

УДК551.3.051:552.123(268-191.2)

## Факторы, влияющие на характер распределения осадка по крупности зерна (район южной части хребта Ломоносова)

С.А. Бондаренко

На основании гранулометрического анализа 45 поверхностных проб донных отложений сделаны выводы об основных условиях формирования механического состава осадков.

Современные донные отложения акватории листов U-53-56 (южная часть хребта Ломоносова и прилегающие подводные равнины) изучены грунтовым опробованием в очень малой степени и крайне неравномерно. Объем аналитических данных невелик. В общем виде результаты нормального хода механической дифференциации выражаются в увеличении дисперсности осадков с увеличением глубин бассейна. Однако этот процесс в достаточной мере осложняется особенностями путей поступления терригенного материала и изменчивостью течений, что показывает неполноту начальных представлений о важности воздействия глубин и расчлененности рельефа дна на закономерности формирования механического состава осадков.

### Материалы

Для настоящей работы были использованы данные по 45 грунтовым станциям с количественными гранулометрическими анализами (Семенов Ю.П. и др., 1971; фонды НИИГА; данные по рейсу «Поларштерн-1995»; данные по рейсу «Россия-2007») и 12 - с качественными [Reports..., 1997]. 13-фракционный гранулометрический анализ для образцов из обоих рейсов был выполнен в литолого-минералогической лаборатории ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга.

### Обсуждение

Для донных осадков удаленных от берега областей устанавливаются следующие вероятные агенты аккумуляции: речной сток, эоловый привнос, айсберговый разнос, ледовый разнос, принос течениями.

Поскольку Северный Ледовитый океан представляет собой замкнутый водоем, со всех сторон окруженный сушей, логично допустить, что поверхностные течения, направляющиеся из окраинных морей, доставляют мелкозернистый материал от устьев крупных рек в центральный бассейн [Сакс, 1952; Верба, 2008]. Однако нет оснований предполагать сугубую важность этого фактора в общем балансе.

Эоловый снос включает в себя как непосредственное попадание принесенных ветром твердых частиц на поверхность льдов в период их формирования и стояния в шельфовых морях, так и захват образующимися внутриводными льдами частиц, попавших в теплый период с суши в речные и прибрежные воды [Dethleff et al., 1993]. Эоловые поставки материала непосредственно на открытую поверхность океанических вод ограничены в связи со значительными площадями распространения ледовых массивов и краткостью периода их сокращения [Атлас..., 1980].

Мощное Трансарктическое течение поверхностных вод является механизмом, обеспечивающим общее направление дрейфа на северо-запад. Однако в восточном секторе Арктики отсутствуют условия для айсбергообразования, а это означает, что в рассматриваемый район попадают лишь случайные айсберги из тех, которые продуцируются в Канадском бассейне и в районе архипелага Северная Земля. То есть объем осадочного вещества, поставляемого этим агентом, минимален.

Ледовый разнос - явление сложно-составное. Речные льды изначально несут береговой материал и какое-то количество донного. Льды, порожденные реками, устья которых расположены в более холодном климатическом поясе, чем основное течение, вскрываются под давлением воды из верховий. Таким образом, идет захват материала и с берегов в низовьях, и с прибрежных мелководий. Морской донный лед формируется на глубинах до 20-40 м и захватывает донные осадки побережья [*Лисицын, 1961*]. Собственно морские льды набирают терригенный материал во время прибрежного торошения. Основная же часть поступает с припайными льдами, взламывающимися весной и несущими материал с берегов и мелководий. Все эти льды, формирующиеся на водотоках суши и в прибрежной зоне, включаются в общее ледовое поле и движутся с ним вместе.

Принос течениями включает как материал дальней доставки (поступление взвесей с Тихоокеанским течением с юго-востока и атлантическими водами с запада), так и частицы, высвобожденные волновой деятельностью и термоабразией берегов и дна, подхваченные течениями, зарождающимися на северосибирском мелководье (или проходящими через него), а также продукты локальных гидродинамических размывов дна.

В то время как зерновой состав материала речного стока, эолового сноса и приноса течениями характеризуется преобладанием алевритов и пелитов, вещество, собранное айсбергами и льдами, должно являть собой смесь грубообломочного, крупнозернистого и тонкозернистого материала.

Попробуем учесть влияние действующих агентов денудации и абразии морских отложений: размыва донных отложений течениями (главным образом, на положительных формах рельефа и склонах) и оползней как гравитационных, так и вызванных землетрясениями.

Оползни исключаем как не влияющие на гранулометрический облик осадка в целом. Что же касается придонных течений, то, насколько известно, их скорость невелика. Вероятно, она может увеличиваться на склонах. Исследования, проведенные в более северных частях хребта Ломоносова, показали наличие современных придонных движений водных масс в направлении, поперечном хребту, с максимальными скоростями, превышающими 12 см/с [*Jakobsson, 1999*]. Это дает основание считать, что и в пределах акватории листа имеет место движение холодных вод, пересекающих хребет с запада на восток под углами в 45-90°, и погружающихся в котловину Подводников и порождающих вдольсклоновые течения. Выходит, что, за отдельными исключениями, напряженности среды гидрогенного седиментогенеза недостаточно для отрыва крупнопесчаных и гравийных частиц, и эта часть осадка остается практически неизменной.

Глубины большей части акватории - типично океанические, превышающие 2000 м. Даже на хребте Ломоносова слой воды редко уменьшается до величин в 800-1000 м. Минимальная глубина (400 м) отмечена на южной границе листа, на материковом склоне.

Зона ослабленных льдов, которым свойственна повышенная трещиноватость и образование разводий в летнее время, разделяет Приатлантический и Канадский ледяные массивы. К северу от Новосибирских островов она совпадает с простиранием подводного горного хребта Ломоносова [*Геология..., 1970*]. Эта зона может быть связана с повышенным воздействием приливно-отливных сил на перепаде глубин от хребта к абиссальным равнинам и своеобразием вертикальной циркуляции вод.

Своеобразие гидрологического режима, обусловленного теплым течением из Атлантики, выражается в сложной страти-

фикации водных масс. Вся толща океанических вод довольно четко делится на три горизонта: холодные поверхностный и придонный и относительно теплый срединный [Геология..., 1970].

Первый горизонт, мощностью 200-250 м, представлен поверхностными арктическими водами с отрицательными температурами. Верхний его слой, примерно до 50 м, характеризуется пониженной соленостью (32‰) [Атлас..., 1980], которая объясняется как притоком опресненных вод речного происхождения, так и постепенным таянием дрейфующих льдов. В состав вод этого горизонта входят не только перемешанные воды шельфовых морей и речной сток, но и тихоокеанские воды (проявляющиеся, в основном, в юго-западной части акватории листа) [Океанографическая..., 1974].

На глубинах от 200-250 до 750-800 м [Атлас..., 1980], прижимаясь к материковому склону и затем отклоняясь к северу, идут на северо-восток атлантические воды второго горизонта. Эти плотные воды в виде медленного течения распространяются на всей рассматриваемой акватории.

Ниже находятся холодные воды третьего горизонта, распространяющиеся до дна глубоководных впадин [Атлас..., 1980]. Придонные воды впадины западнее хребта Ломоносова холоднее вод восточной впадины [Мильков и Гвоздецкий, 1958], что позволяет предполагать их дифференцированное происхождение. Придонные воды перемещаются в направлении, не зависящем от движения поверхностных и атлантических, хотя в целом выдерживается ориентация на север. В южной части листа близость континентального склона приводит к преобладанию субпараллельного течения.

Таким образом, с верхним горизонтом вод связаны поставки эолового, ледового и речного материала, а также взвесей Тихоокеанского течения. Второй горизонт содержит атлантические взвеси. Воды третьего горизонта осуществляют перераспределение донных отложений в результате размыва дна течениями и влияют на расщепление терригенного материала, принесенного водами двух верхних горизонтов.

### Гранулометрический состав

Следует отметить, что донные отложения в пределах листа весьма однообразны. Выделяются только 2 группы моногранулярных и одна группа смешанных осадков (классификация ВНИИОкеангеология) [Методические..., 1986].

Моногранулярные осадки, сложенные на 75% и более доминирующей фракцией, представлены исключительно пелитами.

Чистые пелиты отмечаются в значительной части котловины Амундсена, а также в юго-восточной части листа, у материкового склона. С достаточной долей уверенности можно предположить их наличие в глубоководной области котловины Подводников, однако эта зона пока не обеспечена фактическим материалом грунтовых станций, и чистые пелиты зафиксированы там единственным опробованием.

Пелиты оконтуривают площади, занятые чистыми пелитами, и составляют самостоятельный контур в котловине Подводников. Интересно появление пелитовых осадков (в том числе и чистых разностей) на хребте Ломоносова, в северной части рассматриваемой акватории.

Осадки переходного типа, сложенные на 50-75% одной фракцией и на 10-25% второй, занимают около 40-50% территории. Они представлены отложениями с различным соотношением пелитовой и алевритовой размерности с преобладанием пелитовой.

Алевритовые пелиты развиты на весьма различных глубинах. Они картируются от южной до северной границы листа в основном крупными сплошными контурами. Сортированность алевропелитов средняя, что можно связать с гетерогенными условиями их седиментогенеза.

Таким образом, наблюдается достаточно однородный механический состав с преобладанием пелитов и алевропелитов. Пелитовые частицы уверенно преобладают в осадках, составляя от 50 до 98%. Алевритовая фракция содержится в меньшем количестве - от 1 до 47%. Содержание песчаных зерен незначительно и не превышает 4.5% (с одиночным значением 12%). При

этом крупнопесчаной фракции в осадке не больше 0.1%. Крупнообломочного материала в осадках почти нет - из имеющихся проб лишь в одной есть гравий (0.1%).

### Выводы

Некоторые исследователи предполагают, что доминирует ледовый разнос материала с берегов и мелководий [Kassens & Thiede, 1994]. Крайне невысокое процентное содержание песчаной фракции и фактическое отсутствие крупнообломочной составляющей противоречат этому предположению. Так как терригенный материал концентрируется преимущественно в нижних частях льдин и в гораздо меньшей степени подвергается оттайке, находясь в контакте с холодными водами, чем снег и верхний слой ледового покрова, подвергающиеся влиянию солнечных лучей, то логичнее выглядит гипотеза об относительно весомом вкладе эолового сноса. В пользу этой гипотезы говорит местоположение станций с «повышенными» (3-4%) содержаниями песчаных частиц - к северу от летней линии распространения льдов. На открытую поверхность воды попадают аэрозоли алевритовых и пелитовых размерностей, а та часть эолового материала, которая попала на льды ближе к берегу и содержит песчаные (преимущественно мелкопесчаные) зерна, разгружается, вероятнее всего, когда развивается сильная трещиноватость льдов. Снег и верхняя часть льдины подтаивают и вместе с этими «талыми» водами терригенные частицы попадают в океан.

Единственная станция, где на долю песчаной фракции приходится 12%, находится на самом хребте Ломоносова. Она

окружена станциями со стандартными значениями от 0.3 до 3%. Более чем вероятно (учитывая данные по колонкам, пройденным в рейсе «Россия-2007»), что здесь имеет место размыв дна, выведший на дневную поверхность слой, соответствующий осадку с содержанием песчаных зерен около 14%, вскрытому на глубине 30-60 см от поверхности дна.

Поскольку ни речной сток, ни эоловый снос на таком расстоянии от суши не могут быть признаны главенствующими агентами транспортировки, а преобладающая роль ледового разноса вызывает серьезные сомнения, приходится признать преобладающее значение приноса течениями и, вслед за В.А. Кошелевой [2001], указать на ближайшие подводные области сноса как на основные источники терригенного материала.

То есть для районов, находящихся на значительном удалении от материковой и крупноостровной суши, распределение частиц по крупности определяется в первую очередь свойствами агентов аккумуляции. Имея в виду, что аэрозоли несет ветер, льды дрейфуют с поверхностными течениями, которые подхватывают и остатки речного стока, а размыв и перемыв донных отложений осуществляется придонными течениями в ограниченных площадных пределах, можно с уверенностью сказать, что рельеф дна (который в пределах листа расчленен в достаточно высокой степени) и абсолютная глубина теряют свою роль в формировании гранулометрического облика осадков. Чему лишнее доказательство - наличие чистых пелитов на хребте Ломоносова и алевропелитов в котловинах.

### Список литературы

1. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. М.: Минобороны СССР, 1980. С. 18-153.
2. Верба М.Л. Сравнительная геодинамика Евразийского бассейна. СПб.: Наука, 2008. 191 с.
3. Геология СССР. Том XXVI. Острова Советской Арктики (геологическое описание). Глав. ред. А.В.Сидоренко. М.: Недра, 1970. 584 с.
4. Кошелева В.А. К вопросу о полярном литогенезе // Международная конференция «Полярные области Земли». СПб.: ВНИИОкеангеология, 2001. С. 74-76.
5. Лисицын А.П. Закономерности ледового разноса грубообломочного материала // Современные осадки морей и океанов. М.: изд. АН СССР, 1961. С. 232-284.

6. Методические рекомендации по гранулометрическому классифицированию осадков. Л.: ПГО «Севморгеология», 1986. 18 с.

7. Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. М.: Географиздат, 1958. С. 27-166.

8. Океанографическая энциклопедия. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 631 с.

9. Сакс В.Н. Условия образования донных осадков в Арктических морях СССР. Тр. НИИ-ГА. Т. XXXV. Л.-М.: изд. Главсевморпути, 1952. 139 с.

10. Dethleff D., Numberg D., Reimnitz E., Saarso M. and Savchenko Y.P. The Laptev Sea - its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux // Reports on Polar Re-

search. East Siberian Arctic Region Expedition'92. 1993. № 120. P. 11.

11. Jakobsson M. First high-resolution chirp sonar profiles from the central Arctic Ocean reveal erosion of Lomonosov Ridge sediments // Marine Geology. 1999. № 158. P. 111-123.

12. Kassens H. and Thiede J. Climatological significance of Arctic sea ice at present and in the past // Reports on Polar Research. Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas. 1994. № 144. P. 40-45.

13. Reports on Polar Research. Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV «Polarstern» in 1995 / Ed. By E. Racher. 1997. № 226. 330 p.

**Bondarenko S.A. Factors in distribution of grain-size parameters (southern part of Lomonosov Ridge) // Geological and geophysical characteristics of the lithosphere of the Arctic Region. S.-Pb., VNIIOkeangeologia, 2010. (Transactions of VNIIOkeangeologia. V. 218. N 7)**

Sedimentary successions of the sea-floor sediments as revealed in the granulometrical structures. The notions are developed on the base of granulometric analyses of 45 bottom samples.

**Ссылка на статью:**



**Бондаренко С.А. Факторы, влияющие на характер распределения осадка по крупности зерна (район южной части хребта Ломоносова) // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 7. Тр. ВНИИОкеангеология. Том 210. С. 67-70.**