

УДК 551.35

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ГРАВИТАЦИОННАЯ ГРУНТОВАЯ ТРУБКА: ПРЕИМУЩЕСТВА, ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В МОРЕ

© 2024 г. А. Н. Колесник*, О. Н. Колесник, С. А. Селютин,
А. А. Босин, А. С. Астахов

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

**e-mail: kolesnik_a@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 04.08.2023 г.

После доработки 27.11.2023 г.

Принята к печати 28.12.2023 г.

Рассмотрена модифицированная гравитационная грунтовая трубка (МГГТ) для более эффективно-го и качественного отбора кернов осадков в условиях моря и океана. Доработаны такие элементы конструкции, как кернорватель, соединительные муфты секций, груз и такелажная скоба, удалены оголовье и запорная крышка. В результате сравнительного испытания в Южно-Чукотской котловине Чукотского моря показано, что МГГТ отбирает на 30% более длинные керны, чем стандартная гравитационная грунтовая трубка (СГГТ). Судя по распределению в кернах такого редокс-чувствительного элемента, как железо, при использовании МГГТ в осадках сохраняется поверхностная окисленная пленка, то есть нарушение свойств и текстуры/структуры осадков при пробоотборе минимально.

Ключевые слова: керн осадков, гравитационная грунтовая трубка, модификация, Чукотское море

DOI: 10.31857/S0030157424040149, **EDN:** PQVMTT

ВВЕДЕНИЕ

Изучение водоемов, в том числе самых крупных и глубоких из них — морей и океанов, неразрывно связано с отбором проб донных осадков. Донные осадки современных и древних морей и океанов, исследованием которых занимается морская геология, резко преобладают над континентальными отложениями [18]. В настоящее время морская геология развивается по таким основным направлениям как [21]: 1) подводная геологическая съемка; 2) поиски и разведка подводных месторождений полезных ископаемых; 3) исследования по общей и теоретической морской геологии — стратиграфические, литологические, геохимические, металлогенические и др.; 4) палеоокеанологические и палеоклиматические исследования; 5) инженерные исследования; 6) экологические исследования. Развитие всех перечисленных направлений невозможно без создания и развития технических средств и методических разработок для отбора проб морских отложений. При этом необходимо учитывать ряд важных требований, главными из которых являются: 1) представительность отбираемых проб; 2) ненарушенность структуры и стратификации отбираемых проб; 3) надежность и удобство

в эксплуатации и простота конструкции средства пробоотбора; 4) экономическая эффективность процесса пробоотбора [21].

Для получения длинномерных проб донных осадков (керны) используют грунтовые трубки разных типов [8, 16, 21, 22, 24–27, 30, 33]. Самыми распространенными являются гравитационные грунтовые трубки, которые внедряются в донный осадок под действием собственного веса (кинетическая энергия свободного падения).

Серьезный недостаток всех грунтовых трубок состоит в разрушении поверхностного слоя осадков при внедрении трубки в грунт и вымывании осадка при подъеме на борт судна с переводом трубки из вертикального положения в горизонтальное. Обычно этот недостаток пытаются компенсировать за счет совместного использования трубки с пробоотборниками типа бокскорер и/или мультикорер. С помощью бокскорера и мультикорера получают ненарушенный поверхностный слой осадков, но заглубление в грунт происходит менее чем на метр. Последовательный спуск с борта судна нескольких пробоотборников увеличивает время выполнения станции. К тому же не получается отобрать пробы в одной точке, расстояние между точками может

составлять до одной морской мили (дрейф судна). Проблема получения кернов осадков с ненарушенной текстурой/структурой и стратификацией решена для неглубоких водоемов с помощью трубки-бура и виброкора [7, 9, 21, 29]. Опробование в таких водоемах (озеро, эстуарий, залив, лагуна, прибрежная зона моря) обычно ведется с маломерных судов в условиях относительной гидродинамической стабильности при возможности одновременной постановки на кормовой и баковый якоря, а также бурения со льда. Для морей и океанов с более сложными условиями пробоотбора оптимальное техническое решение до сих пор не найдено.

Цель нашей работы – 1) проанализировать недостатки стандартной гравитационной грунтовой трубки (СГГТ) для отбора кернов осадков в условиях моря и океана; 2) внести в конструкцию изменения для устранения/минимизации недостатков, изготовить модифицированную гравитационную грунтовую трубку (МГГТ); 3) провести сравнительное испытание рабочих характеристик МГГТ и СГГТ в условиях экспедиции с предоставлением доказательств более эффективного и качественного пробоотбора с помощью МГГТ.

КОНСТРУКЦИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ГРУНТОВОЙ ТРУБКИ: СТАНДАРТНЫЙ ВАРИАНТ И МОДИФИКАЦИЯ

СГГТ представляет собой стальную трубу (ствол) со съёмным цилиндром наверху (рис. 1). Цилиндр называется оголовьем, к нему через такелажную скобу прикреплен трос от лебедки. Верхняя часть ствола укомплектована грузом (грузовой модуль) для эффективного врезания СГГТ в донный осадок. Нижний конец ствола оснащен ударной головкой со специальным клапаном – кернорвателем, препятствующим выпадению керна из СГГТ под действием собственного веса после пробоотбора. В верхней части оголовья находится запорная крышка, которая предохраняет керн от выдавливания из СГГТ набегающим потоком воды при подъеме. Ствол может быть цельным, однако чаще состоит из секций, соединенных муфтами. Внутри ствола находится пластиковый керновместающий вкладыш. Длина цельного ствола не превышает 3 м, секционного – 25 м, однако обычно в морской геологии применяют СГГТ длиной 6–8 м и диаметром 50–127 мм [8]. Секционные СГГТ обладают большими габаритами и массой и используются только на судах, оборудованных гидравлической П-рамой и лебедкой (желательно также наличие

палубного крана, слипа и решетки над слипом).

При выполнении спуско-подъемных работ СГГТ подвешивается на тросе к П-раме за такелажную скобу. С помощью П-рамы пробоотборник выводится за борт судна. СГГТ на тросе, длина которого контролируется лебедкой, падает до морского дна и внедряется в донный осадок, затем СГГТ вместе с отобранным керном выдергивается из осадка и поднимается на судно лебедкой. После подъема СГГТ укладывается горизонтально, с нее снимается ударная головка и извлекается вкладыш с керном.

В конструкции СГГТ имеются недостатки, устранение которых позволит выполнять пробоотбор более эффективно и качественно (рисунки 1, 2) [10].

Кернорватель. СГГТ оснащена лепестковым кернорвателем, обычно из латуни или другого относительно мягкого сплава (рис. 1, поз. 7а), что обуславливает упругость и низкую прочность данного элемента конструкции. Лепестки имеют ланцетовидную форму. Они всегда находятся в сомкнутом состоянии, образуя конус. За счет этого существенно уменьшается площадь внутреннего сечения ствола. Соответственно, при движении в воде к морскому дну в районе ударной головки СГГТ создается дополнительное сопротивление, и непосредственно перед внедрением пробоотборника в осадок происходит сильное взмучивание. Из-за того, что лепестки кернорвателя упругие, в момент внедрения в осадок происходит деформация керна, он нарезается “розочкой”. Кроме того, лепестки в СГГТ достаточно часто выламываются, что ведет к частичной или полной потере керна при подъеме.

Нами предлагается стальной лепестковый кернорватель повышенной жесткости и прочности с лепестками треугольной формы (рис. 1, поз. 7б). Лепестки при движении в воде к морскому дну не смыкаются (рис. 1, поз. 7б-2; рис. 2д), и площадь внутреннего сечения ствола МГГТ не уменьшается. При таком положении лепестков поверхностный слой осадков практически не нарушается, деформируются только краевые части керна в районе контакта осадка с вкладышем.

Секции и муфты. Секции СГГТ соединяются неразъемными муфтами (рис. 1, поз. 8а) с помощью болтов, шляпки болтов в тело муфт не утоплены (рис. 1, поз. 10а). Выступающие над поверхностью детали создают дополнительное сопротивление при движении СГГТ в воде и в донном осадке, повышают вероятность срыва крепежа. Из-за того, что муфты неразъемные, их быстрый разбор и “перезарядка” ствола за время

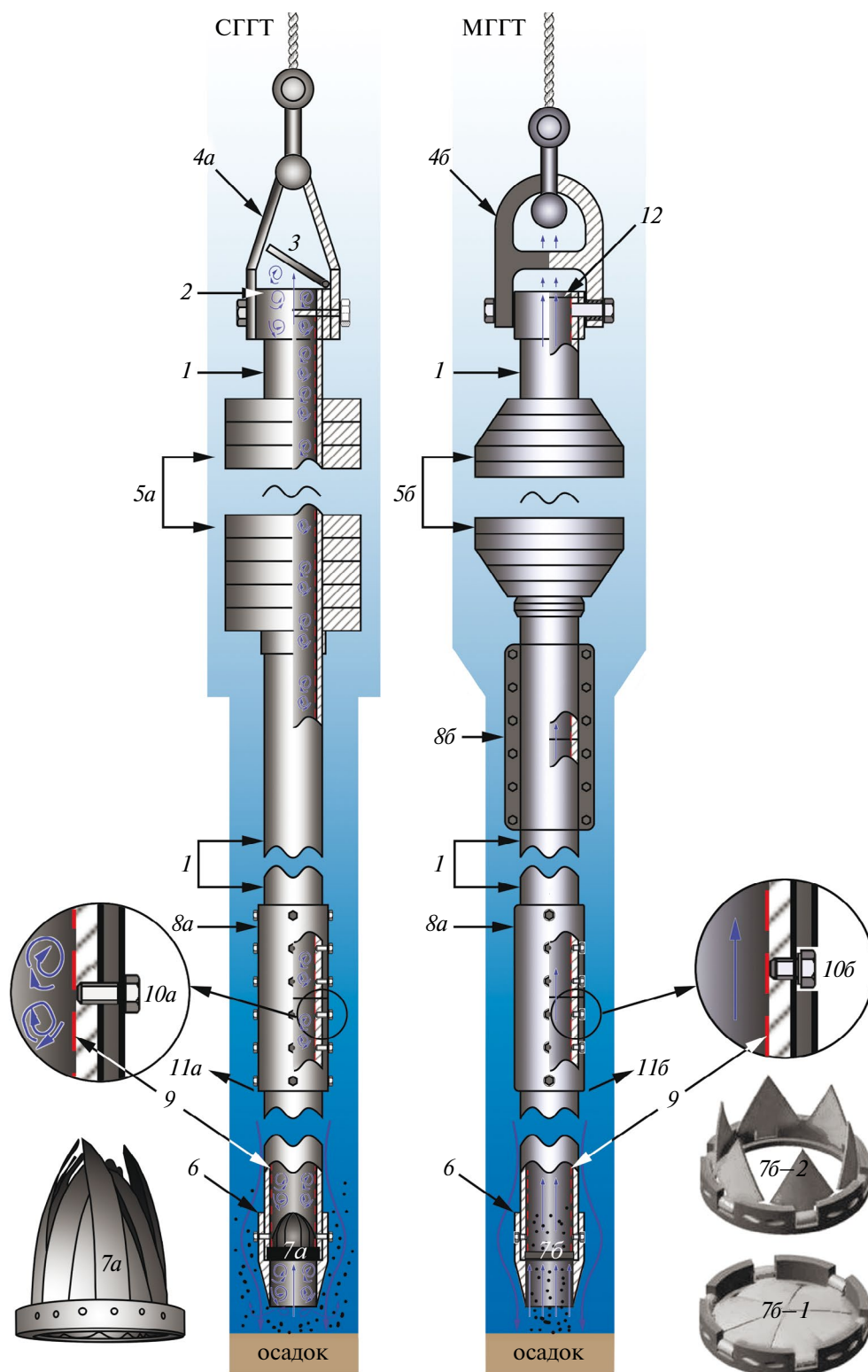


Рис. 1. Схемы стандартной и модифицированной гравитационных грунтовых трубок (СГГТ, МГГТ): общий вид и вид в разрезе. 1 – ствол; 2 – оголовье; 3 – запорная крышка; 4а – неповоротная такелажная скоба, 4б – поворотная такелажная скоба; 5а – цилиндрический груз, 5б – веретенообразный груз; 6 – ударная головка; 7а – латунный лепестковый кернорватель с лепестками ланцетовидной формы, 7б – стальной лепестковый кернорватель с лепестками треугольной формы в сомкнутом (7б-1) и разомкнутом (7б-2) виде; 8а – неразъемная муфта, 8б – разъемная муфта; 9 – керновмещающий вкладыш; 10а – болт с неутепленной шляпкой, 10б – болт с утепленной шляпкой; 11а – острый торец муфты, 11б – торец муфты, сглаженный фаской; 12 – шплинт. Синие стрелки – направление потоков воды при отборе кернов осадков [15], черные точки – частицы осадка.



Рис. 2. Общий вид модифицированной гравитационной грунтовой трубки (а) и ее отдельных элементов (б–д) в условиях морской экспедиции. Цифровые обозначения – см. подпись к рис. 1.

выполнения одной станции весьма затруднительны. В итоге при необходимости отбора на одной станции двух кернов требуется две СГГТ.

Нами предлагается использование муфт двух типов — разъемного и неразъемного. Разъемная муфта в МГГТ одна (рис. 1, поз. 8б). Она состоит из двух полуцилиндров и соединяет грузовой модуль со стволом. За счет этого одна МГГТ может отобрать на одной станции несколько кернов: разъемная муфта разбирается, ствол с первым добытым керном отсоединяется и заменяется на другой, заранее подготовленный ствол для отбора следующего керна. Неразъемные муфты в МГГТ аналогичны тем, которые используются в СГГТ (рис. 1, поз. 8а; рис. 2б). Количество неразъемных муфт зависит от количества соединяемых секций. Во всех муфтах МГГТ шляпки болтов утоплены (рис. 1, поз. 10б; рис. 2б), а торцы для создания более обтекаемого контура сглажены фасками (рис. 1, поз. 11б).

Груз. В качестве груза в СГГТ используются цилиндрические стальные диски, количество и масса которых зависит от поставленной задачи и плотности грунта (рис. 1, поз. 5а).

Нами предлагается использование стальных дисков, которые в сумме образуют не цилиндрическое, а более обтекаемое веретенообразное тело (рис. 1, поз. 5б; рис. 2в, г). Кроме выгоды с точки зрения гидроаэродинамики, веретенообразная форма груза способствует безопасному выполнению спуско-подъемных работ за счет минимизации риска зацепов МГГТ за решетку над слипом.

Запорная крышка. Несмотря на то, что запорная крышка дает существенный отрицательный эффект — дополнительное сопротивление воды при спуске, она обязательный элемент СГГТ (рис. 1, поз. 3). Необходимость ее использования объясняется тем, что во время подъема латунный кернорватель СГГТ (рис. 1, поз. 7а) не гарантирует удержания керна внутри пробоотборника: керн может выпасть под действием собственного веса и набегающего потока воды.

Нами предлагается убрать оголовье с запорной крышкой из конструкции МГГТ. В МГГТ, в отличие от СГГТ, используется стальной кернорватель (рис. 1, поз. 7б; рис. 2д), который выдерживает все возникающие в процессе пробоотбора нагрузки. Благодаря тому, что лепестки стального кернорвателя при спуске МГГТ не смыкаются (рис. 1, поз. 7б-2), а запорная крышка отсутствует, сечение ствола остается полностью открытым. Это значительно уменьшает сопротивление воды. В итоге при прочих равных условиях МГГТ внедряется в донные осадки глубже и взмучивает их меньше,

чем СГГТ. Поднятие МГГТ на борт судна происходит так, чтобы верхняя открытая часть ствола, лишенная запорной крышки, была выше уровня палубы и через эту верхнюю открытую часть внутрь до касания поверхности осадка можно было погрузить утяжеленную шарообразную камеру из полутвердой резины. Перед тем как погрузить камеру, из ствола вынимается шплинт (рис. 1, поз. 12; рис. 2г), фиксирующий пластиковый вкладыш с керном. Камера снабжена патрубком и соединена с насосом-компрессором для нагнетания внутрь камеры воздуха и отделения таким образом поверхности осадка от наддонного слоя воды.

Такелажная скоба. В СГГТ такелажная скоба (рис. 1, поз. 4а) закреплена на оголовье неподвижно с помощью сварки. При спуско-подъемных работах с переводом СГГТ из горизонтального положения в вертикальное и наоборот в районе оголовья возникает разрушительная нагрузка на излом, такелажная скоба часто гнется либо ломается.

Нами предлагается такелажная скоба (рис. 1, поз. 4б; рис. 2г), которая может вращаться вокруг ствола МГГТ и крепится непосредственно к стволу с помощью болтов (оголовье в МГГТ отсутствует). Ствол в районе поворотной такелажной скобы усилен стальным кольцом.

С учетом всех изменений, предложенных нами в конструкции СГГТ, изготовлена МГГТ.

РАЙОН ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ РАБОТ. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Районом работ выбрана Южно-Чукотская котловина (Центрально-Чукотская впадина) Чукотского моря (рис. 3). Это крупная слабоотрицательная форма рельефа, почти равнина, в пределах которой происходит накопление терригенного и биогенного (аморфный кремнезем) материала и формируется стратиграфически наиболее полная голоценовая толща мощностью не менее 5 м [20]. Глубина моря здесь варьирует от 45 до 55 м. Голоценовые осадки монотонные — серого цвета (восстановленные), существенно алевроитовые, мягкие, плотностью до 1.6 г/см³, без каких-либо следов перерыва в накоплении [13, 20]. Ледовое выпаживание не развито [19]. Криогенные процессы также не развиты, шельф Чукотского моря относится к внеледниковому типу [4]. Таким образом, район работ характеризуется однотипностью природных условий и свойств донных осадков, а также хорошей геологической опробованностью и детальной изученностью некоторых осадочных разрезов [3, 6, 28, 31].

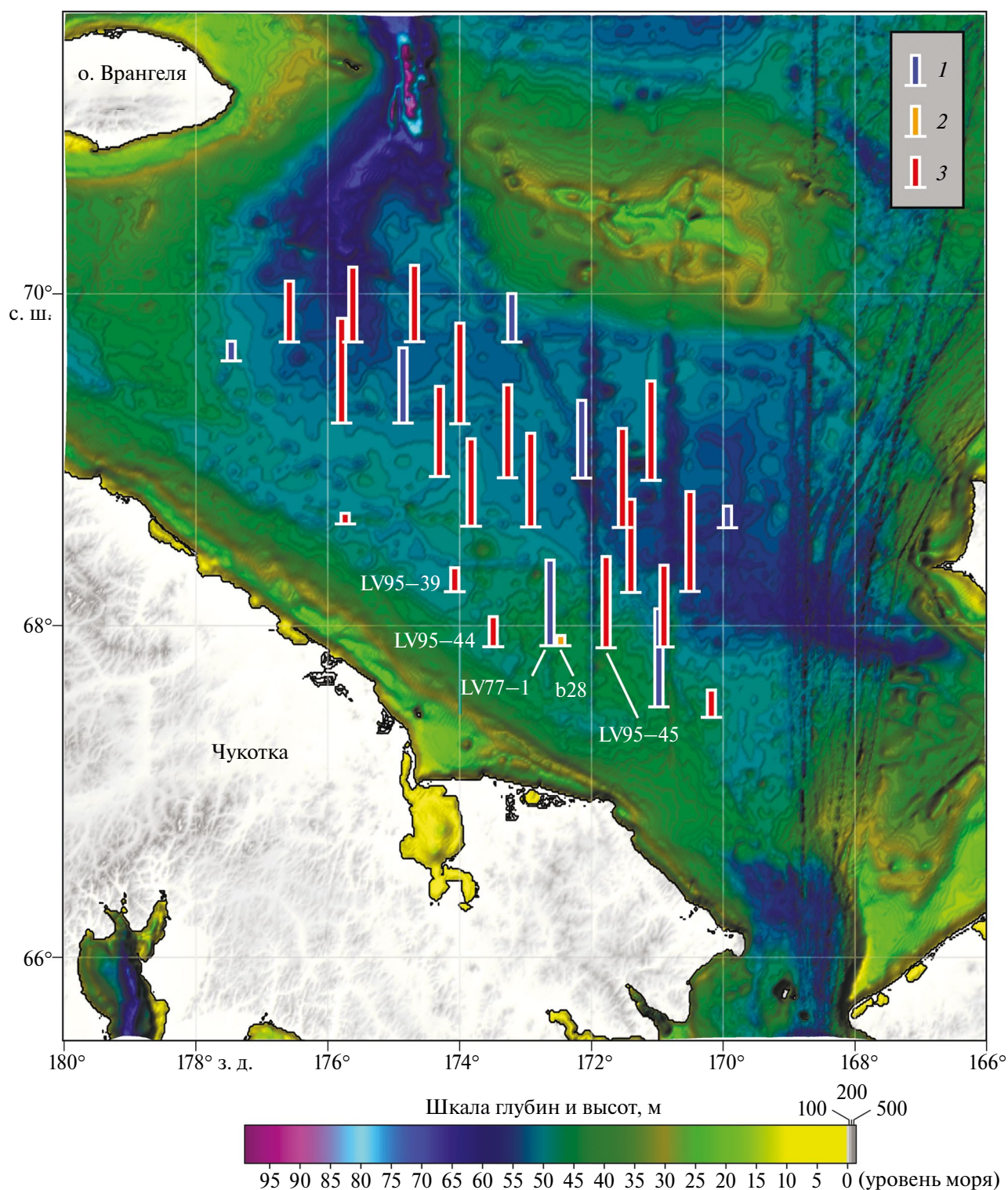


Рис. 3. Карта Чукотского моря со станциями пробоотбора и относительной длины проб, включая демонстрационные пробы с номерами: 1 – керны осадков, отобранные стандартной гравитационной грунтовой трубкой (НИС “Академик М.А. Лаврентьев”, 2016 г., 2018 г.); 2 – проба осадка, отобранная боксорером (НИС “Профессор Хромов”, 2012 г.); 3 – керны осадков, отобранные модифицированной гравитационной грунтовой трубкой (НИС “Академик М.А. Лаврентьев”, 2021 г.). Картографическая основа составлена по данным ГЕБКО 2022.

Испытание МГГТ проведено в Южно-Чукотской котловине в сентябре 2021 г. на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” (95-й рейс). Пробоотбор с помощью СГГТ выполнен ранее в этом же районе на этом же судне и в это же время года (77-й рейс, 2016 г., 83-й рейс, 2018 г.). Оба пробоотборника имели длину 6 м, диаметр ствола 160 мм и толщину стенки ствола 6 мм. Снаряженная масса пробоотборников составляла 650–700 кг, скорость их спуска на дно – 2 м/с. НИС “Академик М.А. Лаврентьев”, наряду с такими судами, как НИС “Профессор Мультановский” или, например, НИС “Профессор Хромов”, входит в группу наиболее распространенных среднечисленных судов научно-исследовательского флота России [17]. Водоизмещение таких судов составляет 2–3 тыс. т, длина палубы – 65–82 м. Они оборудованы всем необходимым для пробоотбора грунтовыми трубками в условиях моря и океана: гидравлической П-рамой (обычно находится в кормовой части судна), лебедкой, слипом и решеткой над слипом, а также довольно часто – палубным краном. Таким образом, для МГГТ и СГГТ обеспечены очень близкие условия пробоотбора, при которых действительно существенными представляются только конструктивные различия пробоотборников.

Все керны осадков, добытые с помощью СГГТ и МГГТ, проходили обязательное колориметрическое (цвет, текстура) и рентгенофлуоресцентное (химический состав) экспресс-сканирование по отработанным методикам. Колориметрическое сканирование выполнялось с помощью оригинальной колориметрической фотоустановки на базе цифрового фотоаппарата Canon EOS6d Mark с объективом Canon EF 50mm f/1.2L USM (Япония) [1, 11, 12]. Перед каждой съемкой производилась калибровка фотоустановки с использованием калибровочного набора X-Rite (США) [32]. Фотоустановка работала со сверхвысокой скоростью (2 мин. на метр керна) и сверхвысоким разрешением (0.067 мм). Это особенно важно в условиях быстрых и необратимых изменений цвета и текстуры осадков, которые происходят в процессе подъема на борт судна и дальнейшего хранения. Запись информации о цвете производилась в координатах цветовой модели CIE $L^*a^*b^*$. Рентгенофлуоресцентное сканирование выполнялось с помощью оригинального устройства на базе портативного рентгенофлуоресцентного спектрометра Olympus Vanta (США) с заводской калибровкой [1, 5, 23]. Работа проводилась с шагом 3 мм методом геохимического анализа ГеоХим.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Длина кернов осадков, отобранных в Южно-Чукотской котловине с помощью МГГТ, составила в среднем 326 см, СГГТ – 250 см (рис. 3). Соответственно, глубина внедрения МГГТ в грунт (эффективность пробоотбора) оказалась выше на 30%. Длина отбора образца с помощью грунтовой трубки зависит от очень многих факторов [21] и, прежде всего, от скорости спуска трубки на дно, ее массы и гидроаэродинамической формы. Во время испытательных работ СГГТ и МГГТ имели очень близкие массы и одинаковые скорости спуска на дно. Таким образом, эффективность пробоотбора почти полностью контролировалась гидроаэродинамической формой трубок. У МГГТ форма была обтекаемее. Основные доработки в данном случае касались кернавателя (замена латунного лепесткового кернавателя повышенной упругости и пониженной прочности с длинными ланцетовидными лепестками на стальной лепестковый кернаватель повышенной жесткости и прочности с короткими треугольными лепестками) и запорной крышки (удаление запорной крышки из конструкции трубки). Кроме того, цилиндрический груз был заменен на веретенообразный, выступающие элементы трубки утоплены, а углы сглажены. Целью всех этих доработок было обеспечение постоянно открытого внутреннего сечения ствола трубки и создание максимально обтекаемой формы пробоотборника для минимизации сопротивления воды при падении пробоотборника на морское дно и сопротивления осадка при внедрении пробоотборника в грунт.

Качество пробоотбора донных осадков оценивается по степени сохранности естественной структуры и стратификации отбираемых проб [21]. В большинстве случаев надежным доказательством того, что проба грунта отобрана качественно, является сохранность верхнего окисленного слоя. Несмотря на то, что на основной площади Чукотского моря мощность верхнего окисленного слоя не превышает нескольких миллиметров (окисленная пленка) [14] и визуально окисленный слой не различим, его можно фиксировать, если он не нарушен при пробоотборе, по комбинации значений некоторых колориметрических (CIE a^* , CIE b^*) и геохимических (Fe, Mn) характеристик. В нашем случае наиболее выразительным оказалось распределение железа. В отличие от оксидов марганца, оксиды железа менее растворимы в воде и менее подвижны, поэтому они раньше, уже в пределах шельфа, переходят в осадок, тогда как марганец

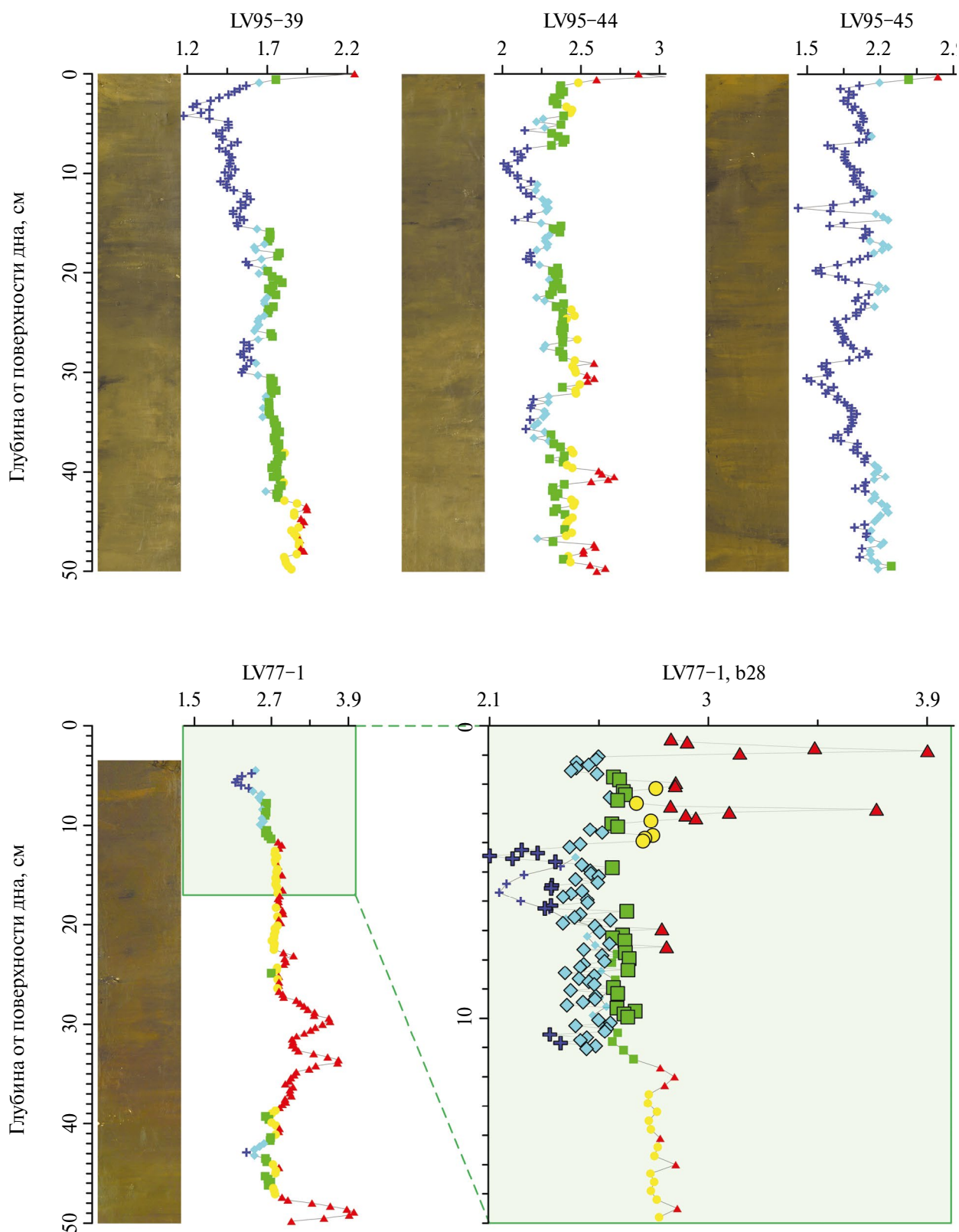


Рис. 4. Фотографические изображения и кривые распределения железа (%) для верхней части близкорасположенных осадочных разрезов, вскрытых в Южно-Чукотской котловине Чукотского моря модифицированной гравитационной грунтовой трубкой (керна LV95–39, LV95–44, LV95–45), стандартной гравитационной грунтовой трубкой (кern LV77–1) и бокскорером (проба b28). Цветными значками показаны повышенные (красные), слабо повышенные (желтые), нейтральные (зеленые), слабо пониженные (голубые) и пониженные (синие) содержания железа относительно среднего значения по разрезу (мелкие значки – трубка, крупные – бокскорер).

обычно выносятся за пределы шельфа в океан [2]. Сравнение кривых распределения железа в верхних частях осадочных разрезов, полученных различными пробоотборниками — МГГТ, СГГТ и бокскорером, — показало, что близкое распределение с повышенным содержанием железа в поверхностном слое осадка (окисленный слой) демонстрируют разрезы, полученные с помощью МГГТ и бокскорера (рис. 4). При этом бокскорер относится к пробоотборникам, которые не нарушают поверхностный слой осадков, и поэтому может считаться в некоторой степени эталоном качества пробоотбора. Очевидно, что пробоотбор с помощью МГГТ с сохранением естественной структуры и стратификации осадков стал возможен в первую очередь благодаря изменениям в конструкции кернорвателя и удалению запорной крышки. Эти доработки, направленные на уменьшение сопротивления воды и донных осадков, позволили существенно уменьшить взмучивание осадка в момент внедрения в него МГГТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отбор максимально длинных кернов донных осадков при минимальном нарушении их свойств и текстуры/структуры — одна из актуальных проблем в области оборудования для морских геологических исследований. Наиболее распространенным устройством для отбора кернов осадков в условиях моря и океана является стандартная гравитационная грунтовая трубка (СГГТ).

В результате анализа недостатков СГГТ и внесения в конструкцию ряда изменений создан модифицированный вариант гравитационной грунтовой трубки (МГГТ). Изменения касались кернорвателя, муфт, соединяющих секции трубки, а также груза и такелажной скобы. Такие элементы СГГТ, как оголовье и запорная крышка, были удалены.

Основные рабочие характеристики МГГТ апробированы в Южно-Чукотской котловине Чукотского моря. Результаты сопоставлены с полученными ранее в этом же районе при сходных условиях с помощью других пробоотборников — СГГТ и бокскорера. В итоге установлено, что МГГТ позволяет отбирать на 30% более длинные керны, чем СГГТ. О хорошей сохранности поверхностного слоя осадков при отборе МГГТ, включая тонкую окисленную пленку, говорит, прежде всего, схожее распределение редокс-чувствительного элемента железа в осадочных разрезах, вскрытых МГГТ и бокскорером (бокскорер относится к пробоотборникам, которые не нарушают поверхностный слой осадков).

Источники финансирования. Изготовление модифицированной гравитационной грунтовой трубки и подготовка данной публикации выполнены за счет средств Российского научного фонда (грант 22-17-00118, <https://rscf.ru/project/22-17-00118/>). Апробация трубки проведена в морской экспедиции, поддержанной Минобрнауки России (тема 124022100084-8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алаторцев А.В., Колесник А.Н., Ши С. и др. Литологические и геохимические признаки ледовой экзарации в голоценовых осадках Восточно-Сибирского моря // Геология и геофизика. 2023. № 9. С. 1249–1257.
2. Белов Н.А., Огородников В.И. Особенности современного осадкообразования и некоторые вопросы геохимии донных осадков шельфа Чукотского моря // Вестник Ленинградского ун-та. Серия геология, география. 1976. Т. 24. Вып. 4. С. 52–61.
3. Вологина Е.Г., Штурм М., Кулагина Н.В., Аксентов К.И. Вещественный состав позднеголоценовых отложений южной части Чукотского моря // Океанология. 2023. Т. 63. № 1. С. 84–94.
4. Гаврилов А.В. Типизация арктических шельфов по условиям формирования мерзлых толщ // Криосфера Земли. 2008. Т. XII. № 3. С. 69–79.
5. Гуленко Т.А., Волков В.Г., Лопатников Е.А. Сканирующее устройство экспресс анализа кернов. Патент RU197194 U1, 10.04.2020. 8 с. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU197194U1_20200410.pdf. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 19.11.2023.
6. Гусев Е.А., Аникина Н.Ю., Деревянко Л.Г. и др. Развитие природной среды южной части Чукотского моря в голоцене // Океанология. 2014. Т. 54. № 4. С. 505–517.
7. Гусев Е.А., Шнейдер Г.В., Рекант П.В., Каракозов А.А. Результаты неглубокого бурения на Таймыре и на шельфе восточно-арктических морей России // Горный журнал. 2021. № 12. С. 4–9.
8. Информационная система по морскому оборудованию. Технические средства для проведения геологических исследований. Sea-Technics.ru 2017–2019. URL: sea-technics.ru/tehnicheskie-sredstva-dlya-provedeniya-geologicheskikh-issledovaniy. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 19.11.2023.
9. Каракозов А.А., Калиниченко О.И., Зыбинский П.В. и др. Результаты опытной эксплуатации установки УМБ-130М при проведении геологосъемочных работ в Чукотском море // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірнично-геологічна. 2007. Вип. 6 (125). С. 53–57.
10. Колесник А.Н. Гравитационный пробоотборник и способ его использования. Патент RU2795338 C1, 02.05.2023. Бюл. № 13. 16 с.

- URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/86/18/c4/1860feb9ce38d5/RU2795338C1.pdf>. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 19.11.2023.
11. Колесник А.Н., Босин А.А. Мобильное устройство для определения цветовых характеристик горных пород. Патент RU2741268 C1, 22.01.2021. 14 с. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2741268C1_20210122.pdf. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 19.11.2023.
 12. Колесник А.Н., Колесник О.Н., Янченко Е.А. и др. Новое колориметрическое устройство для целей морской геологии и литостратиграфии // Подводные исследования и робототехника. 2023. № 3 (45). С. 41–55.
 13. Кошелева В.А., Яшин Д.В. Донные осадки Арктических морей России. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. 286 с.
 14. Куликов Н.Н., Лапина Н.Н., Семенов Ю.П. и др. Стратификация и скорости накопления донных отложений Арктических морей СССР // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозой. Л.: Гидрометеиздат, 1970. С. 34–41.
 15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. 5-е изд., стереот. М.: Физматлит, 2001. 736 с.
 16. Лобанов В.А. Справочник по технике освоения шельфа. Л.: Судостроение, 1983. 288 с.
 17. Морские исследования России. Научно-исследовательский флот России. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ 2002–2023. URL: <https://ocean.extech.ru/ships/>. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 19.11.2023.
 18. Морские отложения. Большая советская энциклопедия. URL: <http://niv.ru/doc/encyclopedia/bse/articles/7982/morskie-otlozheniya.htm>. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 14.01.2024.
 19. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. 173 с.
 20. Павлидис Ю.А. Обстановка осадконакопления в Чукотском море и фациально-седиментационные зоны его шельфа // Проблемы геоморфологии, литологии и литодинамики шельфа. М.: Наука, 1982. С. 47–76.
 21. Савельев В.И. Техника морских геологических исследований. М.: Недра, 1978. 165 с.
 22. Селиверстов Н.И. Методы исследования дна океана // Введение в геологию океанов и морей. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2016. С. 17–44.
 23. Серия Vanta — Рентгенофлуоресцентный анализатор. Руководство по эксплуатации. DMTA-10072–01RU, версия А, февраль 2016. 124 с.
 24. Смолдырев А.Е. Методика и техника морских геологоразведочных работ. М.: Недра, 1978. 303 с.
 25. Смолов Ю.С. Техника для отбора проб донных осадков. Опыт работ и перспективы // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2015. № 1. С. 80–90.
 26. Сомервилл С.Г., Пауль М.А. Словарь по геотехнике. Пер. с англ. Л.: Недра, 1986. 240 с.
 27. Турский А.А. Техника морских геологических исследований. Л.: ЛГИ, 1980. 105 с.
 28. Цой И.Б., Обрезкова М.С., Аксентов К.И. и др. Позднеголоценовые изменения среды юго-западной части Чукотского моря по результатам диатомового анализа // Биология моря. 2017. Т. 43. № 4. С. 246–255.
 29. Чечко В.А., Пака В.Т., Подуфалов А.П. Новый подход к получению стратиграфически не нарушенных колонок донных осадков в неглубоких водах // Океанологические исследования. 2019. Т. 47. № 4. С. 177–184.
 30. Шелковников И.Г., Лукошков А.В. Технические средства подводного разведочного бурения и опробования. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. 224 с.
 31. Astakhov A.S., Shi Suefa, Darin A.V. et al. Reconstructing ice conditions in the southern Chukchi Sea during the last millennium based on chemical composition of sediments and diatom assemblages // Marine Geology. 2020. V. 427. 106220.
 32. Color Data. X-Rite Incorporated. Copyright 2009. URL: https://xritephoto.com/documents/literature/en/ColorData-1p_EN.pdf. Режим доступа: свободный. Дата обращения: 14.01.2024.
 33. Mayers J.J., Holm C.H., McAllister R.F. (Eds.) Handbook of Ocean and Underwater Engineering. McGraw-Hill, 1969. 1100 p.

THE MODIFIED GRAVITY CORER: ADVANTAGES AND OFFSHORE TESTING

A. N. Kolesnik*, O. N. Kolesnik, S. A. Selyutin, A. A. Bosin, A. S. Astakhov

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

** e-mail: kolesnik_a@poi.dvo.ru*

The modified gravity corer (MGC) for more efficient and high-quality sediment core sampling is considered. Such construction elements as the core catcher, section muff joints, the weight, and the loop have been modified; the crown and the locking plate have been removed. As a result of the comparative test in the South Chukchi Basin of the Chukchi Sea it is shown that the MGC sampled 30% longer cores than the standard gravity corer (SGC). Judging by the distribution of such a redox sensitive element as iron in the cores, when using the MGC, a surface oxidized film remains in sediments. Thus, the disturbance of properties and textures/structures of sediments under sampling is the lowest.

Keywords: sediment core, gravity corer, modification, Chukchi Sea