

Н.А. БЕЛОВ, Н.Н. ЛАПИНА

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Первые сведения об особенностях донных отложений Северного Ледовитого океана были получены после экспедиций Ф. Нансена на «Фраме» в 1893-1896 гг. и Г. Вилкинса на подводной лодке «Наутилус» в 1931 г. Экспедицией на «Фраме» было доставлено только 5 проб грунта со дна Арктического бассейна, с глубины свыше 3000 м и одна проба с глубины 1460 м материкового склона.

Экспедицией Г. Вилкинса было собрано 8 проб грунта к северу от Шпицбергена, из них 6 проб добыто непосредственно со дна глубоководной части Арктического бассейна.

Всестороннее изучение современных морских осадков Арктического бассейна впервые было проведено советскими исследователями во время работы дрейфующей станции «Северный полюс-1» в 1937-1938 гг., дрейфа ледокольного парохода «Г. Седов» в 1937-1940 гг. и, главным образом, высокоширотных экспедиций Арктического института в 1948-1951 гг.

Образцы донных отложений дрейфующей станции «Северный полюс-1» состояли из семи проб в виде колонок грунта длиной от 4 до 20 см, которые обрабатывались во Всесоюзном научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии под руководством Т.И. Горшковой.

За время дрейфа ледокольного парохода «Г. Седов» с 1937 по 1940 г. со дна Арктического бассейна собрано тридцать проб грунта. Все они являются глубоководными, так как были подняты с глубин от 2090 до 4975 м в районе между 108°20' и 5°16' в.д. и 82°05' и 86°38' с.ш. Эта коллекция проб глубоководных отложений была обработана в Институте рыбного хозяйства и океанографии под руководством М.В. Кленовой.

Таким образом, в центральной части Арктического бассейна к 1948 г. имелось 49 глубоководных проб грунта, из них 37 собрано и обработано советскими исследователями.

Однако, несмотря на большое количество наблюдений, до сих пор мы не имели полного представления о грунтах и процессах осадкообразования в Арктическом бассейне, так как почти все глубоководные наблюдения относились к его западной части. Восточная часть бассейна оставалась неизученной.

Поэтому с 1948 по 1951 г. в больших масштабах были проведены научные исследования природы центральной части Советской Арктики. За четыре года в Центральной Арктике удалось получить 112 проб грунта, из которых 100 проб представляют собой грунтовые колонки длиной до 88 см.

Пробы грунта были обработаны авторами настоящей статьи в Арктическом институте и Институте геологии Арктики. Кроме того, к выполнению анализов привлекались сотрудники ряда других институтов: Всесоюзного геологического научно-исследовательского института, Зоологического института Академии наук СССР и Института экспериментальной медицины Академии наук СССР им. И.П. Павлова.

Всесторонняя обработка проб по грунтам, добытым в 1948-1951 гг., позволила обобщить имеющиеся сведения о современных донных осадках и получить более полное

представление о процессах осадкообразования, происходящих на дне центральной части Северного Ледовитого океана.

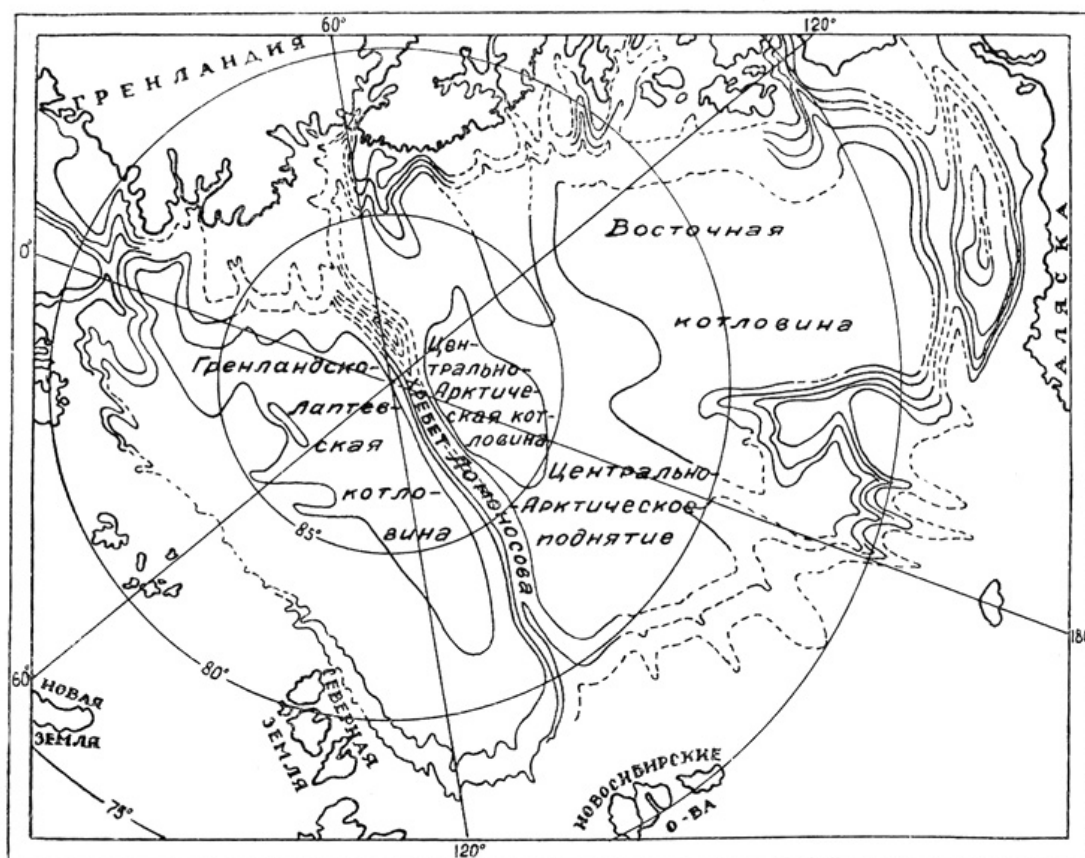


Рис. 1. Карта рельефа центральной части Северного Ледовитого океана

I. РЕЛЬЕФ ДНА

Ввиду недостаточности промерных данных утвердилось мнение, что центральная часть Северного Ледовитого океана представляет собой единую глубоководную впадину. В результате работ высокоширотных экспедиций были получены новые сведения о рельефе дна Северного Ледовитого океана.

Воздушной высокоширотной экспедицией 1948 г. было доказано, что прежние представления не отражают действительный характер рельефа дна. Так, вместо обычных глубин порядка 3000-4000 м, впервые лотом была установлена глубина 1005 м. Другие замеры глубин показали, что в центральной части Северного Ледовитого океана имеется подводный хребет, возвышающийся на 2-3 км над окружающими пространствами дна. Этот подводный хребет, названный хребтом Ломоносова, простирается от Новосибирских островов до Земли Элсмira Канадского Арктического архипелага. Последующие исследования показали, что на восток от хребта Ломоносова расположено другое поднятие дна с более пологими формами, в виде плато, названного Центрально-Арктическим поднятием, наименьшая глубина которого оказалась равной 2330 м. Над окружающими участками дна это плато возвышается на 1000-1500 м. Таким образом, глубоководная впадина Северного Ледовитого океана оказалась разделенной поднятиями на ряд глубоководных котловин. К западу от хребта Ломоносова в сторону Атлантического океана расположена обширная Гренландско-Лаптевская котловина. Наибольшая глубина ее достигает 4975 м. К востоку от хребта, между подводным хребтом и Центрально-Арктическим поднятием, расположена небольшая по площади Центрально-Арктическая котловина с максимальной измеренной глубиной 3970 м. Восточнее плато, в

сторону Тихого океана, расположена Восточная котловина. Ее площадь несколько менее Гренландско-Лаптевской котловины, но превосходит в несколько раз Центрально-Арктическую котловину. Наибольшая глубина ее 3836 м (рис. 1).

2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОСАДКОВ

Гранулометрический состав осадков

Современные отложения морского дна представляют собой сложный комплекс обломков пород и зерен минералов различного размера. Гранулометрический анализ позволил получить представление о распределении донных осадков по крупности частиц в связи с рельефом дна и гидрологическим режимом, выделить типы грунтов и составить первую сводную карту грунтов для центральной части Северного Ледовитого океана.

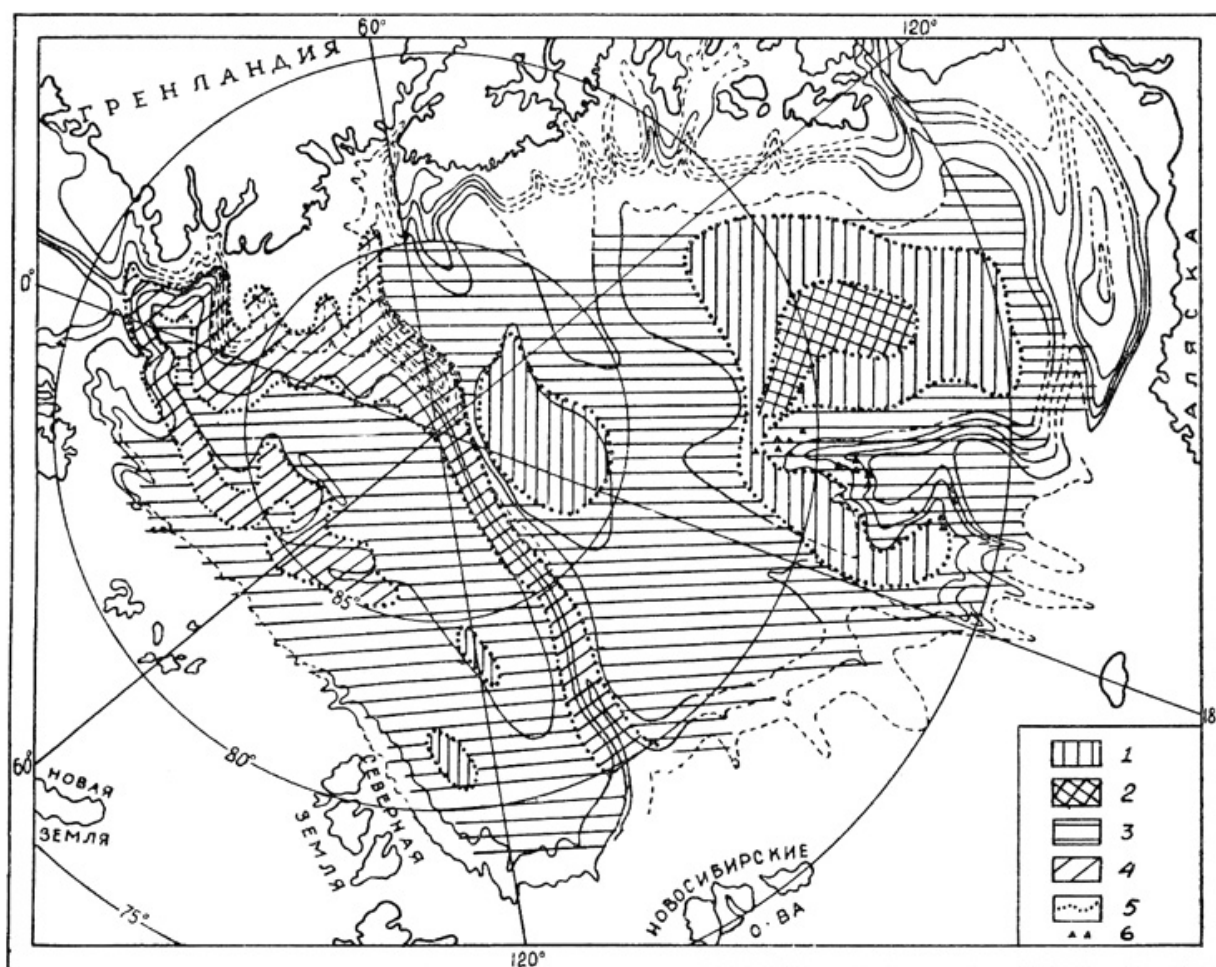


Рис. 2. Схематическая карта донных отложений центральной части Северного Ледовитого океана

1-темно-коричневый и коричневый весьма глинистый ил с количеством пелита $> 70\%$; 2-серый весьма глинистый ил с количеством пелита $> 70\%$; 3-коричневый глинистый ил с количеством пелита от 50 до 70% ; 4-коричневый и желтовато-коричневый ил с количеством пелита от 30 до 50% ; 5-условная граница распространения грунтов; 6-галька, гравий, щебень.

При составлении грунтовой карты (рис. 2) были использованы результаты гранулометрического анализа проб, собранных во время дрейфа ледокольного парохода «Г. Седов» 1937-1940 гг., проб с дрейфующей станции «Северный полюс-1» 1937-1938 гг. и нескольких проб экспедиций на «Фраме» 1893-1896 гг. Для основных типов донных

осадков, выделенных на карте грунтов, построены кумулятивные кривые, по которым подсчитаны степень сортировки осадков и средний медианный диаметр.

По гранулометрическому составу в осадках Арктического бассейна выделяются два основных типа грунта: ил и глинистый ил. К илам отнесены донные осадки с содержанием фракции меньше 0,01 мм от 30 до 50%, а к глинистым илам - с содержанием той же фракции больше 50% [Кленова, 1948]. Ввиду того, что содержание фракции меньше 0,01 мм в осадках второго типа колеблется в больших пределах (до 97 %), нами среди них выделяются два подтипа: 1) глинистый ил с содержанием фракции меньше 0,01 мм от 50 до 70% и 2) весьма глинистый ил с содержанием фракции меньше 0,01 мм свыше 70%.

На карте грунтов Арктического бассейна, составленной на новой батиметрической основе, отчетливо видно, что распределение донных осадков в пределах этой области определяется рельефом дна.

Гренландско-Лаптевская котловина. На дне Гренландско-Лаптевской котловины отлагается темно-коричневый и коричневый глинистый ил, в котором содержание пелита колеблется от 50,9 до 68,4%. Содержание алевритовых частиц лишь в редких случаях достигает 49,4%. Песчаная фракция содержится в количестве не более 1,3-1,6%.

В центральной части этой котловины, в районе наибольших глубин, как и следовало ожидать, содержание пелита возрастает до 68,4% при соответственном уменьшении количества алеврита и песка. В восточной же части котловины содержание пелита достигает 77%, что связано с гидрологическими особенностями этого участка. На западном склоне котловины в составе осадков преобладает алевритовая фракция (до 54,1%), содержание пелита меньше 50% (от 42,9 до 47,3%), а количество песка около 4,0%. Пробы, поднятые на южном склоне Гренландско-Лаптевской котловины, а также в области материкового склона, примыкающего к северо-восточной части Гренландии, показывают размыв осадков. Здесь по составу также преобладает алевритовая фракция, содержание которой достигает 66,8%, в то время как количество пелита уменьшается до 29,4%, а содержание песка увеличивается до 12,4%.

Состав и распределение осадков в области северного, западного, восточного и южного склонов Гренландско-Лаптевской котловины дают возможность высказать ряд соображений о характере придонного течения в западной части Арктического бассейна. Из этих материалов следует, что в направлении от материкового склона, примыкающего к северо-восточной Гренландии, к востоку, вдоль полосы ила южного склона Гренландско-Лаптевской котловины, существует придонное течение, создаваемое атлантическим потоком вод; это течение по мере движения к востоку замедляется и, по-видимому, доходит только до материкового склона, примыкающего к шельфу Северной Земли. Полоса ила, расположенная к северу от Гренландии, связана, вероятно, со сносом обломочного материала с этого острова, осуществляемого ледниками и ледниковыми потоками.

Хребет Ломоносова. Здесь прежде всего отчетливо выделяется западный склон хребта, где на дне залегает коричневатого-серый и желтовато-серый ил с содержанием пелита от 38,0 до 47,0%. Количество алеврита в некоторых случаях достигает 50% и более. В отдельных пробах имеется значительный процент песка, например, в пробе со станции № 7 содержание его возрастает до 22,1 %.

Распределение осадков по крупности зерна показывает, что в районе западного склона хребта Ломоносова происходит размыв, в результате которого мелкие фракции из осадков вымываются, а более крупные остаются. На восточном склоне хребта происходит процесс аккумуляции осадков, что подтверждается характером отложений. Если западный склон хребта покрывают осадки, представленные илом и местами близкими к песчанистому илу, то на восточном склоне распространен глинистый ил.

Указанные различия в распределении осадков западного и восточного склонов хребта Ломоносова следует объяснять наличием «застоя вод» на восточной стороне хребта, который создается возвышенностью, поскольку течение идет с запада на восток.

Центрально-Арктическая котловина. Гранулометрический состав донных осадков Центрально-Арктической котловины имеет следующую особенность. В пробах, взятых из северной части котловины, содержание пелита колеблется от 73,9 до 77,5%, при количествах алеврита от 21,0 до 24,1% и песка до 2,0%. В пробах, поднятых с южной части котловины и участков, примыкающих к восточному склону хребта Ломоносова, количество песка увеличивается (8,5%) за счет уменьшения содержания пелита (66,3%). Центрально-Арктическая котловина является областью аккумуляции современных морских осадков.

Восточная котловина. Восточная котловина является типичной областью аккумуляции весьма глинистого ила, где содержание фракции меньше 0,01 мм по отдельным пробам достигает 97,6%, особенно в ее центральной части. В пробах грунта, поднятых со станций, расположенных ближе к склонам котловины, содержание пелита уменьшается. Например, в пробах станций № 26 и 27 (1950 г.), расположенных у материкового склона Канадского архипелага, количество пелита колеблется от 76,9 до 82,7%, при содержании алеврита от 16,8 до 221,6% и песка 0,5%. В пробах, взятых вблизи материкового склона Чукотского полуострова и Аляски, содержание пелита уменьшается до 71,7% и соответственно увеличивается количество алеврита (до 25,2%) и песка (до 3,1-4,0%). В некоторых пробах, поднятых тралом, встречалось заметное количество гравия и мелкой гальки.

Судя по характеру залегаемых осадков, придонное течение в Восточной котловине невелико и находится в пределах 0,2-0,3 см/сек.

Центрально-Арктическое поднятие. Осадки Центрально-Арктического поднятия и южной окраины Центральной Арктической котловины представлены коричневым глинистым илом, в котором содержание пелита колеблется от 53,6 до 69,1%, а алеврита от 19,3 до 46,4%. Изменение содержания алеврита связано не только с увеличением пелита, но также с увеличением количества песка, содержание которого доходит в отдельных случаях до 6,5-8,0%.

В составе осадков Центрально-Арктического поднятия наблюдаются некоторые особенности. Прежде всего отмечается влияние близко расположенной материковой отмели и материкового склона, примыкающего к Канадскому арктическому архипелагу, а также хребта Ломоносова. Влияние материковой отмели и материкового склона Канадского арктического архипелага выражается в увеличении содержания песка в осадках до 6,5 % и присутствии в ряде проб гравия - до 2,8% при соответствующем уменьшении пелита. Аналогичная картина наблюдается в пробах, взятых в средней, более возвышенной, части поднятия. Здесь количество песка достигает 4,4-8,0% и гравия 12,8-28,5%.

На гранулометрический состав осадков оказывает влияние также хребет Ломоносова. Это проявляется в том, что в пробах, поднятых с участков, расположенных вблизи оси хребта и его западного склона, содержание пелита в осадках уменьшается, соответственно увеличивается количество алеврита и песка. В пробах же, более удаленных от хребта, содержание пелита увеличивается, а алеврита уменьшается.

Материковый склон, примыкающий к Чукотскому и Восточно-Сибирскому морям. Донные осадки материкового склона этой части бассейна по своему гранулометрическому составу интересны в том отношении, что могут дать некоторое представление о характере движения вод над областью материкового склона.

Осадки здесь представлены глинистым илом с содержанием пелита до 60,4-63,4 %. Они отличаются повышенным количеством песка - до 7,2%, а также повсеместным присутствием обломочного материала (гальки, гравия). Плохая окатанность последнего свидетельствует о разносе его льдами. Среди крупнообломочного материала материкового

склона преобладает крупная и средняя галька. Лишь в пробах со станций № 5 и 6 преобладает гравий. Эти данные указывают, что в пределах материкового склона, по-видимому, все же имеет место повышенная активность вод и, вероятно, здесь скорость придонного течения больше, нежели в областях глубоководных котловин.

Наличие крупнообломочного материала, вероятно, связано с разряжением льдов над районом материкового склона, примыкающего к Чукотскому и Восточно-Сибирскому морям и с общим характером дрейфа льдов. В процессе разряжения льдов, вынесенный в эту область лед припая, обогащенного крупнообломочным материалом, разламывается и растрескивается и обломочный материал, освобождаясь от ледяного плена, попадает на дно.

Распределение современных морских осадков на дне центральной части Северного Ледовитого океана по крупности зерна дает возможность установить некоторые различия в формировании осадков в Гренландско-Лаптевской, Центрально-Арктической и Восточной котловинах. Это отличие состоит в том, что глубоководное ложе Гренландско-Лаптевской котловины представляет собой область аккумуляции глинистого ила, а Центрально-Арктическая и Восточная котловины являются областями аккумуляции весьма глинистого ила. Если, далее, в западной части Арктического бассейна на западном склоне хребта Ломоносова, а также на западном и южном склонах Гренландско-Лаптевской котловины происходит накопление алевритовой фракции, то в глубоководных котловинах восточной части этого бассейна преобладает пелит. Различие в составе донных осадков западной и восточной частей Центральной Арктики связано с существованием хребта Ломоносова, являющегося препятствием для свободного доступа вод в восточную часть бассейна, что создает различные гидрологические условия.

Гранулометрический состав осадков нижних частей грунтовых колонок характеризуется увеличением количества песчаных частиц как в западной (станции № 1 и 4 - 1949 г.), так и в восточной частях Арктического бассейна (станции № 5, 14, 16, 17, 22а и 25 - 1949 г.). Причем резкое увеличение песчаной фракции в осадках почти всюду прослеживается, примерно, на глубине 30-35 см от поверхности дна. Здесь же, кроме фракции песка, встречается мелкий гравий и небольшие угловатые обломки пород. Обогащение песчаной фракцией донных осадков на определенной глубине колонок (30-35 см от поверхности дна) дает основание предполагать, что в период отложения указанных осадков имело место обмеление Арктического бассейна. Это обмеление было повсеместным. Обращают внимание пробы со станций № 14, 16, 17 - 1949 г., взятые в районе Центрально-Арктического поднятия. В этих пробах нижние части колонок содержат особенно большое количество песка, достигающее изредка до 30,1%. Это обстоятельство свидетельствует о том, что в период отложения указанных осадков уровень моря был намного ниже современного.

Анализируя содержание пелитовой фракции в осадках Гренландско-Лаптевской котловины, хребта Ломоносова, Центрально-Арктической котловины и Центрально-Арктического поднятия, по вертикальному профилю колонок отмечаются два максимума содержания отложений этой фракции и два минимума. В вертикальном разрезе осадков Восточной котловины отмечается три максимума в содержании пелитовой фракции. Если изменения в количестве пелитовой фракции осадков связывать с изменениями физико-географических условий в период отложений осадков, то для западной части Арктического бассейна и Центрально-Арктического поднятия имело место два общих изменения. Максимумы содержания мелкой фракции осадков (<0,01 мм) соответствовали углублению бассейна, а минимальное ее содержание было обусловлено обмелением бассейна, когда источники сноса были расположены ближе к районам отложения осадков. Изменения же количества мелкой фракции (<0,01 мм) в колонках, поднятых в Восточной котловине, указывают на то, что она развивалась несколько иным путем, чем западная часть бассейна.

Следует указать, что особые условия развития, которые были в восточной части исследуемого бассейна, находят свое подтверждение в данных микрофаунистических и химических анализов донных осадков.

Минералогический состав осадков

Исследование минералогического состава современных донных осадков центральной части Северного Ледовитого океана производилось во фракции 0,25-0,05 мм, состоящей из кластического материала, и во фракции <0,001 мм, представленной в основном глинистыми минералами. Промежуточная же фракция, представляющая собой смесь тех и других компонентов, специальному исследованию не подвергалась.

Выделение в пределах центральной части Северного Ледовитого океана определенных минералогических провинций затруднено тем, что источники сноса находятся на значительном расстоянии и вследствие этого материалы, сносимые из различных петрографических провинций, сильно перемешиваются. Но все же на основании произведенных исследований намечаются некоторые закономерности в распределении отдельных минералов и их групп.

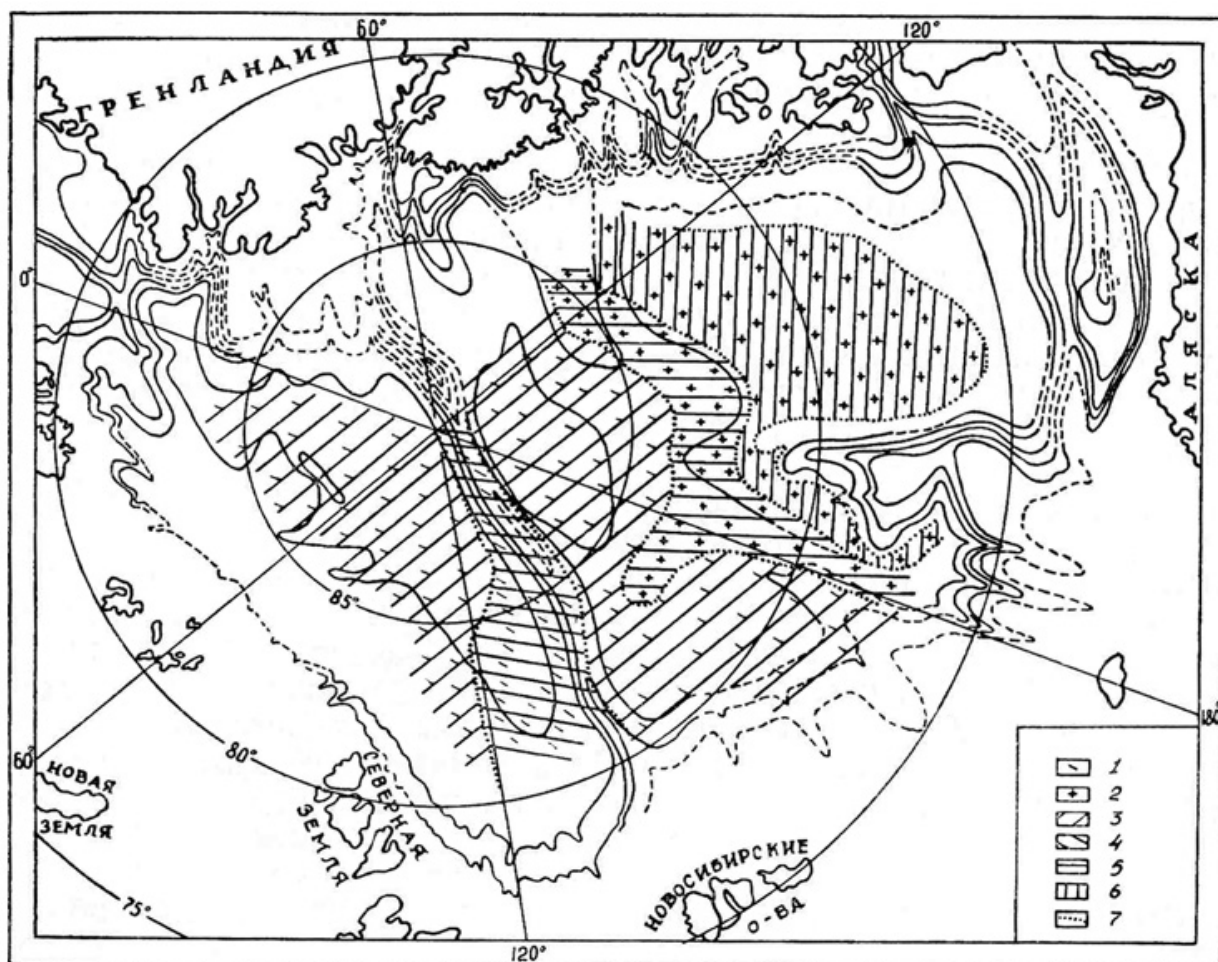


Рис. 3. Схематическая карта минералогических провинций центральной части Северного Ледовитого океана

1-содержание в тяжелой фракции минералов метаморфических пород в количестве > 50% и повышенное количество минералов кислых пород; 2-содержание минералов метаморфических и основных пород примерно в равных количествах и незначительное количество минералов кислых пород; 3-эпидотово-амфиболовая провинция; 4-амфиболово-эпидотовая провинция; 5-эпидотово-пироксеновая провинция с большим содержанием карбонатов и бурых окислов железа; 6-эпидотово-гранатовая провинция с большим содержанием карбонатов и бурых окислов железа; 7-условные границы провинций.

В пределах центральной части Арктического бассейна нами выделяются две основные области, отличающиеся соотношением групп минералов (рис. 3). Первая область характеризуется преобладанием минералов метаморфических пород. В нее входят: Гренландско-Лаптевская котловина, хребет Ломоносова, Центрально-Арктическая котловина и северная часть Центрально-Арктического поднятия. Для второй области характерно резкое увеличение содержания минералов основных пород, количество которых примерно равно количеству минералов метаморфических пород. Кроме того, в пределах второй области, на отдельных участках, увеличивается содержание карбонатов и окислов железа. Эта область охватывает южную часть Центрально-Арктического поднятия, Восточную котловину и часть материкового склона, примыкающего к Чукотскому и Восточно-Сибирскому морям.

Область преобладания минералов метаморфических пород. Для характеристики минералогического состава поверхностного слоя современных донных осадков области были произведены анализы 27 проб грунта, полученных экспедициями Арктического института, и использованы данные анализов по 30 станциям (дрейф л/п «Г. Седов», обработанные М.В. Кленовой).

Поверхностный слой донных осадков в характеризуемой области слагается в котловинах темно-коричневым и коричневым весьма глинистым илом, на Центрально-Арктическом поднятии глинистым илом и на хребте Ломоносова - илом. Тяжелая фракция этих осадков более чем на 50% состоит из минералов, принесенных с участков, где происходит выветривание метаморфических горных пород, а остальная часть фракции характеризуется преобладанием минералов кислых пород над основными. Количество минеральных видов в изучаемой фракции колеблется от 11 до 23. Максимальный выход тяжелой фракции 1,28%. По преобладанию отдельных минералов нами выделены в настоящей области две провинции: эпидото-амфиболовая, которая занимает большую территорию (количество амфиболов достигает здесь 32,3%) и амфиболово-эпидотовая, расположенная в пределах хребта Ломоносова (эпидот преобладает в этой провинции над амфиболами и количество его достигает по отдельным станциям 31,3%).

Среди минералов метаморфических пород преобладают обыкновенная роговая обманка и минералы группы эпидот-цоизита. Обыкновенная роговая обманка представлена окатанными и угловато-окатанными зернами, бесцветными, иногда волокнистого строения. Минералы группы эпидот-цоизита встречены в виде угловатых или призматических зерен. В подчиненном количестве присутствует гранат. Он представлен угловатыми зернами, чаще бесцветными, иногда голубовато-зелеными и розовыми в количестве до 4-5%. Кроме того, иногда в небольших количествах встречаются дистен, актинолит и хлорит.

Среди минералов основных пород, не считая магнетита, имеющего повсеместное распространение и в равной степени характерного и для метаморфических пород, преобладают моноклинные пироксены (авгит, диопсид, гиперстен) в виде окатанных и, реже, угловатых зерен, содержание которых по отдельным станциям достигает 16%.

Из минералов кислых пород повсеместно встречены циркон (до 5%) и сфен (до 9%). Зерна циркона окатанные и угловато-окатанные, бесцветные, иногда слегка розовато-сиреневого цвета. Зерна сфена хорошо окатаны, бесцветные. Местами в небольших количествах присутствуют апатит, щелочная роговая обманка, рутил, анатаз, шпинель, слюда, реже брукит и турмалин. Кроме того, для осадков Гренландско-Лаптевской котловины характерно наличие базальтической роговой обманки и вулканического стекла. Вулканическое стекло также установлено М.В. Кленовой в пробах, полученных во время дрейфа ледокольного парохода «Г. Седов». В донных осадках, покрывающих хребет Ломоносова, встречен доломит. Этот минерал также был отмечен Т.И. Горшковой при обработке проб грунта со станции «Северный полюс-1».

Легкая фракция, представляющая основную часть осадка поверхностного слоя, состоит, главным образом, из кварца и полевых шпатов. В распределении их наблюдается следующая закономерность: в направлении от суши к Северному полюсу количество полевых шпатов уменьшается, а количество кварца увеличивается. Особенно четко эта зависимость прослеживается в осадках, взятых с хребта Ломоносова. Например, на станции № 6 - 1949 г. количество кварца равно 19,3%, на станции № 8 - 1949 г. оно увеличивается до 35,3% и на станции № 7 - 1949 г. - до 57,4%, тогда как количество полевых шпатов на станции № 6 составляет 79,5%, на станции № 8 оно уменьшается до 55,5% и на станции № 7 до 32%.

Карбонаты имеют, главным образом, органическое происхождение. В пределах хребта Ломоносова появляются обломочные карбонаты, количество которых в направлении с запада на восток увеличивается. В этом же направлении также наблюдается увеличение количества слюды. Помимо того, в пределах Гренландско-Лаптевской котловины встречаются кремневые агрегаты, количество которых в отдельных случаях достигает 10%. На хребте Ломоносова и на Центрально-Арктическом поднятии в некоторых пробах был отмечен глауконит и опал.

Область преобладания минералов метаморфических и основных пород. В этой области поверхностный слой донных осадков представлен темно-коричневым и коричневым, весьма глинистым и глинистым илом, а в центральной части Восточной котловины серым весьма глинистым илом. Выход тяжелой фракции в большинстве образцов порядка 1,0-1,5%, а в образцах из Восточной котловины по ряду проб выход этой фракции настолько мал, что она представлена лишь несколькими зернами. Количество минеральных видов колеблется от 11 до 19. Характерным для описываемого района является высокое содержание рудных минералов (магнетит и ильменит), гидроокислов железа, реже гематита и пирита, содержание которых местами достигает 56,6% от веса тяжелой фракции, и повышенное содержание карбонатов.

По соотношению отдельных минералов в пределах данной области нами выделены две провинции: эпидотово-пироксеновая, охватывающая южную часть Центрально-Арктического поднятия и материковый склон, примыкающий к Чукотскому и Восточно-Сибирскому морям, и эпидотово-гранатовая, расположенная в пределах Восточной котловины. В той и другой провинции встречается большое количество минералов из группы эпидот-цоизита, зерна которых окатанные и угловато-окатанные, бесцветные и бледно-зеленые, реже фиштакково-зеленые. В первой провинции в большом количестве встречены пироксены, главным образом моноклинные (до 16%) и в меньшей степени ромбические (до 7%).

Вторая провинция характеризуется повышенным содержанием гранатов (до 17,8%). Зерна их угловаты, реже угловато-окатанные, бесцветные и розовые, иногда бурокрасные. Повсеместно встречаются циркон в виде угловатых, угловато-окатанных, часто хорошо окатанных зерен, бесцветных, изредка слегка розовато-сиреневых; сфен, зерна которого бесцветны, угловато-окатаны и хорошо окатаны; апатит в виде бесцветных, угловато-окатанных зерен; обыкновенная роговая обманка, зерна которой имеют удлиненно-призматическую форму. В отдельных пробах встречается брукит, турмалин, щелочная роговая обманка.

Как уже указывалось выше, для описываемой области характерно высокое содержание карбонатов, которые представлены доломитом, сидеритом и, в меньшей степени, кальцитом. Наряду с обломочными карбонатами, присутствует и органогенный в виде раковин фораминифер.

Легкая фракция, составляющая основную часть осадка, состоит, главным образом, из кварца, полевого шпата, обломков различных пород, глинистых агрегатов и раковин фораминифер. Кварц преобладает над полевым шпатом. Зерна полевого шпата в большинстве случаев являются разложенными. Повсеместно, хотя и в небольшом

количестве, встречена слюда. В отдельных колонках имеются зерна глауконита и кремневых агрегатов.

По распределению групп и отдельных минералов тяжелой фракции в пределах центральной части Северного Ледовитого океана пока не представляется возможным установить прямую связь с петрографическими питающими провинциями, расположенными на суше. Как известно, материал, сносимый с континента, вначале поступает в окраинные моря, где большая часть его оседает и лишь незначительное количество выносится в центральную часть Арктического бассейна. Здесь же он сильно перемешивается, так как поверхностное течение увлекает минеральные частицы в направлении с востока на запад, когда же частички осядут на некоторую глубину и попадут в Атлантическое течение, идущее из Гренландского моря на восток, они начинают двигаться в обратном направлении. Кроме того, в ряде мест отмечено антициклоническое движение воды, которое еще в большей степени осложняет общую картину распределения минеральной части осадка. Тем не менее, в размещении преобладающих минералов тяжелой фракции отмечается некоторая закономерность. Как видно из табл. 1, от Восточной котловины к Гренландско-Лаптевской в направлении движения поверхностного течения содержание минералов группы эпидот-цоизита и амфиболов увеличивается, в то время как содержание гранатов и пироксенов уменьшается. Количество карбонатов резко увеличивается на участках повышенного рельефа.

Таблица 1. Распределение отдельных минералов в поверхностном слое осадков (в процентах)

Название минерала	Восточная котловина	Центрально-Арктическое поднятие	Центрально-Арктическая котловина	Гренландско-Лаптевская котловина и хребет Ломоносова
Эпидот-цоизит	5,7-17,8	5,7-25,0	16,2-26,8	10,8-36,3
Амфиболы	3,6-13,4	8,1-30,2	24,8-32,3	10,5-30,7
Пироксены	15,2-38,8	2,7-22,3	9,9-20,6	8,6-19,2
Гранат	4,4-17,8	2,1-11,0	0,0-8,0	0,0-15,6
Карбонаты (обломочные)	5-6	до 37,4	1,0	1,0

Исходя из геологического строения окружающих берегов и островов, можно предположить, что гранат поступал в Арктический бассейн за счет разрушения докембрийских пород (гранито-гнейсов), выходы которых имеются как на Чукотском полуострове, так и на Аляске; пироксены же поступают в бассейн при разрушении основных и ультраосновных пород, выходы которых имеются на северном побережье Центральной и Восточной Сибири.

В распределении легких минералов также наблюдается некоторая закономерность. В восточной части Арктического бассейна отмечается преобладание кварца над полевым шпатом. В западной же части бассейна в пробах, взятых ближе к берегу, преобладает полевой шпат, который постепенно в направлении на север уступает место кварцу. Это объясняется тем, что во время перемещения полевые шпаты разрушаются быстрее и постепенно переходят во вторичные минералы, тогда как кварц является более устойчивым и изменение его выражается лишь в повышении дисперсности.

Изучая минералогический состав в вертикальном разрезе колонок грунта, можно проследить некоторое изменение в соотношении отдельных минералов, что связано, по-видимому, с размывом горных пород иного петрографического состава. Так, например, в пределах Гренландско-Лаптевской котловины на глубине приблизительно 30 см от верха колонок наблюдается уменьшение количества обыкновенной роговой обманки и увеличение магнетита и ильменита. В пробах, взятых на хребте Ломоносова, на глубине 9-

10 см от поверхности в колонках отмечается увеличение содержания магнетита и ильменита, при уменьшении количества эпидота. Это свидетельствует о том, что в период, предшествующий времени отложения верхней части осадков, происходил снос материала из областей, богатых рудными минералами. В пределах Центрально-Арктического поднятия и материкового склона, примыкающего к Чукотскому и Восточно-Сибирскому морям, в осадках, находящихся на глубинах порядка 20-30 и 40-60 см от поверхности отмечается резкое увеличение карбонатов, что, по-видимому, связано с интенсивным размывом карбонатных толщ.

Глинистые минералы донных осадков центральной части Северного Ледовитого океана изучались в шлифах, в иммерсионных средах и при помощи электронного микроскопа. Кроме того, они подвергались термическому, рентгеноструктурному и химическому анализам.

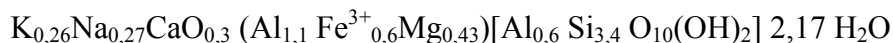
На основании проведенных исследований установлено, что основным глинистым минералом, входящим в состав поверхностного слоя донных осадков, является гидрослюда. Находясь в условиях высоких давлений и низких температур, гидрослюда Арктического бассейна значительно отличается от обычных гидрослюд, ранее описанных в литературе [Веденеева и Ратеев, 1950; Викулова, 1955; Гинзбург и Рукавишникова, 1951; Петров, 1948; Ратеев, 1948].

Согласно электронно-микроскопическим снимкам гидрослюда имеет изометрическую чешуйчатую форму, местами со слабо размытыми очертаниями и неровной, как бы изъеденной, поверхностью чешуек. Она образовалась из слюды, главным образом биотита, в результате разложения при переносе и в значительной части после отложения на дно в процессе диагенеза. Постепенный переход биотита в глинистую массу хорошо виден в шлифах. Об этом же свидетельствует высокое содержание в гидрослуде магния и железа.

Термическое исследование глинистых минералов показало, что для всех проб характер кривых нагревания сохраняется. Они отличаются от типичных термограмм гидрослюд интенсивной низкотемпературной эндотермической реакцией при 130-140°C, что связано со сгоранием органического вещества и испарением воды, а также менее интенсивным эндотермическим эффектом в интервале 500-600°C и весьма слабо выраженными реакциями - эндотермической около 880°C и следующей за ней экзотермической. Такого рода термограмма присуща гидрослюдам современного возраста.

По химическому составу гидрослюды описываемых осадков характеризуются высоким содержанием Fe₂O₃ - до 12,34%, тогда как по данным В.П. Петрова [1948] в гидрослюдах более древних отложений оно не превышает 1,5%. Можно отметить несколько пониженное содержание в изученных гидрослюдах Al₂O₃ - 12,1-23,3%, хотя в обычных гидрослюдах оно достигает 36-38% (по В.П. Петрову). Для гидрослюды Арктического бассейна характерно небольшое количество щелочей - не превышающее 5,3%, причем натрий и калий находятся примерно в равных количествах, тогда как в обычных гидрослюдах калий резко преобладает над натрием и достигает 8-9%. Содержание TiO₂ невысокое - до 1,0%, а в типичных гидрослюдах оно достигает 1,5%; содержание MnO повышенное и в отдельных образцах достигает 1,37%, тогда как в обычных гидрослюдах оно редко превышает 0,1 %. Отношение SiO₂ к Al₂O₃ в исследуемых гидрослюдах высокое, приблизительно равно 4.

Ориентировочная структурная формула гидрослюды из Арктического бассейна следующая:



Емкость обмена колеблется в пределах от 25,6 до 62,9% мг-эквив. на 100 г сухого вещества, тогда как в обычных гидрослюдах емкость обмена порядка 20-35 мг-эквив на

100 г сухого вещества. Это свидетельствует о присутствии в осадках примеси минералов из групп монтмориллонита.

Данные рентгеноструктурного анализа подтверждают выводы, сделанные на основании термического и химического анализов. Исследуемые образцы по составу сходны между собой, отличаясь лишь количественным соотношением входящих в их состав минералов. Основные минералы: гидрослюда, кальцит, доломит и кварц.

При исследовании глинистых минералов упрощенными методами также отмечается их специфика. Например, при высыхании суспензии с размером частиц $<0,001$ мм в фарфоровой чашке поверхность осадка получается не гладкой, как у типичных гидрослуд, а покрытой сетью тонких трещин, в отдельных случаях наблюдается закручивание осадка. При окрашивании солянокислым бензидином, в большинстве образцов отмечается васильковый оттенок, что свидетельствует о присутствии, в подчиненном количестве, какого-то минерала из группы монтмориллонита.

Точно этот минерал не определен, но предположительно отнесен к группе магнезиальных силикатов, а возможно и к группе монтмориллонита. Надо полагать, что аналогичный минерал был описан М.В. Кленовой под названием «полярит» [Кленова, 1948]. Судя по электронно-микроскопическим снимкам, этот минерал имеет размеры около $0,1-0,01$ м, удлинённо-пластинчатую форму и недостаточно резкие очертания частиц. По всей вероятности, он образовался из вулканического пепла, который отлагается на морском дне при подводных извержениях. В отдельных пробах, в виде незначительной примеси, встречается каолинит, который, по-видимому, приносится с материка при выветривании почв.

При рассмотрении материалов, полученных при обработке донных осадков проб ледокольного парохода «Г. Седов», можно видеть, что данные химического, термического и рентгеноструктурного анализов близки к данным, полученным нами при обработке проб из центральной части Арктического бассейна. При расшифровке результатов исследования проб ледокольного парохода «Г. Седов» мы склонны присоединиться к мнению И.Д. Седлецкого о том, что фракция $<0,2$ м, представляет собой смесь двух минералов: иллит-мусковита и монтмориллонита. Трудно согласиться с заключением М.В. Кленовой, что основным минералом в этих пробах является новый минерал «полярит». Мы считаем, что основным глинистым минералом осадков Арктического бассейна является гидрослюда, несколько отличающаяся от гидрослуд, описанных в литературе, кроме того, действительно, присутствует новый минерал из группы магнезиальных силикатов, параметры которого нами пока не изучены. Такого же рода выводы были сделаны М.Ф. Викуловой при обработке этих проб и Г.А. Ковалевым по данным рентгенограмм.

Распределение основных химических элементов в донных осадках

В донных отложениях центральной части Северного Ледовитого океана в условиях постоянных низких температур, высокой солености и большого гидростатического давления происходят химические процессы, отличающиеся от направления этих процессов в южных морях. Это определяет особенности осадкообразования в Арктической области. В результате изучения распределения различных химических элементов в донных осадках была выявлена следующая связь химического состава осадков как с водными массами различного происхождения, так и с рельефом дна.

Железо. Железо, как и марганец, является основным веществом, которое определяет окраску осадков [Страхов и др., 1954]. По материалам 1948-1950 гг. была составлена карта распределения железа, на которой выделяется ряд районов с различным содержанием Fe_2O_3 (все железо пересчитано на Fe_2O_3) (рис. 4).

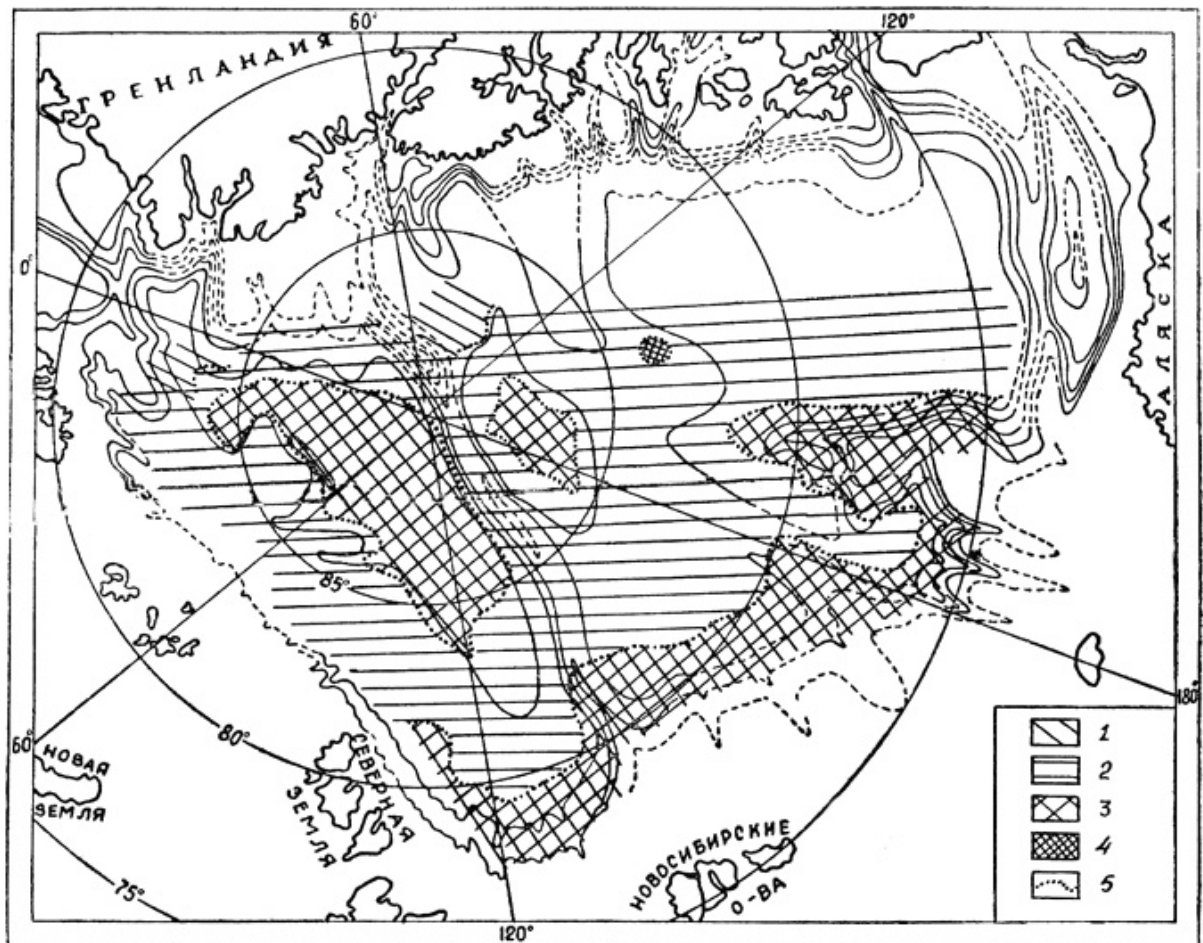


Рис. 4. Схематическая карта распределения Fe_2O_3 в поверхностном слое донных осадков центральной части Северного Ледовитого океана
 1-содержание Fe_2O_3 меньше 3%; 2-содержание Fe_2O_3 3-4%; 3-содержание Fe_2O_3 4-5%;
 4-содержание Fe_2O_3 больше 5%; 5-условные границы провинций

В осадках Гренландско-Лаптевской котловины содержание окислов железа колеблется от 3,79 до 5,16% (станция № 5 - 1950 г. и станция № 4 - 1949 г.) и лишь в пробе со станции № 1 - 1949 г. содержание Fe_2O_3 увеличивается до 7,47%. В среднем, содержание Fe_2O_3 находится в пределах 4,0-5,0%. Примерно в том же количестве окислы железа находятся в осадках материкового склона, примыкающего к Чукотскому и Восточно-Сибирскому морям (от 4,34 до 5,14%; станции № 2 и 44 - 1950 г.). Только в одном случае содержание этого компонента уменьшается до 3,92% (станция № 27 - 1950 г.). В донных осадках хребта Ломоносова, Центрально-Арктической котловины, Центрально-Арктического поднятия и Восточной котловины содержание окислов железа небольшое - в пределах 3,0-4,0%, причем в осадках хребта Ломоносова Fe_2O_3 установлено в количестве 3,77-3,98%. В осадках Центрально-Арктической котловины содержание окислов железа несколько больше 4,0%.

На площади Центрально-Арктического поднятия содержание Fe_2O_3 в осадках уменьшается до 3,13-4,00%, а в отдельных местах падает до 2,34%. Только в одной пробе со станции № 19 - 1949 г. содержание его достигает 8,84%. В Восточной и в Центрально-Арктической котловинах содержание окислов железа больше 4,0% и только в одном случае составляет 2,87%. Следует отметить, что пробы, взятые вблизи материкового склона Канадского Арктического архипелага, отличаются пониженным содержанием окислов железа, тогда как пробы, поднятые с материкового склона, примыкающего к Чукотскому и Восточно-Сибирскому морям, характеризуются повышенным содержанием

этих окислов. Таким образом, наибольшая концентрация железа отмечается в районе Гренландско-Лаптевской котловины и материкового склона Восточной Сибири.

В центральной части Северного Ледовитого океана по содержанию железа можно выделить две области: западную и восточную, разделенные хребтом Ломоносова. Концентрация окислов железа в Северном Ледовитом океане связана с водными массами различного происхождения. В частности, концентрация Fe_2O_3 в его западной части - Гренландско-Лаптевской котловине - объясняется тем, что придонные глубинные воды этой котловины холоднее, чем в восточной части Арктического бассейна. В придонных холодных водах обычно скапливается углекислота. Поэтому в этой области окислительные процессы идут более интенсивно. Этому способствует также очень малое количество органического вещества в осадках. Глубинные воды восточной части бассейна относительно более теплые, углекислота в придонных слоях очевидно скапливается меньше, поэтому осадки затронуты окислительными процессами в меньшей степени. К тому же в осадках этой области больше органического вещества, особенно в Восточной котловине.

Марганец. Распределение марганца в осадках почти всегда соответствует распределению железа и, как правило, уменьшение или увеличение его концентрации идет параллельно с изменением концентрации железа. В анализах марганец пересчитан на MnO и по этим данным составлена карта распределения MnO , на которой выделен ряд районов с различным содержанием этого компонента (рис. 5).

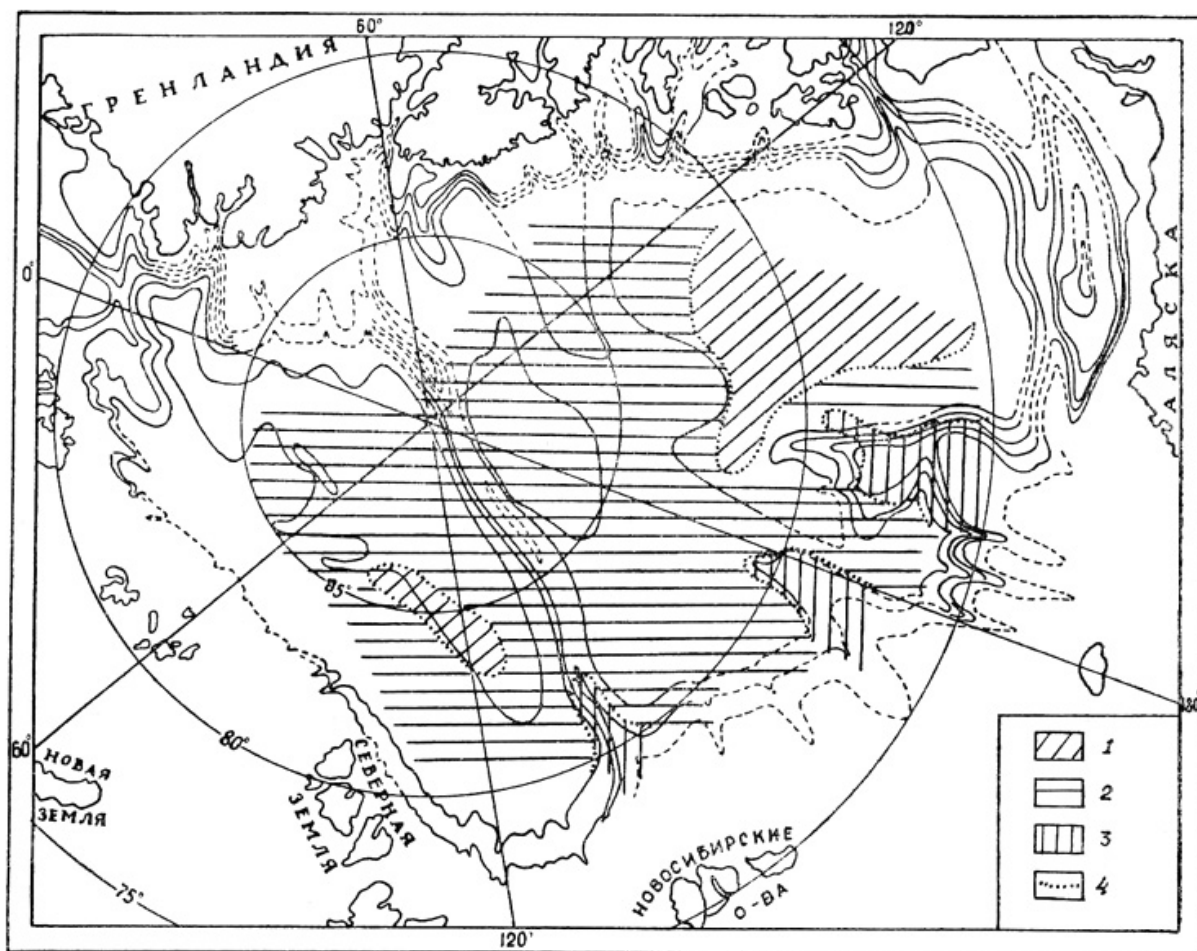


Рис. 5. Схематическая карта распределения MnO в поверхностном слое донных осадков центральной части Северного Ледовитого океана
 1-содержание MnO меньше $0,2\%$; 2-содержание MnO $0,2-0,5\%$; 3-содержание MnO $0,5-1,0\%$;
 4-условные границы провинций.

В Гренландско-Лаптевской котловине в донных осадках содержание MnO , в основном, находится в пределах 0,3-0,5% (от 0,34% до 0,49% - станции № 3 - 1949 г. и № 7 - 1950 г.). Лишь в центральной части этой котловины имеется небольшой участок дна, где содержание MnO меньше 0,2% (0,14-0,18%). Близким к этому району является хребет Ломоносова, где количество MnO в осадках находится в пределах 0,36-0,47 %. С приближением к островному склону Новосибирских островов содержание MnO увеличивается до 0,82% (проба со станции № 1 - 1950 г.). В районе Центрально-Арктического поднятия содержание марганца находится почти в тех же пределах, что и в Гренландско-Лаптевской котловине - 0,3-0,5 % (0,38-0,51 % - станции № 3 - 1948 г. и № 16 - 1949 г.). С приближением к материковому склону Восточно-Сибирского моря содержание марганца увеличивается до 0,72% (станция № 2 - 1948 г.), тогда как около материкового склона моря Лаптевых количество его уменьшается до 0,29% (станция № 45 - 1950 г.).

В осадках Центрально-Арктической котловины, по сравнению с осадками Гренландско-Лаптевской котловины, содержание MnO уменьшается до 0,30-0,43% (станции № 15 - 1949 г. и № 5 - 1949 г.). В Восточной котловине отмечено самое низкое содержание MnO , равное 0,10-0,18%. По направлению к материковому склону Канадского Арктического архипелага содержание MnO уменьшается до 0,08-0,09% и резко увеличивается в сторону материкового склона Чукотского моря - до 0,42% (станция № 25 - 1949 г.). Наибольшая концентрация марганца наблюдается в осадках материкового склона Чукотского и Восточно-Сибирского морей, где содержание MnO колеблется от 0,48 до 0,65% (станции № 44, 48 - 1950 г.). Все это указывает, что содержание марганца в осадках связано с водами материкового стока, главным образом с водами сибирских рек.

Карбонат кальция. Изучение карбоната кальция в осадках представляет значительный интерес, так как содержание этого компонента в осадках по вертикальному профилю колонок грунта можно связывать с изменением физико-географических условий осадкообразования (данные результатов анализа пересчитаны на $CaCO_3$). По распределению карбоната кальция в донных отложениях Северного Ледовитого океана также выделяются две области осадкообразования: западная - бескарбонатная и восточная - карбонатная, границей между которыми является хребет Ломоносова (рис. 6).

В западной части Арктического бассейна в осадках Гренландско-Лаптевской котловины содержание карбоната кальция колеблется от 0,63 до 2,29% (станции № 5а, 7 - 1950 г.). Ввиду столь незначительного содержания $CaCO_3$ в донных отложениях, всю эту область осадкообразования по принятой нами классификации Н.М.Страхова [*Страхов и др., 1954*] можно считать бескарбонатной. В верхнем слое осадков хребта Ломоносова содержание карбоната кальция увеличивается до 5,16-5,41% (станции № 3 - 1948 г. и № 7 - 1949 г.).

В осадках Центрально-Арктической котловины содержание $CaCO_3$ несколько больше - от 5,79 до 9,82%. Наибольшим содержанием карбоната кальция отличаются осадки Центрально-Арктического поднятия, где его количество увеличивается до 10,3-26,04% (станции № 18 и 42 - 1950 г.).

До сих пор такое содержание карбоната кальция в осадках Северного Ледовитого океана никем не было отмечено. Считалось, что все донные отложения Северного Ледовитого океана бескарбонатны.

В Восточной котловине содержание карбоната кальция колеблется в больших пределах - от 2,35 до 12,62% (станции № 23 и 30 - 1950 г.). Осадки центральной части этой котловины, как и осадки Гренландско-Лаптевской котловины, можно назвать бескарбонатными, поскольку содержание $CaCO_3$ в них не более 3,77%. Осадки же, залегающие по периферии Восточной котловины, вблизи материкового склона Чукотского полуострова и Канадского Арктического архипелага, относятся к карбонатным, так как карбоната кальция в них более 10% (10,3-12,62%).

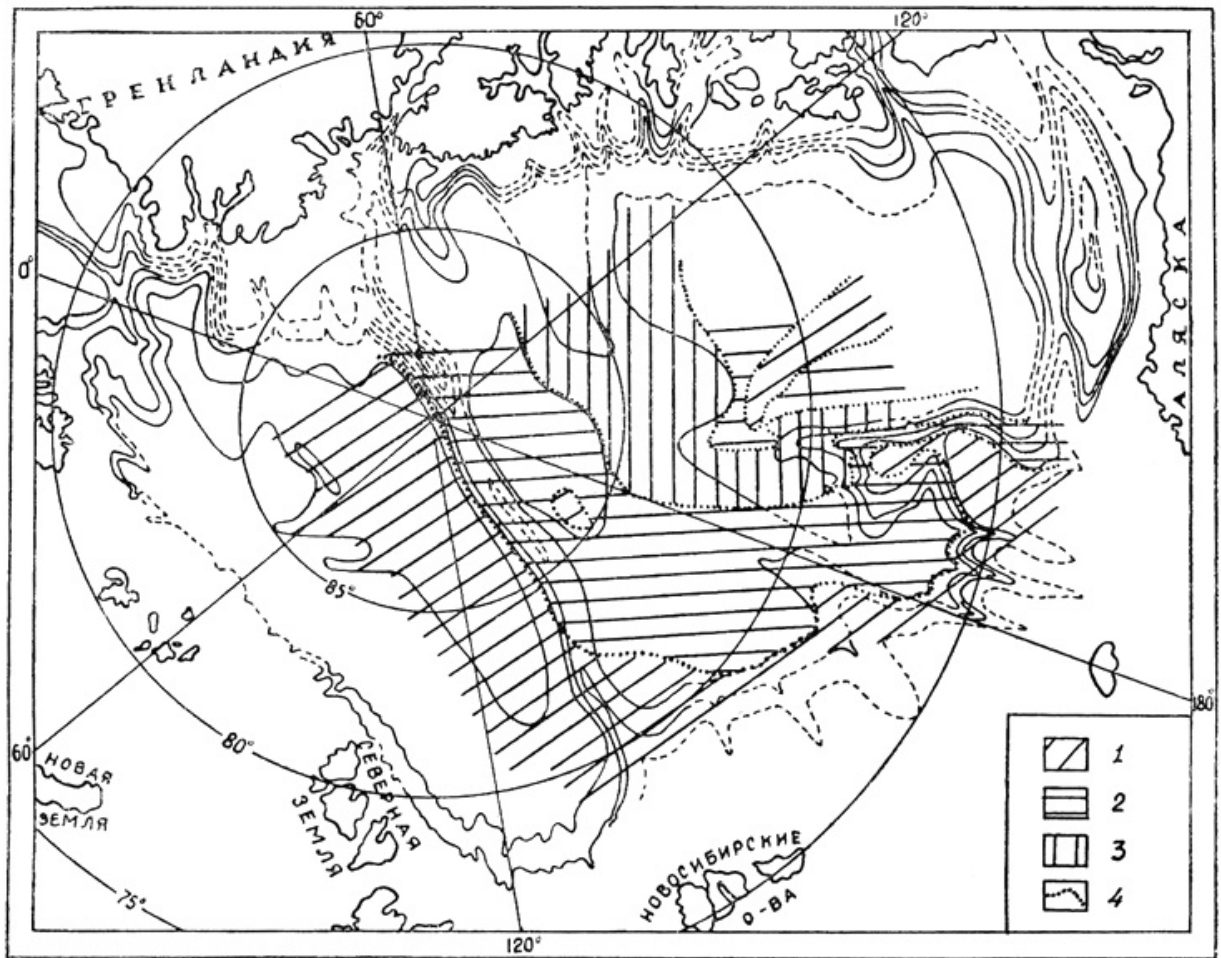


Рис. 6. Схематическая карта распределения CaCO_3 в поверхностном слое донных осадков центральной части Северного Ледовитого океана
 1-содержание CaCO_3 меньше 5%; 2-содержание CaCO_3 5-10%; 3-содержание CaCO_3 больше 10%; 4-условные границы провинций.

Значительным содержанием карбоната кальция отличаются осадки материкового склона, примыкающего к Чукотскому морю, где содержание его достигает 19,13% (станция № 38 - 1950 г.). На материковом склоне, примыкающем к Восточно-Сибирскому морю, содержание CaCO_3 несколько меньше, но все же достигает 9,41 % (станция № 44 - 1950 г.).

Распределение карбоната кальция в верхнем слое донных отложений Северного Ледовитого океана тесно связано с водными массами различного происхождения. Глубинные воды западной части бассейна холоднее, чем придонные воды восточной части бассейна.

Как известно, с понижением температуры воды увеличивается растворимость CaCO_3 . Этому также способствует скапливающаяся в придонных горизонтах вод углекислота. В восточной же части бассейна растворение карбоната кальция происходит в меньшей степени, поскольку температура придонных вод несколько выше.

Помимо того, количество CaCO_3 в осадках Северного Ледовитого океана находится в прямой зависимости от содержания микрофауны, поскольку скелет последних нередко состоит из карбоната кальция. В осадках восточной части Северного Ледовитого океана наблюдается повышенное содержание фораминифер, которое иногда доходит до 10 000 раковин на грамм сухого вещества (фораминиферово число). В осадках западной части бассейна содержание раковин фораминифер гораздо меньше и колеблется в пределах от 500 до 2 500 единиц на грамм сухого вещества.

Чрезвычайно интересным является распределение карбоната кальция по вертикали колонок грунта. Во многих колонках, которые имеют достаточную мощность, отмечаются отдельные слои, где содержание карбоната кальция значительно уменьшается. Причем в этих прослоях, как показывают данные, почти полностью отсутствует микрофауна фораминифер. Наряду с этим, отмечаются слои с повышенным содержанием CaCO_3 . Например, в осадках Гренландско-Лаптевской котловины повышенное содержание карбоната кальция наблюдается на глубине 13-18 см в области Центрально-Арктического поднятия на глубинах 17,5-26,0 см, а в Восточной котловине - 22,5-28,0 см от верха колонки. Ниже по колонке отмечается слой, где содержание CaCO_3 заметно уменьшается. Установлено, что уменьшение карбонатов в этих слоях идет параллельно с уменьшением в них окислов железа и марганца. Следует отметить, что во всех коричневых и темно-коричневых осадках количество карбоната кальция, окислов железа и марганца и содержание микрофауны гораздо больше, чем в осадках, имеющих желтовато-серый и серый цвет. Эта закономерность устанавливается для всей центральной части Северного Ледовитого океана. Изменения содержания карбоната кальция по глубине вместе с изменениями микрофауны позволили подойти к решению вопроса о климатических колебаниях в Северном Ледовитом океане.

Органическое вещество. По наличию органического вещества в осадках центральной части Северного Ледовитого океана в ее пределах можно выделить две области. Границей между ними является Центрально-Арктическое поднятие. В первой области содержание органического вещества меньше 1,0%. Она охватывает Гренландско-Лаптевскую котловину, хребет Ломоносова, окраинную часть Центрально-Арктической котловины и Центрально-Арктическое поднятие. Вторая область, где донные осадки содержат органическое вещество от 1,0 до 2,0 %, включает Восточную котловину и глубоководную часть Центрально-Арктической котловины.

В Гренландско-Лаптевской котловине содержание органического вещества находится в пределах 0,87-0,89% (станции № 1, 3 - 1949 г.). Лишь в пробе со станции № 4 - 1949 г. количество органического вещества повышается до 1,44%. В осадках на хребте Ломоносова содержание органического вещества достигает 1,01% (станция № 7 - 1949 г.).

В осадках Центрально-Арктической котловины органического вещества еще меньше - около 0,48-0,52% (станции № 3 - 1948 г. и № 10 - 1949 г.) и только в средней части этой котловины - 1,43% (станция № 3 - 1950 г.). В районе Центрально-Арктического поднятия количество органического вещества в донных осадках небольшое и находится в пределах 0,31-0,70% (станции № 14 и 16 - 1949 г.). По сравнению с другими районами наибольшее содержание органического вещества отмечается в осадках Восточной котловины, где его содержание колеблется от 1,35 до 2,29% (станции № 19 - 1949 г. и № 30 - 1950 г.).

Растворимая кремнекислота. Содержание растворимой кремнекислоты в донных осадках центральной части Северного Ледовитого океана обусловлено деятельностью микрофауны, имеющей опаловый скелет (радиолярии, диатомовые водоросли), а также приносом ее в коллоидном состоянии реками. Имеющиеся данные по содержанию растворимой кремнекислоты в донных осадках показывают, что, количество ее очень небольшое - 0,10-0,15%. Ограниченное содержание растворимой кремнекислоты в донных осадках объясняется тем, что воды Центральной Арктики не насыщены кремнием, а воды материкового стока несут очень небольшое количество кремнекислоты.

Исследования микрофауны и микрофлоры показали, что диатомовые водоросли и радиолярии, которые строят свой скелет из кремневой кислоты, в донных осадках бассейна отсутствуют.

3. ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФАУНЫ КОРНЕНОЖЕК В ДОННЫХ ОСАДКАХ

Корненожки в экологическом отношении являются весьма характерными формами, обитающими в определенных физико-географических условиях (глубина, соленость и температура морской воды). В соответствии с совокупностью указанных факторов и рельефом дна, в пределах центральной части Северного Ледовитого океана выделяются отчетливые экологические группы корненожек, которые указывают на существование определенных гидрологических условий.

Видовой состав корненожек определялся в 138 пробах грунта, причем исследованию подвергались колонки грунта с 42 станций, в которых было определено 57 видов [Щедрина, 1950]. Изучение микрофауны производилось не только из поверхностных слоев, но и в глубину по колонкам. Последнее дало возможность восстановить изменение физико-географических условий в Арктическом бассейне во времени.

Исследования показали, что в центральной части Северного Ледовитого океана группа корненожек в глубоководных отложениях малочисленна. Например, в донных отложениях в районах между Шпицбергом и Гренландией и у берегов Скандинавии описано от 165 до 250 видов корненожек. Небольшое количество видов корненожек установлено также В.Г. Морозовой в пробах грунта, полученных во время дрейфа ледокольного парохода «Г. Седов». Она определила всего 25 представителей корненожек.

Для глубоководной арктической фауны корненожек характерно следующее. Всюду отмечается исключительное господство раковинок планктона над бентосом. Раковинки планктона чрезвычайно малого размера (карликовые формы). Среди планктона преобладают раковинки вида *Globigerina pachyderma* (Ehreberg), которые В.Г. Морозовой определялись по материалам дрейфа ледокольного парохода «Г. Седов» как *Globigerina dutertrea*.

Вид *Globigerina pachyderma* является характерной формой для типичных глобигериновых глубоководных отложений центральной части Северного Ледовитого океана. В отдельных пробах количество раковин ее достигает несколько тысяч на грамм сухого грунта (фораминиферово число). Например, в пробе 4 со станции № 5 (С-4 - 1949 г.) подсчитано до 4 466 раковин, а в пробе со станции № 16 (С-4 - 1949 г.) на Центрально-Арктическом поднятии - 3 726 раковинок. В восточной части Арктического бассейна, в поверхностном слое осадков количество раковинок больше почти в два раза, а в пробе со станции № 9 (С-4 - 1949 г.) в Восточной котловине достигает 10 718. В донных осадках, по материалам ледокольного парохода «Г. Седов», фораминиферово число колеблется от 1 000 до 5 250, что по нашим материалам как раз соответствует западной части бассейна.

В донных осадках Атлантического океана фораминиферово число колеблется от 2 000 до 10 000. Незначительное количество микрофауны в западной части Арктического бассейна объясняется отсутствием благоприятных условий для ее расцвета, в восточной же части бассейна в отдельных пробах, расположенных вблизи материкового склона, эти условия, по-видимому, более благоприятные.

По распространенности на втором месте стоят виды *Eponides tenera* (Brady), относящиеся к типичному океаническому глубоководному представителю, а также *Cibicides wuellerstorfi* (Schwag.), являющемуся глубоководной формой Атлантического и Тихого океанов.

По своему видовому составу корненожки, определенные из глубоководных отложений центральной части Северного Ледовитого океана, в большинстве случаев относятся к формам, широко распространенным на глубинах мирового океана, в частности северной части Атлантического океана. Среди них известны *Pyrgo laevis* Defr. (Orb.), *Miliolina tricarinata* (Orb.), *Eponides tenera* (Brady), *Globigerina pachyderma* (Ehrenb.), *Cibicides wuellerstorfi* (Schwag.). Некоторая часть из них относится к формам, распространенным в пределах Арктического бассейна: *Elphidium goesi* Stschedrina, *Dentalina panperata* Orb. и др.

По условиям обитания большая часть обнаруженных видов корненожек принадлежит к абиссально-батиальной группе, установленной З.Г. Щедриной для Северного Ледовитого океана. В целом эта группа широко представлена на больших глубинах Северного Ледовитого океана. Нахождение в донных отложениях вида *Globigerina pachyderma* свидетельствует об определенном влиянии вод атлантического происхождения. Поэтому появление или исчезновение раковин данного вида в донных осадках следует рассматривать как увеличение или уменьшение доступа теплых вод атлантического происхождения в Арктический бассейн.

Рассматривая исследованные пробы современных морских осадков центральной части Северного Ледовитого океана в отношении размещения представителей вида *Globigerina pachyderma* (Ehrenb.) как в поверхностном слое донных осадков, так и по глубине колонок можем установить следующую особенность. В поверхностном слое морских осадков количество раковин интересующего нас вида больше в восточной части Арктического бассейна, чем в западной.

Увеличение количества раковин глобигерин в восточной части бассейна, по-видимому, связано с особенностью гидрологического режима. Как известно, донные воды Восточной котловины представляют нижнюю промежуточную водную массу, получающуюся в результате смешения теплых атлантических и холодных донных вод Гренландско-Лаптевской котловины. Следовательно, на востоке до дна доходит большая часть атлантических вод, чем на западе, вследствие чего донные воды здесь имеют положительную температуру, что создает благоприятные условия для обитания корненожек.

В западной части Арктического бассейна ниже атлантических вод располагаются холодные донные воды. Здесь в холодных водах при повышенном гидростатическом давлении раковины корненожек, состоящие из карбоната кальция, растворяются.

Некоторое уменьшение числа раковин отмечается в центральной части Восточной котловины, а также на западном склоне хребта Ломоносова. Следует указать, что *Globigerina pachyderma*, получившая развитие в Тихом океане, в Арктический бассейн не проникает. Это подтверждается отсутствием глобигерин в осадках материковой отмели Чукотского моря, хотя там установлено до 41 вида прочих корненожек, из которых большинство являются тихоокеанскими. Раковины глобигерин появляются лишь в осадках глубоководной части Чукотского желоба, куда проникают атлантические воды. Кроме того, исследованиями К.А. Бродского установлено, что глобигерины в северной части Тихого океана обитают ниже двухсотметрового горизонта, а глубина Берингова пролива лишь 70 м. Это дает возможность утверждать, что глобигерины в донных осадках центральной части Северного Ледовитого океана имеют атлантическое происхождение.

Исследуя распределение микрофауны вида *Globigerina pachyderma* по глубине в колонках грунта (длиной 60-90 см) удается повсеместно установить два четких перерыва в ее содержании, прослеживающиеся примерно на одинаковых глубинах от поверхности дна, а в восточной части бассейна отмечается и третий перерыв, связанный, очевидно, с местными условиями.

Глобигерины, попадая вместе с атлантическими водами в Арктический бассейн в новые условия, где температура морской воды значительно ниже, испытывают ряд изменений. По данным М.В. Кленовой [1948], в Арктическом бассейне указанный вид не только по величине, но и по весу в четыре раза меньше, чем та же форма, встречающаяся в осадках северной части Атлантического океана. При более значительных изменениях температуры морской воды, вызванном общим похолоданием, *Globigerina pachyderma* отмирает и ее раковины растворяются. Уменьшение или полное исчезновение раковин несомненно связано с неблагоприятными условиями существования их в Арктическом бассейне. Следовательно, отсутствие глобигерин в донных осадках указывает на общее похолодание климата Арктики, связанное с уменьшением, а возможно и прекращением доступа теплых вод атлантического происхождения в Северный Ледовитый океан.

4. БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Донные отложения центральной части Северного Ледовитого океана характеризуются ничтожным количеством бактерий. Как показали исследования, проведенные в Институте экспериментальной медицины имени академика И.П. Павлова под руководством Т.П. Симаковой, бактерии в исследуемых осадках находятся в инактивном состоянии - в спорах. Как общее количество бактерий, подсчитанное по методу С.Н. Виноградского, так и количество живых организмов, подсчитанное на мясопептонном агаре, весьма незначительное. В поверхностном слое донных осадков количество бактерий колеблется от 4 000 до 15 100 единиц на грамм сухого вещества, причем живых бактерий не более 2 280. В пробе со станции № 9 - 1949 г. количество последних снижается до 200 единиц.

В донных осадках установлено присутствие сульфато-восстанавливающих и денитрифицирующих бактерий, однако бактерий, разлагающих клетчатку, в анаэробных условиях не обнаружено. Поскольку бактерии находятся в малоактивном состоянии, процесс восстановления сульфатов и нитратов был обнаружен только через 15-24 суток, тогда как обычно эти процессы протекают в течение 1-3 суток.

Общее содержание бактерий в поверхностном слое донных осадков различно. В осадках, расположенных на повышенных формах рельефа морского дна, бактерий больше, чем в осадках, приуроченных к пониженным формам. Так, на хребте Ломоносова в донных осадках общее количество бактерий достигает 15 100 единиц на грамм сухого вещества, в районе Центрально-Арктического поднятия 12 990 единиц, тогда как в Гренландско-Лаптевской котловине оно уменьшается до 12 900, в Центрально-Арктической котловине до 12 600 и в Восточной котловине - до 4 100. Это обусловлено, по-видимому, наличием на повышенных формах рельефа более высокой температуры придонных вод и ее повышенной циркуляцией по сравнению с участками котловин.

Рассматривая содержание бактерий по глубине колонок, можно заметить, что это содержание с глубиной уменьшается, но в пробах, взятых в Гренландско-Лаптевской котловине (станция № 1 - 1949 г.) и Центрально-Арктической котловине (станция № 5 - 1949 г.), на некоторой глубине от дна наблюдается небольшое увеличение общего количества бактерий. Повышенное содержание бактерий, сохранившимся в виде спор, приурочено к коричневым осадкам. Изменение содержания бактерий в донных отложениях на некоторой глубине также указывает на изменения физико-географических условий в Арктическом бассейне. Повышенное содержание бактерий, вероятно, связано со временем потепления, а пониженное содержание - похолодания.

5. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Всесторонняя обработка колонок грунта, добытых со дна центральной части Северного Ледовитого океана в течение 1947-1950 гг., позволила выяснить строение донных осадков, скорость накопления и их абсолютный возраст, а также в общих чертах восстановить историю геологического развития бассейна за последние 40-50 тысяч лет.

За время отложения донных осадков мощностью до 90 см Северный Ледовитый океан претерпел значительные изменения как в отношении климата, так и гидрологического режима.

Отложения первого теплого периода. Наиболее глубокие слои донных осадков, поднятых трубками, вероятно формировались в течение теплого периода. По своему составу они разбиваются на нижнюю - более песчанистую и верхнюю - более глинистую части. Осадки эти пройдены не на всю мощность и вскрыты местами на 5-20 см. Нижняя

часть донных осадков, отлагавшихся в течение первого этапа теплого периода, представлена коричневым и серовато-желтым илом, а местами песчанистым илом с содержанием фракции <0,01 мм до 50% и песчаной фракции свыше 10% в западной части Арктического бассейна и до 30,0% в его восточной части. Это свидетельствует о том, что в данный период в центральную часть Северного Ледовитого океана материал приносился, главным образом, в виде механических взвесей. На это указывает и незначительное содержание в осадках марганца (MnO - 0,03-0,05%) и железа (Fe₂O₃ - 3,88%). По-видимому, температура морской воды была более высокой, чем в современных условиях, что подтверждается значительным содержанием в донных осадках карбоната кальция (до 21%) и остатков микрофауны, особенно фораминифер. Последние указывают на свободный доступ теплых атлантических вод в Арктический бассейн. По всей вероятности, Центрально-Арктическое поднятие имело более высокое гипсометрическое положение и препятствовало свободному доступу атлантических вод в Восточную котловину, что подтверждается почти полным отсутствием в донных осадках этого района северо-атлантических видов планктона.

Во второй этап теплового периода имела место трансгрессия моря, что подтверждается изменением вещественного состава отложившихся осадков. Количество мелкой фракции < 0,01 мм в донных осадках увеличивается, за счет уменьшения песчаной фракции, до 70%. В речном стоке начинает преобладать вынос материала в растворенном виде, о чем свидетельствует повышенное содержание в осадках марганца и железа. Атлантические воды в этот период проникают и в восточную часть Арктического бассейна, что подтверждается появлением здесь в осадках этого этапа времени североатлантических видов планктона. Вероятно в этот же период происходит опускание Центрально-Арктического поднятия и условия накопления донных осадков в восточной и западной частях Арктического бассейна становятся примерно одинаковыми. В течение второго этапа теплого периода повсеместно отлагался глинистый ил коричневого и темно-коричневого цвета, обогащенный железом и марганцем с большим количеством остатков микрофауны.

Отложения первого холодного периода. После теплого периода наступило похолодание, связанное, по-видимому, с оледенением. Изменение физико-географических условий отразилось и на характере донных осадков.

Осадки холодного периода прослеживаются в пределах всего Арктического бассейна. Они представлены глинистым и весьма глинистым илом серого, зеленовато-серого и коричневатого-серого цвета. В пределах Гренландско-Лаптевской котловины мощность этих осадков колеблется от 3,8 до 13,8 см, но обычно около 10 см. Содержание окислов железа и марганца в них по сравнению с подстилающими осадками уменьшается: Fe₂O₃ - до 4%, MnO - в среднем до 0,20%, карбоната кальция - до 1,4-1,5%. В Центрально-Арктической котловине мощность этих осадков изменяется в интервале 1,2-11,0 см. Содержание Fe₂O₃ в них уменьшается до 2,44 %, MnO до 0,08 % и карбоната кальция - до 0,71%. В районе Центрально-Арктического поднятия мощность аналогичных отложений равна 3,0-16,5 см. Они содержат MnO 0,12% и CaCO₃ - 0,81%. В Восточной котловине мощность описываемых осадков колеблется от 1,2 до 12 см. Они заключают в себе: Fe₂O₃ около 3,15%, MnO - 0,16% и CaCO₃ - 2,5%. В пределах материкового склона, примыкающего к Чукотскому морю, эти осадки были вскрыты только одной колонкой и полного определения вещественного состава из-за малого количества материала провести не удалось.

Общее похолодание климата отрицательно сказалось на развитии морской фауны. Доступ теплых атлантических вод в Арктический бассейн уменьшился, а возможно и вообще прекратился, что подтверждается отсутствием микрофауны и, в частности, североатлантических видов.

Отложения второго теплового периода. После общего похолодания (оледенения) в пределах Северного Ледовитого океана произошло потепление. Оно способствовало

выщелачиванию солей железа и марганца на материке и последующему выпадению их из растворов в Арктическом бассейне при взаимодействии холодных арктических вод с теплыми атлантическими, которые вновь получили широкий доступ в Арктический бассейн. Отложения этого времени в пределах центральной части Северного Ледовитого океана представлены глинистым и местами весьма глинистым илом коричневого и темно-коричневого цвета с желтоватым и розоватым оттенками. Содержание мелкой фракции <0,01 мм в них увеличивается до 89%.

В пределах Гренландско-Лаптевской котловины мощность этих осадков колеблется от 3,8 до 36,0 см, обычно же около 5,0-6,0 см. Содержание Fe_2O_3 здесь увеличивается до 4,5-5%, MnO - до 0,35-0,40% и карбоната кальция - до 1,7%. В Центрально-Арктической котловине мощность осадков второго теплого периода колеблется от 4,8 до 24,0 см. Содержание MnO в них увеличивается до 0,55%, карбоната кальция до 4,55%. В районе Центрально-Арктического поднятия мощность описываемых осадков колеблется от 4,0 до 12,0 см, в отдельных случаях возрастает до 23,0 см; они содержат Fe_2O_3 4,75%, MnO - 0,33% и карбоната кальция - 8,5%. В Восточной котловине данные отложения имеют мощность от 9,0 до 20,0 см. В них находится Fe_2O_3 до 5,0%, MnO - 1 до 0,44% и особенно резко возрастает количество карбоната кальция - до 12-20,3%. В районе материкового склона, примыкающего к Чукотскому морю, осадки этого периода прослежены по ряду проб. Мощность их возрастает до 10,0-21,5 см. Они содержат Fe_2O_3 4,10%, MnO - 0,55 % и карбоната кальция - 8,4 %.

Для осадков второго теплого периода характерно наличие большого количества остатков микрофауны северо-атлантического облика, наличие которых свидетельствует о свободном доступе атлантических вод в Арктический бассейн.

Таким образом, отложения второго теплого периода, в отличие от нижележащих отложений холодного времени, характеризуются большей дисперсностью, повышенным содержанием железа, марганца, карбонатов и большим количеством микрофауны. Высокое содержание карбонатов в этих осадках, особенно в восточной части Арктического бассейна, дает возможность высказать предположение о том, что воды этой трансгрессии имели в течение рассматриваемого этапа истории развития данного бассейна наиболее высокую температуру.

Отложения второго холодного периода. Донные осадки, отложившиеся в период нового похолодания, наступившего после потепления, характеризуются уменьшением дисперсности. В это время, наряду с глинистым илом, отлагался ил с включением гравия и гальки, серого цвета, с желтыми и коричневыми оттенками. Микрофауна в нем почти полностью отсутствует или имеется в незначительном количестве.

В пределах Гренландско-Лаптевской котловины мощность донных осадков этого периода колеблется от 7,0 до 10,5 см. Содержание Fe_2O_3 в них уменьшается до 4,4 %, MnO - до 0,33% и карбоната кальция - до 1,5%. В Центрально-Арктической котловине мощность этих осадков исчисляется от 4,3 до 17,5 см. Они содержат Fe_2O_3 2,64%, MnO - 0,05% и карбоната кальция - 0,86 %. На Центрально-Арктическом поднятии мощность отложений времени второго холодного периода достигает 4,0-15,0 см и лишь в отдельных случаях - 26,0 см. Содержание Fe_2O_3 в них равно 2,69%, MnO - 0,05% и карбоната кальция - 4,3%. В Восточной котловине мощность описываемых осадков колеблется от 2,0 до 18,0 см. Они заключают в себе Fe_2O_3 2,56 %, MnO - 0,06 % и карбоната кальция - 1,53%. На материковом склоне, примыкающем к Чукотскому морю, мощность их возрастает до 28-30 см. Осадки содержат 3% Fe_2O_3 и 0,08% MnO , карбоната кальция - 1-9%.

В общем, для отложений второго холодного периода характерно повышение роли механических взвесей и уменьшение количества материала, выпадающего из растворов. Наличие в этих отложениях гравия и гальки свидетельствует об интенсивном размыве суши. Отсутствие микрофауны в осадках указывает на понижение температуры воды в бассейне, связанное очевидно с уменьшением доступа атлантических вод в Северный Ледовитый океан.

Отложения современной эпохи. После окончания второго холодного периода наступили условия, близкие к современным. В связи с таянием ледников, уровень моря повысился, началась современная трансгрессия моря, которая в Арктике продолжается и до настоящего времени. Вследствие общего углубления Арктического бассейна, на его дне отлагаются глинистые и весьма глинистые илы с содержанием фракции <0,01 мм до 97%. Эти илы широко представлены в восточной части бассейна. Только на повышенных формах рельефа дна наблюдаются более грубодисперсные осадки. Роль механических взвесей, выносимых реками, в осадкообразовании уменьшается, преобладает поступление веществ в растворенном виде.

Отложения современной эпохи представлены темно-коричневым и коричневым глинистым илом. В районе Гренландско-Лаптевской котловины мощность современных донных осадков колеблется от 6,0 до 14 см. Содержание Fe_2O_3 в них увеличивается до 7,47%, хотя обычно около 5%, содержание MnO достигает 0,49%, но наиболее часто встречается около 0,42%. Карбоната кальция меньше 5,0%. В Центрально-Арктической котловине мощность современных донных осадков колеблется от 13,0 до 24,0 см. В них количество Fe_2O_3 достигает 3,58%, MnO - 0,30% и карбоната кальция - 6,35%. В районе Центрально-Арктического поднятия мощность современных донных отложений колеблется от 2,0 до 19,0 см и лишь в некоторых местах увеличивается до 49,0 см. Здесь количество Fe_2O_3 равно 3,52%, содержание MnO увеличивается до 0,48%, а карбоната кальция - до 11,5%. В Восточной котловине мощность современных донных осадков колеблется от 2,0 до 18,0 см. В центральной части этой котловины залегает зеленовато-серый, весьма глинистый ил, а по ее окраинам прослеживается коричневый и темно-коричневый весьма глинистый ил. В последнем иногда встречается довольно много гальки, гравия и неокатанных обломков пород. В илах Восточной котловины Fe_2O_3 содержится около 4,0%, количество MnO увеличивается до 0,56%, а содержание карбоната кальция уменьшается до 10,75% и иногда до 6,65%. В районе материкового склона, примыкающего к Чукотскому морю, мощность осадков колеблется от 2,0 до 20,0 см. Здесь в основном развиты глинистый ил, обогащенный значительным количеством крупнообломочного материала (галька, гравий). В нем содержание Fe_2O_3 равно 4,35, MnO - 0,58% и карбоната кальция - около 8,10%.

Характеризуя донные осадки центральной части Северного Ледовитого океана следует остановиться на рассмотрении их возраста и скорости накопления.

Для определения возраста донных осадков и установления скорости их накопления производились анализы на содержание радия по шести грунтовым колонкам. Как известно, радий в морской воде находится как в виде растворенных солей, так и в составе минералов. Следовательно, процесс накопления радия в донных осадках является весьма сложным. Определение возраста осадков по содержанию в них радия возможно в том случае, если в этих осадках отсутствуют минералы, в состав которых входит радий: иными словами - при определении абсолютного возраста осадков учитывается только тот радий, который образуется в результате распада иония. Условия выпадения и последующей миграции радия в осадках аналогичны таковым для марганца, и концентрации этих элементов идут почти параллельно (табл. 2).

Содержание радия в донных осадках центральной части Северного Ледовитого океана колеблется в пределах от $0,6 \cdot 10^{-10}$ % до $6,1 \cdot 10^{-10}$ %, а среднее содержание его в поверхностном слое порядка $2,3 \cdot 10^{-10}$ % (6 анализов). Минимальная радиоактивность отмечена в осадках Восточной котловины, а максимальная в осадках Центрально-Арктической котловины.

Изучение распределения радия в донных осадках позволило установить изменение содержания последнего по глубине колонок (см. табл. 2) и на основании этого определить возраст и скорость осадконакопления.

Таблица 2

Содержание радия и марганца в донных осадках центральной части Северного Ледовитого океана

		Гренландско-Лаптевская котловина						Центрально-Арктическая котловина						Восточная котловина					
Станция № 1—1949 г.		Станция № 4—1949 г.		Станция № 5—1950 г.		Станция № 5—1949 г.		Станция № 25—1949 г.		Станция № 30—1950 г.									
глубина от верха ко- лонки (см)	Ra $10^{-10}\%$	MnO (%)	глубина от верха ко- лонки (см)	Ra $10^{-10}\%$	MnO (%)	глубина от верха ко- лонки (см)	Ra $10^{-10}\%$	MnO (%)	глубина от верха ко- лонки (см)	Ra $10^{-10}\%$	MnO (%)	глубина от верха ко- лонки (см)	Ra $10^{-10}\%$	MnO (%)	глубина от верха ко- лонки (см)	Ra $10^{-10}\%$	MnO (%)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
2-3	1,6	0,14	2-4,5	2,8	0,15	0-2,0	1,6	0,18	1-2	5,1	0,38	0-1	2,0	0,42	2-4	0,6	0,10		
12-14	6,1	0,16	4,5-7,0	2,7	0,25	5,0-7,0	0,9	0,25	5-7	4,3	0,24	7,5-10,5	0,6	0,11	7-9	1,6	0,06		
24-26	3,8	0,18	9,5-11,5	1,8	0,25	10-12	1,4	0,19	12-14	4,8	—	14,5-16,5	1,9	0,36	12-14	1,8	—		
36-38	3,4	0,16	16,5-19,0	2,0	0,40	15-17	2,3	0,26	18-20	1,2	—	20,4-22,4	3,1	0,52	17-19	0,8	—		
46-47	1,1	0,03	23-24,5	1,3	0,12	20-22	1,8	0,19	24,0-25,8	2,9	0,55	26,0-27,0	1,3	0,16	22-24	1,4	—		
—	—	—	29,5-31,0	1,2	0,17	25-27	1,2	0,22	31-33	1,6	0,08	31,3-33,3	2,7	0,60	27-29	1,4	—		
—	—	—	36-37	0,7	0,07	30-32	1,2	0,24	38,0-39,5	1,7	0,10	38,0-39,0	0,6	0,21	32-34	0,7	—		
—	—	—	40-41	0,9	0,10	35-37	0,9	0,25	45-47	0,7	—	43,5-44,3	3,4	—	37-39	1,9	—		
—	—	—	—	—	—	40-42	1,2	0,07	—	—	—	—	—	—	43-45	0,9	—		
—	—	—	—	—	—	45-47	1,7	0,24	—	—	—	—	—	—	48-50	1,7	0,17		
—	—	—	—	—	—	51-52	1,6	0,06	—	—	—	—	—	—	53-55	2,4	—		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58-60	0,8	—		

В донных осадках Арктического бассейна в содержании радия вглубь по колонкам отмечается один максимум. Однако в донных осадках Восточной котловины кривая распределения получилась несколько необычного вида. На ней отмечается два максимума в содержании радия.

Исследуя радиоактивность донных осадков арктических морей, М.М. Ермолаев [1948; 1948a] указывает, что максимум накопления радия в этих осадках наступает через 9 200 лет, после выпадения иония.

Приняв за основу уравнение распада радия, удалось подсчитать возраст и скорость осадконакопления [Курбатов и Егоров, 1936]. $R_t = R_0 l^{-\lambda t}$ где R_t - количество радиоактивного вещества в момент t , R_0 - количество радиоактивного вещества в начальный момент; l - основание натуральных логарифмов; λ - константа распада для радия, равная $4,36 \cdot 10^{-4}$ лет, t - время, в течение которого происходил распад. Так, в Гренландско-Лаптевской котловине скорость накопления осадков оказалась в пределах 1,3-1,8 см в тысячу лет (влажного грунта). В Центрально-Арктической котловине она достигает 1,3 см в тысячу лет. В Восточной котловине скорость осадконакопления колеблется от 1,3-1,5 см в тысячу лет и у подножия материкового склона, примыкающего к Чукотскому морю, 2,1-2,4 см в тысячу лет.

Скорость осадконакопления удалось также определить на основании расчленения донных осадков на современные и более древние отложения по их литологическому составу и характеру микрофауны. Исходя из мощности слоя современных осадков, скорость накопления в западной части Арктического бассейна, т.е. в Гренландско-Лаптевской котловине получается порядка 1,0-1,5 см, в Центрально-Арктической котловине 1,4-2,6 см, а в Восточной котловине - 0,2-2,0 см в тысячу лет. Эти данные очень мало расходятся с величинами скорости накопления осадков, полученными по распаду радия.

В районе Центрально-Арктического поднятия скорость накопления осадков получилась несколько меньшей - 1,0-2,2 см в тысячу лет, тогда как в пробах, расположенных вблизи материкового склона, примыкающего к Чукотскому морю, она оказалась равной 4,4-5,0 см в тысячу лет. Скорость накопления осадков в верхней части материкового склона на глубинах до 1000 м около 0,5 см, на глубинах выше 1000 м около 1,8-2,4 см, у подножья склона, т.е. на глубине порядка 2000 м, до 3,6 см в тысячу лет. Большие значения скорости накопления осадков у основания материкового склона, по-видимому, связаны с оползанием осадков по склону.

Приняв вычисленную скорость осадкообразования за среднюю скорость накопления осадков применительно к добытым колонкам грунтов, имеющим мощность от 60 до 80-90 см, получаем, что возраст этих осадков исчисляется примерно в 45-50 тысяч лет. Исходя из этого, осадки первого теплого периода отлагались ранее 45 тысяч лет тому назад. Осадки первого холодного периода отлагались в интервале от 45 тысяч до 38-35 тысяч лет тому назад, что по времени совпадает с зырянским оледенением, имевшим место на севере Сибири [Сакс, 1948; 1953]. Осадки следующего второго теплого периода датируются интервалом времени от 38-35 до 18-20 тысяч лет, т.е. эти осадки отлагались очевидно в период каргинской трансгрессии. Осадки следующего периода - второго похолодания - отлагались в течение от 18-20 до 9-10 тысяч лет тому назад, по-видимому, в период сартанского оледенения. Современные же осадки начали отлагаться около 9-10 тысяч лет тому назад, накопление их происходит по настоящее время.

В заключение следует указать, что достижения в деле изучения геологии морского дна за последние годы велики. В настоящее время мы располагаем большим фактическим материалом как по рельефу дна, так и по строению донных осадков. Однако, несмотря на это, целый ряд вопросов остается до сих пор не выясненным. Так, не совсем еще выявлен характер распределения и состав донных осадков в районе материкового склона всего Северного Ледовитого океана. Мало проб еще поднято с хребта Ломоносова и других участков дна океана. Не все еще ясно в вопросе о возрасте осадков, а также о скорости

осадконакопления. Совершенно необходимым является определение содержания радия в более мощных колонках с попутным определением наличия иония.

Очень важной задачей геологического исследования Арктического бассейна является получение мощных колонок грунта с ненарушенной стратификацией осадков, для вскрытия возможно более древних отложений. Для глубоководной части Арктического бассейна уже 5-10-метровая трубка дала бы более эффективные результаты, что позволило бы более полно осветить историю геологического развития Северного Ледовитого океана. Практика исследований показывает, что по донным осадкам можно расшифровать не только климатические изменения, но также изменения гидрологического режима бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Веденева Н.Е., Ратеев М.А.* Идентификация дисперсных минералов с помощью красителей на основе спектрофотометрии. Докл. АН СССР, т. 71, № 1, 1950.
2. *Викулова М.Ф.* О новейших методах исследований глинистых минералов. Труды Всес. совещ. работников минер.-петрограф. лабораторий. Госгеолтехиздат, 1955.
3. *Гинзбург И.И., Рукавишников И.А.* Минералы древней коры выветривания Урала. Изд. АН СССР, 1951.
4. *Ермолаев М.М.* О литогенезе пластических глинистых морских осадков. Изв. АН СССР, сер. геол, № 1, 1948.
5. *Ермолаев М.М.* Проблема исторической гидрологии морей и океанов. Вопросы географии, Сб. Моск. филиала Географич. общ. СССР, № 7, 1948.
6. *Кленова М.В.* Геология моря. Учпедгиз, М., 1948.
7. *Курбатов Л.М., Егоров В.А.* К вопросу о возможности определения возраста современных донных отложений радиоактивным методом. Арктика, кн. IV, 1936.
8. *Максимов И.В.* К вопросу приливо-отливных явлений в области материкового склона, морей Арктики. Проблемы Арктики, № 1, 1946.
9. *Петров В.П.* Геолого-минералогическое исследование уральских белых глин. Труды Инст. геол. наук АН СССР, вып. 95, № 29, 1948.
10. *Ратеев М.А.* Минералогический состав тонкодисперсных фракций современных морских осадков. Труды ГОИН, вып. 5, 1948.
11. *Сакс В.Н.* Четвертичный период в Советской Арктике. Труды Аркт. инст., т. 201, Л., 1948.
12. *Сакс В.Н.* Опыт восстановления истории развития Сибири в четвертичный период. Материалы по четвертичному периоду, вып. 3, 1953.
13. *Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князев Л.М., Разживина Л.Н., Ратеев М.А., Сапожников Д.Г., Шишова Е.Е.* Образование осадков в современных водоемах. Изд. АН СССР, 1954.
14. *Щедрина З.Г.* К распределению морских корненожек в связи с условиями их обитания. Докл. АН СССР, т. LXX, № 4, 1950.

Ссылка на данную статью:



Белов Н.А., Лапина Н.Н. Донные отложения центральной части Северного Ледовитого океана // Сборник статей по геологии Арктики. Вып. 9. Труды НИИГА. Том 85. 1958. С. 90-116.