового склона.

Осадки области выделяются относительно высоким содержанием органического углерода, накопление которого связано с седиментацией наиболее тонких частиц. Илистый песок и песчанистый ил обычно имеют около 0,60—1,00% органического углерода, ил и глинистый ил — до 1,50%. Большое количество органического вещества в донных отложениях области — одна из важнейших причин, приводящих к богатому развитию бентосной фауны.

Сравнительно хорошо прослеживается связь между концентрациями в осадках железа и количеством частиц менее 0,01 мм. Песок и илистый песок содержат менее 2,5% железа, ил и глинистый ил — 3—3,3% и более. В отношении марганца наблюдается более однородная картина.

Как правило, гранулометрический состав донных отложений характеризуется одновершинными графиками. Двухвершинные графики отражают либо размыв осадка, либо смешение разнородного осадочного материала. Последовательность осадочной дифференциации в связи с изменением степени подвижности вод в пределах области выражена очень четко.

Донные отложения матвеевско-нуниваской шельфовой области выделяются меньшим развитием наиболее тонких осадков. Глубины менее 50 м почти повсеместно заняты мелким и пылеватым песком,

свидетельствующим о значительной подвижности вод пологого мелководья прибрежной части шельфа. Дальнейшее увеличение глубин приводит к смене различных видов песка илистым песком и песчанистым илом, который образует замкнутый ареал в центре области между о-вом. Св. Матвея и о-вами Прибылова. В составе этого осадка преобладает фракция мелкого алеврита. На единичных станциях установлен ил. Насколько можно судить по имеющимся данным, в отличие от лаврентьевско-матвеевской области ил не опускается здесь глубже 100 м. Внешняя часть шельфовой зоны, как и севернее, почти повсеместно характеризуется более грубыми осадками. Обычно это илистый или пылеватый песок, хотя в отдельных случаях на глубинах свыше 125 м встречаются как мелкий песок, так и песчанистый ил со сравнительно небольшим количеством глинистых частиц. Некоторые из осадков содержат частицы крупного и среднего песка, гравийные зерна.

Окраска осадков — зеленовато-серая. Тонкая окисленная пленка буроватого цвета прослеживается на поверхности ила и песчанистого ила в центре области.

Галечно-гравийный материал, за исключением прибрежных участков о-ва Св. Матвея и о-ва Нунивак и отдельных мест на внешнем крае шельфа, как правило, в осадках не встречается. Сравнительно редко и в небольшом количестве донные отложения содержат карбонатные раковины бентосных организмов.

Карбонатность донных осадков ничтожна. Количество аутигенной кремнекислоты изменяется от 2% в песчаных осадках до 10% в иле. Пределы изменения концентрации органического углерода значительны — от 0,24% в пылеватом песке до 1,14% — в иле. В содержании железа и марганца наблюдается обычная зависимость от количества мелкой фракции.

Значительно более частая, чем в лаврентьевско-матвеевской области, изменчивость рельефа дна приводит к заметным переменам в скоростях придонных течений. Поэтому в гранулометрическом составе, тесно связанном с подвижностью придонных вод, наблюдаются существенные различия даже в тех случаях, когда пробы осадка взяты на близких глубинах. Двухвершинные графики гранулометрического состава особенно характерны для мелководных крупнозернистых осадков, гораздо реже такие графики свойственны осадкам внешнего края шельфа. В остальных его районах, где подвижность вод и крутизна склона гораздо меньше, а следовательно, меньше и возможность размыва или перебива осадков, двухвершинные графики не встречаются. Нет их и в осадках с повышенным содержанием кремневых остатков диатомовых водорослей к югу от о-ва Св. Матвея, поскольку в гидродинамическом отношении скелеты диатомовых водорослей ведут себя так же, как и наиболее тонкие частицы, увеличивая количество фракции менее 0,01 мм [11].

Донные отложения прибылово-бристольской шельфовой области в связи с ее большой промысловой значимостью изучены наиболее подробно. Как в отношении рельефа дна, так и в отношении донных осадков область не является однородной и разделяется на ряд районов, существенно отличных друг от друга.

Вся область в целом характеризуется значительной подвижностью вод и это приводит к широкому развитию песчаных и слабо заиленных осадков. Видит в подводной ложбине к северу от о-ва Унивак мы наблюдаем более тонкие отложения [11, 12]. Вблизи побережья Аляски, у берегов заливов Бристольского и Кускоквим распространены

песчаные отложения, главным образом мелкий и пылеватый песок. Полоса этих отложений достаточно широка и охватывает глубины до 60 м. Изредка в них встречается рассеянный галечно-гравийный материал, количество которого невелико и увеличивается по мере приближения к береговой зоне. Накопление песчаного материала обусловлено здесь не только волновым воздействием, но и приливными течениями, которые достигают значительных скоростей [28]. Приливы особенно заметно сказываются на укрупнении осадков в зал. Кускоквим, где в переуглубленных участках дна залегают галька и гравий. Это же имеет место вдоль северного побережья Бристольского залива и в его отдельных бухтах. Наши данные свидетельствуют о том, что песчаные отложения встречаются на самых различных глубинах в восточных частях Бристольского залива. На юго-западе Бристольского залива, где уклоны дна и воздействие приливных течений возрастают, песчаные осадки опускаются до 80—90 м.

В заливе Кускоквим накопление илистых осадков ограничено и происходит главным образом в понижениях между многочисленными подводными грядами, ориентированными вдоль залива. Нет осадения тонких отложений и вблизи залива уже в пределах открытого шельфа. Видимо, взвешенный материал, доставляемый р. Кускоквим, в основной части уносится течениями из пределов всего этого района и участвует в образовании илистых отложений более северных шельфовых областей.

Песчаные осадки, преимущественно пылеватый песок, встречаются вблизи о-вов Прибылова и на отдельных повышениях дна, свойственных этому району. Подобные же осадки занимают также значительную площадь к востоку от о-вов Прибылова, где они выстилают выровненную центральную часть шельфа на глубинах 60—80 м, изредка чередуясь с илистым песком. Илистый песок также широко распространен в прибыловско-бристольской шельфовой области. Он особенно характерен для пологих склонов подводной ложбины севернее о-ва Унимак и п-ва Аляска и для небольшого участка шельфа между о-вами Прибылова и его внешним краем. В наиболее пониженных участках подводной ложбины встречается песчанистый ил.

На внешнем крае шельфа вне подводной ложбины вновь происходит укрупнение осадков. Наиболее заметно оно на выступающих участках шельфа к западу и юго-западу от о-вов Прибылова. По-видимому, вдоль осей подводных долин, заходящих своими вершинами на внешний край шельфа, происходит постепенный переход заиленных шельфовых осадков в сходные по своей гранулометрии осадки материкового склона. Очень резко это выражено в крупной подводной ложбине на юге области. Сложный и изрезанный рельеф внешнего края шельфа в районе о-вов Прибылова приводит к частой смене гранулометрического состава залегающих здесь осадков.

Окраска всех осадков — зеленоватосерая. Только непосредственно вблизи о-ва Унимак и п-ва Аляска цвет осадков делается более темным, поскольку донные отложения обогащаются минеральными зернами, свойственными вулканическим областям. Иногда встречаются пески темно-зеленого цвета. Более часто, чем в других эпиконтинентальных шельфовых областях, в осадках наблюдаются раковины двусторчатых моллюсков, чему у берегов и на крае шельфа способствуют повышенные температуры придонных вод. Однако карбонатность донных отложений по-прежнему невелика (менее 1%) и лишь несколько возрастает вблизи о-вов Прибылова, где раковинные компоненты в большом количестве накапливаются в осадках. Очень мало со-

держание аутигенной кремнекислоты, которое здесь минимально для осадков Берингова моря. Минимум аутигенной  $\text{SiO}_2$  характерен не только для песчаных осадков, но и для слабо заиленных и свидетельствует о том, что кремневые остатки диатомовых водорослей очень мало попадают в состав донных отложений, а в тех случаях, когда они достигают дна, уносятся подвижными водами.

Невелико содержание органического углерода в осадках (менее 0,5%). Очень бедна органическим углеродом юго-восточная часть эпиконтинентального шельфа Берингова моря почти на всем своем протяжении. Естественно, что малое количество органического углерода в осадках обуславливает и невысокие биомассы бентосных организмов [37, 39].

По содержанию железа в осадках прибылово-бристольская область делится на две части. Ее северная часть выделяется сравнительно небольшими концентрациями железа — менее 3%. Южнее линии о-в Св. Георгия — центр Бристольского залива количество железа заметно возрастает, увеличиваясь в осадках разной гранулометрии до 4—5% и более. Такое возрастание максимально у о-ва Унимак. Источником повышенного накопления железа являются вулканические компоненты в осадках, поступающие в их состав с юга, главным образом при абразии берегов.

Гранулометрический состав донных отложений области сильно варьирует при сравнительно небольших изменениях в содержании наиболее тонких частиц и преобладании в большинстве проб фракции крупного алеврита. На участках с большой подвижностью вод части осадки с характерными двухвершинными графиками гранулометрического состава.

## ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫЕ ШЕЛЬФОВЫЕ ОБЛАСТИ

Резкое уменьшение ширины шельфовой зоны на западе и юго-западе Берингова моря, начинающееся в районе Корякского побережья, приводит к большим изменениям в особенностях современных отложений, выстилающих морское дно. Увеличение уклонов дна, сокращение, иногда до минимума, центральной части зоны, нередко большая подвижность придонных вод, возможность доставки крупных частиц отрицательной седиментации — все это создает благоприятные условия для преимущественного развития грубо- и крупнообломочных отложений и песчаных осадков, а также обнажений коренного дна. Заиленные осадки встречаются редко. Полностью отсутствуют крупные ареалы илистых отложений. Во многих районах наблюдаются существенные изменения и вещественной природы слагающих осадки частиц. Таким образом, для геосинклинальных шельфовых областей характерен совершенно иной осадочный покров, по сравнению с эпиконтинентальными областями.

По данным исследований «Витязя» [34] в шельфовой области Корякского побережья среди современных осадков преобладают галечно-гравийные и песчаные, причем в последних также часто наблюдается заметная примесь гальки и гравия.

Много общих черт с осадками шельфовой области Корякского побережья имеют шельфовые отложения у берегов Северо-Восточной Камчатки. Как указывает А. П. Лисицын [34], здесь преобладают сравнительно грубые галечно-гравийные и песчаные отложения. Для

прибрежной части шельфовых глубин нередко характерны участки с развитием валунно-галечных осадков и коренного дна.

Единичные данные, приводимые в литературе [31, 32], свидетельствуют о том, что терригенные осадки этих областей по содержанию железа, марганца, аутигенной кремнекислоты,  $\text{CaCO}_3$  и органического углерода близки к аналогичным осадкам на востоке Берингова моря.

Сведения об осадках шельфовых областей Командорско-Алеутской островной гряды сравнительно немногочисленны. Они отчетливо свидетельствуют о резком преобладании грубо- и крупнообломочных осадков и скалистого дна и частой изменчивости осадков даже в пределах одной станции и близких глубин.

Исследования Скрутона [47] показывают, что донные осадки шельфа Ближних о-вов весьма разнообразны. На островных платформах многочисленны обнажения коренного дна. Смешанные главным образом галечно-гравийно-песчаные отложения залегают, изменяя свою гранулометрию в зависимости от рельефа дна и подвижности вод, на выположенных шельфовых участках. Песчаные, а иногда и слегка заиленные осадки установлены на юго-западе шельфа, где они переходят в аналогичные осадки южного островного склона. В депрессиях шельфа к песку примешиваются органические остатки. В холмистых участках шельфа встречаются валуны, галька и гравий. Вблизи устьев небольших рек на о-ве Атту — языки песка. По-видимому, в доставке и переработке осадочного материала на шельфе о-вов значительную роль играли четвертичные ледники, спускавшиеся с гористых массивов островов в пределы шельфа. В осадках распространены органические компоненты (целая и битая ракуша). Участки скалистого дна известны не только вблизи берегов, но и в центре и на внешнем крае шельфа.

Менее освещены донные отложения шельфа Крысьих о-вов. Насколько можно судить по имеющимся данным, выходы коренного дна, грубо- и крупнообломочные осадки встречаются здесь еще более часто, чем в пределах западных островных шельфов Командорско-Алеутской островной гряды. Аналогичная картина характерна и для шельфа Андреяновских о-вов. Здесь резкому погрубению осадков и обнажению коренного дна благоприятствуют сильные приливные течения. Ряд косвенных данных свидетельствует о том, что мелкозернистые фракции осадков, видимо, обогащены вулканогенными частицами. Можно предполагать, что в поставке обломочного материала на шельфе Крысьих и Андреяновских о-вов, как и на шельфе Ближних о-вов, участвовали четвертичные ледники.

Расширение шельфа в районе Лисьих о-вов, особенно с тихоокеанской стороны, приводит к тому, что при сохранении общего преобладания грубо- и крупнообломочных осадков значительные участки шельфа выстилаются песчаными отложениями, нередко хорошо сортированными. Эти отложения содержат повышенное количество вулканогенных частиц и окрашены в более темные оттенки зеленого цвета по сравнению с обычными шельфовыми осадками. Часты также участки коренного дна, на которых обитают губки, кораллы, гидроиды и другие прикрепленные организмы. Многочисленные органические обрастания покрывают валуны, гальку и гравий.

В многочисленных бухтах Андреяновских и Лисьих о-вов, многие из которых переуглублены, дно выстилается тонкими отложениями, видимо, близкими по своей гранулометрии к песчанистому или илу. Иногда они окрашены в серый или темно-серый цвет и по ряду признаков могут быть сопоставимы с обычными фиордовыми осадками [26].

Валунный, галечный и в меньшей степени гравийный материал, встречаемый на шельфе Андреяновских и Лисьих о-вов, состоит преимущественно из разнообразных окатанных обломков вулканогенных пород, свойственных этому району. Наряду с прочными разновидностями таких пород наблюдаются легко разрушаемые валуны и гальки молодых эффузивов и туфов.

Линейность в распределении отдельных гранулометрических и вещественных типов осадков и в расположении обнажений коренного дна в пределах геосинклинальных шельфов далеко не всегда выражена. Она прослеживается более или менее четко лишь там, где расчлененность рельефа дна относительно невелика. Там же, где рельеф шельфа сильно изрезан большим числом поднятий и понижений дна, как в пределах многих островных шельфовых участков Алеутских о-вов, подобная линейность мало характерна. Она заменяется сложным и частым чередованием различных типов осадков и выступов скалистых пород. Смена участков размыва и аккумуляции и очертания ареалов осадков связаны в первую очередь с особенностями и конфигурацией соответствующих элементов рельефа дна.

### ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЗОНЫ МАТЕРИКОВОГО И ОСТРОВНОГО СКЛОНА

Новые материалы, характеризующие донные отложения зоны материкового и островного склона Берингова моря, значительно расширяют наши представления об особенностях ее осадочного покрова.

Подтверждая известные представления о большом разнообразии встречаемых здесь отложений и их изменчивости, обусловливаемых в первую очередь различиями в геологическом строении и рельефе отдельных районов зоны, они вместе с тем показывают, что зона в целом выделяется аккумуляцией смешанного, сравнительно тонкого осадочного материала терригенного и органогенного происхождения, к которому лишь непосредственно вблизи вулканических очагов Алеутских о-вов в заметном количестве добавляются вулканогенные частицы. Резкая расчлененность зоны, большая крутизна дна и ряд других факторов нередко создают сложное распределение осадков. Ограниченность фактических данных крайне затрудняет выявление многих особенностей этого распределения, и его анализ, приводимый ниже, является только попыткой наметить общие закономерности. Отмеченное обстоятельство следует особенно подчеркнуть в связи с тем, что во многих районах зоны материкового и островного склона, как показывают наблюдения, часты обнажения плотных коренных пород, обычно выступающие на гребнях, уступах и наиболее крутых склонах; в пределах промысловых глубин они существенно препятствуют траловым работам.

Интересен тот факт, что в Беринговом море нижняя часть зоны материкового и иногда островного склона — наклонная равнина подножья склона (см. рис. 1), значительно более выположена и выстилагается наиболее тонкими осадками, обогащенными аутигенной кремнекислотой. Однородность осадочного покрова в связи с абиссальной аккумуляцией в этой части склона значительно возрастает [11].

Донные отложения центральной области материкового склона (к западу от о-ва Св. Матвея) довольно резко различаются по своей гранулометрии и вещественному составу.

Наиболее крупные осадки наблюдаются на глубинах менее 500—700 м. В осадках преобладают песчаные и алевритовые фракции, иногда встречается гравий и даже галька. Обычно эти глубины заняты илистым песком и песчанистым илом. Малое содержание аутигенной кремнеки-

слоты (менее 10%) говорит о том, что донные отложения верхней части материкового склона в основном состоят из терригенных частиц. Двухвершинность графиков гранулометрического состава [11], присущая многим проанализированным пробам верхней части склона, видимо, связана с процессами смешения частиц разного размера.

В средней и нижней частях материкового склона залегают главным образом слабодиатомовые осадки. Однако и здесь в зависимости от крутизны склона в больших пределах меняется количество частиц менее 0,01 мм. Так, на ст. 166 (глубина 1799 м) фракция менее 0,01 мм составляет 27,12%, а на ст. 265 (глубина 2050 м) — 83,13%. Существенно колеблется содержание аутигенной кремнекислоты и железа.

Донные осадки малокарбонатны. Количество аутигенной кремнекислоты в наиболее обогащенных диатомовыми скелетами пробах доходит до 25—30%. Концентрация органического углерода, связанная с содержанием мелкой фракции, в общем возрастает с увеличением глубины и оказывается наибольшей в тех пробах, где в максимальной степени накапливаются кремневые скелеты диатомовых водорослей.

Все осадки окрашены в зеленовато-серый цвет, причем интенсивность зеленых тонов в окраске более велика в верхней части склона. Окисленная поверхностная пленка выражена слабо.

Губки и другие организмы, образующие значительные заросли на материковом склоне в пределах глубин до 1000 м, здесь распространены мало. Сравнительно редки и выходы коренных пород. В подавляющем большинстве случаев мы извлекали со дна на глубинах склона колонки значительной длины (до 3 м и более), свидетельствующие о том, что даже на относительно крутых склонах накопление осадка протекает достаточно хорошо.

Заметные отличия мы наблюдаем в осадочном покрове материкового склона в районе о-вов Прибылова. Здесь на многих глубинах сравнительно часто обнажаются коренные породы и в некоторых случаях они даже были извлечены дночерпателями и грунтовыми трубками. Так, на ряде станций с глубинами от 297 до 2051 м грунтовые приборы возвращались либо со следами удара о дно, либо с небольшими пробами осадочных пород, резко отличных от современных уплотненных серых осадков.

Появление многочисленных выходов плотных пород в этой области материкового склона, несомненно, связано с ее большей расчлененностью как в продольном, так и в поперечном направлениях, и, в частности, с наличием многочисленных и сложно ветвящихся подводных долин и каньонов, на склонах и уступах которых как раз и сосредоточено большинство обнажений коренного дна.

Так же, как и севернее, мы наблюдаем здесь на глубинах до 500—600 м накопление мелкого, пылеватого и илистого песка, нередко содержащего гравий и мелкую гальку. Изредка встречается пемза. На дне подводных долин залегают более тонкие осадки. Гораздо чаще встречаются кремневые губки.

Средняя часть материкового склона при его значительной крутизне занята обычно осадками типа песчанистого ила. Только на глубинах около 2000 м и более на выположенных участках появляются ил и глинистый ил, причем иногда количество частиц менее 0,01 мм исключительно велико — 95,64%.

Содержание аутигенной  $\text{SiO}_2$ , являющейся хорошим показателем участия скелетных остатков диатомовых водорослей в составе осадков, заметно возрастает лишь с глубины более 1500 м. На меньших глубинах осадки, как правило, содержат менее 10% аутигенной кремнекислоты.

В самой нижней части склона происходит уже седиментация типичных диатомовых отложений (до 34,62% аутигенной  $\text{SiO}_2$ ). Содержание железа и марганца, за некоторыми исключениями, невелико, крайне мала и карбонатность осадков. Количество органического углерода значительно лишь в тех осадках, где содержится большое число диатомовых водорослей или кремневых губок.

Окраска донных отложений — зеленая и зеленовато-серая. Зеленый цвет особенно хорошо прослеживается в осадках верхней части материкового склона.

Более ограничены наши данные об осадках материкового склона к югу от о-вов Прибылова. Большинство имеющихся проб характеризует здесь глубины до 2000 м. Обнажения коренного дна в этой части материкового склона, как и севернее о-вов Прибылова, очень редки. В распределении и гранулометрии осадков прослеживаются закономерности, описанные выше. Несколько меняется состав осадков. Заметное количество остатков диатомовых водорослей отмечается с меньших глубин: так, на глубине 540 м содержание аутигенной  $\text{SiO}_2$  доходит до 15,7%. Появляется примесь вулканогенных частиц, о чем свидетельствуют не только минералогия крупноалевритовой фракции, но и некоторые химические данные — повышенные количества железа и марганца и усиленные темных тонов в окраске осадков.

Донные отложения материкового склона западных областей Берингова моря имеют много общего. От осадков аналогичных глубин на востоке и в центре моря они отличаются, главным образом, более частой встречаемостью гальки и гравия. Заметные количества галечно-гравийного материала концентрируются в отложениях верхней части материкового склона, где вместе с песчаными и алевритовыми частицами они образуют плохо сортированные и слабо заиленные обломочные осадки. Видимо, в доставке гальки и гравия в верхнюю часть зоны материкового склона немалую роль играли плавучие льды как в современных, так и в позднечетвертичных условиях.

Илистые осадки накапливаются в средней и нижней частях склона, где к глинистым частицам терригенного происхождения добавляются кремневые скелеты диатомовых водорослей.

Судя по данным рыбопромысловых исследований [14, 15] и нашим наблюдениям, коренные породы сосредоточиваются на бортах подводных долин, уступах и порогах и существенно затрудняют ведение промысла. Изредка встречаются обнажения плотных древних осадков, заросли губок и ряда других организмов с твердым скелетом.

Цвет осадков зеленовато-серый, в нижней части склона на поверхности глинистого ила прослеживается иногда тонкая буроватая окисленная пленка. Содержание железа, насколько можно судить по единичным аналитическим данным, несколько больше — чем в таких же осадках центральной и прибыловской областей материкового склона — 3% и выше. Карбонатность осадков мала. Содержание органического углерода иногда может быть очень высоким и является одним из наиболее значительных в Беринговом море вообще — 2,51% [11].

Очень интересны данные об отложениях островных склонов на юге Берингова моря. Материалы Берингоморской экспедиции и некоторые сведения, приводимые в литературе [11, 34, 47], позволяют наметить ряд общих закономерностей, свойственных отложениям склонов этой геосинклинальной части Берингова моря.

Особенности рельефа дна и в первую очередь его большая крутизна и расчлененность вместе с ограниченностью поступления осадочного материала и значительной подвижностью вод обуславливают гораздо

большее распространение, чем в других областях зоны, обнажений коренного дна и грубо- и крупнообломочных осадков. В ходе исследований Берингоморской экспедиции свыше половины грунтовых станций, взятых на глубинах менее 1500 м, характеризовались либо скалистым дном, либо валунными и галечно-гравийными осадками, иногда смешанными с очень небольшим количеством органического детрита и более мелких частиц. Видимо, в очень многих случаях слой грубо- и крупнообломочных осадков, слагаемых преимущественно обломками местных вулканогенных пород, является маломощным. Дночерпатели редко извлекали со дна значительные по объему пробы таких осадков.

Изменчивость в рельефе дна приводит к тому, что чаще всего наблюдается смена коренного дна грубыми отложениями и гораздо реже — переходы к более тонким осадкам. Только в средней и нижней частях склонов и на их выположенных участках, например севернее Лисьих о-вов, отложения, обогащенные песчаными, алевритовыми и глинистыми частицами, становятся преобладающими.

Коренное дно и грубообломочные отложения весьма характерны и для вершинной поверхности Алеутского хребта. Общие черты в осадочном покрове вершинной поверхности и островных шельфов, свидетельствуют о том, что в формировании этой поверхности принимали участие те же денудационные факторы, которые в четвертичное и современное время действовали на шельфе. Последующее опускание погрузило эту поверхность на различную глубину, а процессы седиментации, протекавшие весьма ограниченно, не внесли существенных изменений в ее осадочный покров [47].

Накопление илистых осадков на склоне Алеутских о-вов обычно начинается на глубинах около 1500 м и более. В большинстве проб мы почти всегда прослеживаем значительную примесь песчаных и гравийных зерен. Поэтому сортировка даже наиболее тонких осадков здесь меньше, чем в других районах склона. Смешение разнородного материала и размыв, весьма характерные для многих участков, обуславливают двухвершинность графиков гранулометрического состава. Тонкие осадки выделяются также пониженным содержанием аутигенной кремнекислоты, свидетельствующим о гораздо меньшем участии диатомовых остатков в образовании донных отложений. Увеличение количества аутигенной кремнекислоты намечается в более пологих выположенных участках склона около Лисьих о-вов, где происходит значительное накопление песчанистого ила и ила.

Как и шельфовые отложения, большинство осадков склона характеризуются высокими концентрациями железа (до 4—7%) и марганца (до 0,08—0,10%), которые привносятся здесь в состав осадков главным образом частицами вулканогенного происхождения. В больших пределах варьирует карбонатность осадков. Насколько позволяют судить наши данные, она иногда бывает повышенной — до 10—15% в ракушечно-гравийном осадке района Ближних о-вов. С глубиной карбонатность заметно уменьшается.

Донные отложения островных склонов менее богаты и органическим углеродом. Максимальное содержание углерода даже в наиболее тонких осадках не превышает 1,5%, что гораздо меньше, чем в областях материкового склона Берингова моря. Видимо, поступление и накопление органического вещества в осадках ограничено, что связано в основном с преобладанием сравнительно грубых осадков.

#### **ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ХРЕБТОВ**

Большой интерес представляют донные отложения подводных хребтов Берингова моря. Ограниченность данных при довольно сложном

строении каждого из хребтов позволяет наметить лишь самую общую характеристику их современных осадков.

Подводный хребет Ширшова представляет собой область преобладающего развития слабокремневых осадков, главным образом песчанистого ила и ила. Как указывает А. П. Лисицын [34], многие осадки хребта содержат примесь галечно-гравийного материала. Он же отмечает, что ряд осадков обогащен фракцией крупного и мелкого алеврита, а в отдельных участках установлено развитие мелкого песка. Наши данные показывают, что осадки выравненной вершины поверхности хребта и верхней части его склонов приблизительно до 1000 м глубины являются кремнегубковым песчанистым илом и илом. На больших глубинах донные отложения содержат скелетные остатки диатомовых водорослей, количество которых в глинистом иле нижней части склона значительно. В кремнегубковых осадках концентрация аутигенной кремнекислоты составляет 10—15%.

Южная, более глубоководная и расчлененная часть хребта занята илом и глинистым илом. Возможно, что в ряде участков в связи с изменчивым рельефом дна и отдельными крутыми склонами залегают и более грубые осадки. Можно предполагать, что и на склонах хребта, как и в прилегающих районах материкового склона Корякского побережья, также встречаются более грубые осадки обнажения коренного дна.

Карбонатность осадков подводного хребта Ширшова мала. Мала и концентрация марганца. Более значительно содержание железа, в частности, по данным А. П. Лисицына, оно в одной из проб мелкого песка составило 10,12%. Ряд анализов показывает, что сравнительно велико количество органического углерода, достигающее до 2% и более. Последующие работы позволяют подтвердить, насколько справедливо такое заключение для всего хребта в целом.

Осадки, как правило, окрашены в зеленовато-серый цвет с буроватой окисленной пленкой или тонким окисленным слоем на поверхности.

Многочисленнее наши сведения об осадках подводного хребта Бауэрс [10, 11].

Выходы коренных пород известны вблизи о-ва Семисопочного, на банках Буревестник (Петрел) и Бауэрс. Можно предполагать, что в ряде случаев коренное дно обнажается на выположенной вершинной поверхности подводного хребта. Так, в частности, в 1961 г. дночерпатели и трубки на глубинах от 400 до 1000 м на севере подводного хребта доставили лишь единичные гальки и щебень местных пород и небольшие количества органических обрастаний скалистой поверхности дна. Коренные плотные породы установлены также на крутых участках западного и восточного склонов хребта.

На банке Буревестник встречаются валуны и галька эффузивов, многочисленные органические обрастания. В районе банки Бауэрс преобладают смешанные осадки типа илистого песка и песчанистого ила с большим количеством стеклянных губок, фораминифер, вулканогенных и терригенных частиц. Такие же осадки развиты и на юге вершинной поверхности хребта. На его склонах встречаются кремнегубковые, слабодиатомовые и фораминиферовые отложения, по гранулометрии обычно соответствующие песчанистому илу и илу. Осадки с большим количеством фораминифер окрашены в ярко-зеленоватые тона с желтоватым оттенком на глубинах свыше 1500 м и желтовато-серые — на меньших. Остальные осадки имеют зеленовато-серый цвет с буроватой окисленной пленкой на поверхности.

Смешанный состав многих осадков подводного хребта Бауэрс при-

водит к большим изменениям в гранулометрии и содержании различных химических компонентов. Следует отметить, что наибольшие количества аутигенной кремнекислоты наблюдаются в кремнегубковых осадках, развитых преимущественно до глубины 1000 м. В нижней части склона хребта резко сокращается и карбонатность осадков, поскольку там, видимо, ослабевает накопление скелетов фораминифер. Более грубые осадки банок и гребня хребта обеднены органическим углеродом, глубже донные отложения содержат  $C_{орг}$  от 0,66 до 1,14%.

Во многих пробах значительна примесь вулканогенных компонентов. Часты галька и гравий эффузивных пород, частицы пепла, вулканическое стекло. Количество этих компонентов больше в южной половине хребта. Сравнительно много их в осадках банки Бауэрс.

## ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ КОТЛОВИН БЕРИНГОВА МОРЯ

Глубоководные котловины Берингова моря (Камчатская и Алеутская), занимающие обширные площади, вместе с нижней частью зоны материкового склона принадлежат к числу наиболее характерных областей накопления диатомовых отложений на северной периферии Тихого океана. В этом отношении они превосходят целый ряд районов, известных в Охотском и Японском морях и прилегающей части Тихого океана. Выровненное дно котловин покрыто слоем диатомового ила и глинистого ила с содержанием аутигенной кремнекислоты до 35—40%. Многочисленные пробы, полученные в результате работ Берингоморской экспедиции, показывают, что наиболее высокие количества аутигенной  $SiO_2$  присущи осадкам центральных областей Алеутской котловины, что, по-видимому, связано с уменьшенным поступлением сюда тонких обломочных частиц. Донные отложения Камчатской котловины несколько менее богаты кремнекислотой: в большинстве случаев они являются слабодиатомовыми (менее 30% аутигенной  $SiO_2$ ).

Основные свойства и многие характерные особенности диатомовых осадков глубоководных котловин уже описаны в литературе [11, 31, 34].

Верхний слой диатомовых осадков окрашен в коричнево-серый цвет. Мощность этого слоя и интенсивность коричневых тонов, свидетельствующих о заметном воздействии окислительной обстановки в придонных водах, возрастает в центре и на юге Алеутской котловины, достигая там 20—25 см. Далее залегает зеленовато-серый диатомовый ил. В Камчатской котловине и в периферийных районах Алеутской котловины мощность окисленного коричнево-серого слоя редко превышает 5—10 см.

Сопоставление данных о составе осадков с рядом особенностей в поступлении осадочного материала и гидрологического режима показывает также, что в пределах глубоководных котловин Берингова моря центр и юг Алеутской котловины, видимо, составляет океаническую зону, остальные части — собственно морскую [11]. Осадки первой зоны, отличающейся меньшей скоростью седиментации и усилением степени диагенетических превращений, выделяются повышенными концентрациями железа, марганца, значительно меньшим, почти в два раза, содержанием органического углерода. Таким образом, в центральных и южных областях глубоководной части Берингова моря процесс седиментации идет несколько иначе, чем в периферических. Более глубоко измененными оказываются осадки океанической зоны моря. Видимо, они ближе к типичным океаническим отложениям сходных глубин, чем прочие глубоководные берингоморские осадки.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДОВ КОРЕННЫХ ПОРОД НА ДНЕ БЕРИНГОВА МОРЯ

Скалистые грунты, представляющие собой обнажения коренных плотных пород на дне Берингова моря, сосредоточены в основном в пределах тех глубин, на которых ведется промысел. Большая часть их наблюдается на шельфе и на материковом и островном склонах до 500—1000 м, где они находятся на участках наиболее подвижных вод или максимальной крутизны склона и не перекрываются слоем современных осадков. Существенно, что коренные породы, выступая на ограниченных по площади участках дна, нередко окружены грубо- и крупнообломочными осадками.

Наибольшее количество скалистых обнажений дна известно в пределах геосинклинальных шельфовых областей Берингова моря. Здесь они установлены на всех глубинах, часто покрыты органическими обрастаниями, тонким слоем детритных обломков или рыхлого осадка. Можно предполагать, что во многих случаях, вне депрессий, коренным является все дно узких шельфов от берега до их внешней кромки. Насколько можно судить по ограниченным данным, среди обнажающихся коренных пород резко преобладают эффузивы разного состава. В эпиконтинентальных шельфовых областях скалистые грунты сосредоточены преимущественно у берегов гористых побережий. Развита они также вблизи некоторых островов, чередуясь с грубо- и крупнообломочными отложениями, и в некоторых проливах.

В зоне материкового и островного склонов коренные породы выступают главным образом на участках сильного поперечного и продольного расчленения. Многочисленны они на крутых склонах подводных долин и каньонов, где связь между рельефом и скалистыми обнажениями очень тесна. Здесь также ряд обнажений коренного дна покрыт органическими обрастаниями, преимущественно губками и гидроидами.

Коренное дно характерно для отдельных участков вершинной поверхности Командорско-Алеутской гряды и подводных хребтов, в частности, подводного хребта Бауэрс и их склонов. Извлеченные со дна обломки скалистых пород свидетельствуют о том, что обнажаются эффузивные и осадочные породы.

### ГРУБО- И КРУПНООБЛОМОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Накопление грубо- и крупнообломочного материала в донных отложениях Берингова моря протекает по-разному. Как мы видели, валуны, галька и гравий слагают почти целиком осадки тех участков дна, где подвижность вод достаточно велика и приводит к уносу подавляющей части песчаных, алевритовых и глинистых частиц, доставляемых в настоящее время, или перемыву ранее отложенных рыхлых толщ. Зависимость образования грубо- и крупнообломочных осадков от подвижности придонных вод выражена в Беринговом море достаточно четко и влияет на их распределение.

С подвижностью вод связана в основном и концентрация грубо- и крупнообломочного материала, встречаемого в осадках в виде примеси. Однако при этом приходится принимать во внимание ту часть этого материала, которая в условиях Берингова моря широко разносится плавающими льдами и водорослями и может обогащать тонкие отложения, образующиеся в районах малоподвижных вод. Несмотря на наличие возможностей для доставки частиц любого размера на значительное расстояние от их источников на побережьях, грубо- и крупнообломочные

осадки достаточно четко локализованы, как и локализованы повышенные концентрации рассеянных валунов, гальки и гравия. Обобщение имеющихся данных показывает [11, 12, 34, 44, 47], что грубо- и крупнообломочные осадки развиты в прибрежных частях эпиконтинентального шельфа у гористых северных и восточных побережий, в районах перемыва или размыва четвертичных ледниковых толщ и в гораздо меньшей степени в других частях шельфовой зоны. Так, изредка небольшое содержание гальки и гравия констатируется в осадках внешней кромки шельфа, вблизи островов, а в единичных случаях и в тонких отложениях северных районов.

Отложения геосинклинальной части шельфовой зоны в большем или меньшем количестве почти всегда содержат грубо- и крупнообломочный материал. Последний довольно часто наблюдается также и в некоторых осадках материкового и островного склона и подводных хребтов. Единичные галька и гравий, встречаемые в тонких осадках различных глубин, в том числе и наиболее значительных, в целом для осадков моря малохарактерны.

Исследование петрографического состава грубо- и крупнообломочных частиц Берингова моря еще не завершено. В литературе приводятся данные по западной части Берингова моря [34]. Ряд новых материалов характеризует восточные районы моря. Сведения по южным областям менее подробны.

При большом количестве петрографических разновидностей отчетливо прослеживается резкое преобладание обломков эффузивных пород. Так, различные эффузивы и туфы составляют основную часть валунного и галечно-гравийного материала не только в восточных и южных областях Берингова моря, но и в западных и северо-западных. Интрузивные породы (граниты, гранодиориты и др.), жильные, осадочные (песчаники, аргиллиты и др.) встречаются гораздо реже. Очень слабо распространены метаморфические породы. Подобный состав грубо- и крупнообломочного материала в донных осадках является закономерным следствием широкого развития эффузивных пород в питающих провинциях прилегающей суши.

В западной части Берингова моря А. П. Лисицыным намечен ряд петрографических провинций [34]. Эти провинции в значительной степени совпадают с основными геоморфологическими районами моря. Например, провинция Корякского побережья характеризуется повышенной встречаемостью черного базальта и базальтового туфа, аргиллита, жильного кварца, провинция Олюторского залива и Северной Камчатки также отличается сравнительно высоким содержанием этих пород, исключая жильный кварц. В провинции западной части Анадырского залива много кварцевого порфира, различных туфов, микропегматита, в провинции восточной части Анадырского залива к ним добавляются в заметном количестве черные базальты, аргиллит. Своеобразен состав провинций Командорских о-вов, где до 30% приходится на обломки аргиллитов и важным компонентом являются андезиты.

Материалы Беринговского экспедиции позволяют наметить еще три провинции в восточной части Берингова моря. Одна из них — провинция о-ва Св. Лаврентия — выделяется повышенным содержанием кварцевого ортофира и туфов. Расположена эта провинция главным образом на севере лаврентьевско-матвеевской шельфовой области. Для провинции о-ва Св. Матвея характерны разнообразные туфы, долерит, в меньшей степени порфирит и плагиопорфирит. Очень интересна провинция о-вов Прибылова, где высоко содержание пироксеновых базальтов и туфов.

В крупнообломочном материале подводного хребта Бауэрс наряду с туфами присутствуют диабаз и долерит.

Последующий анализ позволит выделить петрографические провинции и в Приалеутском районе. Визуальные данные свидетельствуют о значительных количествах разных туфов, в том числе и свежих, часто встречаются андезиты, реже базальты. Весь этот район пока условно рассматривается в качестве единой петрографической провинции.

Естественно, что по мере удаления от побережий, степень смешения грубо- и крупнообломочного материала разных провинций усиливается.

### ПЕСЧАНЫЙ И АЛЕВРИТОВЫЙ МАТЕРИАЛ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Накопление песчаного материала в донных отложениях Берингова моря также достаточно локализовано и обусловлено главным образом гидродинамическими факторами. Подавляющая часть глубоководных современных осадков полностью (менее 1%) лишена песчаных частиц. Невелико (до 5—10%) содержание песчаных фракций в тонких шельфовых осадках, выстилающих большую часть лаврентьевско-матвеевской и матвеевско-нунивакской шельфовых областей. И лишь там, где заметно сказывается волновое и приливное перемешивание, главным образом в прибрежных мелководьях, или где наблюдаются значительные скорости течений, количество песка в донных отложениях существенно возрастает. В некоторых районах Анадырского залива, близ о-ва Св. Лаврентия, в Бристольском заливе и к северу от него, а также в ряде участков геосинклинального шельфа песок (главным образом мелкий) — преобладающая фракция донных отложений (рис. 7).

Как правило, песчаные фракции состоят из терригенных песчаных зерен. Изредка к ним добавляются обломки ракуши и губок, фораминиферы. Последние обычно обогащают песчаные фракции осадков повышенных частей подводных хребтов и верхней части материкового и островного склонов.

Заметно меняется минералогический состав песчаных зерен вблизи Алеутских о-вов и п-ова Аляска: увеличивается содержание тяжелой подфракции (удельный вес более 2,90), иногда достигающее 10—20%; возрастает количество рудных минералов, пироксенов, обломков эффузивов, отражая тем самым воздействие петрографического состава пород прилегающей суши и интенсивный процесс естественного шлифования. В остальных районах мы редко наблюдаем песчаные фракции, в которых концентрация тяжелых минералов превосходит 5—7%. Легкая подфракция состоит в основном из кварцевых и полевошпатовых, главным образом плагиолазовых, зерен, тяжелая — из эпидота, роговой обманки, а также сильно измененных и выветрелых зерен.

Алевритовый материал — важная составная часть самых различных донных отложений Берингова моря (см. рис. 7). В ряде осадков шельфа и зоны материкового и островного склона он преобладает, особенно крупноалевритовая фракция (0,10—0,05 мм). Фракция мелкого алеврита (0,05—0,01 мм) лишь изредка составляет основную часть донного осадка. Больше всего алевритовые частицы накапливаются преимущественно в пределах шельфовых глубин на юго-востоке моря и по периферии ареала тонких осадков юго-восточнее Анадырского залива. В зоне материкового и островного склона алевритовые фракции более всего концентрируются в отложениях ее верхней части. Таким образом, высокое количество алевритовых частиц свойственно донным

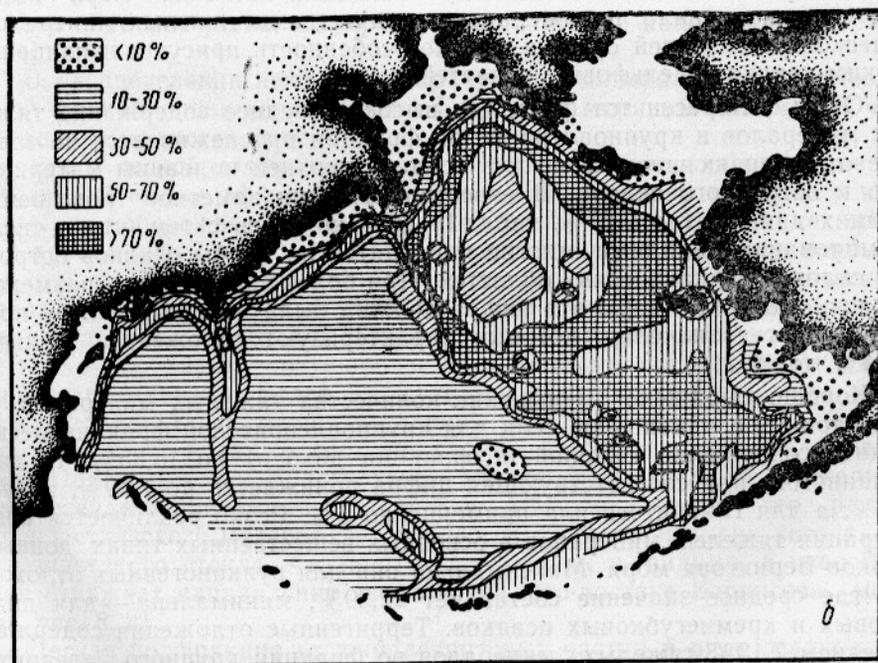
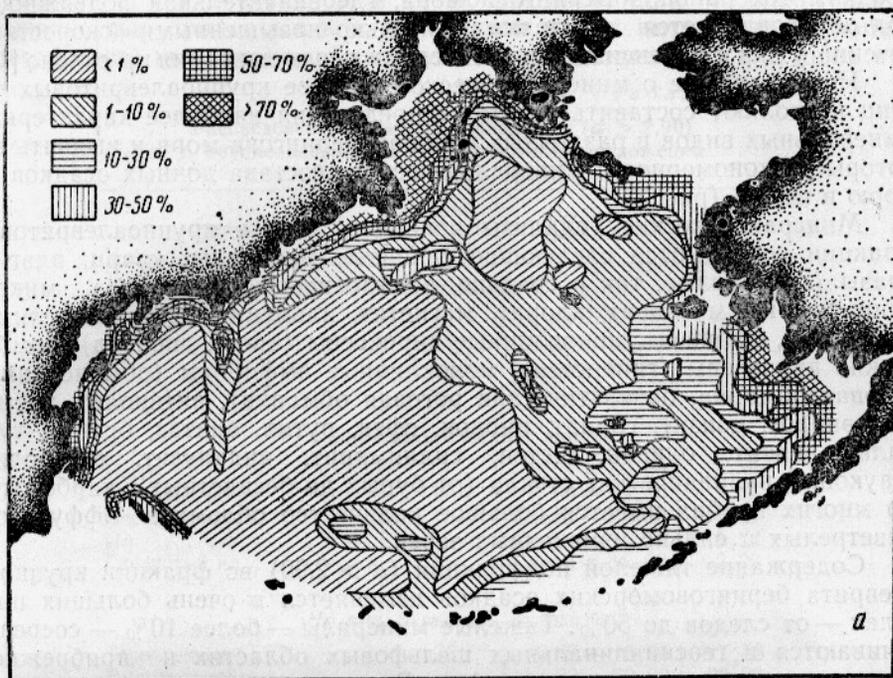


Рис. 7. Схема распределения частиц в современных отложениях Берингова моря:  
 а — мелкого песка (0,25—0,10 мм); б — алевритовых частиц (0,10—0,01 мм).

осадкам тех районов Берингова моря, где значительная подвижность вод обуславливается почти исключительно повышенными скоростями течений у дна и интенсивными процессами перемешивания на склоне [11].

Новые данные о минералогическом составе крупноалевритовых частиц позволяют составить карты распределения наиболее характерных минеральных видов в различных районах Берингова моря и выявить некоторые закономерности минералогического состава донных осадков по морю в целом (рис. 8).

Минералогические анализы показали, что в крупноалевритовой фракции встречаются следующие основные минералы: кварц, плагиоклазы (как кислые, так и средние, реже основные), ортоклаз, микроклин, биотит, мусковит, хлорит, магнетит, ильменит, лейкоксен, лимонит, пирит, марказит, моноклинный пироксен (авгит, диопсид), ромбические пироксены (гиперстен), моноклинные амфиболы (обыкновенная роговая обманка, базальтическая роговая обманка), актинолит, тремолит, эпидот, цоизит, гранат, циркон, сфен, рутил, анатаз, брукит, турмалин, апатит, оливин, дистен, силлиманит, андалузит, ставролит, глаукоцит, вулканические стекла (от бурых до бесцветных), карбонаты. Во многих пробах имеется большое количество обломков эффузивов, выветрелых и сильно измененных зерен.

Содержание тяжелой подфракции ( $d > 2,90$ ) во фракции крупного алеврита берингоморских осадков изменяется в очень больших пределах — от следов до 50%. Тяжелые минералы — более 10% — сосредотачиваются в геосинклинальных шельфовых областях и прибрежной части эпиконтинентального шельфа. Высокие концентрации тяжелой подфракции наблюдаются также на внешнем крае эпиконтинентального шельфа, западнее и южнее о-вов Прибылова, во многих районах материкового и особенно островного склонов и на отдельных участках подводных хребтов. Тонкие осадки глубоководных котловин моря выделяются, как правило, пониженными количествами тяжелых минералов. В несколько меньшей степени эта же особенность присуща и наиболее тонким осадкам шельфовых областей.

Очень интересен тот факт, что высокое среднее содержание тяжелых минералов в крупноалевритовой фракции прослеживается не только в отложениях шельфа, но и в осадках верхней половины материкового и островного склона. В известной степени заметное повышение средних данных (до 9,27%, табл. 1) связано здесь с тем, что в числе суммированных анализов многие приходятся на пробы осадков островных склонов вулканических областей. При более равномерном размещении проб по всему морю эта цифра должна была понизиться и не превосходить тех значений, которые характеризуют отложения шельфа (8,84%, табл. 1).

Хорошо выражено уменьшение количества тяжелых минералов в более тонких осадках. Так, если для крупноалевритовой фракции песка среднее содержание тяжелой подфракции доходит до 15,35%, то для песчанистого ила соответствующая цифра понижается до 7,79%, ила — 6,22%, а для глинистого ила примерно до 2%. Резко различается концентрация тяжелых минералов в основных вещественных типах донных осадков Берингова моря. Максимальна она для вулканогенных отложений, где среднее значение составляет 22,29%, минимальна — для диатомовых и кремнегубковых осадков. Терригенные отложения содержат в среднем 7,13% тяжелых минералов во фракции крупного алеврита (см. табл. 1).

Таким образом, повышенные концентрации тяжелой подфракции связаны с большим участием вулканогенных компонентов в осадочном

материале и, следовательно, в питающей провинции и значительной подвижностью придонных вод, обуславливающих интенсивный процесс естественного шлихования. Там, где взаимодействие этих факторов вы-

Таблица 1

Распределение тяжелых минералов ( $d > 2,90$ )  
в крупноалевритовой фракции донных отложений  
Берингова моря (в %)

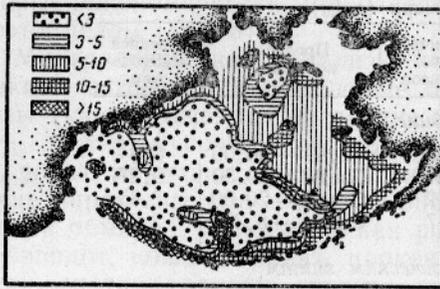
Отложения	Количество анализов	Пределы колебаний	Среднее содержание
<i>По глубине, м</i>			
0—150	25	1,89 — 50,00	8,84
150—1500	24	Следы — 29,30	9,27
1500—3000	12	Следы — 20,00	7,36
>3000	17	Следы — 8,33	2,00
<i>По гранулометрическим типам</i>			
Песок . . . . .	7	6,00 — 50,00	15,35
Илистый песок . . . . .	17	3,00 — 29,30	9,35
Песчанистый ил . . . . .	17	Следы — 28,50	7,79
Ил . . . . .	19	Следы — 15,50	6,22
Глинистый ил . . . . .	18	Следы — 12,50	2,00
<i>По вещественным типам</i>			
Терригенные . . . . .	36	1,69 — 15,85	7,13
Вулканогенные . . . . .	9	12,90 — 50,00	22,29
Слабодиаatomовые . . . . .	19	Следы — 13,11	4,07
Диаatomовые . . . . .	11	Следы — 2,00	2,00
Смешанные . . . . .	3	7,13 — 12,45	9,86

ражено наиболее резко, и сосредоточено основное накопление тяжелых минералов.

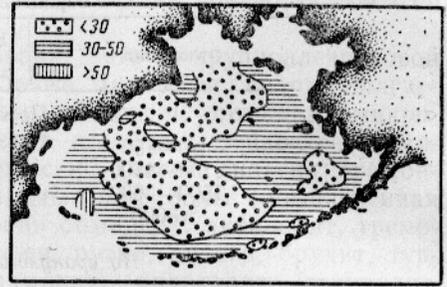
В распределении некоторых характерных минералов крупноалевритовой фракции донных отложений Берингова моря мы видим ряд четких закономерностей (рис. 8).

Так, в легкой подфракции хорошо прослеживается повышенное количество обломков эффузивов в осадках районов, примыкающих к юго-западным побережьям моря, Алеутским о-вам и Аляски, т. е. тех областей прилегающей суши, где вулканогенные породы развиты в наибольшей степени. Еще более резко выражено сосредоточение вулканического стекла, максимальное накопление которого (свыше 10%) локализовано сравнительно узкой полосой вдоль Крысыих, Андреяновских и особенно Лисьих о-вов, характеризующихся интенсивными проявлениями современного вулканизма. Более 1% вулканического стекла содержат осадки юго-запада Камчатской котловины, юга Алеутской котловины и хребта Бауэрс, а также восточно-берингоморского шельфа вблизи о-вов Прибылова и в Бристольском заливе. Распределение вулканического стекла в пределах изолиний 5 и 1% показывает, что разнос пирокластического материала — одного из существеннейших источников вулканического стекла — сравнительно невелик и, видимо, в известной мере отражает направление течений на юго-востоке Берингова моря (см. рис. 8, а).

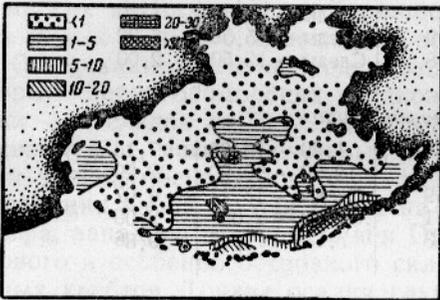
Легкая подфракция крупноалевритовых частиц в ряде осадков Берингова моря, преимущественно южных и глубоководных областей, часто обогащена кремневыми и карбонатными органическими остатками.



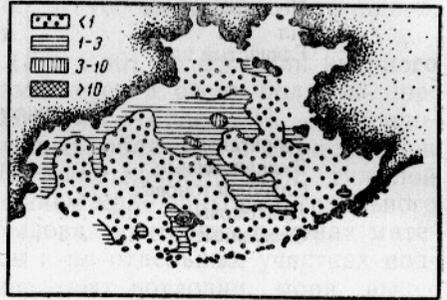
a



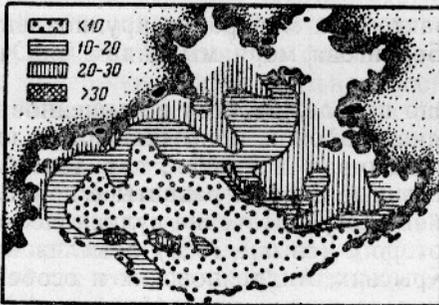
б



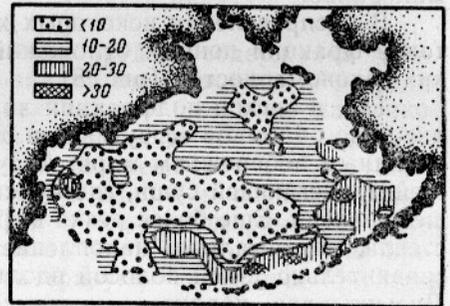
в



г

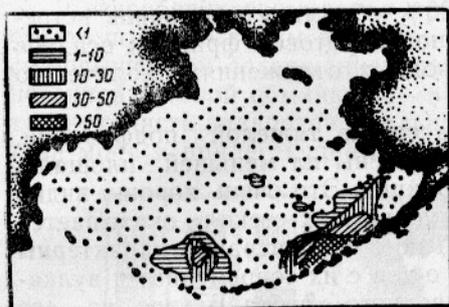


д

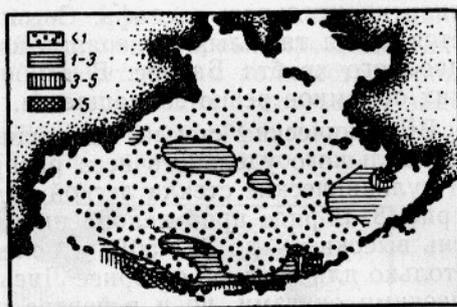


е

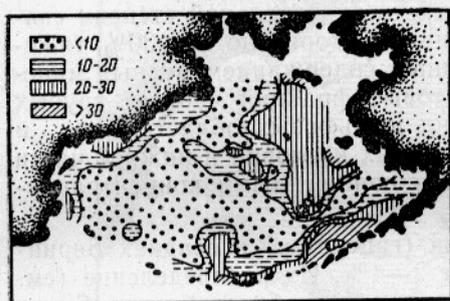
Рис. 8. Схемы распределения минералов в (фракция крупного  
 а — тяжелая подфракция ( $d > 2.90$ ); легкая подфракция  
 б — глауконит; в — вулканические черные рудные минералы; г — вулканические  
 эффузивов; д — моноклинные пироксе



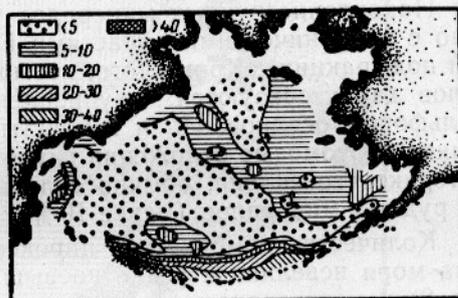
Ж



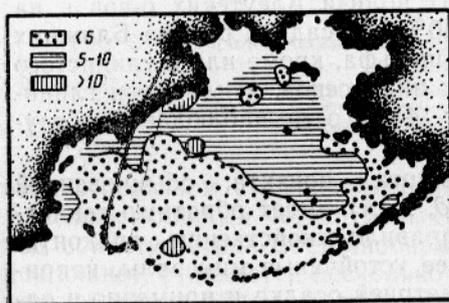
З



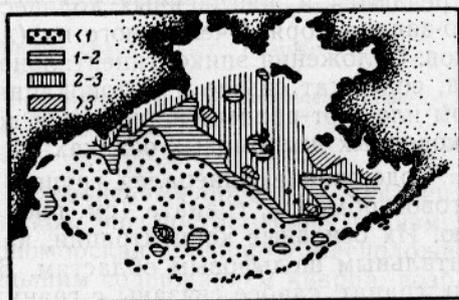
И



К



Л



М

современных отложениях Берингова моря  
алеурита) (в %):

а — раковины; б — обломки эффузивов; в — вулкани-  
 ция; д — обыкновенная роговая обманка; е —  
 стекла; з — ромбические пироксены; и — обломки  
 ны; л — эпидо-цоизит; м — гранаты

В тяжелой подфракции крупноалевритовых частиц беринговоморских отложений мы также прослеживаем существенные различия в распределении отдельных минералов. Обломки эффузивов, как и в легкой подфракции, сосредоточены преимущественно в осадках шельфа и зоны материкового склона. Более всего их (20—30%) в отложениях центра и, особенно, востока Алеутских о-вов, юго-запада моря и ряда районов эпиконтинентального шельфа. Свыше 20% обломков эффузивов встречается среди тяжелых минералов крупноалевритовой фракции осадков подводного хребта Бауэрс. В глубоководных отложениях количество таких обломков резко сокращается.

Вулканические стекла, входящие в состав тяжелой подфракции, из-за большого удельного веса распространены на меньшей площади, чем вулканические стекла легкой подфракции. Это очень хорошо видно на рис. 8. В ряде проб накопление вулканических стекол оказывается очень высоким — до 30—50% и более. Такие концентрации характерны не только для осадков севернее Лисьих о-вов с их современными вулканическими очагами, но и в центре подводного хребта Бауэрс, на его банках, возможно, бывших вулканах.

Накопление рудных минералов также в значительной степени связано с вулканическими областями Берингова моря (до 20—30% тяжелой подфракции). Кроме того, повышенным содержанием рудных минералов характеризуются крупноалевритовые фракции более грубых шельфовых осадков. Ил и глинистый ил шельфовых областей, как и тонкие диатомовые отложения глубоководных котловин и нижней части материкового склона, обычно отличаются пониженными концентрациями рудных минералов (менее 10%).

Количество ромбических пироксенов (гиперстен) в осадках Берингова моря невелико и редко превышает 2—4%. Их распределение (см. рис. 8) локализовано в осадках геосинклинальных областей моря. Более распространенные моноклинные пироксены (авгит — диопсид) также встречаются в повышенных количествах вблизи Алеутских о-вов и на юго-западе моря. Очень много их (до 40%) в осадках района Ближних о-вов. Отложения эпиконтинентального шельфа, кроме ила и глинистого ила, содержат свыше 5% моноклинных пироксенов, в иле же и глинистом иле этот процент понижается до 1—4%. То же наблюдается в глубоководных диатомовых осадках.

Содержание минералов группы эпидота — цоизита, обыкновенной роговой обманки, граната (см. рис. 8, *д, л, м*) имеет обратную тенденцию. Их основные концентрации, как правило, свойственны эпиконтинентальным шельфовым областям. Более устойчивые минералы, например, гранат, слабее связаны с гранулометрией осадка и примерно в одних и тех же количествах встречаются в разных гранулометрических типах осадков одной области. Минералы менее устойчивые в районах развития тонких отложений образуют пониженные концентрации (моноклинные пироксены).

Специальные исследования минералогического состава мелкоалевритовых фракций донных отложений Берингова моря не проводились. Просмотр фракций гранулометрического анализа показывает, что они часто оказываются обогащенными органическими остатками, среди которых преобладают скорлупки диатомовых водорослей, обломки игл губок, иногда мелкие фораминиферы.

Имеющиеся данные недостаточны для составления полной схемы минералогического районирования осадков Берингова моря, исходя из результатов исследования крупноалевритовой фракции. Можно наме-

тить девять основных макропровинций, формирование которых в первую очередь обусловлено особенностями геологического строения отдельных районов и питания осадочным материалом. Эти макропровинции обычно не ограничиваются каким-либо морфологическим районом, а захватывают различные глубины и осадки и прослеживаются лишь по сопоставлению комплексов легких и тяжелых минералов.

Североберингоморская провинция (рис. 9), насколько можно судить по результатам анализов наиболее характерных проб, выделяется повышенным содержанием кварца, значительным количеством обыкновенной роговой обманки (7—8%). Эта провинция захватывает значительную часть эпиконтинентального шельфа на севере и востоке Берингова моря и прилегающие к нему глубины материкового склона и свя-

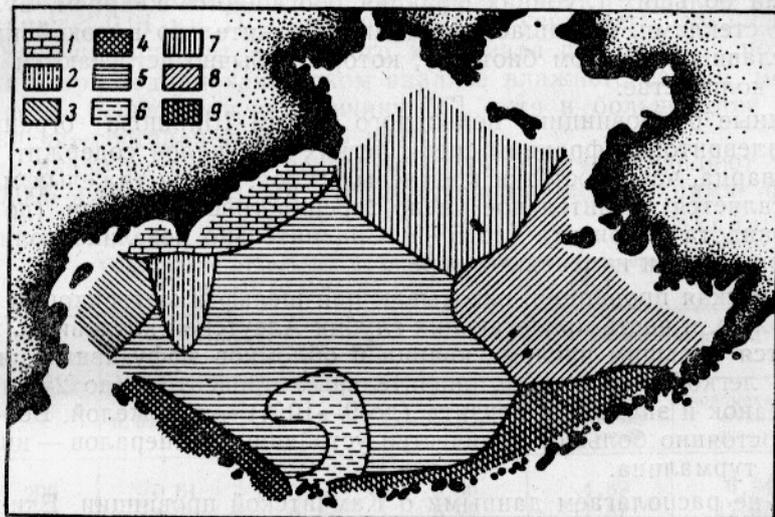


Рис. 9. Минералогические макропровинции современных отложений Берингова моря:

- 1 — корякская; 2 — хребта Ширшова; 3 — камчатская; 4 — западноалеутская;  
5 — центральная; 6 — хребта Бауэрс; 7 — североберингоморская; 8 — восточноберингоморская; 9 — восточноалеутская.

зана в основном с разнообразными мезозойскими породами Чукотки и Аляски и толщами четвертичных осадков, распространенных в низменных областях суши. Восточоберингоморская провинция, расположенная южнее, отличается несколько меньшим содержанием кварца, возрастом числа обломков эффузивных пород, понижением концентрации обыкновенной роговой обманки (до 15%) и минералов группы эпидота — цоизита (до 6%). Увеличивается количество моноклинных пироксенов. На составе крупноалевритовой фракции этой области, таким образом, начинает сказываться влияние вулканогенных пород побережий крайнего юго-востока Берингова моря.

Восточноалеутская провинция, занимающая различные глубины к северу от Андреяновских и Лисих о-вов и, частично, п-ва Аляска, одна из наиболее характерных минералогических провинций Берингова моря. Ей свойствен комплекс таких типичных вулканогенных минералов, как вулканические стекла (до 25% в легкой подфракции и свыше 15% в тяжелой), многочисленные обломки эффузивных пород, рудные минералы и др. Роговые обманки и пироксены развиты незначительно, эпидот и цоизит обычно отсутствуют.

Западноалеутская провинция, примыкающая в той части Алеутских о-вов, где современные вулканические процессы отсутствуют совсем или проявляются ограниченно и где в строении островов и дна, видимо, в большей степени участвуют осадочные породы, прослеживается по резкому уменьшению количества вулканического стекла, возрастанию процента роговых обманок и моноклинных пироксенов, появлению эпидота и цоизита.

Провинция подводного хребта Бауэрс в связи со смешанным составом донных осадков и сложным геологическим строением самого хребта неоднородна. В крупноалевритовой фракции современных отложений наиболее возвышенных частей хребта присутствуют в заметном числе органические остатки и иглы губок, фораминиферы, аутигенный (?) глауконит; на больших глубинах фракция обогащается кварцем, вулканическими стеклами. Обращает внимание сравнительно высокий процент слюд (главным образом биотита), которые обычно встречаются в ничтожном количестве.

Данные о провинции подводного хребта Ширшова ограничены. Крупноалевритовая фракция среди легких минералов содержит здесь много кварца, часты остатки кремневых губок. Среди тяжелых минералов появляется значительное число зерен роговой обманки (до 20—50%), эпидота и цоизита (до 5%). Сравнительно невелико количество обломков пород и измененных зерен.

Корякская провинция, охватывающая шельф и материковый склон, а, возможно, и часть прилегающих глубин Алеутской котловины, характеризуется большим числом кварца и обломков эффузивных и иных пород в легкой подфракции, значительным процентом (до 25%) роговых обманок и эпидота и цоизита (до 9—10%) — в тяжелой. Более или менее постоянно большое количество устойчивых минералов — циркона, граната, турмалина.

Мы не располагаем данными о Камчатской провинции. Единичные анализы говорят лишь о более высоком содержании кварца и рудных минералов. В центральной провинции Берингова моря, охватывающей наиболее глубоководные районы, минералогический состав крупноалевритовой фракции свидетельствует о ее смешанном происхождении. На севере — много кварца, больше роговых обманок, эпидота. На юге, вблизи Алеутских о-вов, фракция обогащается вулканическим стеклом, рудными минералами. Довольно высок и устойчив процент циркона (4—5%). На отдельных станциях возрастает концентрация моноклинных пироксенов (до 21%).

Следует подчеркнуть, что предлагаемая схема минералогического районирования Берингова моря является лишь одной из попыток решения этого вопроса. Более широкое исследование минералогии осадков позволит установить, насколько полно она освещает основные черты минерального состава донных отложений. Несомненно, что состав крупноалевритовой фракции в значительной степени отражает такие существенные особенности в геологии прилегающей суши, как широкое и повсеместное развитие эффузивов, которое приводит к большому количеству их обломков в осадках почти всех районов моря, сравнительно меньшую роль гранитоидов и осадочных пород, что обуславливает малое количество слюд, хлоритов и некоторых других минералов, связь с современным вулканизмом вблизи восточных Алеутских о-вов. Очень хорошо прослеживаются большие различия в минеральных комплексах эпиконтинентальных и геосинклинальных районов моря и смешанный состав осадков его центральных глубоководных областей.

## ПЕЛИТОВЫЙ МАТЕРИАЛ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Основными районами сосредоточения пелитового материала глинистых частиц  $< 0,01$  мм в донных отложениях Берингова моря (см. рис. 4) являются глубоководные котловины моря, нижняя часть зоны материкового склона и халистатические зоны в эпиконтинентальных шельфовых областях. Максимальное количество пелитовых частиц может составлять 80—90% осадка и даже более. Зависимость между рельефом дна, подвижностью вод, степенью поступления кремневых остатков диатомей и процентом фракции  $< 0,01$  мм в составе донных отложений выражена очень четко, как это неоднократно подчеркивалось и ранее.

Гранулометрические анализы, выполненные по методу пипетки, позволили получить некоторые данные о содержании более мелких частиц во фракции  $< 0,01$  мм. При этом приходится учитывать, что цифры, характеризующие процент пелитового материала при анализе по методу пипетки и при водномеханическом анализе влажного осадка, могут отличаться на существенную величину [27], хотя в большинстве случаев расхождение составляет около 3—5%.

Как видно из табл. 2, основную часть пелита составляют частицы 0,01—0,005 и менее 0,001 мм. Промежуточная между ними фракция

Таблица 2

Содержание отдельных фракций в пелитовом материале донных отложений Берингова моря (%)

Станции	Фракции, мм			Количество частиц $< 0,01$ мм	
	0,01—0,005	0,05—0,001	менее 0,001	анализ по методу пипетки	водомеханический анализ
200	0,61	0,72	3,56	4,89	6,24
125	4,70	0,25	6,92	11,87	12,37
242	3,61	4,82	3,63	12,06	12,97
20	13,70	0,33	4,55	18,58	24,85
44	7,00	1,17	10,53	18,70	14,65
47	3,26	1,31	14,14	18,71	21,31
4	13,92	0,23	4,70	18,75	21,65
79	5,02	1,26	17,70	23,78	29,54
159	16,81	0,43	25,84	43,98	48,16
41	6,18	4,36	32,87	43,41	42,38
155	20,99	1,19	21,91	44,09	42,94
35	18,84	4,66	23,35	46,85	48,84
24	37,66	3,76	9,21	50,63	55,00
119	23,15	0,83	29,73	53,71	55,29
36	28,56	3,80	21,72	54,08	55,88
37	27,00	1,91	26,96	57,87	60,21
10	35,73	0,10	34,21	70,04	74,43
23	55,46	3,58	19,49	78,53	68,42

0,005—0,001 мм почти всегда встречается ограниченно. Это подтверждают известные положения о важном значении границы 0,005 мм для глинистых частиц и скачкообразном изменении их количества в пределах интервала 0,01—0,001 мм на примере исследованных проб берингоморских осадков. Кроме того, за некоторыми исключениями, причины которых еще неясны и, видимо, связаны с вещественной природой соответствующих размерных фракций пелита, во многих осадках намечаются сравнительно близкие значения в содержании частиц 0,01—0,005 и менее 0,001 мм. Количество последних может достигать 30% и более,

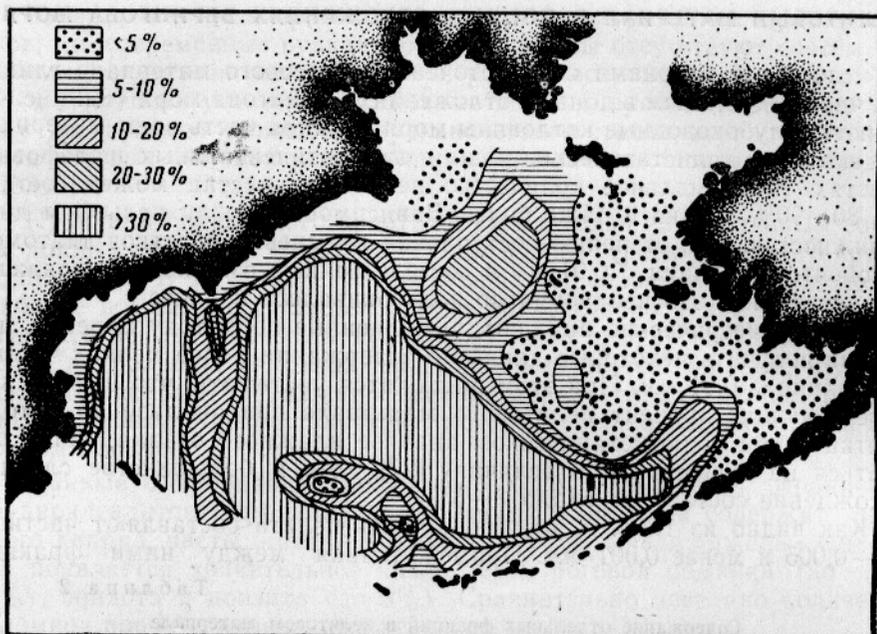


Рис. 10. Схема распределения частиц  $< 0,001$  мм в современных отложениях Берингова моря.



Рис. 11. Электронномикроскопические снимки пелитовой фракции:

*а* — ст. 35, тонкодисперсные обломки скелетов диатомовых водорослей; *б* — ст. 116, гидрослюды и тонкодисперсные обломки диатомовых водорослей; *в* — ст. 183, гелевидные сгустки, тонкодисперсные обломки диатомовых водорослей и единичные частицы каолинита со сглаженными краями.

причем их распределение близко к распределению всего пелитового материала (рис. 10).

Исследования состава пелитовой фракции ограничены. Те данные, которыми мы располагаем (термический, электронномикроскопический и рентгенографический анализы отдельных проб), говорят о том, что основу пелитовой фракции в Беринговом море составляют гидрослюды. Во многих районах, особенно глубоководных, фракция обогащается тонкодисперсными обломками скелетных остатков диатомовых водорослей, которые очень хорошо видны на электронномикроскопических снимках (рис. 11). На кривых нагревания с диатомовыми связан резко выраженный экзотермический эффект в интервале 300—400°.

Сравнительно часто наблюдается каолинит, который установлен в пробах осадков самых различных областей моря. Встречаются также тонкодисперсный кварц, изредка полевые шпаты и некоторые другие класициеские минералы.

По-видимому, большая часть гидрослюд, каолинита и других минеральных компонентов пелитового материала принесена с окружающей суши. Косвенным доказательством этого является четкость очертаний контуров глинистых минералов при просмотре проб в электронном микроскопе и относительно небольшая распространенность гелеобразных образований. Органогенные компоненты, в первую очередь мельчайшие обломки диатомовых скорлупок, интенсивно накапливающиеся в осадках глубоководных областей, представляют собой наиболее характерный для фракции менее 0,01 мм элемент морского происхождения [17, 35].

#### ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ

Большое число новых данных о содержании таких важнейших компонентов химического состава донных отложений Берингова моря, как железо, марганец, аутигенная кремнекислота, карбонат кальция, органический углерод, сведенных в табл. 3, позволяют четко проследить теснейшую зависимость содержания этих компонентов от вещественного и гранулометрического состава осадков (рис. 12).

Железо, количество которого изменяется от 1,78 до 7,56% (по данным 124 анализов; А. П. Лисицын указывает максимальное содержание железа — 10, 12% [34]), в наибольшей степени накапливается в вулканических осадках, залегающих узкой полосой на востоке Алеутских о-вов, в среднем 5,49%. Терригенные, кремневые и карбонатные осадки менее обогащены железом (до 3% в среднем) и лишь те их разности, где примесь вулканогенных частиц достаточно велика, выделяются увеличением его концентрации. В смешанных осадках среднее процентное содержание железа составляет 3,88%. Табл. 3 наглядно иллюстрирует связь количества железа с гранулометрией осадков. Более всего железо концентрируется в глинистом иле (в пересчете на бескремневое вещество), поскольку оно сопряжено с накоплением пелитовых частиц. Второй максимум железа приходится на песчаные осадки. Однако при этом необходимо иметь в виду, что этот максимум, наблюдаемый по средним значениям, обусловлен в первую очередь тем, что к песку относится значительная часть проанализированных проб вулканогенных осадков. Песок терригенного происхождения имеет небольшое содержание железа — 2,60% (среднее из 17 анализов). Таким образом, основными источниками железа в осадках Берингова моря являются, как обычно, пелитовые частицы терригенного происхождения и вулканогенные песчаные и алевроитовые частицы. Факторы, приводящие к накоплению этих ча-

стиц одновременно являются и факторами обуславливающими повышенные концентрации железа. Кроме того, пониженные скорости седиментации в глубоководных осадках на юге Берингова моря приводят к усилению интенсивности диагенетических процессов и накоплению железа в условиях окислительной обстановки для залегающих там тонких отложений. Это также способствует заметному возрастанию содержания железа в поверхностном горизонте донных осадков многих южных областей Алеутской котловины Берингова моря (рис. 13, а).

Распределение марганца имеет ряд сходных черт с железом. Минимальное количество в берингоморских осадках составляет 0,02%, максимальное достигает очень больших значений — 1,23%, хотя железомар-

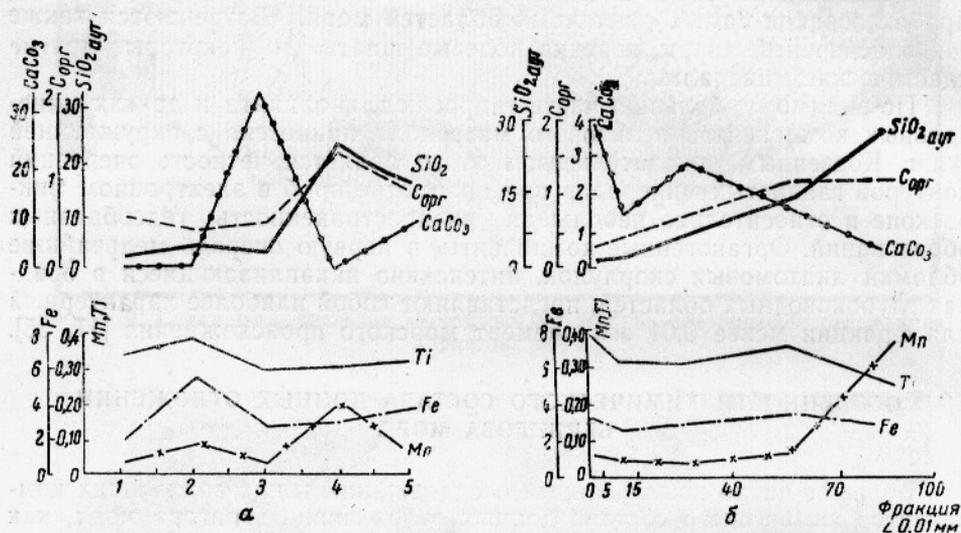


Рис. 12. Химический состав основных типов современных отложений Берингова моря: а — содержание различных элементов в отложениях; 1 — терригенных; 2 — вулканогенных; 3 — карбонатных; 4 — кремневых; 5 — смешанных. б — зависимость содержания некоторых химических элементов от количества фракции  $< 0,01 \text{ мм}$ .

ганцевые конкреции не обнаружены. Больше всего марганец концентрируется в глубоководных кремневых осадках (в среднем 0,21%) и вулканогенных (в среднем 0,09%). Хорошо выражена зависимость содержания марганца от granulometry осадков, свидетельствующая об увеличении накопления марганца по мере возрастания в их составе количества фракции менее 0,01 мм, в том числе и менее 0,001 мм. Менее значительно, чем для железа, повышение процентных концентраций марганца в песчаных осадках (табл. 3). Роль диагенетических процессов в возрастании количества марганца в осадках глубоководных областей Берингова моря проявляется гораздо больше, чем для железа и, видимо, в этом состоит одна из важнейших причин наблюдаемых существенных расхождений в распределении железа и марганца в осадках Берингова моря (рис. 13, б).

Сравнительно небольшое число определений содержания титана не позволяет надежно установить закономерности его концентрации в берингоморских осадках. Данные табл. 3 позволяют предположить, что титан в известной степени также связан с вулканогенными компонентами осадков (среднее содержание его в вулканогенных осадках 0,40%).

Таблица 3

Содержание Fe, Mn, Ti, CaCO<sub>3</sub>, C<sub>орг</sub> и аутигенной SiO<sub>2</sub> в основных типах донных отложений Берингова моря (в %)

Типы отложений	Fe			Mn			Ti		
	пределы колебаний	среднее	количество анализов	пределы колебаний	среднее	количество анализов	пределы колебаний	среднее	количество анализов
<b>Вещественные типы</b>									
Терригенные . . . . .	1,78—5,06	2,13	69	0,02—0,08	0,04	53	0,31—0,40	0,35	12
Вулканогенные . . . . .	3,19—7,56	5,49	10	0,05—0,13	0,09	9	0,40	0,40	2
Слабокарбонатные и карбонатные . . . . .	1,78—3,94	2,87	3	0,02—0,07	0,04	3	0,30—0,32	0,31	2
Слабокремневые и кремневые . . . . .	2,18—3,97	3,01	35	0,02—1,23	0,21	34	0,22—0,39	0,32	9
Смешанные . . . . .	2,23—5,07	3,88	7	0,02—0,08	0,06	7	0,25—0,50	0,34	3
<b>Гранулометрические типы</b>									
Песок . . . . .	1,78—7,56	3,38	23	0,02—0,13	0,06	14	0,38—0,40	0,39	3
	1,81—7,70	3,44					0,39—0,41	0,40	
Илистый песок . . . . .	2,18—5,02	2,94	21	0,02—0,09	0,05	18	0,31—0,35	0,33	5
	2,24—5,17	3,03					0,32—0,36	0,34	
Песчанистый ил . . . . .	1,92—5,66	3,02	31	0,02—0,09	0,04	28	0,25—0,40	0,32	6
	2,05—6,06	3,23					0,27—0,43	0,34	
Ил . . . . .	2,31—5,06	3,51	28	0,02—0,45	0,06	26	0,26—0,50	0,36	10
	2,65—5,84	4,03					0,30—0,57	0,41	
Глинистый ил . . . . .	2,18—4,10	2,94	21	0,02—1,23	0,31	20	0,22—0,32	0,27	4
	3,04—5,73	4,11					0,31—0,45	0,38	

Продолжение табл. 3

Типы отложений	SiO <sub>2</sub> аут			CaCO <sub>3</sub>			C <sub>орг</sub>		
	пределы колебаний	среднее	количество анализов	пределы колебаний	среднее	количество анализов	пределы колебаний	среднее	количество анализов
<b>Вещественные типы</b>									
Терригенные . . . . .	0,48—9,87	3,03	68	Следы—2,90	0,63	66	0,19—1,55	0,56	71
Вулканогенные . . . . .	1,67—9,93	4,76	10	Следы—2,76	1,24	9	0,11—1,09	0,41	10
Слабокарбонатные и карбонатные . . . . .	2,87—5,52	3,85	3	18,60—67,33	35,89	3	0,38—0,66	0,50	3
Слабокремневые и кремневые . . . . .	10,08—43,90	23,82	35	0,18—2,14	0,82	35	0,47—2,51	1,34	35
Смешанные . . . . .	9,38—26,52	17,17	7	0,36—35,29	9,25	7	0,37—1,33	0,92	7
<b>Гранулометрические типы</b>									
Песок . . . . .	0,48—9,41	1,84	22	Следы—67,33	3,98	20	0,10—0,46	0,30	23
Илистый песок . . . . .	1,11—6,07	2,94	21	Следы—18,60	1,45	21	0,24—0,65	0,42	22
Песчанистый ил . . . . .	2,36—17,61	6,55	31	0,28—35,29	2,85	30	0,37—1,55	0,71	32
Ил . . . . .	2,97—29,16	12,96	28	0,11—18,19	1,60	28	0,35—2,51	1,24	28
Глинистый ил . . . . .	9,35—43,90	28,41	21	0,23—1,46	0,65	21	0,32—2,02	1,25	21

Примечание. Данные приведены на воздушно-сухой осадок; знаменатель — в пересчете на бескремневое вещество.

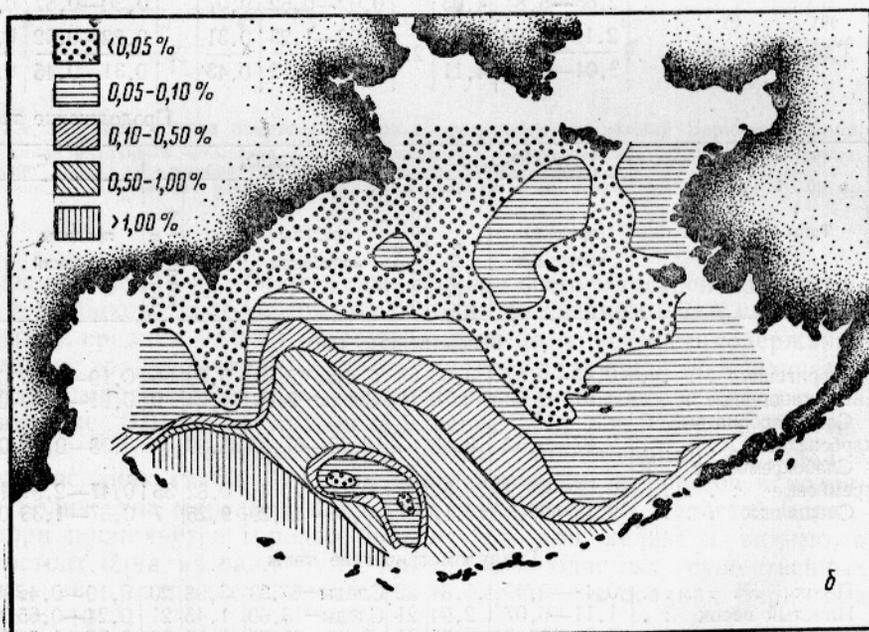
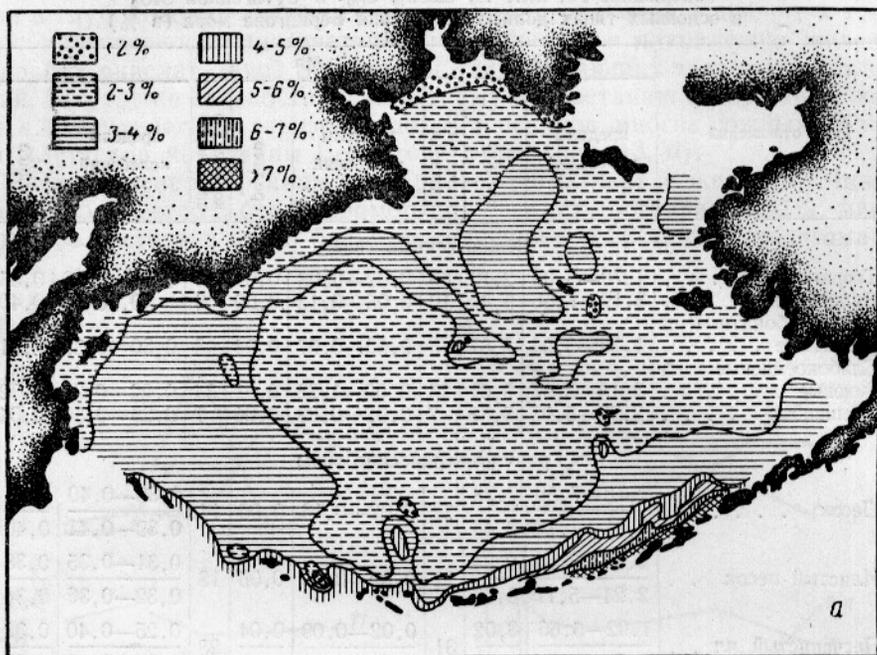
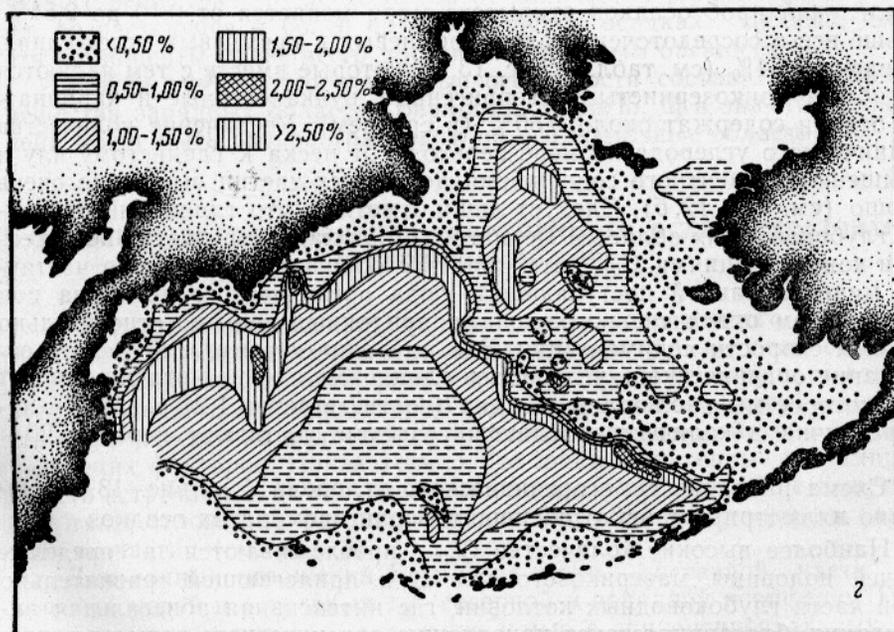
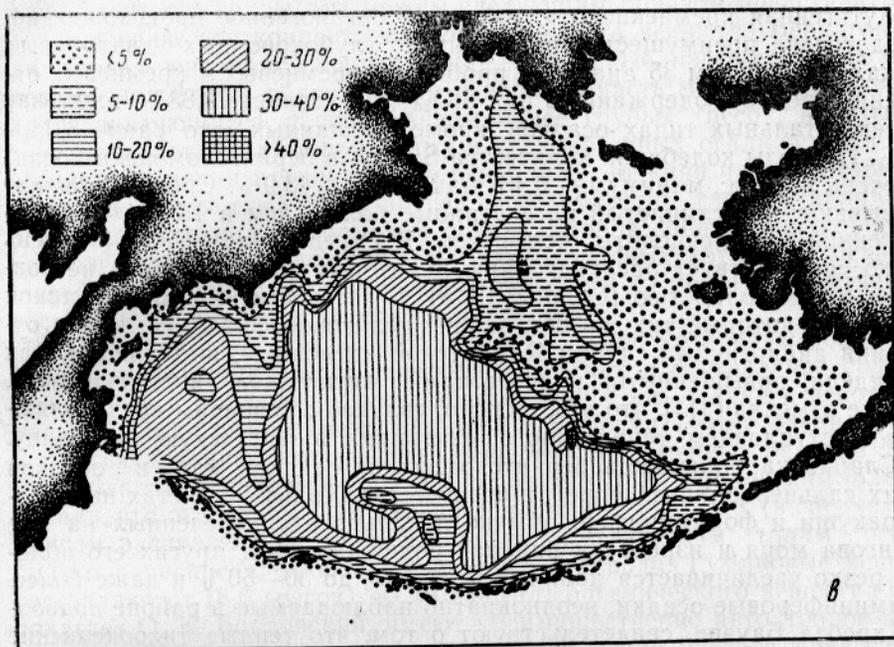


Рис. 13. Схема распределения некоторых Беринго  
 а — железа; б — марганца; в — аутигенной



элементов в современных отложениях  
 ва моря:  
 кремнекислоты; *g* — органического углерода

Среди гранулометрических типов донных отложений изменения среднего содержания титана очень невелики и колеблются около 0,30%.

Аутигенная кремнекислота, имеющая органигенное происхождение, сосредоточена преимущественно в тонких глубоководных диатомовых осадках. По данным 35 анализов проб слабокремневых и кремневых отложений среднее содержание в них  $\text{SiO}_{2\text{аут}}$  составляет 23,83%, тогда как во всех остальных типах осадков, кроме смешанных, оно равно 3,03—4,76%. Пределы колебаний количества  $\text{SiO}_{2\text{аут}}$  в берингоморских осадках очень велики: минимум — 0,48, максимум — 43,9%. Средние данные показывают, что глинистый ил содержит более чем в 15 раз больше аутигенной кремнекислоты, чем песок. Распределение  $\text{SiO}_{2\text{аут}}$  очень близко соответствует распределению пелитовых частиц, хотя и не совпадает с ним полностью (см. рис. 13, в). В частности, осадки Алеутской котловины, которые так же обогащены пелитовой фракцией, как и отложения аналогичных глубин Камчатской котловины, выделяются, как мы видели, повышенными количествами аутигенной кремнекислоты. Мы уже отмечали [11], что это, видимо, связано с меньшим «разбавляющим» поступлением терригенного материала в Алеутскую котловину.

Слабая карбонатность берингоморских осадков, как и осадков других дальневосточных морей, общеизвестна. Только в местах накопления ракуши и фораминифер, обычно локально распределенных на юге Берингова моря и изредка в районах подвижных вод других его областей, резко увеличивается количество  $\text{CaCO}_3$  до 30—50% и даже более. Фораминиферовые осадки, неоднократно наблюдаемые в районе подводного хребта Бауэрс, свидетельствуют о том, что теплые тихоокеанские воды поступают здесь в значительных масштабах.

Органический углерод, концентрация которого по результатам 126 определений проб осадков открытого моря меняется от 0,10 до 2,51%, больше всего сосредоточен в слабокремневых и кремневых отложениях, в среднем 1,34% (см. табл. 3, рис. 13, в), которые вместе с тем являются и наиболее тонкозернистыми. Терригенные, вулканогенные и карбонатные осадки содержат около 0,50% (в среднем). Увеличение количества органического углерода по мере перехода от песка к глинистому илу и повышения процентного содержания пелитовых частиц выражено очень хорошо (см. рис. 12, б). Следует лишь отметить, что глинистый ил южных глубоководных областей Берингова моря характеризуется пониженными концентрациями  $C_{\text{орг}}$ , что, главным образом, обусловлено частичной минерализацией поступающего сюда органического вещества под воздействием окислительного режима придонных вод и относительно меньшей скорости седиментации. Это приводит к тому, что среднее содержание органического углерода в глинистом иле не отличается от того, которое мы наблюдаем для ила (соответственно 1,24 и 1,25%), хотя различия в количестве пелитовых частиц достигают нередко 20—30%.

Схема распределения органического углерода (см. рис. 13, в) наглядно иллюстрирует эту особенность берингоморских осадков.

Наиболее высокие количества  $C_{\text{орг}}$  прослеживаются в пределах нижней половины материкового склона и прилегающей сравнительно узкой части глубоководных котловин, где интенсивная абиссальная аккумуляция благоприятствует накоплению органического вещества, продуцированного в областях максимальной вертикальной циркуляции вод на склоне и приносимого из шельфовых областей. Органическое вещество, поступающее в центральные и южные районы Камчатской и особенно Алеутской котловин или образовавшееся там, минерализуясь в процессе миграции и осаднения, накапливается значительно меньше.

Таким образом, учитывая относительно малое количество органического углерода в осадках шельфовых областей и островного склона Командорско-Алеутской гряды, мы можем следующим образом представить себе расположение зон концентрации органического вещества Берингова моря: первая зона малой концентрации — западные, часть северных и восточные шельфовые области моря и верхняя часть материкового склона, характеризующиеся преобладанием более грубых (песок, илистый песок, песчаный ил) терригенных и вулканогенных осадков; зона высокой концентрации органического вещества — нижняя часть материкового склона и смежные с ней абиссальные области, где накапливаются слабодиадомовые и диатомовые осадки; вторая зона малой концентрации органического вещества — юг глубоководных котловин, островной шельф и островные склоны с разнообразными по своему вещественному составу и гранулометрии осадками (см. рис. 13).

В южной глубоководной области Алеутской котловины пониженное содержание органического углерода в осадках и повышенное содержание железа и марганца сближают по генезису эти осадки с некоторыми океаническими отложениями северной периферии Тихого океана.

Исследования органического вещества современных осадков западных областей Берингова моря, выполненные О. К. Бордовским [5, 6], показали, что отношение C/N изменяется в них от 7 до 10,8 (в среднем 8,8), причем распределение азота по гранулометрическим типам осадков близко к распределению органического углерода. Гуминовые вещества составляют от 18,6 (песок) до 28,9% (ил) органического вещества и, как полагает О. К. Бордовский, имеют преимущественно автохтонное происхождение (из диатомового планктона). Большой интерес представляет значительное содержание легко гидролизуемых компонентов органического вещества — от 20 до 62,3% от количества органического углерода, возрастающее в более крупнозернистых осадках. Видимо, именно эти компоненты более всего доступны бентосным организмам.

Можно думать, что отмеченные особенности состава органического вещества западных областей Берингова моря [5, 6] в значительной степени могут быть распространены и на его восточные области.

### ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В БЕРИНГОВОМ МОРЕ

Рассматривая основные закономерности современного осадкообразования в Беринговом море, мы видим, что своеобразие осадков отдельных геологических и геоморфологических районов не нарушает единство всего осадочного процесса в пределах моря, а лишь подчеркивает свойственную каждой из областей специфичность взаимодействия осадкообразующих факторов. Показательно, что лишь терригенные и кремнистые осадки встречаются на значительной площади, все же прочие вещественные типы отложений развиты ограниченно вблизи источников слагающих их частиц (см. рис. 3).

Для донных отложений Берингова моря — составной части зоны краевых морей и островных дуг северной и западной периферии Тихого океана — важны отличия, прослеживаемые в эликоинентальных (преимущественно приматериковых) и геосинклинальных (преимущественно приокеанических) областях. Наиболее существенны они для осадков шельфа [11, 12] и материкового и островного склонов. Эти отличия применительно к основным чертам современного осадкообразования можно свести к следующему.

## Эпиконтинентальные области (север и восток Берингова моря)

## Геосинклинальные области (запад и юг Берингова моря)

### Питание осадочным материалом с суши

Значительная площадь бассейна впадающих рек; в твердом стоке большая роль принадлежит продуктам денудации мезозойских осадочных и эффузивных пород; вулканогенные компоненты имеют резко подчиненное значение; терригенный материал поступает как с гористых, так и с широко развитых равнинных районов.

Площадь бассейна впадающих рек мала; среди поступающих в море продуктов денудации часто преобладают частицы вулканогенного происхождения (третичных и четвертичных эффузивов, изредка пирокластические продукты); терригенный и вулканогенный материал поступает с гористых районов.

### Геология и рельеф дна

Развитие устойчивых геологических структур, преимущественно мезозойских; широкий шельф со спокойным и выровненным рельефом дна и хорошо выраженными прибрежной, центральной (основа шельфа) и внешней частями; несколько более пологая зона материкового склона.

Геологические структуры кайнозойской складчатости, современная геосинклинальная зона в районе Командорско-Алеутской островной дуги, вулканизм, сейсмичность; большая контрастность и сложность рельефа дна; узкий и крутой шельф, иногда разобренный крупными понижениями дна (в островной дуге) и лишенный центральной части; сложный и неоднородный рельеф островного склона, нередко характеризующийся большой крутизной и признаками новейших крупных тектонических движений; выровненная вершинная поверхность подводного хребта островной дуги.

### Климат и гидрологический режим

Более суровые условия климата и гидрологического режима; льды; повышенное воздействие континентального стока; ограниченность районов с высокой подвижностью придонных вод прибрежной и меньшей степенью внешней частью шельфа и некоторыми участками материкового склона.

Суровые климатические условия ограничиваются лишь юго-западными и западными районами моря; южные районы более умеренные; воздействие стока с суши невелико, резко возрастает влияние океанических вод; подвижные воды прослеживаются в большинстве районов шельфа и более распространены на островных склонах.

### Органический мир

Среди планктонных организмов (главным образом диатомовых водорослей), имеющих важное осадкообразующее значение, широкое развитие имеют неритические формы; океанические формы сосредоточены преимущественно в зоне материкового склона, реже встречаясь в шельфовых областях; бентосные организмы с твердым скелетом существенно сказываются на составе осадков лишь на некоторых участках подвижных вод.

Роль океанических планктонных форм значительно больше; возрастает количество различных бентосных организмов с карбонатными и кремневыми скелетами и их участие в формировании осадков.

### Осадки шельфовой зоны

А. Развиты терригенные отложения; в прибрежной части шельфа они, как правило, представлены грубо- и крупнообломочными осадками, мелкозернистым, пылеватым и илистым песком;

А. Наряду с терригенными отложениями встречаются вулканогенные (восточные районы шельфа Командорско-Алеутской островной дуги); возрастает роль карбонатных скелетных остатков

осадки центральной части — илестый песок, песчаный ил, ил и изредка глинистый ил, внешней части — илестый песок, песчаный ил, в отдельных случаях мелкозернистый и пылеватый песок и ил; коренные породы обнажаются сравнительно редко, сосредоточиваясь в основном на участках подвижных вод в прибрежной части шельфа у гористых берегов.

Б. Образование грубо- и крупнообломочных отложений и обогащение более тонких осадков галькой, гравием, в отдельных случаях валунами обусловлено главным образом высокой подвижностью придонных вод, создаваемой волнами или приливными течениями; в некоторых районах доставка валунов, гальки и гравия осуществляется льдами, изредка плавающими водорослями, роль этих факторов, как правило, второстепенная.

В. Ареалы основных типов донных отложений занимают значительные площади, некоторые из них являются замкнутыми; изменчивость осадков в связи с микрорельефом дна, различиями в динамике вод и бентосной фауне, прослеживаемая в большинстве районов, не приводит к «пестроты» осадочного покрова; разнообразие осадков максимально в прибрежной зоне шельфа.

Г. Осадочный материал аккумулируется на значительной части шельфа.

Д. Петрографо-минералогический состав осадков характеризуется преобладанием обломков более древних эффузивных и осадочных пород, кварца, роговой обманки, эпидота, цоизита, некоторых устойчивых минералов (граната и др.). Содержание железа (1,7—5%), марганца (0,02—0,08%), аутигенной кремнекислоты (0,48—1,7%) зависит от количества частиц < 0,01 мм, возрастая по мере перехода от наиболее грубых осадков к глинистому илу; карбонат кальция встречается в очень небольших количествах, как правило, менее 1—2%; органический углерод накапливается соответственно содержанию пелитовой фракции и его концентрация изменяется от 0,10% в песке до 1,50% и более в иле и глинистом иле.

Е. Окраска осадков — зеленоватосерая, некоторые прибрежные осадки имеют серый цвет; наиболее тонкие шельфовые отложения на поверхности покрыты буровато-коричневой окисленной пленкой мощностью до 1—3 см.

донных организмов; некоторые осадки являются смешанными; по гранулометрии преобладают грубо- и крупнообломочные осадки, песок и илестый песок; более тонкие осадки редки и чаще всего наблюдаются в заливах и значительных депрессиях дна; повсеместно встречаются многочисленные выходы коренных пород, обрастания организмами.

Значение волнения и течений в образовании грубо- и крупнообломочных осадков возрастает; ледовый разнос валунов, гальки и гравия ограничен и прослеживается лишь в некоторых западных районах, а в пределах островных шельфов почти не имеет места; несколько увеличивается роль водорослевого разноса.

Ареалы, как правило, узкие, вытянутые, нередко разорванные, своими очертаниями обычно соответствуют конфигурации побережья или отдельных элементов рельефа дна; частая смена в распределении глубин, гидродинамическом режиме, распространении донных организмов обуславливает большую изменчивость осадков — «пестроту» не только в прибрежной части шельфа, но и за ее пределами.

Широко развиты участки размыва дна и перемыва более древних осадков; аккумуляция материала локализована в значительной степени депрессиями дна.

Среди грубо- и крупнообломочных компонентов осадков большое число обломков кайнозойских обломков эффузивов; в песчаной и алевритовой фракциях, помимо этих обломков, рудные минералы, моноклинные пироксены, вулканические стекла и другие, резко уменьшается количество кварца, эпидота, цоизита, роговой обманки. Типичные пирокластические осадки крайне редки и локализованы вблизи вулканических очагов. В химическом составе осадков с большим числом вулканогенных компонентов возрастает концентрация железа (до 6—7% и более), марганца (до 0,11—0,13%), содержание аутигенной кремнекислоты и органического углерода понижено; карбонатность некоторых осадков может быть очень высокой — до 30—50%; зависимость химического состава осадков от содержания наиболее тонких частиц в связи с накоплением вулканогенных и карбонатных компонентов в более крупных фракциях выражена значительно слабее и иногда даже не прослеживается.

При большом количестве вулканогенных компонентов цвет осадков темно-зеленовато-серый; карбонатные разности окрашены в более светлые тона.

## Осадки зоны материкового и островного склона

А. Донные отложения уступа материкового склона (глубины 150—2500 м) представлены терригенными (верхняя часть обычно до глубины 500 м) и слабодиадомовыми (слабодиадомовыми и иногда кремнегубковыми) осадками (глубже 500 м); в пределах наклонной равнины подножия склона (глубже 2500 м) залегают слабодиадомовые и кремневые (диатомовые) осадки; гранулометрический состав изменяется от илистого песка и песчанистого ила на глубинах до 500 м до ила и глинистого ила на больших глубинах; в местах наибольшей крутизны и интенсивного расчленения склона, особенно в подводных каньонах обнажаются коренные породы; примесь грубо- и крупнообломочных частиц (галек, гравия) наблюдается редко.

Б. Петрографо-минералогический состав осадков во многом схож с составом отложений смежных шельфовых областей; обильное поступление твердых остатков диатомовых водорослей и их накопление в составе осадков обогащает тонкие фракции органическими частицами и повышает содержание аутигенной  $\text{SiO}_2$  до 20% и более и органического углерода до 2% и более.

В. Окраска осадков — зеленая и зеленовато-серая; развита тонкая окисленная пленка буровато-коричневого цвета, мощность которой возрастает до 1—3 см и более в глубоководных осадках склона.

Тонкие диатомовые и слабодиадомовые отложения наклонной равнины подножия склона переходят в аналогичные осадки глубоководных котловин. Этот переход сопровождается рядом изменений в составе осадков, обусловленных удалением от источников терригенного осадочного материала, уменьшением скорости седиментации и усилением степени диагенетических превращений. Как мы видели, отличия наиболее существенны на юге и в центре Алеутской котловины, где возрастает мощность окисленного слоя осадков, значительно увеличивается количество железа и особенно марганца, заметно сокращается количество органического вещества. Периферические осадки Алеутской котловины и

Отложения материкового склона западных геосинклинальных областей материкового склона аналогичны, несколько чаще наблюдается примесь галечно-гравийного материала; на беринговоморском островном склоне Командорско-Алеутской островной дуги осадки более разнообразны: слабо расчлененный склон западных, в меньшей степени центральных районов характеризуется преобладанием терригенных осадков до значительных глубин с большей или меньшей примесью вулканогенных компонентов; лишь в нижней его части залегают слабодиадомовые (диатомовые) осадки; склон сбросового склона расчленения на востоке выделяется широким накоплением вулканогенных или смешанных осадков, которые также на большой глубине сменяются слабодиадомовыми (диатомовыми). По гранулометрии осадки представлены главным образом, илистым песком, песчанистым илом и илом, чаще содержат примесь грубо- и крупнообломочных частиц; на очень крутых участках склона и в каньонах — выходы коренных пород. Вершинная выравненная поверхность подводного хребта островной дуги (глубины 200—1000 м) характеризуется более широким развитием грубых осадков и обнажений коренного дна, во многих местах распространены обрастания губками и гидроидами; то же наблюдается на дне глубоководных проливов.

Как и в смежных шельфовых областях, донные отложения содержат большое число обломков эффузивов, рудные минеральные зерна, пироксены; в пределах островного склона многих Алеутских о-вов — вулканическое стекло и другие минералы. Накопление аутигенной кремнекислоты и органического углерода происходит в значительных количествах лишь в западных геосинклинальных областях, на юге — оно выражено слабее.

Наряду с зелеными и зеленовато-серыми осадками на склоне Алеутских о-вов при большом количестве вулканогенных частиц встречаются темно-зеленые осадки.

большая часть отложений Камчатской котловины затронуты такими изменениями гораздо меньше.

Осадочная дифференциация на подводных хребтах Ширшова и Бауэрс изучена недостаточно. Насколько можно судить по имеющимся данным, слабокремневые (преимущественно кремнегубковые), песчанистый ил и ил вершинной поверхности хребта сменяются диатомовым илом и глинистым илом на склонах и у их подножья. В то же время на севере хребта известны участки, где залегают и более грубые осадки. Донные отложения хребта Бауэрс выделяются своим разнообразием и смешанным составом. Грубые отложения банок и повышенных участков вершинной поверхности с большим числом органогенных (кремнегубковых, фораминиферовых) и вулканогенных частиц переходят в более тон-

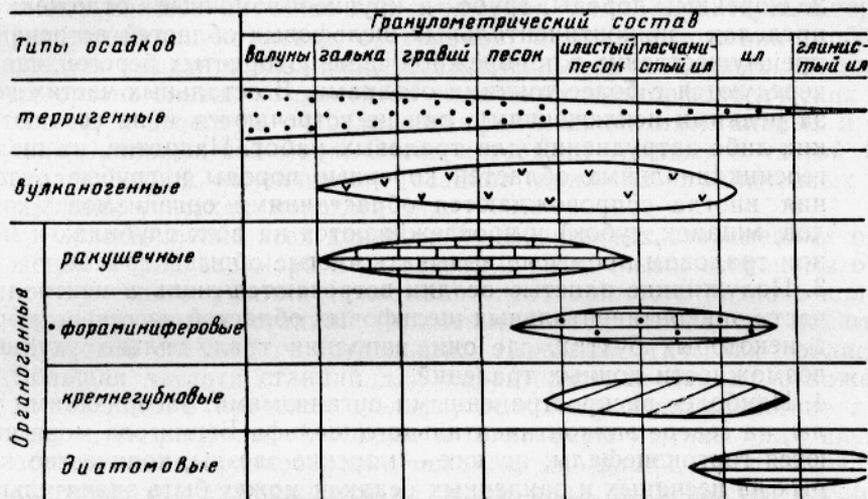


Рис. 14. Схематизированная зависимость между вещественным и гранулометрическим составом основных типов современных отложений Берингова моря.

кие осадки такого же вещественного состава. На склонах преобладают диатомовые отложения, а в отдельных местах и фораминиферовые. Гранулометрический, петрографо-минералогический и химический состав всех этих осадков меняется в широких пределах (рис. 14).

Таким образом, отчетливо видно последовательное изменение направленности процесса осадкообразования в Беринговом море по мере удаления от побережий и перехода от шельфовых глубин к абиссальным.

Разнообразные терригенные отложения эпиконтинентальных областей, как и значительно более локализованные осадки геосинклинальной зоны моря, среди которых мы наблюдаем, кроме терригенных, вулканогенные, органогенные и смешанные, постепенно сменяются диатомовыми. Эта смена, происходящая в пределах материкового и островного склона, сопровождается сглаживанием различий между осадками эпиконтинентальных и геосинклинальных областей, и у подножья склона различия улавливаются уже слабо. В глубоководных котловинах идут дальнейшие изменения в составе осадков, но обусловлены они не столько различным происхождением осадочного материала, сколько разной интенсивностью диагенетических превращений в периферических, центральных и южных частях котловин.

Процессы, происходящие в пределах подводных хребтов, характеризуются такой же направленностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценивая с точки зрения организации и проведения научно-поисковых и промысловых работ приведенные выше данные о распределении и составе современных отложений Берингова моря, можно сделать ряд выводов и рекомендаций.

### I. Зона шельфа.

1. Донные отложения эпиконтинентального шельфа менее разнообразны и изменчивы, чем осадки геосинклинальных шельфовых областей, где эта изменчивость в ряде случаев значительна. В эпиконтинентальных шельфовых областях наиболее часто меняются осадки по их гранулометрии в прибрежной и внешней частях шельфа, в геосинклинальных — везде.

2. Коренные породы, грубо- и крупнообломочные отложения в пределах эпиконтинентальных шельфовых областей встречаются преимущественно в прибрежной части у гористых берегов, где они чередуются с более тонкими осадками. В остальных частях зоны, за редкими исключениями, они не встречаются и не создают каких-либо затруднений для траловых работ. Напротив, на шельфе геосинклинальных областей коренные породы и грубые отложения иногда сопровождаются обрастаниями организмов (кораллов, мшанок, губок) и прослеживаются на всех глубинах и могут при траловом промысле вызывать частые обрывы тралов.

3. Полуужидкие илстые осадки встречаются лишь в центральной части эпиконтинентальных шельфовых областей на севере моря и в некоторых бухтах, где они, заполняя трал, сильно ухудшают возможности донных тралений.

4. Наиболее распространенными организмами, засоряющими тралы, на севере эпиконтинентального шельфа Берингова моря являются горгоноцефалы, на юге — морские звезды, количество которых на песчаных и заиленных осадках может быть значительным. На шельфе геосинклинальных областей тралы часто заполняются большим числом целой и битой ракуши, на юге — обломками кораллов и мшанок, мелкими валунами и галькой.

5. Характерной особенностью многих шельфовых отложений является их изменчивость в связи с микрорельефом дна. Данные подводного фотографирования свидетельствуют о сравнительно больших отличиях в гранулометрии осадков на одном и том же участке дна, приводящих к микрокомплексности их распределения, которая свойственна как наиболее тонким, так и грубым осадкам, где она, по-видимому, возрастает [11, 13].

### II. Зона материкового и островного склона.

1. Донные отложения зоны материкового склона в пределах промысловых глубин (до 500—1000 м) представлены многими типами осадков — от грубообломочных и песчаных до тонких илстых осадков. Смена осадков происходит главным образом в зависимости от углов наклона отдельных участков склона и оказывается особенно резкой в областях наибольшего поперечного расчленения склона вблизи Корякского побережья, о-вов Прибылова и на юге Берингова моря. Грубо- и крупнообломочные осадки могут встречаться на всем интервале промысловых глубин зоны, однако распределены они намного меньше, чем благоприятные для донных тралений илистый песок и песчанистый ил, преобладающие на склоне.

2. Коренные породы чаще всего обнажаются на крутых склонах

многочисленных подводных долин и каньонов, широко распространенных в самых различных областях зоны.

3. На участках развития грубых осадков часты заросли губок и гидроидов.

III. Составление карт донных отложений Берингова моря и изучение их состава и свойств дает возможность уточнить некоторые особенности гидрологического режима моря. Наиболее существенные данные, позволяющие судить о подвижности вод, глубине волнового перемешивания, влиянии теплых течений. Ряд материалов свидетельствует о специфике газового режима у дна, интенсивности вертикальной циркуляции, переносе и концентрации органического вещества и т. п.

IV. Результаты исследований донных отложений Берингова моря имеют важное значение для понимания ряда характерных черт в распределении кормовых организмов. В этом отношении особенно следует выделить различия, установленные для донных осадков и их органических компонентов отдельных геоморфологических областей, и в первую очередь специфику эпиконтинентальных и геосинклинальных зон моря. Очень интересны данные о частой пространственной изменчивости осадков даже на ограниченных по площади участках морского дна.

V. Сопоставление всех данных об особенностях современных отложений Берингова моря и их связях с различными сторонами океанологического режима показывает необходимость разного количества грунтовых станций (применительно к целям и масштабу грунтовой съемки) в отдельных геоморфологических областях. Большая частота станций для характеристики донных отложений необходима в пределах шельфа, поскольку взаимодействие литосферы, гидросферы, биосферы и атмосферы именно на шельфе обуславливает разнообразие осадков, их фаций, биоценозов и в конечном счете отражается на целом ряде особенностей распределения многих промысловых объектов и их добычи. При этом необходимо учитывать, что общее количество станций следует увеличивать в прибрежной и внешней частях эпиконтинентального шельфа и особенно на шельфе геосинклинальных областей.

В зоне материкового и островного склона станции приходится укладывать в местах интенсивного продольного и поперечного расчленения дна. В районах широкого развития подводных долин и каньонов сложность рельефа дна и распределения донных отложений иногда очень велика и может быть сопоставима с тем, что наблюдается иногда в горных областях суши. Количество станций приходится увеличивать также на вершинной поверхности Командорско-Алеутской островной дуги. Это же относится и к подводным хребтам Берингова моря. В остальных областях моря станции, как обычно, могут размещаться значительно реже.

Эти принципы в силу своей геоморфологической обусловленности и теснейшей зависимости, существующей между рельефом дна, осадками и комплексом гидрологических и гидробиологических условий существенны не только при исследовании донных осадков, но и при производстве многих других видов океанологических работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алисов Б. П. Климатические области зарубежных стран. М., Географиз, 1950.
2. Безруков П. Л. и Лисицын А. П. Осадкообразование в дальневосточных морях в четвертичное время. Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода. Т. XIII. М., Изд-во АН СССР, 1957.
3. Беляев Г. М. Количественное распределение донной фауны в северо-западной части Берингова моря. Тр. ИОАН, Т. XXXIV, 1960.
4. Блэк Р. Постоянномерзлые породы Аляски и Канады. Мерзлые породы Аляски и Канады. М., Изд-во иностр. лит. 1958.
5. Бордовский О. К. Гуминовые вещества в осадках западной части Берингова моря. ДАН СССР. Т. 113, № 1, 1957.
6. Бордовский О. К. Органическое вещество современных осадков Берингова моря. Тр. ин-та океанол. Т. XVII, 1960.
7. Бруевич С. В. и Зайцева Е. Д. К химии осадков Берингова моря. Тр. ИОАН. Т. XXVI, 1958.
8. Виноградов М. Е. Распределение зоопланктона в западных районах Берингова моря. Тр. Всесоюзного гидробиологического об-ва. Т. VII. М., Изд-во АН СССР, 1957.
9. Гершанович Д. Е. Современные шельфовые отложения краевых морей северо-восточной Азии. Межд. геол. конгресс. XXI сессия. Доклады советских геологов. Морская геология. М., Изд-во АН СССР, 1960.
10. Гершанович Д. Е. Морские геологические исследования в рыбопромысловых районах Берингова моря. «Бюлл. Океанограф. комиссии АН СССР» № 8, 1961.
11. Гершанович Д. Е. Новые данные о современных отложениях Берингова моря. Тр. ВНИРО. Т. XLVI, 1962.
12. Гершанович Д. Е. Рельеф и современные отложения берингоморского шельфа. Тр. ВНИРО. Т. XLVI, 1962.
13. Гершанович Д. Е. Рельеф основных рыбопромысловых районов (шельф, материковый склон) и некоторые черты геоморфологии Берингова моря. Тр. ВНИРО. Т. XLVIII. Вып. 1, 1963.
14. Гордеев В. Д. Результаты работы Берингоморской траловой экспедиции 1950—1952 гг. Известия ТИНРО. Т. 41, 1954.
15. Гордеев В. Д. Траловый промысел на Дальнем Востоке. Хабаровск, 1955.
16. Горшкова Т. И., Авиллов И. К. и Гершанович Д. Е. Задачи геологических исследований и их значение для океанического рыболовства. Тр. Совещаний Ихтиологической комиссии АН СССР. Вып. 10, 1960.
17. Горшкова Т. И. О происхождении осадков северной части Тихого океана. Иссл. дальневосточн. морей. Вып. 3. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1952.
18. Давидович Р. Л. Гидрохимические черты южной и юго-восточной частей Берингова моря. Тр. ВНИРО. Т. XLVIII. Вып. 1, 1963.
19. Добровольский А. Д. и Арсеньев В. С. К вопросу о течениях Берингова моря. Проблемы Севера. Вып. 3. АН СССР, 1959.
20. Жузе А. П. Диатомовые в донных осадках Берингова моря. Тр. комиссии по изучению четвертичного периода. XIII. АН СССР, 1957.
21. Жузе А. П. Диатомовые в поверхностном слое осадков Берингова моря. Тр. ИОАН. Т. XXXII, 1960.
22. Жузе А. П. и Семина Г. И. Общие закономерности в распределении диатомовых в планктоне Берингова моря и в поверхностных донных осадках. ДАН СССР. Т. 100, № 3, 1955.
23. Зенкевич Л. А. и Филатова З. А. Общая краткая характеристика качественного состава и количественного распределения донной фауны дальневосточных морей СССР и северо-западной части Тихого океана. Тр. ИОАН. Т. XXVII, 1958.
24. Зубкова З. Н. Алеутские острова. Зап. Всес. географ. общества. Новая сер. Т. 4. М., Географиз, 1948.
25. Карпова Л. А. Основные черты климата Берингова моря. Тр. ВНИРО, Т. XLVIII. Вып. 1, 1963.
26. Кленова М. В. Геология моря. Учпедгиз, 1948.
27. Кленова М. В. Геология Баренцева моря. М., АН СССР, 1960.
28. Леонов А. К. Региональная океанография. Ч. I. Л., Гидрометеиздат, 1960.
29. Линдберг Г. У. Понятие, содержание и методика составления рыбопоисковых карт мало освоенных районов. Тр. Совещания по вопросам поведения и разведки рыб. М., 1959.
30. Линдберг Г. У. Промысловая биоокеанография и ее задачи. Вопросы ихтиологии. Вып. 10. М., 1958.
31. Лисицын А. П. Распределение аутигенного кремнезема в донных отложениях западной части Берингова моря. ДАН СССР. Т. 101, № 2, 1955.
32. Лисицын А. П. Распределение органического углерода в осадках западной части Берингова моря. ДАН СССР. Т. 103, № 2, 1955.

33. Лисицын А. П. Процессы современного осадкообразования в Беринговом море. Тр. Океанограф. комиссии. АН СССР. Т. 3, 1958.
34. Лисицын А. П. Донные отложения Берингова моря. Тр. ИОАН. Т. XXIX, 1959.
35. Наливкин Д. В. Учение о фациях. Т. I. АН СССР, 1956.
36. Натаров В. В. О водных массах и течениях Берингова моря. Тр. ВНИРО. Т. XLVIII. Вып. 1, 1963.
37. Нейман А. А. Кормовая база камбал в восточной части Берингова моря. «Рыбное хозяйство», № 10, 1960.
38. Нейман А. А. Некоторые закономерности количественного распределения бентоса в Беринговом море. «Океанология». Т. I. Вып. 2, 1961.
39. Нейман А. А. Количественное распределение бентоса и кормовая база донных рыб в восточной части Берингова моря. Тр. ВНИРО. Т. XLVIII. Вып. 1, 1963.
40. Саидова Х. М. и Лисицын А. П. Стратиграфия осадков и палеогеография Берингова моря в четвертичное время. ДАН СССР. Т. 139, № 5, 1961.
41. Самойлов И. В. Устья рек. Географгиз, 1952.
42. Страхов Н. М., Бродская Н. Г., Князева Л. М., Разживина А. Н., Ратеев М. А., Сапожников Д. Г., Шишова Е. С. Образование осадков в современных водоемах. М., АН СССР, 1954.
43. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. I, АН СССР, 1960.
44. Щербakov Ф. А. Литологическое исследование наносов побережья Анадырского залива. Тр. Океанограф. комиссии АН СССР. Т. IV, 1959.
45. Drake F. Y. Report upon the investigations of U. S. F. C. S. «Albatross» for the year ending June 30, 1895. Dep. Commissioner f. the U. S. Comm. Fish. and Fisheries. P. 21, Wash., 1896.
46. Eardley O. J. Unconsolidated sediments and topographic features of the lower Yukon valley. Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 49, No 2, 1938.
47. Gates O. and Gibson W. Interpretation of the configuration of the Aleutian Ridge. «Bull. Geol., Soc. Amer.», v. 67, No 2, 1956.
48. Moser J. F. The salmon and salmon fisheries of Alaska. Report of the operations of the U. S. F. C. S. «Albatross» for the year ending June 30 1898. «Bull. U. S. Fish. Commis.», Wash., 1899.
49. Tanner Z. L. The fishing grounds of the Bristol Bay, Alaska. A preliminary report upon the investigations of U. S. F. C. S. «Albatross» during the summer 1890. «Bull. U. S. Fish. Commis.», v. 9, Wash., 1891.
50. Tanner Z. L. Report on the work of the steamer «Albatross» for the year ending, June 30, 1893. Report U. S. Comm., Fish and Fisheries, p. 19, Wash., 1895.
51. Tanner Z. L. Report upon the operations of the U. S. F. C. S. «Albatross» for the year ending, June 30, 1894, U. S. Comm. Fish and Fisheries, p. 20 Wash., 1896.
52. Townsend C. H. Dredging and record of the U. S. F. C. S. «Albatross». Rep. U. S. Fish. and Fisheries Commis., p. 26, 1901.
53. Trask P. D. The origin and environments of source sediments of petroleum. Houston, 1932.
54. Wells J. V. B. and Love S. K. Quantity and quality of surface waters of Alaska in 1958. Geol. survey water. Supply Paper, No 1570, VI, 1960.

## ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
13	11—10 снизу	распадения	распадения
29	3 сверху	Возврат	Возраст
59	5 снизу	рис. 8, а	рис. 8, в
81	14 сверху	палеография	палеогеография
97	13 сверху	абрационный	абразионный
101	19 сверху	Чугучский	Чугачский
102	25 сверху	смывается	смыкается
110	6 сверху	течения процессы	течения и процессы
110	10 снизу	шельфа рельефа	рельефа шельфа
127	13 сверху	рис. 219	рис. 19
129	Примечание	В табл. 2 и 3	В табл. 1 и 2
132	1 снизу	Т. П.	Т. II.
141	подрисуночная подпись, 4 и 1 снизу	в. д.	з. д.
154	3 сверху после таблицы	$C/m^3$ (сутки до 1 г $C/m^3$ ) сутки	$C/m^3 =$ сутки (до 1 г $C/m^3 =$ сутки)
164	2 колонка, 3 сверху	<i>Crenella columbica</i>	<i>Crenella columbiana</i>
164	3 колонка, 27 и 26 снизу	<i>Amphicteis Scapho- bronchiata moorei</i>	<i>Amphicteis scaphobronchiata</i> <i>Pectinaria moorei</i>
170	подрисуночная подпись, 3 сверху	<i>ПС</i> — живучие подвижные сестонофаги	<i>ПС</i> — подвижные сесто- нофаги
180	10 снизу	фильтратов	фильтраторов
180	3 снизу	детридоедов	детритоедов
182	3 сверху	собирающихся	собирающих
214	12 снизу	Стержень	Стрежень
326	25 сверху	конструкции и польской	и польской конструкции
332	14—12 снизу	гидродинамическими кухты- лями для капронового сель- девого трала польской и калининградской конструк- ций 35—45	для капронового сельдевого трала польской и калинин- градской конструкций 35—45 гидродинамических кухтылей
332	10 снизу	25—30 по	25—30 гидродинамических кухтылей по