

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Д. Е. ГЕРШАНОВИЧ

Изучение современных донных отложений было одним из разделов океанографических работ, выполненных в Беринговом море во время Международного геофизического года и года Международного геофизического сотрудничества. Эти работы проводили на э/с «Жемчуг» в 1958 г. и э/с «Первенец» в 1959 г. На рис. 1 приведены схемы рейсов, охвативших значительную часть акватории Берингова моря.

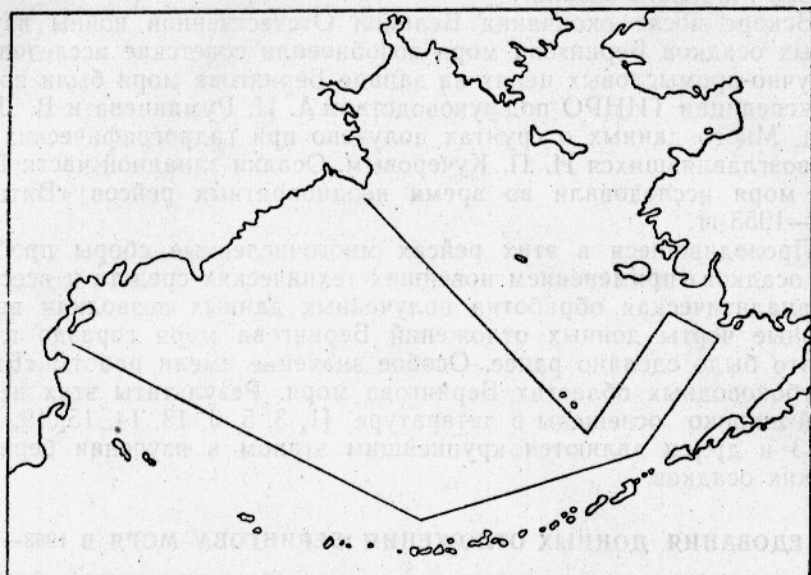
Настоящая статья является кратким изложением некоторых результатов выполненных исследований.

К ИСТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ

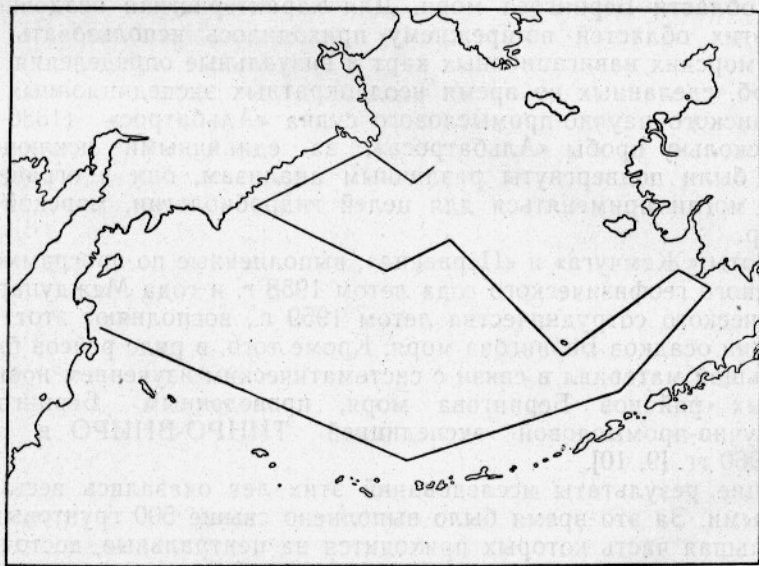
Современные донные отложения Берингова моря постоянно привлекали к себе внимание исследователей. Большой интерес к изучению берингоморских осадков обусловлен не только слабой изученностью осадочного покрова колоссальной акватории моря, но и своеобразием его геологии и физико-географических условий, выделяющих Берингово море среди других морских водоемов. Основную роль в расширении исследований осадков сыграли все возрастающие практические запросы рыбного промысла, транспорта и морской геологии, усилившиеся за последние годы в связи с интенсивным освоением богатейших природных ресурсов различных областей Берингова моря.

Как известно, в течение последних десятилетий было получено много новых данных об осадках Берингова моря, характеризующих распределение, состав и некоторые свойства донных отложений западных и южных областей моря. Не останавливаясь на ранних работах, можно отметить сборы проб морских осадков при экспедиционных исследованиях, проходивших под руководством Л. А. Демина (1929—1933 гг.) и Г. Е. Ратманова (1932—1933), и частичную обработку некоторых проб, выполненную Г. Ф. Улем. В 1941 г. Б. А. Скопинцев обобщил сведения об осадках Берингова моря и составил картографическую схему, которая затем была использована при составлении карты грунтов в Морском атласе (1953).

В 1934—1937 гг. пробы донных отложений были собраны при плаваниях «Челана» [36], «Оглалы», «Нордланда». Американские гидрографы продолжали исследовать осадки Берингова моря в годы второй мировой войны при гидрографических работах в зоне Алеутских остро-



а



б

Рис. 1. Схемы маршрутов:

а — э/с «Жемчуг» в Беринговом море летом 1958 г. при работах по программе Международного геофизического года; б — э/с «Первенец» в Беринговом море летом 1959 г. при работах по программе года Международного геофизического сотрудничества.

вов. Результаты этих, а также более поздних исследований нашли свое отражение в характеристиках грунтов на новейших американских морских навигационных картах, опубликованных в последние годы.

Н. U. Sverdrup, M. W. Johnson и К. Н. Fleming [34] в Беринговом море отмечают лишь развитие терригенных осадков. Очень бегло затрагивает донные отложения Берингова моря Ф. Шипард [32], обобщая картографические материалы по рельефу и осадочному покрову основных зон Мирового океана.

Вскоре после окончания Великой Отечественной войны изучение донных осадков Берингова моря возобновили советские исследователи. В научно-промысловых целях на западе Берингова моря были проведены экспедиции ТИНРО под руководством А. И. Румянцева и В. Д. Гордеева. Много данных о грунтах получено при гидрографических работах, возглавлявшихся И. П. Кучеровым. Осадки западной части Берингова моря исследовали во время неоднократных рейсов «Витязя» в 1950—1953 гг.

Проводившиеся в этих рейсах многочисленные сборы проб морских осадков с применением новейших технических средств и всесторонняя аналитическая обработка полученных данных позволили выявить основные черты донных отложений Берингова моря гораздо глубже, чем это было сделано ранее. Особое значение имели работы «Витязя» в глубоководных областях Берингова моря. Результаты этих исследований широко освещены в литературе [1, 3, 5, 6, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23 и др.] и являются крупнейшим этапом в изучении беринговоморских осадков.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ В 1958—1960 гг.

Перечисленные исследования мало затрагивали центральные и восточные области Берингова моря. Для характеристики осадочного покрова этих областей по-прежнему приходилось использовать старые данные морских навигационных карт и визуальные определения грунтовых проб, сделанных во время неоднократных экспедиционных рейсов американского научно-промыслового судна «Альбатрос» (1886—1906) [33]. Поскольку пробы «Альбатроса», за единичными исключениями [35], не были подвергнуты различным анализам, они в ограниченной степени могли применяться для целей гидробиологии, морской геологии и др.

Работы «Жемчуга» и «Первенца», выполненные по программе Международного геофизического года летом 1958 г. и года Международного геофизического сотрудничества летом 1959 г., восполняют этот пробел в изучении осадков Берингова моря. Кроме того, в ряде рейсов был собран большой материал в связи с систематическим изучением новых промысловых районов Берингова моря, проведенным Беринговоморской научно-промысловой экспедицией ТИНРО-ВНИРО в течение 1958—1960 гг. [9, 10].

Общие результаты исследований этих лет оказались весьма значительными. За это время было выполнено свыше 500 грунтовых станций, большая часть которых приходится на центральные, восточные и южные области моря (рис. 2). Суммарная длина колонок грунта превышает 250 м, средняя длина их 2,3 м, максимальная 5—6 м. При изучении донных отложений Берингова моря применяли ударные грунтовые трубки длиной 7—9 м и весом до 250 кг, дночерпатели «Океан-50» с площадью захвата 0,25 м², подводные фотоустановки для фотографирования морского дна конструкции Н. Л. Зенкевича, приборы для мембранной ультрафильтрации морской воды и ряд других.

Собранные материалы в основном обработаны в лаборатории промысловой океанографии ВНИРО. Часть аналитических определений вы-

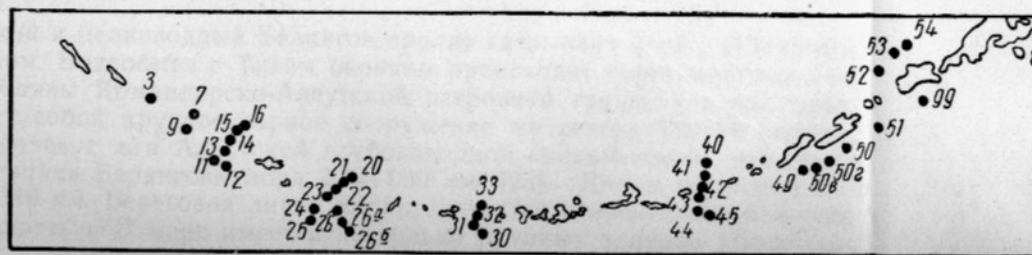
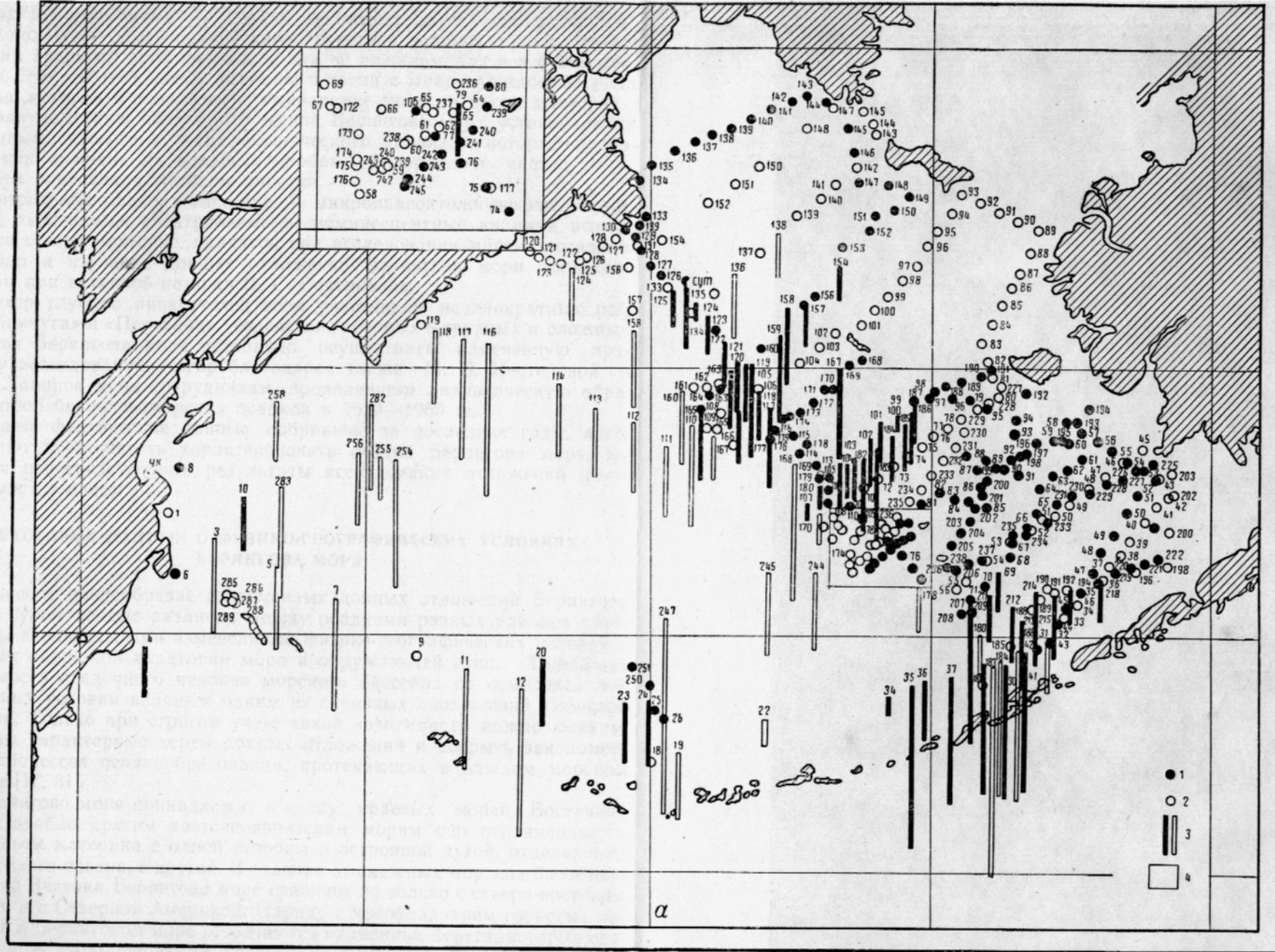


Рис. 2. Схема размещения геологических станций в Беринговом море:

а — в 1958—1959 гг.; 1 — днотермальные пробы на станциях «Жемчуга»; 2 — то же на станциях «Первенца»; 3 — колонки грунта на станциях «Жемчуга» (зачернены) и «Первенца»; 4 — пробы «Жемчуга» и «Первенца» в районе островов Прибылова; б — в 1960 г., станции «Первенца».

полнена лабораториями ААНИИ и некоторых других учреждений. С целью получения всесторонней характеристики осадков общий литологический просмотр проб проводили как во влажном, так и в сухом состоянии. Это имеет большое значение в связи с микрослоистостью ряда осадков, которая в полной мере выявляется лишь на сухом материале.

Гранулометрию донных отложений Берингова моря устанавливали по данным ситового и водно-механического анализов, который проводили, как правило, на влажных пробах. Содержание частиц менее 0,001 мм определяли методом пипетки.

Петрографо-минералогические, микропалеонтологические, термические, химические, спектральные и люминесцентные анализы выполнены по общей методике, принятой при исследовании морских осадков.

Сбор и изучение донных отложений Берингова моря проведено автором при активной помощи В. С. Бортникова.

Автор глубоко признателен всем участникам неоднократных рейсов «Жемчуга» и «Первенца», содействие которых в трудных и сложных условиях Берингова моря позволило осуществить намеченную программу исследований. Автор благодарен также М. П. Нестеровой и Н. Н. Лапиной и их сотрудникам, проводившим аналитическую обработку проб берингоморских осадков в 1959—1960 гг.

Новые фактические данные, собранные за последние годы, впервые дают возможность характеризовать осадки Берингова моря, используя непосредственные результаты исследования отложений почти всего моря в целом.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Большое разнообразие современных донных отложений Берингова моря и существенные различия между осадками разных районов обусловлены значительными изменениями физико-географических условий в пределах обширной акватории моря и окружающей суши. Теснейшая зависимость осадочного покрова морского бассейна от комплекса его природных условий является одним из основных положений морской геологии. Только при строгом учете такой зависимости можно выявить наиболее характерные черты донных отложений и вскрыть закономерности процессов осадкообразования, протекающих в каждом морском водоеме [17, 31].

Берингово море принадлежит к числу краевых морей Восточной Азии. Подобно другим восточноазиатским морям оно ограничивается побережьем материка с одной стороны и островной дугой, отделяющей его от Тихого океана, с другой. В отличие от смежных морских бассейнов Дальнего Востока Берингово море граничит не только с северо-востоком Азии, но и с Северной Америкой. Наряду с преобладанием гористых побережий в Беринговом море встречаются низменные берега, которые особенно часты вдоль депрессий Аляски и юго-западнее Чукотского полуострова.

Узкий и мелководный Берингов пролив связывает море с Полярным бассейном. Водообмен с Тихим океаном происходит через многочисленные проливы Командорско-Алеутской островной гряды, которая представляет собой крупное горное сооружение на севере Тихого океана, окаймленное с юга Алеутской глубоководной океанической впадиной.

Площадь Берингова моря 2 304 000 км² [25]. Длина береговой линии 13 340 км. Береговая линия характеризуется относительно большой изрезанностью. В море имеется несколько крупных заливов (Бристоль.

Анадырский, Нортон, Карагинский, Олюторский) и ряд мелких. Некоторые острова расположены на значительном расстоянии от берега (Св. Лаврентия, Св. Матвея, о-ва Прибылова).

По особенностям геологического строения в Беринговом море можно выделить платформенную, или эпиконтинентальную, и геосинклинальную части. Первая примыкает к консолидировавшимся, преимущественно мезозойским горным сооружениям северного и восточного побережий моря, вторая — к молодым горным образованиям кайнозоя в районе п-ва Аляска, Алеутских островов и Камчатки, где активные геотектонические процессы, весьма интенсивные в третичное и четвертичное время, продолжают до настоящего времени; наиболее резко они проявляются в высокой сейсмичности, частых вулканических извержениях и в изменениях очертаний берегов и дна. Между этими частями расположены глубоководные котловины моря, отделенные от прибрежных шельфовых областей резко выраженным материковым и островным склоном.

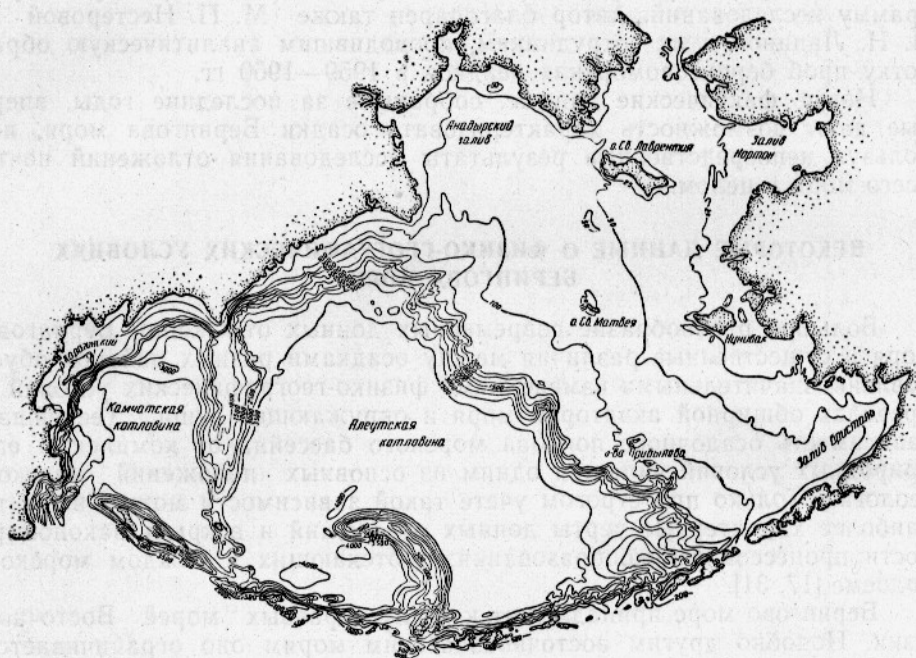


Рис 3. Батиметрическая карта Берингова моря.

Распределение глубин во многом отражает эти черты геологии Берингова моря (рис. 3). Средняя глубина моря 1598 м, наибольшая 4420 м. Зона шельфа занимает около 43% площади моря, зона материкового и островного склона 13%, глубоководная зона 44%. Шельф простирается от берега приблизительно до глубины 150 м, зона материкового и островного склона от 150 до 3000—3800 м. Основную часть шельфовой зоны составляет платформенный, или эпиконтинентальный, шельф северных и восточных областей моря, выделяющийся сравнительно спокойным и ровным рельефом на обширных пространствах дна. Узкий и крутой геосинклинальный шельф Берингова моря характеризуется значительно более изрезанным рельефом, контрастами глубин, многочисленными банками, рифами, отмелями, подводными ложбинами.

Зона материкового и островного склона имеет сложное строение. Почти повсеместно склон расчленен подводными долинами и каньонами, наблюдаются различные уступы, иногда обнажения плотных пород. Для склона в целом обычны углы наклона от 2 до 6°, однако многие участки выделяются весьма неравномерным распределением уклонов от нескольких градусов до 20—30° и более. При значительном сходстве в общем строении склона эпиконтинентальных и геосинклинальных областей на склоне последних встречаются отдельные подводные возвышенности вулканического происхождения, острова-вулканы и обширные платообразные участки, разделяемые крупными подводными долинами. Такие участки особенно значительны к северу от Лисьих островов — крайней восточной группы островов Командорско-Алеутской гряды, и, по-видимому, их можно рассматривать как разновидность бордерлендов [32].

Глубоководная зона Берингова моря смещена на юго-запад и юг моря в сторону геосинклинальных областей. Подводный хребет Ширшова, протянувшись почти на 400 миль к югу от п-ва Олюторского, разделяет эту зону на большую Алеутскую и меньшую Камчатскую котловины. Второй подводный хребет — хребет Бауэрс, расположенный на север и далее на северо-запад от центра Алеутских островов, делит юг Алеутской котловины также на две части. Длина этого хребта около 300 миль.

Склоны обоих хребтов весьма круты. Степень их изрезанности еще не изучена. Дно глубоководных котловин, насколько можно судить по имеющимся данным, представляет собой обширные аккумулятивные равнины с выровненным и очень пологим рельефом.

Данные по геологии и геоморфологии свидетельствуют о том, что различные области Берингова моря имеют неодинаковый геологический возраст и происхождение. Наиболее молода шельфовая зона, в основном сформировавшаяся в результате эвстатических колебаний уровня Мирового океана в четвертичное время. Некоторые районы Берингова моря (ряд участков шельфа Корякского побережья, центральных и восточных групп Алеутских островов, Анадырского залива, фиордов Чукотки и другие) были заняты ледниками. Четвертичный период характеризовался также большим развитием и интенсивностью вулканических явлений.

Глубоководная часть моря образовалась значительно раньше и, по всей вероятности, является наиболее древней в Беринговом море. Данных о времени образования материкового и островного склона нет. Можно предполагать, что он возник одновременно с материковым склоном прилегающих частей Тихого океана.

Гидрологический режим Берингова моря сложен. Постоянные течения направлены против часовой стрелки и следуют в основном параллельно берегам (рис. 4). Ряд местных круговоротов имеется на восточно-беринговоморском шельфе и в заливах [12].

Большие скорости течений характерны для проливов Алеутских островов, где развиты сильные приливные течения, и на некоторых участках в восточных и северных областях моря. Волнение особенно значительно на юге и юго-западе. Здесь образуются волны, близкие по своим параметрам к океанским [24]. На востоке и севере Берингова моря малые глубины и ледовый покров ограничивают развитие волн большого размера и продолжительность их воздействия на дно.

В зоне материкового и островного склона большое значение имеют процессы вертикальной циркуляции, на некоторых участках — подъем глубинных вод. Подвижность придонных вод Берингова моря заметно меняется не только в пределах шельфа, но и на больших глубинах, хо-

тя и в меньшей степени. Особенно велика подвижность вод в прибрежной и внешней частях шельфа, на материковом склоне в районе о-вов Прибылова, западного и северо-западного побережья моря, на островных склонах Командорско-Алеутской островной гряды. Существенное значение имеют волны цунами.

Теплые тихоокеанские воды входят в Берингово море в основном через западные глубоководные проливы Командорско-Алеутских остро-

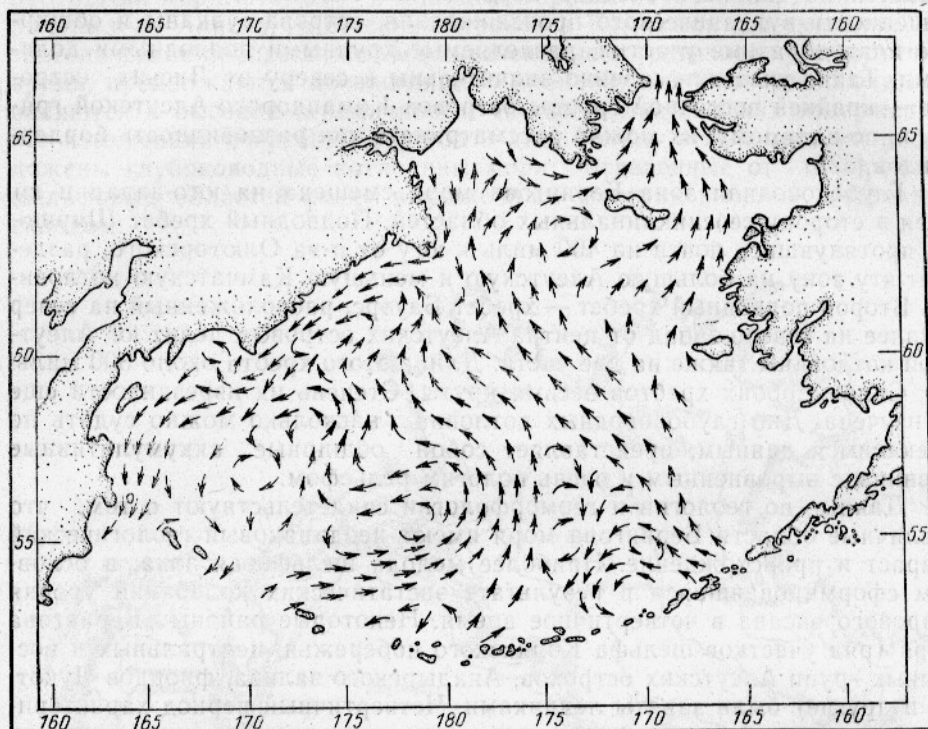


Рис. 4. Схема поверхностных течений Берингова моря (по А. Д. Добровольскому и В. С. Арсеньеву).

вов и перемещаются на север, огибая восточно-берингоморский шельф. В пределах моря они испытывают значительную трансформацию. Более холодные воды следуют вдоль западных берегов моря с севера на юг. Легкие поверхностные температуры достигают $7-11^{\circ}\text{C}$, зимние 0°C и ниже на севере и $2-4^{\circ}\text{C}$ на юге. Около половины акватории зимой покрыто сплошными и плавучими льдами. Придонные температуры, как правило, положительны. Только на шельфе, где развиты так называемые «холодные пятна», у дна иногда в течение всего года встречаются воды с отрицательной температурой. Одно из таких наиболее обширных пятен обнаружено в 1958—1959 гг. в центре восточно-берингоморского шельфа.

Соленость вод Берингова моря увеличивается с севера и северо-востока на юг и юго-запад от $31-32$ до $33-34,5\text{‰}$. Кроме того, она возрастает с глубиной. Наиболее опресненные воды находятся в пределах эпиконтинентальной части шельфовой зоны. По термогалинным характеристикам воды Берингова моря имеют субарктическую структуру; намечаются четыре основные водные массы: поверхностная, воды холодного промежуточного слоя, теплого промежуточного слоя и глубинные.

На шельфе могут встречаться первые две водные массы, в остальных зонах моря — все четыре.

С водными массами связано и распределение ряда гидрохимических элементов. Наиболее значительное количество кислорода (до 100—120% насыщения) наблюдается в поверхностной водной массе. С глубиной количество кислорода уменьшается и достигает минимума в слое 400—1500 м. В более глубоких слоях содержание кислорода вновь увеличивается. Для глубинной водной массы с температурой менее 2°С оно составляет 15—20% насыщения.

Большое значение имеет концентрация кремнекислоты. В Беринговом море она весьма велика. В поверхностных слоях она составляет 500—700 мг/м³, причем возрастает в менее трансформированных тихоокеанских водах. С глубиной содержание кремнекислоты резко повышается — до 6000—7000 мг/м³. Особенно велико ее содержание в водах приалеутской части Берингова моря и в зоне материкового склона. Важным источником кремнекислоты и некоторых других биогенных элементов являются тихоокеанские воды.

Существенно меняется прозрачность и цвет вод Берингова моря. Прозрачность и цвет воды, наиболее близкие к океаническим, наблюдаются в центральных областях Командорско-Алеутской островной гряды, прилегающей к ним части Алеутской глубоководной котловины и в районах подводного хребта Бауэрс. Здесь же, как показали наши исследования, отмечается минимум взвешенных веществ.

За пределами этих вод (своего рода океаническая зона Берингова моря) прозрачность уменьшается примерно вдвое, цвет изменяется от голубого до голубовато-зеленого, возрастает количество взвешенных веществ (содержание последних заметно варьирует и особенно велико в прибрежной части эпиконтинентального шельфа). Максимум содержания взвесей был установлен близ устья р. Юкона в полосе шириной около 25—30 миль. Обширные западную, северную и восточную части Берингова моря можно рассматривать как собственно морскую зону. Такое условное подразделение моря имеет значение для понимания некоторых особенностей распределения фациальных типов осадков.

В планктоне широко распространены диатомовые водоросли. Их видовой состав в разных районах изменяется. Выделяются океанические и неритические комплексы форм [13, 14, 15], скелетные остатки которых попадают в состав донных осадков. Планктонные фораминиферы не имеют такого значения. В сравнительно большом количестве они развиты, видимо, только в центре приалеутских вод. Общая биомасса планктона в Беринговом море достаточно велика [7].

Большим богатством отличается бентос Берингова моря. Исследования свидетельствуют о зависимости его состава и биомассы от глубины, особенностей донных осадков и температуры придонных вод [4, 16, 27]. Намечаются резкие различия бентосной фауны шельфовой зоны в эпиконтинентальных и геосинклинальных областях [27]. Последние характеризуются широким распространением биоценозов обрастаний, значительными биомассами организмов с твердым скелетом. Наличие вод с высокими температурами в приалеутской части моря благоприятствует развитию донных организмов с карбонатным скелетом. В остальных областях, как правило, эти организмы представлены значительно меньше.

Бентосная фауна зоны материкового и островного склона более однообразна. На склоне и на подводных хребтах широко распространены стеклянные губки.

Температурный режим Берингова моря (низкие придонные темпе-

ратуры) малоблагоприятен для накопления в составе осадков раковин карбонатных организмов. Наоборот, разнообразие кремнеосодержащие организмы в условиях Берингова моря встречаются в очень больших количествах и имеют огромное осадкообразующее значение.

Площадь бассейна рек Берингова моря меньше акватории моря. Соотношение между ними составляет приблизительно 0,75, т. е. близко к океаническому. Это свидетельствует о том, что поступление терригенных частиц с твердым стоком рек сравнительно невелико. Крупнейшая в бассейне р. Юкон, образующая дельту и поставляющая около 88 млн. т взвешенных частиц [30], впадает в северную часть моря. Доставляемый ею материал, видимо, распределяется на ограниченных районах акватории, главным образом мелководных. Другие две большие реки — Анадырь и Кукоквим — некоторое количество приносимых ими частиц оставляют в заливах, что тоже уменьшает массу осадочного материала, поступающего в открытое море.

При оценке роли процессов абразии приходится учитывать, что в северной половине моря льды затрудняют абразию берегов в течение многих месяцев года. Наряду с волновой абразией на северном побережье моря осадочный материал поставляется в результате термической абразии, солифлюкции и других процессов, присущих областям с широким развитием многолетней мерзлоты. Климатические особенности и преобладание горного рельефа в бассейне Берингова моря способствуют тому, что реки поставляют в море преимущественно продукты физического выветривания и тундрового почвообразования. Химическое выветривание происходит здесь в ограниченных масштабах.

Вторым важнейшим источником осадочного материала являются органические частицы, в первую очередь кремневые скелеты диатомовых водорослей и в значительно меньшей степени остатки губок. Роль органических частиц особенно велика в глубоководных областях моря.

Вулканогенные частицы в заметных количествах поступают в состав осадков только на юго-востоке вблизи Алеутских островов. В остальных районах они встречаются мало. Эти частицы приносятся не столько при подводных и надводных вулканических извержениях, сколько при размыве вулканических пород на Алеутских островах, Аляске и в других областях.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СОВРЕМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ

Многообразие природных условий обуславливает появление в осадочном покрове Берингова моря современных донных отложений различного состава и происхождения. В ряде мест встречаются обнажения коренного дна. В табл. 1 приведен гранулометрический состав и указаны некоторые компоненты химического состава современных донных отложений Берингова моря.

Наиболее распространены в Беринговом море терригенные и органические (кремневые) осадки. Значительно реже встречаются вулканогенные отложения.

Во многих районах моря донные отложения оказываются смешанными. В составе некоторых осадков в соизмеримых количествах находятся частицы терригенного, органического и вулканогенного происхождения. В районе хребта Бауэрс, например, получены пробы осадка, содержащего вместе с терригенными и вулканогенными частицами свыше 15% аутигенной SiO_2 (источником являются стеклянные губки) и до 30—35% CaCO_3 (источником являются фораминиферы). Терригенно-кремневые осадки весьма характерны для многих районов Берингова моря.

Таблица 1

Номер станции	Глубина в м	Содержание в % фракций в мм							Компоненты химического состава в %				
		>1,00	1,00—0,50	0,50—0,25	0,25—0,10	0,10—0,05	0,05—0,01	<0,01	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂ аморфная	CaCO ₃	Сорг
Северная часть моря													
128	104	1,44	1,20	4,43	30,29	50,90	3,71	8,03	—	—	—	—	—
131	115	19,36	12,59	19,92	30,45	12,41	0,94	4,43	4,09	—	0,83	0,23	0,33
127	153	—	—	—	1,45	43,66	26,42	28,47	—	—	—	—	—
157	400	3,32	9,96	26,55	30,29	20,74	3,51	5,83	—	—	—	—	—
158	3640	—	—	—	0,37	3,33	43,33	52,97	4,44	0,05	15,69	1,08	1,71
144	56	45,73	12,67	15,64	9,90	5,74	2,27	7,95	—	—	—	—	—
148	78	—	—	—	3,56	48,88	19,56	28,00	3,13	—	4,60	1,36	1,11
150	84	—	—	—	0,23	3,24	48,84	47,69	4,04	—	6,46	0,84	1,49
152	90	—	—	—	2,05	54,87	20,77	22,31	3,06	0,04	4,11	0,59	0,72
125	210	5,53	6,40	9,48	31,14	27,80	7,28	12,37	3,69	0,04	3,07	0,58	0,37
Центральная часть моря (вместе с подводным хребтом Ширшова)													
150	45	—	—	—	2,23	72,93	11,46	13,38	3,78	0,05	3,39	0,48	0,56
154	63	—	—	—	3,13	18,52	42,73	35,62	—	—	—	—	—
155	70	—	—	—	0,52	15,97	40,57	42,94	3,30	0,05	7,48	1,07	1,28
158	97	—	—	—	0,75	10,33	31,49	57,43	—	—	—	—	—
159	106	—	—	—	1,98	16,15	33,71	48,16	4,97	0,06	5,11	0,65	0,96
119	136	—	—	—	1,05	9,51	34,15	55,29	4,39	0,04	17,00	1,04	1,52
165	669	—	—	—	2,34	49,64	25,90	22,12	3,81	0,04	9,26	0,91	0,71
110	958	—	—	—	2,41	10,06	31,38	56,15	6,51	0,05	2,97	2,88	0,92
111	3610	—	—	—	Следы	1,36	19,05	79,59	3,63	0,07	34,48	0,40	1,14
112	3680	—	—	—	Следы	2,89	17,34	79,77	3,73	0,06	36,47	0,43	1,19
113	3720	—	—	—	0,53	2,66	13,83	82,98	3,50	0,04	31,04	0,48	1,09
114	3660	—	—	—	3,13	2,50	13,20	81,25	3,73	0,04	31,92	0,51	1,26
116	3250	—	—	—	—	1,16	12,14	86,70	3,83	0,04	30,50	0,73	1,81
117	1484	—	—	—	21,38	40,69	16,09	21,84	4,74	0,04	5,66	0,55	0,78
118	1654	—	—	—	0,35	3,13	26,83	69,69	4,60	0,04	19,23	2,13	2,51
239	79	—	—	—	3,11	61,51	20,19	15,19	4,92	0,04	4,22	0,70	0,53
240	100	—	—	—	4,86	39,26	36,25	19,53	—	—	—	—	—
241	87	—	—	—	5,56	56,00	23,67	14,77	3,85	0,05	5,00	0,61	0,47
242	112	—	—	—	5,02	64,27	17,74	12,97	—	—	—	—	—
243	127	0,55	1,73	5,75	25,98	59,60	1,57	4,82	—	—	—	—	—
245	234	1,59	1,83	6,92	34,82	49,20	0,72	4,92	4,19	0,03	2,33	0,11	0,19
244	3100	—	—	—	1,24	2,07	13,69	83,00	3,12	—	13,08	0,23	1,26
245	3740	—	—	—	Следы	0,77	7,69	91,54	—	—	—	—	—
247	3820	—	—	—	0,34	0,69	14,43	84,54	4,13	0,56	35,47	0,30	0,61
254	1020	—	—	—	0,73	6,79	50,48	42,00	4,37	0,04	10,08	1,02	1,76
255	750	—	—	—	2,47	6,71	31,45	59,37	4,24	0,03	15,69	1,14	2,42
256	2090	—	—	—	0,77	2,30	13,79	83,14	—	—	—	—	—
Южная часть моря (вместе с подводным хребтом Бауэре)													
3	3650	—	—	—	0,52	0,52	18,04	80,92	—	—	—	—	—
5	3832	—	—	—	Следы	2,26	11,86	85,88	5,03	0,09	22,24	0,25	1,19
7	4030	—	—	—	0,50	0,50	9,50	89,50	4,95	1,53	21,24	0,68	1,03
9	3750	—	—	—	Следы	0,66	14,43	84,91	4,52	1,53	29,23	1,34	0,64
11	3750	—	—	—	Следы	1,00	14,50	84,50	4,48	1,59	30,44	0,55	0,60
13	3880	—	—	—	Следы	0,94	15,49	83,57	3,48	1,56	33,93	0,55	0,49
20	1880	—	—	—	15,81	45,99	13,35	24,85	4,15	0,04	5,21	21,64	0,66
23	2670	—	—	—	0,75	7,52	23,31	68,42	6,80	0,09	9,38	1,14	0,98
24	810	—	—	—	1,25	6,25	37,50	55,00	4,76	0,07	15,08	18,10	1,14
25	551	—	—	—	5,39	43,26	20,54	30,81	—	—	—	—	—
250	350	—	—	2,49	12,39	50,36	14,08	20,68	3,19	0,03	17,61	35,16	0,37
251	137	—	—	—	—	—	—	—	2,52	0,06	19,30	—	0,21
19	3575	—	—	—	Следы	4,08	21,77	74,15	3,97	0,58	37,10	0,23	0,90
22	3750	—	—	—	5,17	10,34	26,72	57,77	5,01	0,58	29,16	0,25	0,47

Номер станции	Глубина в м	Содержание в % фракций в мм							Компоненты химического состава в %				
		> 1,00	1,00—0,50	0,50—0,25	0,25—0,10	0,10—0,05	0,05—0,01	< 0,01	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂ аутигенная	CaCO ₃	C _{орг}
34	1900	—	—	—	20,23	27,95	34,09	17,73	7,25	0,10	17,09	0,48	0,65
35	2440	—	—	—	6,98	13,95	30,23	48,84	5,60	0,08	24,63	0,45	1,08
37	2026	—	—	—	5,38	12,90	21,51	60,21	5,82	0,09	26,52	0,36	1,33
183	1264	—	3,05	10,85	12,20	28,47	16,95	28,48	4,18	0,04	9,87	—	1,00
39	980	—	—	—	14,81	22,39	25,75	37,05	8,09	0,12	9,93	0,39	1,09
40	790	—	—	—	21,28	26,82	20,99	30,91	—	—	—	—	—
41	540	—	—	—	2,54	11,44	43,64	42,38	7,10	0,09	15,70	0,84	1,28
42	160	—	—	—	1,68	50,51	29,29	18,52	—	—	—	—	—
43	125	—	—	—	0,96	66,13	18,53	14,38	—	—	—	—	—
44	110	—	—	—	1,27	39,07	45,01	14,65	7,18	0,12	5,52	0,23	0,65
46	95	—	—	—	14,21	63,39	13,84	8,56	—	—	—	—	—
47	80	—	—	—	10,16	48,53	20,00	21,33	4,39	0,07	3,85	1,05	0,45
49	65	—	—	—	10,39	83,77	2,84	3,00	—	—	—	—	—
50	50	0,33	0,33	1,31	28,27	64,19	0,55	5,02	—	—	—	—	—
46	32	2,11	1,26	12,66	74,68	8,44	0,42	0,43	3,24	0,06	0,48	0,48	0,21

Примечание. В таблице и далее в тексте жирным шрифтом выделены станции, сделанные во время рейса «Жемчуга» в 1958 г. Светлым шрифтом указаны станции «Первенца» в 1959 г.

Обычно к органогенным, кремневым или карбонатным, отложениям относятся осадки с количеством аутигенной SiO₂ или CaCO₃ не менее 10%. Они называются соответственно слабокремневыми или слабокарбонатными. В кремневых и карбонатных осадках содержится более 30% аутигенной SiO₂ и CaCO₃ [31]. Эти же градации можно распространить на вулканогенные осадки.

Донные отложения шельфовой зоны представлены главным образом терригенными осадками (см. табл. 1). В пределах эпиконтинентального шельфа терригенные осадки встречаются повсеместно. В геосинклинальных шельфовых областях вместе с ними изредка наблюдаются органо-генные (слабокарбонатные) и вулканогенные отложения, свойственные отдельным участкам шельфа Алеутских островов. Более часты также разнообразные смешанные отложения.

Зона материкового склона выделяется преобладанием терригенных осадков в своей верхней части (до глубины 500—1000 м) и терригенно-кремневых (кремнегубковых и диатомовых) в остальных частях. Осадки островных склонов разнообразнее. Терригенные отложения наблюдаются как на малых, так и на более значительных глубинах. Широко распространены вулканогенные отложения, особенно на склоне восточной части Андреяновских и Лисьих островов. Из органогенных осадков наиболее развиты фораминиферовые, кремнегубковые и диатомовые.

Донные отложения подводного хребта Ширшова — терригенные и органогенные (кремнегубковые на малых глубинах и диатомовые на больших), хребта Бауэрс — терригенные, органогенные (кремнегубковые, диатомовые, фораминиферовые) и вулканогенные. Встречаются смешанные осадки.

Глубоководная зона Берингова моря занята органогенными диатомовыми осадками. Эти отложения распространены здесь в значительно

большей степени, чем, например, в прилегающих районах залива Аляска и некоторых северных областей Тихого океана, и являются одной из существенных особенностей осадочного покрова Берингова моря. Вместе с аналогичными зонами в Охотском и Японском морях глубоководные котловины Берингова моря входят в состав областей пояса диатомовых осадков на северной периферии Тихого океана.

Основные типы донных отложений Берингова моря имеют разный гранулометрический состав¹. Наблюдается известная связь между вещественным составом осадков и их гранулометрией. Она выражается в том, что в терригенных отложениях Берингова моря встречается весь гранулометрический спектр осадков — от валунов до глинистого ила. В органогенных отложениях наиболее грубых осадков нет. Если карбонатные ракушечные осадки шельфовых областей Берингова моря по своему гранулометрическому составу иногда соответствуют размерности гравия и гальки, то фораминиферовые отложения островных склонов и подводных хребтов, как и кремнегубковые осадки, обычно представлены илистым песком или песчанистым илом, а диатомовые — илом и глинистым илом. Для вулканогенных отложений наиболее характерны илистый песок и песчанистый ил. На рис. 5 схематически изображена зави-

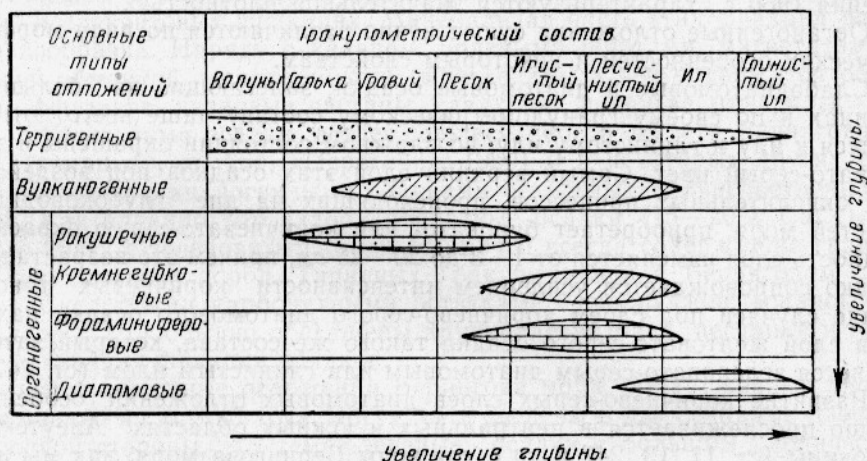


Рис. 5. Зависимость между вещественным и гранулометрическим составом основных типов современных отложений Берингова моря.

симость между вещественным составом и гранулометрией беринговоморских осадков, наглядно иллюстрирующая большие различия в гранулометрических спектрах основных типов донных отложений Берингова моря.

Терригенные отложения (исключая крупнообломочные осадки) обычно окрашены в зеленовато-серый, иногда зеленый цвет. В поверхностном слое наиболее тонких из них имеется буровато-коричневая окисленная пленка мощностью от нескольких миллиметров до 1—1,5 см.

¹ При характеристике донных осадков Берингова моря по гранулометрическому составу здесь и далее используются обычные классификационные градации морских отложений, применяемые на морских навигационных картах и при исследованиях в рыбопромысловых целях [17, 26]. В связи с тем, что мы анализировали не сухие, а влажные пробы донных осадков, для выделения гранулометрических типов приняты несколько повышенные процентные содержания глинистых частиц ($< 0,01$ мм): песок $< 5\%$, илистый песок 5—15%, песчанистый ил 15—40%, ил 40—70%, глинистый ил более 70%. Валунные и галечно-гравийные осадки и разнообразные подтипы песков классифицируются по преобладающей фракции.

Больше всего эта пленка заметна в илистых отложениях на севере беринговоморского шельфа. Вблизи устья р. Юкон и в некоторых прибрежных участках осадки иногда окрашены в серые тона. Практически большинство терригенных осадков бескарбонатные (см. табл. 1).

Песчано-алевритовые фракции осадков представлены сравнительно большим количеством минералов, среди которых наиболее характерны кварц, полевые шпаты, рудные минералы, роговая обманка, моноклинные пироксены, эпидот, выветрелые и измененные зерна. Глинистые фракции состоят главным образом из гидрослюд и в небольшом количестве из каолинита, тонкодисперсных кварца и полевых шпатов.

Влажность терригенных осадков и их объемный вес зависят в первую очередь от гранулометрического состава и колеблются в очень широких пределах. Так, по последним данным, влажность терригенного песка 10—40%, объемный вес (влажного осадка) 1,65—1,85, терригенного глинистого ила — соответственно 60—75% и 1,20—1,35.

Терригенные осадки зоны материкового склона отличаются своей более зеленой окраской и некоторым повышением количества кремневых остатков организмов. Эти же осадки в районах островных склонов на западе Командорско-Алеутской островной гряды, как показали наблюдения 1960 г., характеризуются значительной плотностью.

Органогенные отложения существенно различаются по ряду морфологических особенностей и некоторым свойствам.

Слабодиадомовые и диатомовые осадки, залегающие на больших глубинах и по своему гранулометрическому составу чаще всего относящиеся к илу и глинистому илу, во влажном состоянии окрашены в зеленовато-серый цвет. Самый верхний слой этих осадков под воздействием окислительных процессов, происходящих на дне глубоководных областей моря, приобретает буровато- или коричневатую окраску. Мощность слоя изменяется от 1—3 до 20—25 см, причем это возрастание нередко сопровождается усилением интенсивности коричневых тонов. В ряде случаев под слоем коричнево-серого диатомового осадка находится слой желтовато-серого осадка такого же состава, который затем сменяется зеленовато-серым диатомовым или глинистым илом (ст. 247).

Развитие коричнево-серых слоев диатомовых отложений особенно хорошо прослеживается в центральных и южных областях Алеутской котловины (ст. 11, 13, 247 и др.), где воды Берингова моря, как мы видели, наиболее близки к океаническим. Вместе с тем и морфологически, и по химическому составу (см. табл. 1) коричнево-серые диатомовые осадки еще не настолько сильно изменены и не так четко обособлены от близких к ним других диатомовых отложений, чтобы их можно было выделить в самостоятельный тип глубоководных коричневых осадков, как это, например, наблюдается в Японском море [8].

Консистенция диатомовых отложений обычно мягкая, а нередко и полужидкая. В сухом состоянии они становятся светло-серыми, мучнистыми или порошкообразными с характерной кремнеземистой присыпкой. Влажность диатомовых осадков весьма велика, как правило 70—80%, объемный вес 1,15—1,25.

В алевритовых фракциях наряду с различными минеральными зернами, среди которых очень много измененных, в большом количестве встречаются панцири разнообразных диатомовых водорослей. В диатомовых осадках зоны материкового склона весьма обычны иглы губок. В глинистых фракциях наряду с гидрослюдами (а также каолинитом, мелкодисперсным кварцем и полевыми шпатами) в заметном количестве содержатся сильно измельченные диатомовые остатки. Содержание аутигенной SiO_2 может достигать 35—37% и более.

Мощность кремнегубковых отложений, особенно характерных для поверхности и склонов подводных хребтов и верхней части материкового и островного склона, как правило, небольшая — около 15—20 см. Они окрашены в зеленовато-серый цвет, иногда с легким буроватым налетом. На малых глубинах это плотный осадок, образованный переплетенными скелетными остатками стеклянных губок вместе с частицами иного происхождения (ст. 25, 250, 251); на несколько больших глубинах (ст. 254, 255) плотность осадка меньше, его поверхностные горизонты не являются таким густым переплетением остатков губок, а имеют несколько иную консистенцию. Влажность кремнегубковых отложений 50—60%, аутигенной SiO_2 содержится 10—20%.

Мощность фораминиферовых отложений в Беринговом море также невелика — до 20—25 см. Окрашены они в ярко-зеленый цвет с резким желтоватым оттенком. Более мелководные разности этих осадков, в которых фораминиферы смешаны обычно с остатками кремневых губок, выделяются светлым цветом. Влажность осадков 40—50%. Содержание CaCO_3 может достигать 35% (ст. 250) и более, однако чаще встречаются слабокарбонатные осадки (10—30% CaCO_3) (ст. 20, 24 и др.).

В кремнегубковых и фораминиферовых осадках основная масса кремневых и карбонатных скелетных остатков сосредоточена в песчаных и алевритовых фракциях. Минеральная часть этих фракций весьма разнообразна. Наряду с кварцем, полевыми шпатами, магнетитом, роговой обманкой, моноклинными пироксенами в ней содержатся обломки эффузивов, пепловые частицы, глауконит и другие минералы.

Ракушечные осадки, встречающиеся иногда на юге Берингова моря (например, ст. 266, «Первенец», 1960) и в некоторых других районах, сходны с аналогичными осадками остальных дальневосточных морей. Как правило, это слабокарбонатные осадки (15—20% CaCO_3) серого цвета с зеленоватым оттенком, почти всегда содержащие гравий и гальку местных пород. Типичных ракушечников в Беринговом море нет. Скелетными карбонатными остатками (моллюсков, мшанок, кораллов и др.) обычно обогащены крупноалевритовая, песчаная и галечно-гравийная фракции осадков.

Вулканогенные отложения Берингова моря, обнаруженные преимущественно на юго-востоке, могут быть сведены в две основные разности. С одной стороны, это темно-зеленые осадки с большим количеством песчаных и крупноалевритовых вулканогенных частиц, с другой, осадки, обогащенные тонким пирокластическим материалом. Первые из них распространены среди современных отложений более широко и обычно имеют гранулометрический состав, близкий к песчанистому илу и илу (ст. 34, 35, 183, 39 и др.). Они весьма характерны для участков с выположенным дном типа бордерлендов, где нередко достигают значительной мощности. Отложения второй группы в поверхностных слоях осадков развиты значительно меньше. В песчаных и алевритовых фракциях содержатся обломки эффузивов, вулканическое стекло разного состава и цвета, магнетит, пироксены, плагиоклазы и другие минералы. Влажность осадков 40—70%. Вулканогенные осадки обычно выделяют-ся повышенной концентрацией железа — 6—9% Fe_2O_3 .

В Беринговом море часто наблюдаются обнажения коренного дна. Наряду с грубообломочными осадками они вызывают задевы при траловых работах, поэтому учет всех выходов коренных пород вместе с выявлением закономерностей их появления имеет большое промысловое значение.

Плотные породы и скалистое дно сосредоточены в основном в пределах шельфа, материкового и островного склонов; они встречаются так-

же на подводных хребтах. Скалистое дно весьма обычно во многих районах геосинклинального шельфа, где оно чередуется с участками дна, покрытого слоем осадка. Правда, как показали наши наблюдения, в районах, прилегающих к Командорским островам и ряду Алеутских, мощность такого слоя может быть крайне незначительной. Коренное дно обнажается также в проливах Алеутских островов, на разнообразных рифах, отмелях и банках; в большинстве случаев на нем можно встретить органические обрастания или тонкий покров ракушечного детрита, состоящего из обломков раковин моллюсков, иглокожих и других организмов в смеси с гравийными зернами и галькой, иногда коралловые постройки, обильную донную фауну.

На шельфе западных областей Берингова моря спорадически расположенные участки коренного дна сосредоточены в основном в прибрежной части. То же самое наблюдается в эпиконтинентальных шельфовых областях вблизи гористых побережий, но подобных участков здесь значительно меньше. Вне прибрежной части эпиконтинентального шельфа выходы коренного дна известны в районе о-вов Прибылова.

На материковом склоне Берингова моря плотные коренные породы обнаружены на различных глубинах. Особенно выделяется часть склона к западу и югу от о-вов Прибылова, где число обнажений весьма значительно. По-видимому, такие породы образуют склоны многочисленных здесь подводных каньонов, уступы и повышения дна. На крутых островных склонах многих Алеутских островов скалистое дно наблюдается также довольно часто.

В районе подводного хребта Бауэрс выходы плотных пород обнаружены на западном и на восточном склонах, а также на банках Бауэрс и Буревестник (Патрокл). На дне глубоководных котловин Берингова моря выходы коренных пород пока неизвестны.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ

Для характеристики гранулометрического состава донных отложений Берингова моря было выполнено большое количество ситовых и водно-механических анализов. Результаты этих анализов отражены на гистограммах (рис. 6) и схемах распределения гранулометрических фракций в осадках Берингова моря (рис. 7); некоторые из анализов приведены в табл. 1.

Грубообломочный и крупнообломочный материал (валуны, галька, гравий) встречается на различных глубинах Берингова моря, в том числе и на самых больших. Однако как преобладающая часть донных отложений или как одна из их основных фракций галька, гравий и особенно валуны распространены значительно меньше. Практически валунные осадки наблюдаются, как правило, только вблизи берегов в зоне интенсивного волнового воздействия; иногда они чередуются с участками коренного дна. За пределы подводного берегового склона валуны иногда выносятся плавучими льдами и попадают на дно при их таянии. Мелкие валуны могут также переноситься на сравнительно большое расстояние морскими водорослями, которые прикрепляются к ним ризоидами. Кроме того, есть основания предполагать, что в некоторых районах Анадырского залива вблизи Корякского побережья и в других районах валуны вместе с галькой и гравием накапливаются в поверхностных слоях осадков в результате перемыва волнами и течениями толщ ледникового происхождения, оказавшихся на морском дне.

Галька и гравий распространены более широко. Осадки, состоящие преимущественно из гальки и гравия, спорадически залегают вдоль гористых побережий в самых прибрежных частях эпиконтинентального шельфа (главным образом на западе и севере Берингова моря и у островов открытого моря). В геосинклинальных шельфовых областях они могут встречаться на всех глубинах шельфовой зоны. На крутых участках островных склонов Командорско-Алеутской гряды галечно-гравийные осадки с небольшой примесью песчаного материала были обнаружены до глубины 800 м и более. По данным А. П. Лисицына [23], эти осадки не только окаймляют пятна валунных отложений на шельфе за-

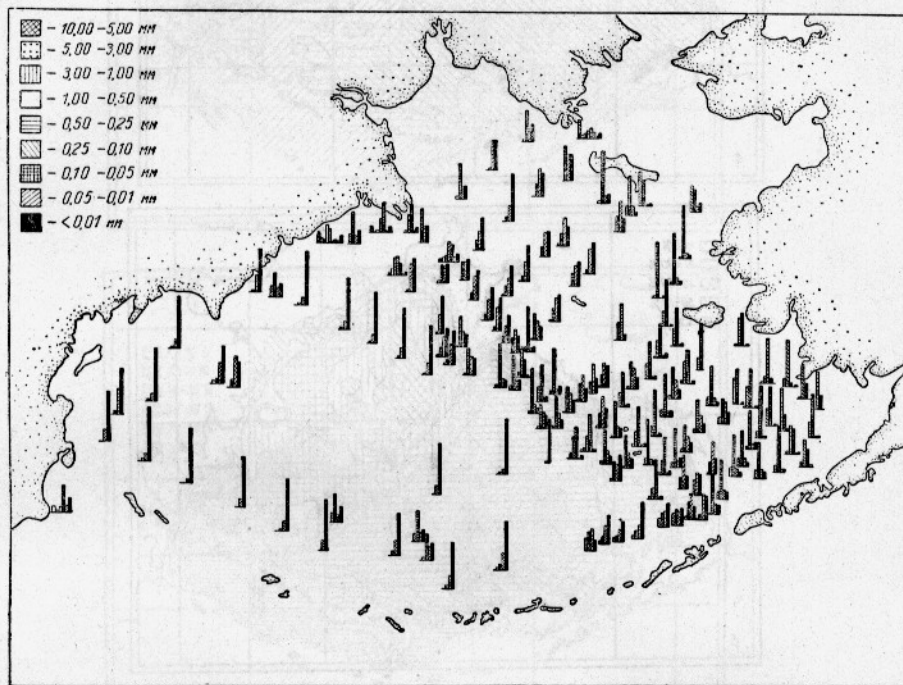


Рис. 6. Гистограммы современных отложений Берингова моря.

падных областей Берингова моря, но и развиты иногда на материковом склоне северной Камчатки и Олюторского залива (глубина 200—250 м). В районе Командорских островов во время рейсов «Витязя» проба гравийного осадка с песком и галькой была извлечена с глубины 1760 м.

Рассеянный галечно-гравийный материал распространен в донных отложениях различного гранулометрического состава. Намечается ряд закономерностей его распределения по акватории Берингова моря, которые свидетельствуют о том, что ледовый разнос грубо- и крупнообломочных частиц имеет в целом для моря сравнительно ограниченное значение. В большинстве проб шельфовых осадков, полученных в пределах Командорско-Алеутской островной гряды и западного побережья моря, почти всегда содержится заметное количество гальки и гравия.

В отложениях эпиконтинентального шельфа галька и гравий встречаются реже (см. табл. 1). Обычно они наблюдаются в осадках прибрежной и изредка внешней частей эпиконтинентальных шельфовых областей. Все осадки центральной части шельфа, за исключением донных отложений районов о-вов Прибылова и о-ва Св. Матвея, как прави-

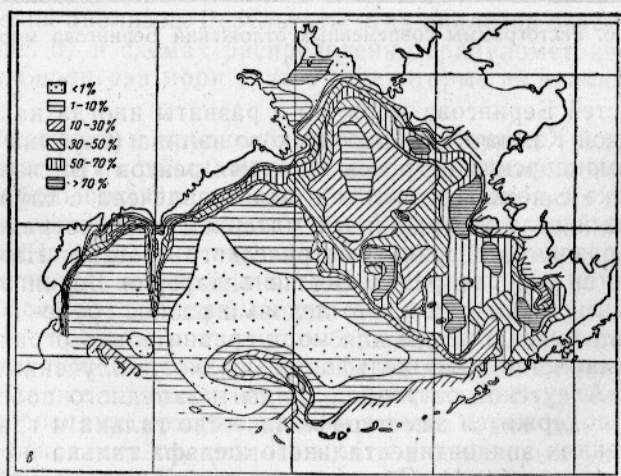
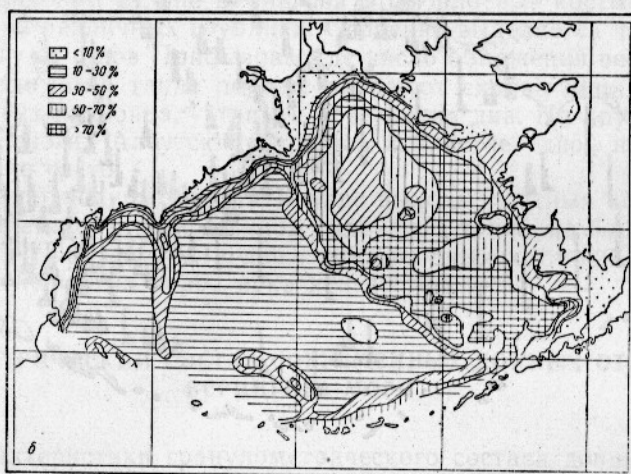
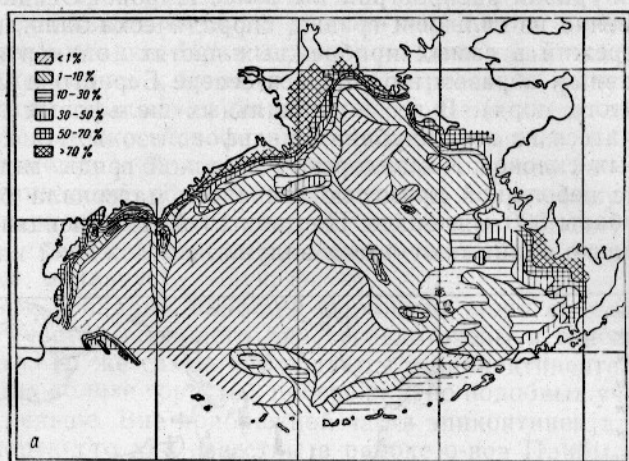
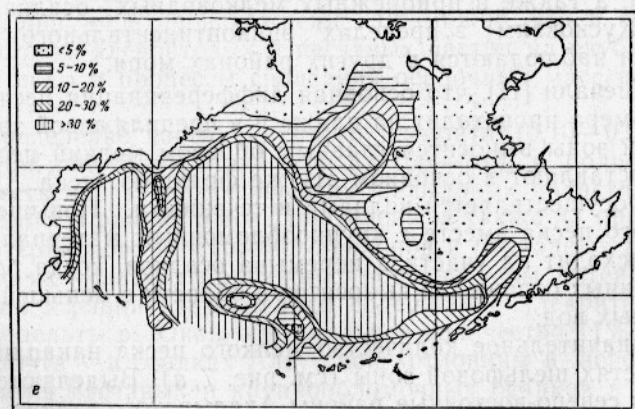
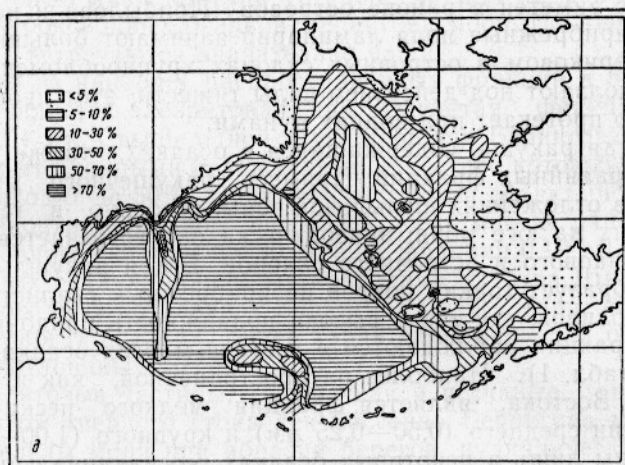
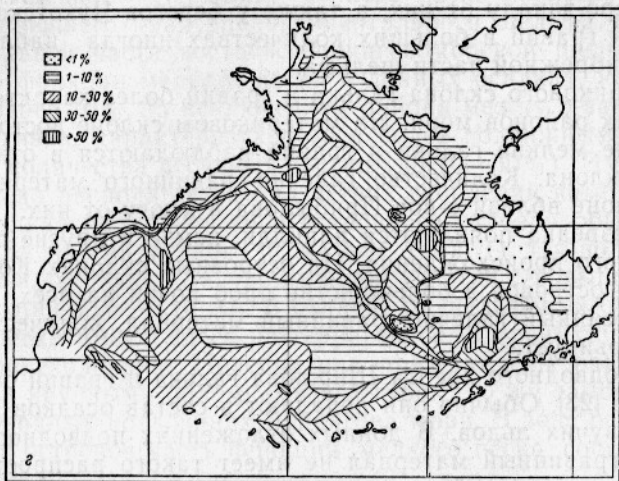


Рис. 7. Схемы распределения гранулометрических фрак
 а — мелкий песок (0,25–0,10 мм); б — алеврит (0,10–0,05 мм);
 в — глинистая фракция (менее 0,01 мм); г — коллоид



ций в современных отложениях Берингова моря (в %):
 в—крупный алеврит (0,10—0,05 мм); г—мелкий алеврит (0,05—
 ная фракция (менее 0,001 мм).

ло, лишены примеси галечно-гравийных частиц. Несколько выделяется обширный район Анадырского залива, где вблизи берегов Корякского нагорья и к северо-западу от них, а также у берегов Чукотского полуострова галька и гравий в больших количествах иногда наблюдаются за пределами прибрежной части шельфа.

В зоне материкового склона галька и гравий более характерны для осадков западных районов моря. На материковом склоне восточных областей единичные мелкие гальки и гравий наблюдаются в отложениях верхней части склона. Количество галечно-гравийного материала повышается на склоне вблизи о-вов Прибылова и к югу от них. Здесь в составе гальки изредка появляются лапилли, пемза и другие образования вулканического происхождения. На островных склонах Командорских и Алеутских островов в большинстве проб почти на всех глубинах содержится рассеянный галечно-гравийный материал, количество которого заметно варьирует.

В осадках подводного хребта Ширшова галька и гравий обнаружены неоднократно [23]. Обычно они попадают в состав осадков в результате таяния плавучих льдов. В донных отложениях подводного хребта Бауэрс галечно-гравийный материал не имеет такого распространения.

Перенос галечно-гравийного материала морскими водорослями особенно хорошо заметен в районе островов Прибылова и некоторых Алеутских, где прибрежные поля ламинарий занимают большие участки дна. На материковом и островных склонах крупнообломочные частицы, видимо, сползают под действием силы тяжести; этот процесс наиболее интенсивно протекает при волнах цунами.

Целая и битая ракушка, содержащаяся в осадках, также входит в состав галечно-гравийных фракций. Примесь ракушечного материала иногда заметна в отложениях шельфовой зоны, особенно в геосинклинальных областях на юге моря; эпизодически она встречается в верхней части материкового и островного склонов. Битая ракушка вместе с гравием часто образует тонкий покров на прибрежных скалистых грунтах и на дне проливов, где очень высока подвижность придонных вод.

Песчаные фракции наблюдаются в составе многих осадков Берингова моря (см. табл. 1). Наиболее распространенной, как и в других морях Дальнего Востока, является фракция мелкого песка (0,25—0,10 мм). Фракции среднего (0,50—0,25 мм) и крупного (1,00—0,50 мм) песка обнаружены лишь в некоторых осадках геосинклинальных шельфовых областей, а также в прибрежных мелководных осадках и близ устьев рек (р. Кукоквим) в пределах эпиконтинентального шельфа. Очень редко они наблюдаются в других районах моря.

Мы уже отмечали [11], что основная дифференциация песчаных зерен разного размера происходит на пляже и в предпляжевой зоне моря; за пределы этой зоны выносятся главным образом мелкий песок. Реки тоже обычно поставляют в основном эту же фракцию песка. Дальнейший ее перенос осуществляется волнами и течениями. Повышенное накопление мелкого песка вместе с крупнообломочным материалом и без него часто происходит на участках перебива осадков, когда более тонкие фракции донных отложений выносятся в области с меньшей подвижностью придонных вод.

Наиболее значительное количество мелкого песка накапливается в прибрежных частях шельфовой зоны (см. рис. 7, а). Выделяются западные, северные и северо-восточные районы Анадырского залива, участки, прилегающие к о-ву Св. Лаврентия, бухте р. Кукоквим и вершине залива Бристоль, где мелкий песок во многих случаях является преобладающей фракцией (до 50—70% и более). Много аналогичных участков

наблюдается и в других шельфовых областях, особенно геосинклинальных. Повышенное содержание мелкого песка свойственно некоторым осадкам внешнего края эпиконтинентального шельфа (от 10 до 50%). В центральной части восточно-беринговоморской шельфовой зоны содержание фракции мелкого песка в донных осадках, как правило, составляет менее 10%, за исключением района между о-вами Прибылова и о-вом Нунивак, характеризующегося более подвижными водами и увеличением количества песчаных частиц (до 10—30%). Именно в пределах этого района располагается ряд летних скоплений камбал.

В осадках материкового и островного склонов обычно содержится от 1 до 10% частиц мелкого песка (см. табл. 1). На подводных хребтах Ширшова и, особенно, Бауэрс имеются участки с повышенным содержанием фракции 0,25—0,10 мм. В отличие от шельфовых областей частицы мелкого песка имеют здесь не терригенное, а преимущественно органогенное происхождение. Нередко они представлены раковинками фораминифер и крупными обломками игл губок. То же самое наблюдается и в глубоководных котловинах Берингова моря. В зоне островного склона Алеутских островов часть фракции мелкого песка состоит из вулканогенных частиц.

Несколько иная картина установлена для подповерхностных горизонтов глубоководных осадков Берингова моря, где терригенные песчаные зерна встречаются значительно чаще.

Одной из наиболее распространенных фракций в осадках Берингова моря является алевритовая, или пылеватая, фракция—частицы от 0,10 до 0,01 мм. Свыше одной трети площади Берингова моря (см. рис. 7, б) покрыто донными отложениями, в составе которых количество этих частиц доходит до 50%. Практически такими осадками занята основная часть эпиконтинентального шельфа и очень многие районы материкового и островного склонов. От 30 до 50% фракции 0,10—0,01 мм содержится в донных осадках обширных подводных хребтов Ширшова и Бауэрс. В глубоководных котловинах Берингова моря алевритовые частицы имеются во многих осадках. Более характерны они для отложений Камчатской котловины.

Алевритовые частицы, так же как и песчаные, являются важным компонентом твердого стока рек бассейна Берингова моря. Поступают они в пределы моря при абразии берегов, вулканических извержениях. Часть алевритовых фракций, особенно в глубоководных районах моря, имеет органогенное происхождение. Возможно, что в некоторых районах в доставке алевритовых и песчаных частиц на глубины участвуют плавучие льды и процессы сползания осадочных масс по крутым склонам.

Распределение частиц крупного алеврита (0,10—0,05 мм) весьма сложно (см. рис. 7, в). Максимум их (50—70% и более) наблюдается преимущественно в периферических шельфовых областях (прибрежных и внешних) и в районе о-вов Прибылова, а также на прилегающих глубинах материкового и островного склонов и подводных хребтах, т. е. на очень многих участках подвижных вод вне зоны интенсивного воздействия волн. Сравнительно велико содержание алеврита в отложениях шельфа у дельты р. Юкон, минимальное количество (1% и менее) крупного алеврита—в осадках Алеутской котловины и нередко на участках развития песчаных и крупнообломочных осадков в шельфовых областях.

Мелкоалевритовая фракция (0,05—0,01 мм) в количестве более 50% в осадках Берингова моря наблюдается очень редко (см. рис. 7, г). Такое высокое содержание ее отмечено лишь в ряде проб осадков цен-

тральной части эпиконтинентального шельфа и в некоторых пробах на подводном хребте Ширшова. 30—50% этой фракции содержится в донных отложениях районов наиболее спокойных вод в центре эпиконтинентального шельфа: к югу от Анадырского залива, между островами Св. Матвея, Нунивак и Прибылова, западнее и юго-западнее залива Бристоль. Такова же концентрация мелкоалевритовых частиц в нижней части материкового и островного склонов и на поверхности северных и центральных районов подводного хребта Ширшова. Относительно много мелкоалевритовых частиц в осадках Камчатской котловины и периферических областей Алеутской котловины (от 10 до 30%). Менее 10% фракции содержится в отложениях центра Алеутской котловины и почти во всех осадках прибрежной части шельфовой зоны.

Крупноалевритовые частицы в осадках Берингова моря имеют преимущественно терригенное и вулканогенное происхождение. Иногда в состав этой фракции, главным образом в зоне материкового и островного склонов, на подводных хребтах и в глубоководных котловинах, входят фораминиферы, обломки губок. Среди мелкоалевритовых частиц количество органогенных компонентов вне пределов шельфа резко возрастает. В их число входят створки многих диатомей, широко распространенных в нижней части материкового и островного склонов и в центре моря. Большое количество мелкоалевритовых частиц на разных глубинах в центре и на востоке Алеутских островов имеет вулканогенное происхождение.

Очень четкие закономерности выявляются в распределении глинистых частиц ($< 0,01$ мм) (см. табл. 1 и рис. 7, д).

Для осадков эпиконтинентального шельфа характерно увеличение количества фракций $< 0,01$ мм по мере перехода от прибрежных глубин к центральной части. Отчетливо вырисовываются три максимума накопления глинистых частиц. Наиболее значительный из них (40—60% и более) приходится на северную часть шельфа и связан с круговоротом вод и их малыми скоростями к югу от Анадырского залива. Здесь оседает значительная часть глинистой фракции, поступающей с твердым стоком рек и при абразии побережий и приносимой течениями из более южных районов шельфовой зоны, а также, возможно, из Анадырского залива. В создании такого круговорота немалую роль играет подводная ложбина, заходящая на шельф юго-восточнее м. Наварин, и ограничивающее положение о-вов Св. Лаврентия и Св. Матвея с их цокольными поднятиями (см. рис. 3).

Второй максимум (до 40%) приходится на участки, расположенные к северу от о-вов Прибылова, где также наблюдается понижение рельефа дна шельфа. Третий максимум характерен для подводной ложбины к западу и юго-западу от залива Бристоль. Заметное накопление глинистых частиц (5—10% и более) в шельфовых осадках начинается обычно с 50 м, что совпадает с глубиной волнового перемешивания. На участках с интенсивными приливными течениями эта глубина увеличивается до 80 м и более. В отложениях центральной части эпиконтинентального шельфа (вне ареалов максимального содержания) глинистые частицы составляют около 20%. К внешнему краю шельфа их количество вновь понижается до 10%.

Таким образом, глинистые отложения эпиконтинентального шельфа отделены от аналогичных по крупности отложений больших глубин. Только западнее залива Бристоль благодаря своеобразию рельефа дна прослеживается постепенный переход тонких шельфовых осадков в близкие по гранулометрическому составу осадки материкового склона.

В осадках зоны материкового и островного склонов и на подводных

хребтах содержание фракции менее 0,01 мм возрастает, как правило, с глубиной, изменяясь от 20 до 60%.

Обширные пространства глубоководных котловин Берингова моря заняты типичными глинистыми осадками, в которых резко преобладают частицы менее 0,01 мм. Глинистая фракция нередко составляет в них 80—90% и более (см. табл. 1). Осадки с очень большим содержанием глинистых частиц залегают в глубоководной зоне, начиная от подножья материкового и островного склонов и подводных хребтов. Только на востоке Алеутских островов они несколько отходят в сторону больших глубин в связи с повышенным поступлением вулканогенного материала алевроитовой размерности.

Весьма близко к распределению фракции менее 0,01 мм и распределение коллоидных частиц (фракция менее 0,001 мм, см. рис. 7, е). Донные отложения шельфовой зоны обеднены коллоидными частицами. В большинстве осадков их содержится менее 5%. Лишь в ареалах развития глинистых шельфовых осадков коллоидная фракция составляет 10—20%, а в центре ареалов даже 20—30%. В осадках материкового и островного склонов содержится около 20% коллоидных частиц. То же наблюдается в большинстве участков подводных хребтов и в глубоководной области вблизи Алеутских островов. В глубоководных котловинах количество коллоидных частиц достигает максимума — 30—35%.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что многие осадки Берингова моря характеризуются двухвершинным графиком гранулометрического состава. Как известно, эта особенность гранулометрии морских осадков вызывается двумя причинами: смешением материала различной крупности и происхождения или размывом слоя осадка и выносом части некоторых фракций. Для суждения о конкретных причинах, приводящих к появлению двухвершинных графиков, в каждом отдельном случае обычно детально просматривают фракции гранулометрического анализа исследуемых проб и сопоставляют результаты просмотра с физико-географическими данными.

Подобное исследование дало возможность установить, что в эпиконтинентальных шельфовых областях двухвершинные графики в очень многих пробах донных осадков свидетельствуют о процессах размыва или перемыва. Это особенно заметно на внешнем крае шельфа (ст. 127, 243 и др.) и вблизи проливов (ст. 144). В геосинклинальных шельфовых областях, по-видимому, наряду с размывом или перемывом осадков большое значение имеет смешение разного материала. В частности, алевроитовые фракции нередко оказываются обогащенными вулканогенными частицами, гравийные — мелкобитой ракушей.

На материковом и островных склонах также наблюдается как размыв осадков, так и смешение разных компонентов. Так, процессы смешения особенно характерны для осадков материкового и островного склона на юго-востоке Берингова моря (ст. 183, 40 и др.), где крупноалевритовая фракция обогащается вулканогенными частицами, и подводных хребтов. Например, песчаные и крупноалевритовые фракции осадков подводного хребта Бауэрс состоят в основном из игл губок, раковинок фораминифер, терригенных и вулканогенных частиц, мелкоалевритовая — из тех же частиц, но с заметной примесью скорлупок диатомовых водорослей и т. п. (ст. 20, 25, 250 и др.).

Можно предположить, что происходит размыв осадков и унос части скелетных остатков диатомовых водорослей из мелкоалевритовой фракции на материковом склоне Корякского побережья (ст. 117), на ряде станций в районе о-вов Прибылова (ст. 234) и к северу от него (ст. 125, 157).

Приведенные данные о распределении донных отложений по гранулометрическому составу позволяют наметить следующую общую схему, отражающую своеобразие хода механической осадочной дифференциации в Беринговом море.

В эпиконтинентальной части шельфа на севере и востоке моря у берегов чаще всего залегает мелкий (преобладают частицы 0,25—0,10 мм), реже пылеватый (преобладают частицы 0,10—0,05 мм) песок или крупный алеврит, обычно хорошо сортированный. Галька и гравий, изредка валуны, встречаются в виде подчиненных составных компонентов песчаных отложений преимущественно на северо-западе моря. Непосредственно у гористых побережий на участках интенсивной волновой деятельности и в некоторых проливах наблюдаются самостоятельные ареалы валунных и галечно-гравийных осадков, чередующихся с обнажениями скалистого дна.

Примерно с глубины 50 м, а в районах с повышенными скоростями течений с 80—100 м начинается заиление донных осадков и переход мелкозернистого и пылеватого песка в илистый песок и песчанистый ил. В центральных частях эпиконтинентального шельфа осадки типа песчанистого ила и ила являются преобладающими и нередко образуют обширные замкнутые ареалы.

Экспедиционные исследования показали также, что при переходе к внешней границе эпиконтинентальной части шельфовой зоны, отличающейся большей крутизной, дальнейшее увеличение глубины вызывает не уменьшение крупности донного осадка, а, наоборот, почти повсеместное ее увеличение. Здесь вновь можно встретить илистый песок, песок, иногда даже с примесью гравия и гальки. Это обстоятельство приходится всегда иметь в виду при траловых работах.

В других районах шельфовой зоны распределение донных отложений несколько иное. Островные шельфы — это участки преимущественного накопления грубых отложений малой мощности и частых обнажений плотных коренных пород на дне. Здесь резко преобладают галечно-гравийно-песчаные осадки и скалистые грунты. Более тонкие отложения встречаются редко и залегают обычно лишь в заливах и бухтах. В межостровных проливах дно обычно скалистое, встречаются валуны с многочисленными органическими обрастаниями (мшанки, гидроиды, губки, кораллы), в небольших понижениях дна — тонкий покров смешанного осадка из мелкой гальки, гравия, раковинного детрита.

Изменчивость рельефа и гидродинамических условий создает своего рода «пестроту» осадочного покрова, которая связана с более значительным участием в составе донных отложений органических компонентов и продуктов современного и древнего вулканизма. Последние особенно характерны для юго-восточных островных шельфов. В приматериковых районах шельфовой зоны на западе моря наблюдается примерно такая же картина, однако там более широко представлены отложения типа илистого песка и песчанистого ила, которые занимают относительно большие площади в заливах и бухтах на юго-западе моря. В прибрежных гористых районах довольно часто наблюдается коренное дно, иногда покрытое тонким покровом крупнообломочных или песчаных осадков.

Донные осадки зоны материкового склона также весьма неоднородны. Наиболее распространены отложения типа песчанистого ила, в которых с увеличением глубины уменьшается количество обломочных частиц и возрастает количество скелетных остатков диатомовых водорослей. До глубины 500 м, так же как и на внешней кромке шельфа, нередко залегает песок или илистый песок с гравием и галькой. На склонах

подводных долин и каньонов неоднократно были обнаружены коренные породы. Особенно многочисленны они к западу и югу от о-вов Прибылова. В пределах островных склонов встречаются также плотные обломочные современные осадки. К северу от Лисьих островов довольно широко распространен песчаный ил. На островных склонах прослеживается опускание на глубину до 800—1000 м и даже более илистого песка с гравием и галькой местных пород. У основания материкового и островного склонов появляются ил и глинистый ил.

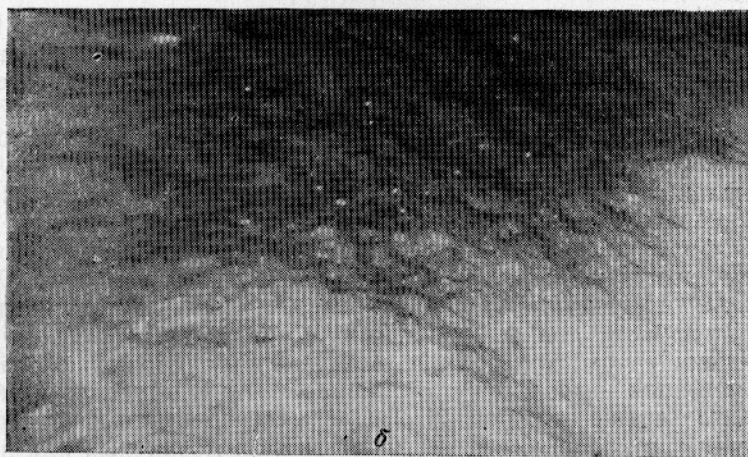
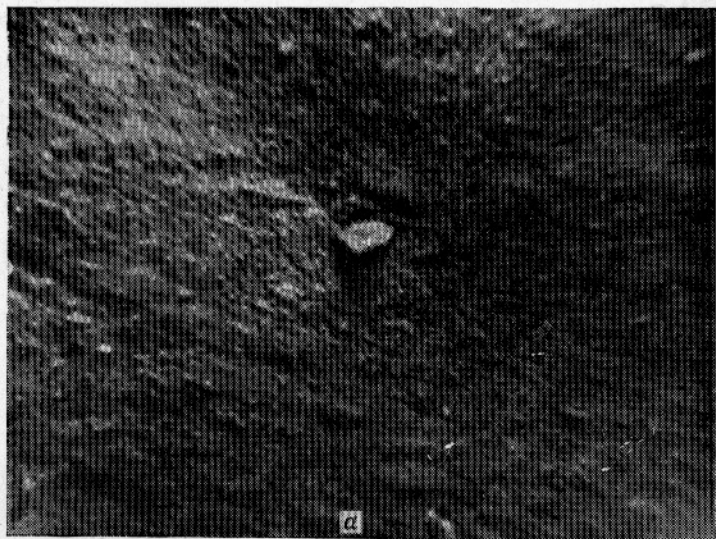


Рис. 8. Поверхность донного осадка Берингова моря («Первенец», 1960):

а — на ст. 219 (глубина 196 м); б — на ст. 74 (глубина 625 м). Фото В. С. Бортникова.

В районе подводного хребта Бауэрс гранулометрический состав донных отложений весьма разнообразен. Намечается переход от илистого песка на наиболее повышенных участках хребта к песчанистому илу и илу на его склонах. Для подводного хребта Ширшова установле-

ны почти все гранулометрические типы осадков. Наиболее развиты песчанистый ил и ил.

В глубоководных котловинах Берингова моря залегают ил и глинистый ил, который особенно распространен.

Материалы экспедиционных исследований и результаты их лабораторной обработки свидетельствуют, что в Беринговом море повсеместно прослеживается тесная связь между гранулометрическим составом и рельефом дна, гидродинамическим режимом, особенностями и количеством поступающего в море обломочного, органогенного и вулканогенного материала. Существенные различия придонных условий разных райо-

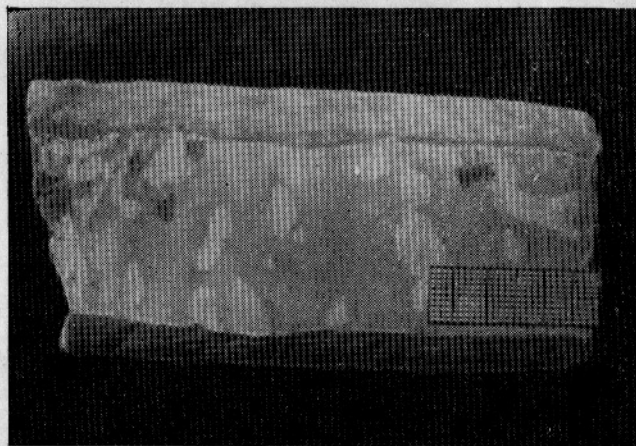


Рис. 9. Слой порфировидного осадка на ст. 347 («Первенец», 1959 г., глубина 3820 м).

нов моря определяют значительную неоднородность осадочного покрова. Приведенная схема лишь в самом общем виде отражает основные закономерности распределения осадков и, следовательно, дифференциации осадочного материала. Это обстоятельство приходится постоянно учитывать при подготовке рекомендаций для проведения траловых работ.

Выявлению неоднородности осадков даже в пределах очень небольших участков способствовало фотографирование морского дна. Результаты фотографирования показали, что в Беринговом море, как правило, нет совершенно ровного дна с монотонным поверхностным осадком (рис. 8). На дне имеются различные небольшие бугры, ямки, следы жизнедеятельности донных животных, а в некоторых случаях придонных движений воды, приводящие к локальному изменению осадков и неравномерности их состава и распределения. В наиболее глубоководных осадках также имеются явные следы переработки грунта донными организмами; в колонках весьма обычны слои мозаичных или порфировидных осадков (рис. 9), содержащих включения чуждого материала, занесенного донными животными.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Как известно, распределение основных химических компонентов морских осадков тесно связано с их гранулометрическим и вещественным составом. В пределах дальневосточных морей закономерности та-

кого распределения изучены для донных отложений Охотского [2], Японского [8, 18] и западных областей Берингова моря [23]. Новые материалы позволяют впервые рассмотреть некоторые особенности химического состава современных осадков Берингова моря в целом. При этом учитываются главным образом фактические данные, частично сведенные в табл. 1 и 2, ряд цифровых материалов из нашей работы, посвященной берингоморскому шельфу, и некоторые сведения, приводимые в литературе [5, 6, 20, 21, 23].

Таблица 2

Номер станции (рейсы «Первенца» в 1960 г.)	Глубина в м	Содержание в % фракции <0,01 мм	Содержание в % в донных отложениях приалеутских районов				
			Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂ аутигенная	CaCO ₃	С органический
44	130	—	9,73	0,18	1,90	0,43	0,14
266	247	6,01	5,63	0,09	3,50	18,60	0,38
12	276	3,21	7,18	0,10	9,41	5,49	0,41
42	630	—	10,81	0,16	2,68	—	0,11
13	848	7,88	6,76	0,12	4,43	2,75	0,30
15	1295	15,25	3,89	0,07	15,87	8,44	0,68
11	1700	54,20	6,54	0,14	7,39	0,11	0,35
40	2069	53,41	6,51	0,10	6,20	0,80	0,32
20	2563	76,49	5,87	0,10	9,35	0,57	0,32
7	2670	55,39	6,19	0,06	8,30	0,55	0,80

Железо

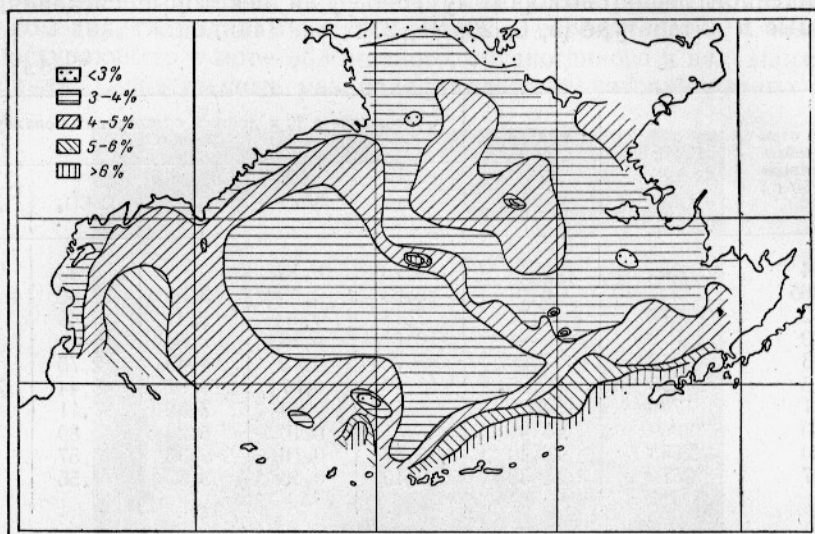
Железо¹ является одним из наиболее характерных элементов донных отложений Берингова моря. По данным 1958—1960 гг., содержание Fe₂O₃ в берингоморских осадках изменяется от 2,94 (ст. 196) до 10,81% (ст. 42, «Первенец», 1960). А. П. Лисицын [23] отмечает, что в мелких песках подводного хребта Ширшова концентрация железа в одной из проб составила 10,12%, или 14,47% Fe₂O₃. Минимальное количество Fe₂O₃ установлено в песчаных осадках близ Чукотского п-ва.

В донных отложениях эпиконтинентальных шельфовых областей чаще всего содержится 3—4% Fe₂O₃, а в районах развития терригенного ила и глинистого ила к югу от Анадырского залива увеличивается до 4—5%. На юго-востоке эпиконтинентального шельфа в осадках также содержится до 4—5% Fe₂O₃, однако в непосредственной близости от п-ва Аляска и Лисьих островов концентрация Fe₂O₃ благодаря примеси вулканогенных компонентов возрастает и может превышать 6—7% (рис. 10, а).

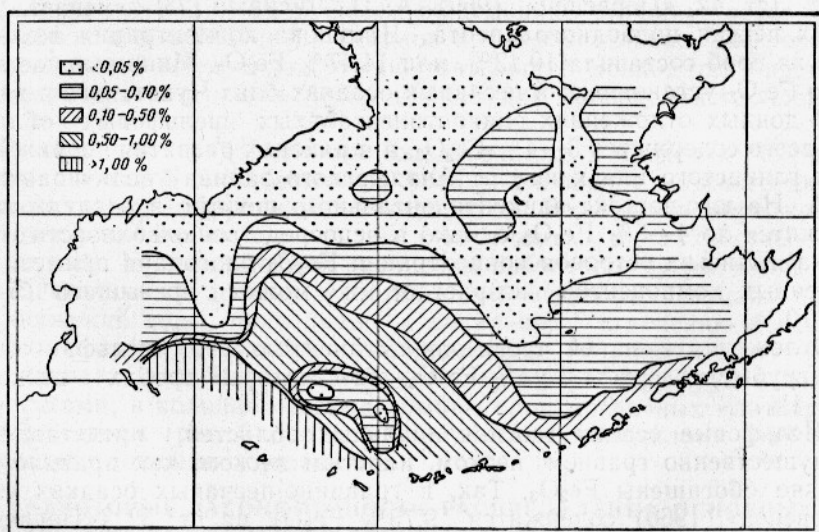
Отложения внешней части эпиконтинентального шельфа обычно более грубые, содержат 3—4% Fe₂O₃, а в некоторых пробах — несколько более 4%.

Шельфовые осадки геосинклинальных областей, представленные преимущественно гравием, песком, илистым песком, как правило, значительно обогащены Fe₂O₃. Так, в гравийно-песчаных осадках ст. 44 («Первенец», 1960) содержится 9,73% Fe₂O₃, на ст. 52 («Первенец», 1960) — 8,59%.

¹ При характеристике распределения железа и марганца в осадках Берингова моря использованы результаты аналитических определений в условном пересчете на Fe₂O₃ и MnO.

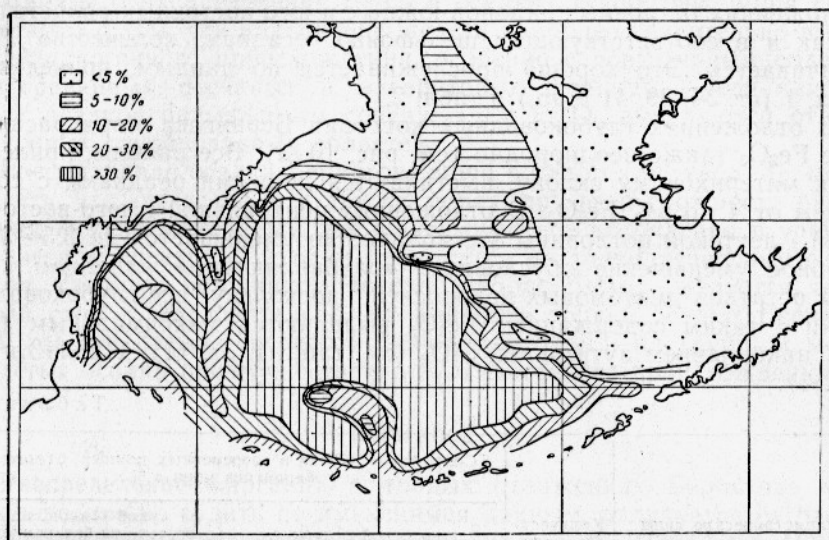


а

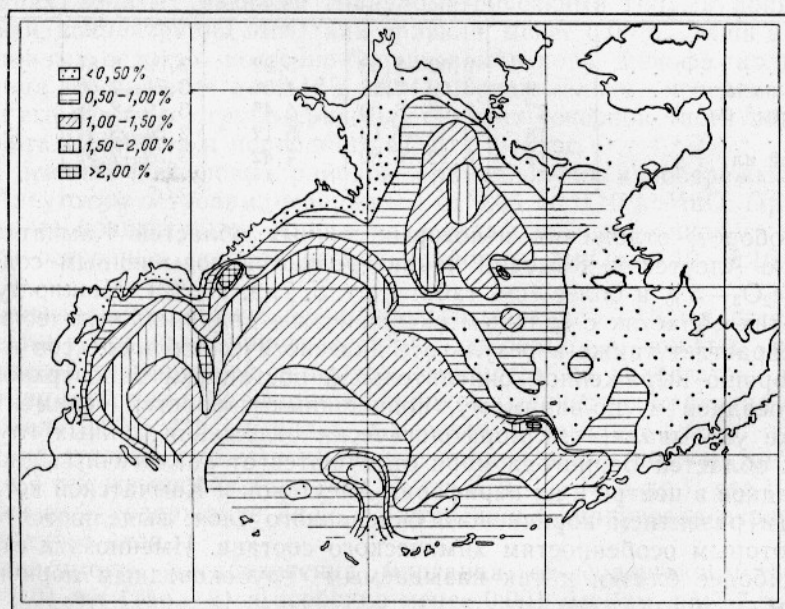


б

Рис. 10. Схемы распределения некоторых химических компонентов в со
а — Fe_2O_3 ; б — MnO ;



а



г

временных отложениях Берингова моря в %:
 а — аутигенной SiO_2 ; г — органического углерода.

Это обогащение объясняется не только наличием в составе осадков вулканогенного и пирокластического материала, но и процессом естественного шлихования, производимого подвижными водами во многих районах геосинклинального шельфа и усиливающего концентрацию тяжелых минеральных зерен с большим количеством железа.

В осадках зоны материкового склона содержится 4—5% Fe_2O_3 . В отложениях островных склонов южных и юго-восточных областей моря, как и в соответствующих шельфовых осадках, количество Fe_2O_3 увеличивается. Это хорошо прослеживается по данным, приведенным в табл. 1 (ст. 34, 39, 41 и др.) и табл. 2.

В отложениях глубоководных котловин Берингова моря распределение Fe_2O_3 также неоднородно (см. рис. 10, а). Все районы, прилегающие к материковому склону, выстилаются донными осадками с содержанием от 4 до 5% Fe_2O_3 . В отложениях центральной и юго-восточной частей Алеутской котловины это количество уменьшается до 3,5—3,9%. Подобное уменьшение обусловлено «разбавляющим» влиянием кремневых остатков диатомовых водорослей, поскольку все глубоководные осадки с таким содержанием Fe_2O_3 выделяются максимальным (30—35%) накоплением аутигенной SiO_2 (см. табл. 1, ст. 111, 112, 113 и др.; табл. 3).

Таблица 3

Гранулометрические типы донных отложений	Количество анализов	Содержание железа в современных донных отложениях Берингова моря в %			
		на сухой осадок		на сухой осадок, но в пересчете на бескремневое вещество	
		колебания	среднее	колебания	среднее
Песок	8	3,02—8,59	5,22	3,02—8,81	5,39
Илистый песок	9	3,69—7,18	4,59	3,71—7,60	4,79
Песчанистый ил	17	3,06—8,09	4,45	3,19—8,98	4,86
Ил	18	3,30—7,10	5,12	3,56—8,41	5,85
Глинистый ил	17	3,12—6,80	4,42	3,59—7,91	6,01

Наоборот, отложения некоторых южных областей Камчатской и особенно Алеутской котловин характеризуются повышенным содержанием Fe_2O_3 —5% и более (см. табл. 1, ст. 5, 7, 9, 11, 22). Можно думать, что в этих областях с сильным океаническим влиянием количество железа возрастает также в результате диагенетических процессов в условиях хорошо выраженной окислительной обстановки в поверхностных слоях осадков и, по-видимому, пониженных скоростей седиментации. Мы уже указывали, что морфологически отложения южных глубоководных областей Берингова моря отличаются от аналогичных диатомовых осадков в центре и на периферии Алеутской и Камчатской котловин большим развитием коричневого окисленного слоя, выделяются они и по некоторым особенностям химического состава. Именно эти отложения наиболее близки к так называемым глубоководным коричневым осадкам.

В различных отложениях подводного хребта Ширшова содержится от 4 до 5% Fe_2O_3 . Только в северной части хребта А. П. Лисицын [23] выделил небольшой ареал с концентрацией железа более 10%. В кремнегубковых осадках наблюдается около 4,3% Fe_2O_3 (см. табл. 1, ст. 254, 255).

Донные осадки хребта Бауэрс заметно различаются по количеству Fe_2O_3 . В слабодиазомовых и глубоководных фораминиферовых отложениях концентрация Fe_2O_3 достигает 4—5% и более (см. табл. 1, ст. 20, 23, 24); в мелководных кремнегубковых и фораминиферовых осадках центральной и южной частей хребта в связи с большим содержанием вулканогенных компонентов количество Fe_2O_3 вновь возрастает.

Данные о распределении Fe_2O_3 в осадках Берингова моря свидетельствуют о том, что накопление железа наиболее значительно в осадках вулканогенного происхождения, особенно с повышенным содержанием гравийных, песчаных и алевритовых фракций. Среди наиболее тонких осадков повышенным содержанием Fe_2O_3 выделяются отложения южных глубоководных областей.

Рассматривая осадки Берингова моря в целом (см. табл. 3), можно отметить, что здесь, как и в других морях, при всей сложности распределения железа намечается два максимума его накопления в гранулометрическом спектре [31]: один приходится на тонкодисперсные формы железа, главным источником которых, по-видимому, является терригенный сток и, следовательно, на наиболее тонкие осадки Берингова моря, где эти формы сосредоточиваются; второй — на грубо- и мелкозернистые осадки преимущественно вулканогенного происхождения.

Марганец

Распределение марганца в донных отложениях Берингова моря, насколько можно судить по имеющимся данным, отличается от распределения железа. Содержание MnO изменяется от 0,03% (ст. 198, 245, 174, 250 и др.) до 1,59% (ст. 11). Наименее богаты марганцем осадки северных районов Берингова моря (см. рис. 10, б), где на обширных площадях, занятых разными гранулометрическими типами донных отложений, концентрация MnO , как правило, менее 0,05%. Лишь в тонких терригенных осадках восточно-берингоморского шельфа количество марганца повышается до 0,10% MnO . Сравнительно невелико содержание его и в более грубозернистых осадках северной части подводного хребта Ширшова и подводного хребта Бауэрс.

В осадках шельфовых районов, примыкающих к побережью Аляски и Алеутским островам, содержится от 0,05 до 0,10% MnO . Примерно таковы же концентрации MnO в ряде отложений материкового склона. Осадки островных склонов несколько богаче MnO — 0,10—0,16% (см. табл. 2).

Значительное увеличение количества марганца наблюдается в глубоководных осадках Берингова моря, особенно в южных районах Камчатской и Алеутской котловин. Несмотря на недостаток данных, можно думать, что в большинстве осадков количество марганца составляет около 0,50% MnO и более, а местами превышает 1,00%.

Показательно, что максимальные концентрации обычно прослеживаются в тех же пробах (см. табл. 1, ст. 7, 9, 11, 13 и др.), где установлено высокое содержание Fe_2O_3 и интенсивная коричневая окраска поверхностного слоя.

Зависимость распределения марганца от содержания фракции менее 0,01 мм (табл. 4) и особенно менее 0,001 мм (см. рис. 7, е, 10, б) выражена более четко, чем для железа. Видимо, коллоидная фракция является основной марганецсодержащей фракцией берингоморских осадков.

По имеющимся данным (см. рис. 10, б), наблюдается некоторое обогащение марганцем различных донных осадков вблизи американ-

Таблица 4

Гранулометрические типы донных отложений	Количество анализов	Содержание марганца в со- временных донных отложениях Берингова моря в %	
		колебания	среднее
Песок	5	0,03—0,18	0,10
Илистый песок	8	0,04—0,12	0,07
Песчанистый ил	15	0,03—0,12	0,05
Ил	16	0,03—0,58	0,09
Глинистый ил	16	0,04—1,59	0,50

ского континента, но причины такого обогащения не вполне ясны. По-видимому, наряду с особенностями петрографического состава питающих провинций в районе Аляски и Алеутских островов и увеличением в составе осадков количества вулканогенных компонентов, в восточных областях бассейна Берингова моря по сравнению с западными несколько больше развито химическое выветривание. Возрастание количества MnO в глубоководных осадках севернее Командорских и западной части Алеутских островов обусловлено в первую очередь диагенетическими процессами, однако степень этих превращений марганца в окислительной среде (как и железа) сравнительно невелика. Поэтому в Беринговом море нет коричневых осадков большой мощности и железомарганцевых конкреций.

Различия в распределении железа и марганца в донных осадках Берингова моря обусловлены рядом факторов. Помимо большей подвижности марганца, приходится иметь в виду менее четкую его связь с крупными фракциями вулканогенного происхождения, которая для железа выражена очень хорошо.

Аутигенная кремнекислота

Аутигенная кремнекислота является важнейшим компонентом современных донных отложений Берингова моря (см. табл. 1, 2, рис. 10, в). В состав осадков она поступает со скелетными остатками диатомовых водорослей, губок, изредка радиолярий и некоторых других организмов. Так же как и во всех других морях, в Беринговом море нет хемогенного осаждения SiO_2 .

Литологический просмотр грунтовых проб и фракций гранулометрического анализа свидетельствует, что в донных осадках встречаются не только целые створки диатомовых водорослей и иглы губок, но и их обломки. Кроме того, данные анализов глинистых частиц свидетельствуют о широком распространении тонкодисперсных диатомовых обломков в коллоидных фракциях.

Минимальное содержание аутигенной SiO_2 составляет 0,48% (мелкий песок, ст. 46), максимальное 37,10% (ст. 19, глинистый ил). В Охотском море в ряде проб установлена очень высокая концентрация аутигенной SiO_2 — до 50% и более [2]. В Беринговом море таких значительных концентраций кремнекислоты нет.

Распределение аутигенной кремнекислоты в донных отложениях Берингова моря показано на рис. 10, в, из которого видно, что отложения шельфа, исключая наиболее тонкие осадки на севере (юго-западнее о-ва Св. Лаврентия) бедны SiO_2 . Как правило, в них содержится мень-

ше 5% аутигенной кремнекислоты. В илистых шельфовых осадках, особенно когда они залегают в районах, связанных с водами центральных частей моря и зон интенсивной вертикальной циркуляции, а также в халистатических зонах, концентрация SiO_2 сравнительно высокая. Так, на ст. 136 глубиной 112 м содержится 13,96% SiO_2 , а на стр. 169 глубиной 92 м — 10,61% SiO_2 .

В зоне материкового склона и на подводных хребтах содержание аутигенной SiO_2 повсеместно возрастает, достигая 20% и более (см. табл. 1). Лишь в наиболее повышенных участках подводных хребтов Ширшова [20] и Бауэрс встречаются осадки с меньшей концентрацией аутигенной SiO_2 .

В осадках островных склонов концентрация аутигенной кремнекислоты заметно варьирует. Ряд проб, взятых на сравнительно пологих участках островных склонов, главным образом на востоке, характеризуется значительным количеством аутигенной SiO_2 — до 20% и более (см. табл. 1, ст. 34, 35, 37, 41 и др.). Пробы осадка, полученные в других районах островного склона, менее богаты кремнекислотой (см. табл. 2).

Глубоководные котловины Берингова моря почти все без исключения представляют собой обширные области накопления кремнесодержащих отложений. Особенно выделяется Алеутская котловина, где в большинстве проб содержится свыше 30% аутигенной SiO_2 .

Зависимость между количеством частиц меньше 0,01 мм и концентрацией кремнекислоты выражена очень четко (табл. 5).

Таблица 5

Гранулометрические типы донных отложений	Количество анализов	Содержание аутигенной кремнекислоты в современ- ных донных отложениях Берингова моря в %	
		колебания	среднее
Песок	8	0,48—9,41	2,50
Илистый песок . . .	9	3,07—5,52	3,88
Песчанистый ил . . .	17	3,85—17,61	8,11
Ил	18	2,97—29,16	12,06
Глинистый ил	17	9,35—37,10	26,56

П. Л. Безруков [2], отмечая, что в Охотском море аутигенная SiO_2 накапливается в осадках в основном в центре моря, тогда как наибольшая продуктивность диатомового планктона свойственна прибрежным районам, объясняет это несоответствие процессами выноса скелетных остатков диатомей из осадков в зонах развития диатомовых водорослей и уменьшением степени «разбавления» диатомовых частиц терригенным материалом по направлению к глубоководным областям.

Этот вывод в основном справедлив и для донных отложений Берингова моря.

Карбонат кальция

В осадках Берингова моря карбонат кальция представлен исключительно скелетными карбонатными остатками бентосных и иногда планктонных организмов (фораминифер). В большинстве проб содержание CaCO_3 крайне незначительно, обычно менее 2%. Повышенная

концентрация его в осадках, связанная с влиянием теплых, а иногда и более подвижных вод, характерна лишь для ракушечных отложений мелководных районов и фораминиферовых осадков подводных хребтов и островного склона на юге Берингова моря. В ряде случаев высокие концентрации имеют локальное распространение и встречаются на ограниченных участках дна.

По имеющимся данным, минимальное содержание CaCO_3 в осадках Берингова моря составляет 0,11% (см. табл. 1, ст. 245; табл. 2, ст. 11), максимальное — 35,16% (см. табл. 1, ст. 250, фораминиферовый песчанистый ил). Поскольку скелетные остатки карбонатных организмов чаще сосредоточены в грубо- и мелкозернистых фракциях илистого песка и песчанистого ила, именно в этих гранулометрических типах донных осадков обычно наблюдаются повышенные значения CaCO_3 (см. табл. 1, 2, 6).

Таблица 6

Гранулометрические типы донных отложений	Количество анализов	Содержание карбоната кальция в современных донных отложениях Берингова моря в %	
		колебания	среднее
Песок	6	0,11—5,49	1,16
Илистый песок	9	0,23—18,60	2,73
Песчанистый ил	16	0,39—35,16	4,73
Ил	18	0,11—18,10	1,85
Глинистый ил	17	0,23—2,13	0,64

Органический углерод

Для выявления количества органического вещества и его распределения в донных осадках Берингова моря использованы результаты определений содержания органического углерода. Эти данные без каких-либо пересчетов приведены в табл. 1 и 2 и сведены для основных гранулометрических типов отложений в табл. 7. Они же составляют большую часть исходных значений, по которым составлена схема распределения органического углерода в современных донных осадках Берингова моря, приведенная на рис. 10, г.

По нашим данным, содержание органического углерода в современных отложениях Берингова моря изменяется от 0,19% (см. табл. 1, ст. 245) до 2,51% (см. табл. 1, ст. 118). Материалы А. П. Лисицына [23], относящиеся к некоторым заливам на западе Берингова моря, свидетельствуют о больших колебаниях его концентрации. Так, в одной из проб мелкого песка в Олюторском заливе указывается 0,095% органического углерода, в крупном песке из Анадырского залива 4,40%. Можно думать, что столь высокое содержание его в крупном песке Анадырского залива является единичным и вряд ли показательным для донных осадков Берингова моря в целом и крупных песков в частности.

Наименее богаты органическим углеродом (менее 0,50%) донные отложения шельфовых областей; только в более тонких осадках эпиконтинентального шельфа и в заливах мы встречаем повышенное содержание углерода — 1,5—2% и выше. Схема распределения его на рис. 10, г также отчетливо иллюстрирует такие особенности шельфовых отложений, как пониженные концентрации углерода в районе подвижных вод

у островов Прибылова и на внешнем крае эпиконтинентального шельфа и возрастание его количества в отложениях близ дельты р. Юкон, Анадырского залива и к западу от залива Бристоль и в ряде других районов.

Осадки зоны материкового склона, особенно в его нижней части, где в основном залегает слабодиаомовый ил, выделяются значительным содержанием органического углерода. Фактически именно здесь и в непосредственно прилегающих районах глубоководных котловин наблюдается максимальное накопление органического вещества в донных отложениях Берингова моря (исключая, может быть, некоторые прибрежные участки). Полоса высоких концентраций углерода (1,5—2% и более) окаймляет, видимо, большинство районов периферической части глубоководных котловин. Недостаток данных не позволяет уточнить их границу, поэтому ареалы высоких концентраций органического углерода в осадках на севере и востоке Берингова моря на рис. 10, 2 изображены разорванными. Аналогичную картину в распределении органического углерода мы наблюдаем в Японском [8] и Охотском [2] морях.

Донные отложения островных склонов менее богаты органическим углеродом (см. табл. 2). Даже тонкие осадки, в которых частицы менее 0,01 мм составляют 50—70%, содержат лишь 0,32—0,80% органического углерода.

В осадках подводных хребтов содержание органического углерода различно. Наименее богаты им фораминиферовые осадки типа илистого песка (менее 0,50%); кремнегубковые и слабодиаомовые отложения обычно характеризуются концентрациями углерода около 1%, а на подводном хребте Ширшова — до 1,5—2%.

Глубоководные котловины Берингова моря по количеству органического углерода в донных осадках могут быть разделены на две части. Большинство диаомовых осадков Камчатской котловины и северной и восточной периферии Алеутской котловины выделяют сравнительно высокими концентрациями углерода — 1% и более. Отложения центральных и южных районов Алеутской котловины и юго-востока Камчатской котловины, как правило, содержат менее 1% органического углерода, а в некоторых случаях и менее 0,50% (см. табл. 1). Пересчет на бескремневое вещество не меняет этого соотношения. Видимо, на содержании органического вещества в осадках глубоководных областей Берингова моря сказывается процесс его минерализации, который на западе, севере и востоке протекает незначительно, а на юге, в своего рода океанической зоне Берингова моря, усиливается.

Это обстоятельство находится в связи не только с большой удаленностью южных областей моря от районов с наиболее значительной продуктивностью фитопланктона — главного источника органического углерода в Беринговом море, но и с воздействием окислительных условий в поверхностном слое осадков на распад органического вещества, поступающего на дно.

Отмеченный факт имеет большое значение для выявления различий между осадками глубоководных областей Берингова моря. На юге Берингова моря в глубоководных отложениях, наиболее близких к океаническим, наблюдается увеличение мощности окисленного поверхностного слоя, высокое содержание железа и особенно марганца, относительно малые концентрации органического углерода, в ряде случаев некоторое уменьшение содержания аутигенной кремнекислоты. По этой же причине в табл. 7, отчетливо свидетельствующей о повышении органического вещества в тонких осадках, глинистый ил, к которому отно-

сятся все глубоководные осадки юга Берингова моря, в среднем несколько менее богат органическим углеродом, чем более грубый ил.

Таблица 7

Гранулометрические типы донных отложений	Количество анализов	Содержание органического углерода в % в современных донных отложениях Берингова моря	
		колебания	среднее
Песок	8	0,19—0,59	0,31
Илистый песок . . .	9	0,37—0,65	0,45
Песчанистый ил . . .	17	0,45—1,55	0,76
Ил	18	0,32—2,42	1,19
Глинистый ил	17	0,32—2,51	1,08

ВЫВОДЫ

1. Новые материалы о современных донных отложениях Берингова моря, полученные в результате исследований по программам Международного геофизического года и года Международного геофизического сотрудничества и работ Берингоморской научно-промысловой экспедиции ТИНРО—ВНИРО, существенно расширяют общую характеристику донных осадков Берингова моря. В настоящее время уже представляется возможным рассматривать многие закономерности распределения и состава современных осадков на основе фактических данных по всему морю в целом. Отчетливо выявляется большое разнообразие в гранулометрии и вещественных типах донных отложений, обусловливаемое изменчивостью геологических и физико-географических условий в пределах обширной акватории моря и прилегающей суши.

2. Результаты выполненных исследований показывают существенные различия в современных осадках эпиконтинентальных (или платформенных) и геосинклинальных областей Берингова моря. Осадки этих областей заметно, а иногда и резко отличаются по своему вещественному и гранулометрическому составу, особенностям распределения и ряду других характерных черт.

3. Изучение современных осадков глубоководных областей Берингова моря позволило установить, что здесь, как и в других его частях, осадочный покров не является однородным. Большим разнообразием отличаются отложения подводных хребтов. Наиболее глубоководные осадки на юге Берингова моря выделяются повышенным содержанием железа и марганца, уменьшением количества органического вещества, увеличением мощности окисленного слоя и некоторыми другими признаками, сближающими их с океаническими.

4. Более детальное исследование современных осадков шельфа и зоны материкового и островного склона свидетельствует о значительной изменчивости в распределении и составе отложений даже в пределах ограниченных участков в зависимости от различий в поступающем осадочном материале, рельефе дна, степени подвижности вод и других осадкообразующих факторах.

5. Новые данные, впервые освещающие ряд крупных районов Берингова моря, позволяют более ясно представить размещение терригенных, биогенных и вулканогенных осадков по всему морю в целом.

Терригенные осадки резко преобладают в пределах эпиконтинентального и частично геосинклинального шельфа и примыкающих глубин зоны материкового и островного склона. Биогенные осадки развиты главным образом в глубоководных частях Берингова моря. Вулканогенные осадки занимают сравнительно небольшую площадь и сосредоточены преимущественно на шельфе и островном склоне юго-восточных районов. Большое распространение имеют смешанные осадки.

6. При изучении гранулометрии и химического состава осадков Берингова моря получен ряд новых данных о распределении отдельных компонентов в осадках и уточнены некоторые из имеющихся представлений об особенностях современного осадкообразования в этом морском водоеме.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас карт океанографических данных промысловых районов Охотского и Берингова морей. ИОАН—ТИПРО. 1955.
2. Безруков П. Л. Донные отложения Охотского моря. Труды ИОАНа. Т. XXXII. 1960.
3. Безруков П. Л. и Удильцев Г. Б. Новые данные о геологическом строении дальневосточных морей. ДАН СССР. Т. 91. № 2. 1953.
4. Беляев Г. М. Количественное распределение донной фауны в северо-западной части Берингова моря. Труды ИОАНа. Т. XXXIV. 1960.
5. Бордовский О. К. Органическое вещество современных осадков Берингова моря. Труды ИОАНа. Т. XLII. 1960.
6. Бруевич С. В. и Зайцева Е. Д. К химии осадков Берингова моря. Сообщение I. Труды ИОАНа. Т. XXVI. 1958.
7. Виноградов М. Е. Распределение зоопланктона в западных районах Берингова моря. Труды Всесоюзного гидробиологического общества. Т. VII. АН СССР. 1956.
8. Гершанович Д. Е. Кремнекислота, карбонат кальция и органический углерод в глубоководных отложениях Японского моря. Труды ГОИНа. Вып. 31(43). 1956.
9. Гершанович Д. Е. Морские геологические исследования в рыбопромысловых районах Берингова моря. Бюлл. Океанографической комиссии АН СССР, № 8. 1961.
10. Гершанович Д. Е. Океанологический рейс и/с «Первенец» в Беринговом море и заливе Аляска летом 1960 г. Океанология. Т. 1. Вып. 2. 1961.
11. Гершанович Д. Е. и Забелина Э. К. Геоморфологические и литологические исследования аккумулятивного берега Охотского моря в районе Охотска. Труды ГОИНа. Вып. 34. 1957.
12. Добровольский А. Д. и Арсеньев В. С. К вопросу о течениях Берингова моря. Проблемы Севера. Вып. 3. АН СССР. 1959.
13. Жузе А. П. Диатомовые в донных осадках Берингова моря. Труды Комиссии по изучению Четвертичного периода. Т. XIII. 1957.
14. Жузе А. П. Диатомовые в поверхностном слое осадков Берингова моря. Труды ИОАНа. Т. XXXII. 1960.
15. 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.
16. 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. Труды ИОАНа. Т. XXVII. 1958.
17. Кленова М. В. Геология моря. Учпедгиз. 1948.
18. Кленова М. В. и Гершанович Д. Е. Глубоководные фации осадков Японского моря. ДАН СССР. Т. 89. № 5. 1953.
19. Линдберг Г. У. К четвертичной истории дальневосточных морей. ДАН СССР. Т. 111. № 2. 1956.
20. Лисицын А. П. Распределение аутигенного кремнезема в донных отложениях западной части Берингова моря. ДАН СССР. Т. 101. № 2. 1955.
21. Лисицын А. П. Распределение органического углерода в осадках западной части Берингова моря. ДАН СССР. Т. 103. № 2. 1955.
22. Лисицын А. П. Процессы современного осадкообразования в Беринговом море. Труды Океанографической комиссии АН СССР. Т. 3. 1958.
23. Лисицын А. П. Донные отложения Берингова моря. Труды ИОАНа. Т. XXIX. 1959.

24. Лощия Берингова моря. Изд-во Гидрографического управления ВМС. Т. I, II. 1954. Т. III, 1957.
25. Морской атлас. Т. I, II. Изд. Главного штаба ВМС. 1952, 1953.
26. Наставление по промеру. Изд. Гидрографического управления ВМФ. 1952.
27. Нейман А. А. Некоторые закономерности количественного распределения бентоса в Беринговом море. Океанология. Т. I. Вып. 2. 1961.
28. Ратманов Г. Е. Материалы по гидрологии Берингова и Чукотского морей. Исследования морей СССР. Вып. 25. 1937.
29. Ратманов Г. Е. Берингоморская партия экспедиции Государственного гидрологического института. Бюлл. Арктического института. № 1—2. 1933.
30. Самойлов И. В. Устья рек. Географиз. 1952.
31. Страхов Н. М. и др. Образование осадков в современных водоемах. АН СССР. 1954.
32. Шипард Ф. Геология моря (перевод). ИЛ. 1951.
33. Report upon the investigations of the U. S. Fish comission Steamer «Albatros». U. S. Com. Fish and Fisheries, Wash., 1892, p. 16; 1893, p. 17; 1894, p. 18; 1896, p. 20; 1901, p. 26.
34. Sverdrup H. U., Johnson M. W. a. Fleming K. H. The oceans, their physics, chemistry and general biology. New Jork. 1942.
35. Trask P. D. Origin and environments of source sediments of petroleum. Houston. 1932.
36. Zeisler F. A., Tompson Th. G., Barnes G. A. Summary of the oceanographic investigations of Bering sea and Bering strait. Nat. Res. Council. Trans. Amer. Geophys. Union. 16-th Annual. Wash. 1939.