

НОВЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ СТРАТИГРАФИЧЕСКИ НЕ НАРУШЕННЫХ КОЛОНОК ДОННЫХ ОСАДКОВ В НЕГЛУБОКИХ ВОДОЕМАХ

Чечко В.А., Пака В.Т., Подуфалов А.П.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36, e-mail: che-chko@mail.ru, vpaka@mail.ru
Статья поступила в редакцию 15.08.2019, одобрена к печати 21.11.2019

В статье представлено новое устройство – универсальная трубка-бур для отбора колонок донных отложений в неглубоких водоемах с маломерных судов или со льда. Трубка погружается вручную с помощью секционированной штанги. Внедрение в толщу осадков производится или задавливанием, или забуриванием, для чего трубка снабжена сменными наконечниками – гладким или шнековым соответственно. Трубка имеет вкладыш-пробоприемник и запорный лепестковый клапан, такой же, как в ударных трубках, но установленный иным способом, с учетом обеспечения его сохранности при забуривании. Для этого клапан, соединенный с трубкой неподвижно, помещается в распластанном виде в зазор между трубкой и нижней частью вкладыша, что исключает его контакт с отбираемой пробой в момент ее внедрения во вкладыш. Чтобы клапан перекрыл выход взятой пробы из вкладыша, предусмотрено его перемещение вверх в начале подъема трубки настолько, чтобы клапан мог закрыться. В результате обеспечивается возможность отбирать колонки с ненарушенной структурой на различных типах донных отложений, кроме крупно-гравийных. Эффективность нового пробоотборника подтверждена его успешным использованием с моторного катамарана и со льда в исследованиях осадков Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря, а также карьерного озера глубиной 25 м. Пробоотборник может быть использован в морской геологии, лимнологии, седиментологии и геоэкологии для определения физико-механических, химических и других характеристик донных отложений.

Ключевые слова: донные отложения, геологическая трубка, проба донных отложений

Исследования донных осадков морей и океанов находятся под вниманием ученых и специалистов, что обусловлено все возрастающим освоением ресурсов Мирового океана, особенно его шельфовой зоны. Они включают комплекс полевых изысканий (стратиграфических, литологических, геохимических, петролого-вулканических и др.), предполагающих отбор проб донного осадочного материала для его дальнейшего изучения в камеральных условиях. Получение представительных образцов требует совершенствования существующих и создания новых конструктивных вариантов пробоотборников и способов их использования.

В морских геологоразведочных работах применяется большое количество разнообразных технических средств. По конструктивным особенностям и по прин-

ципу действия их можно объединить в 2 группы: дночерпатели (ковши, скрепеды-драги, грейферы) и колонковые пробоотборники (Смолов, 2015; Смолдырев, 1978; Турский, 1980). Приборы из первой группы используют для отбора проб донных отложений из поверхностного слоя, глубина их проникновения в осадки ограничивается 30–50 см. Колонковые пробоотборники применяют с целью получения колонок (кернов), которые характеризуют состав донных осадков на глубину от 1 м до нескольких метров от поверхности дна. Длина колонок зависит от типа применяемых пробоотборников и от состава донных осадков. Колонковые пробоотборники подразделяются по способу передачи энергии, виду процесса, происходящего в колонковой трубе, и виду используемой энергии – вращательные, ударные, вибрационные, гидростатические, вдавливаемые (Шелковников, Лукошков, 1979). Они, как правило, предназначены для глубоководных морских исследований, характеризуются большими габаритами и массой, поэтому использоваться могут только с борта судна, оснащенного соответствующими грузоподъемными устройствами.

Наряду с этим возрастает интерес к геологическим исследованиям в мелководных бассейнах – заливах, лагунах, речных эстуариях, прибрежной зоне моря, экосистемы которых, вследствие интенсивной хозяйственной деятельности, подвергаются сильному антропогенному прессу. Как известно (Hirschberg et al., 1996; Windom et al., 1989), естественным индикатором состояния водных экосистем являются донные осадки, способные фиксировать в своем составе и свойствах природные изменения, происходящие за всю историю накопления осадочной толщи, и современные антропогенные изменения. По этой причине, при оценках масштабов техногенного влияния на экосистемы, проведении мониторинга водных объектов и экологических исследований, изучение донных осадков становится важнейшей и обязательной задачей.

Тяжелое морское геологическое оборудование, спроектированное с учетом его эксплуатации на специальных судах с использованием мощного грузоподъемного оборудования, в неглубоких водоемах применять невозможно. Для отбора проб донных отложений на небольших глубинах во внутренних водоемах и прибрежной зоне моря используется ряд технических средств (например, универсальный пробоотборник «Eijkelkamp», пробоотборник Бикера, трубка ГОИНа ТГ-1 или ТГ-1, трубка Ливингстона, дночерпатель Экмана-Берджи, стратометр Перфильева, ударные трубки системы UWITEC), рассчитанных на использование с маломерных плавсредств, но они обладают определенными недостатками, усложняющими их эксплуатацию. К ним относятся небольшая глубина пробоотбора, отсутствие или ненадежность конструкции закрывания нижней части пробоотборной трубки (что приводит к потере образца при подъеме на поверхность), избирательность типов донных осадков при работе, высокая стоимость (Арчибисов и др., 2014). Поэтому актуальной задачей является развитие арсенала облегченных геологических пробоотборников и методов их использования на малых глубинах вручную, с маломерных судов или со льда.

В данной работе представлен пробоотборник – трубка-бур, обладающий характеристиками, необходимыми для качественного отбора проб. С его помощью можно отбирать пробы на разных типах донных осадков (кроме крупно-гравийных отложений и скальных пород) на глубинах от 1–1.5 м до 15–20 м. Важной особенностью трубки-бура является то, что в полученных с помощью этого пробоотборника колонках не нарушается структура осадков, а механизм закрывания нижней части колонковой трубки надежно сохраняет колонку в жестком пластиковом вкладыше.

Трубка-бур представляет трубчатый пробоотборник штангового типа (погружается на глубину и внедряется в донные отложения с помощью секционированной штанги). Штанга передает и осевую нагрузку, и вращательный момент. На мягких, илистых осадках трубка со стандартным гладким наконечником вдавливается в осадочную толщу, на плотных типах осадков (пески, глины, моренные отложения) используется шнековый наконечник, и колонки отбираются путем вращения пробоотборника. Устройство трубки-бура показано на рис. 1 и 2, упоминаемые детали пробоотборника обозначены в подписи к рисунку. Детально конструкция трубки-бура описана в патенте на полезную модель (Зарубин и др., 2011), полученном авторами на данное устройство.

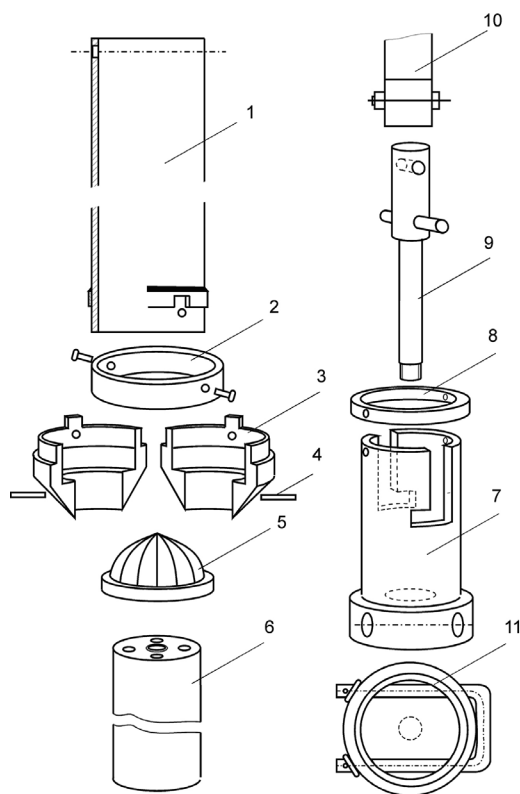


Рис. 1. Устройство трубки-бура: 1 – колонковая труба; 2 – запорное кольцо для фиксации двух половинок наконечника; 3 – наконечник; 4 – шнековые пластины; 5 – лепестковый клапан; 6 – вкладыш-пробоприемник; 7 – стакан с Г-образным вырезом и болтовым соединением с корпусом трубки; 8 – упрочняющее кольцо; 9 – шток с ведущим пальцем и резьбовым соединением с вкладышем; 10 – штанга с болтовым соединением; 11 – схема болтового соединения стакана с корпусом трубки с помощью U-образной скобы.

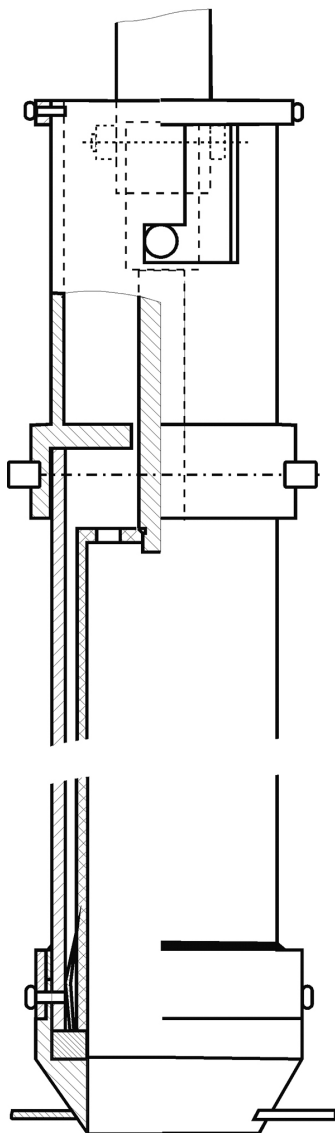


Рис. 2. Трубка-бур в разрезе.

Трубка-бур состоит из колонковой трубы из нержавеющей стали 1 длиной 1.5 м. ($D = 85$ мм) с наваренным кольцом для крепления наконечника. В трубу 1 вставляется пластмассовый цилиндрический вкладыш-пробоприменник 6 с металлическим донцем, имеющим резьбовое гнездо для сочленения со штоком 9. Диаметр вкладыша 6 меньше внутреннего диаметра колонковой трубы 1, небольшой зазор между корпусом трубы и вкладышем 6 необходим для расположения в нем лепестков клапана 5 в момент заглубления в осадки трубки-бура. В такой установке клапана, полностью исключая его взаимодействие с отбираемой пробой в момент ее внедрения во вкладыш как при задавливании, так и при забурировании, состоит важное отличие трубки-бура от обычных ударных трубок.

На нижнюю часть колонковой трубы крепится съемный наконечник 3, который выполнен разделяющимся на две половинки для удобства сборки. Нижняя часть наконечника 3 заострена. Шнековый наконечник снабжен дополнительно двумя приваренными под углом шнековыми пластинами 4, обеспечивающими забурирование в плотные осадки при вращении штанги. При этом сохраняется и прилагаемая к штоку задавливающая сила, для чего удобно использовать компактный груз, закрепляемый на верхней секции разборной штанги 10.

Шток 9 соединен со штангой 10, которая выполнена в виде скрепленных болтовыми соединениями 2-метровых секций. Болтовое соединение секций штанги позволяет осуществлять вращение штока в обе стороны, как при забурировании, так при выборке трубки-бура из

плотных осадков. Нижняя часть штока расположена в стакане 7, который закреплен на верхней части колонковой трубы при помощи скобы 11. Стакан 7 выполнен с двумя радиально симметричными Г-образными вырезами. Горизонтальные участки вырезов служат для передачи вращающего момента от штанги, а вертикальные вырезы позволяют штоку вместе с вкладышем перемещаться вдоль оси трубы.

На верхней части стакана 7 закреплено упорняющее кольцо 8, ограничивающее движение штока вверх, совершаемое при завершении забурирования вручную или с помощью простейших грузоподъемных механизмов. Благодаря такому действию вкладыш-пробоприменник 6, связанный со штоком 9, передвигается по трубе 1 вверх и освобождает упругие лепестки клапана. После этого, при опускании вкладыша с отобранной пробой, лепестки клапана плотно смыкаются и надежно запирают колонку осадков во вкладыше, предохраняя отобранный материал от по-

тери при подъеме трубки-бура на борт судна. Именно эта конструктивная особенность – полное раскрытие лепестков клапана, не касающихся отбираемого материала, и плотное закрытие клапана при подъеме трубки-бура – обеспечивает ненарушенность структуры колонки донных осадков. Поскольку техника забуривания производится только на плотных отложениях, то возможная деформация структуры керна не столь велика, чтобы разрушить стратификацию в плотном ядре керна.

Сборку трубки-бура и подготовку ее к работе производят в следующем порядке. Шток 9 вставляют в стакан 7 и соединяют при помощи резьбового соединения с вкладышем-пробоприемником 6. Затем вкладыш-пробоприемник вставляется в колонковую трубу, к верхней части которой крепится при помощи скобы 11 стакан 7 в сборе со штоком 9. Пробоприемник устанавливают в крайнее нижнее положение, при котором его нижний торец совпадает с торцом трубы, затем устанавливают лепестковый клапан 5 так, чтобы его лепестки попали в зазор между трубой 1 и пробоприемником 6. Таким образом, лепестковый клапан «открыт» и его лепестки не соприкасаются с осадками, не деформируют и не перемешивают их слоев. На собранный наконечник 3 опускают предварительно насаженное на трубу 1 запорное кольцо 2, соединяя тем самым две его половинки, охватывающие кольцевой выступ на нижнем конце трубы, что исключает возможность его перемещения вдоль оси трубы. Верхний конец штока 9 соединяют при помощи болтов с нижней секцией штанги 10.

Собранная трубка-бур выводится за борт плавсредства, или в подготовленную полыню в зимних условиях (рис. 3). Предварительно, чтобы исключить потерю, к нижней секции штанги рекомендуется прикрепить фал с помощью разборного кольца или скобы с возможностью вращения штанги внутри этой детали. Для этого на нижней секции полезно иметь стопорное кольцо, под которым крепится фал. Удерживая нагрузку на фале, а штангу в вертикальном положении, трубка опускается в воду. По мере опускания производится наращивание секций штанги, а чтобы при этом уменьшить нагрузку и исключить изгиб штанги, к секциям через определенные интервалы можно присоединять дополнительные элементы, которые обеспечат плавучесть, например – куктыли, используемые на рыболовных судах. В этом случае для всей сборки обеспечивается небольшая отрицательная пла-



Рис. 3. Подготовка трубки-бура к отбору проб донных осадков в период ледостава.

вучесть, что упрощает работу с трубкой на маломерном судне. Достигнув дна, в зависимости от свойств донных осадков, осуществляется либо вдавливание трубки-бура в осадочную толщу вручную, либо производится его забуривание путем вращения штанги по часовой стрелке. Простейшим способом создания необходимого момента силы, вращающей штангу, служит Т-образная рукоятка, или наложение бандажа в виде сложенной вдвое петли из прочного фала и заложеного в петлю рычага, при вращении которого бандаж обтягивается на гладкой штанге и передает на трубку-бур достаточное вращающее усилие.

После окончания забуривания штанга поворачивается против часовой стрелки для выведения пальца штока из горизонтальных участков вырезов стакана. Затем штангу со штоком приподнимают вверх, до упора пальца штока в упрочняющее кольцо на стакане. Это движение (вверх) передается вкладышу-пробоприемнику, который передвигается до упора в кольцевой выступ стакана и освобождает лепестки клапана, которые, в свою очередь, смыкаются и плотно закрывают отобранную колонку в пробоприемнике. После этого трубку-бур извлекают из воды, постепенно разбирая сегменты штанги и само устройство в обратном порядке. Использование кухтылей или любых других элементов, а также страховочного фала, позволяют выполнять эту работу с минимальной затратой мускульной силы.

Очень важным условием успешного завершения операции является удержание плавсредства на месте. Для этого используются минимум 2 якоря, разнесенные в стороны от точки пробоотбора на такое расстояние, чтобы натяжение якорного фала не вырывало якорь из грунта. Использование тяжелых якорей исключается выбором маломерных плавсредств. На практике наиболее удобными оказались якоря типа «плуг», обычно используемые в маломерном флоте. При необходимости такие якоря можно соединять последовательно, при этом удерживающая сила пропорционально возрастает. Обычно основной якорь располагают с наветренной стороны от рабочей точки, а второй, вспомогательный, располагается сбоку, чтобы исключить поперечное движение плавсредства.

Предлагаемый пробоотборник был сконструирован и изготовлен научными сотрудниками Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Практические испытания были выполнены в экспедиционных исследованиях в акватории Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря, а также Синявинского озера, в котором глубины достигали 20–25 м. Испытания показали эффективность отбора проб на различных типах донных осадков – илистых, плотных глинистых, песчаных и мореных отложениях. При этом структура осадков не подвергалась нарушению, качество отобранного осадочного материала было высоким.

Данная трубка-бур предназначена для отбора колонок донных отложений в мелководных бассейнах (реках, озерах, лагунах, береговой зоне моря), с целью проведения последующих физико-механических, химических и других видов анализов и может быть использована в морской геологии, литологии, седиментологии, геоэкологии.

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0149-2019-0013).

Литература

- Арчибисов Д.А., Касперович Е.В., Лякишев М.С., Петренко О.Е., Швецов В.А. Обзор существующих устройств отбора проб донных отложений. Необходимость и направления их модернизации // Вестник Камчатского Гос. Технич. Ун-та. 2014. № 30. С. 6–11.
- Геоэкология шельфа и берегов морей России / под ред. Н.А. Айбулатова. М.: Ноосфера, 2001. 428 с.
- Зарубин Е.П., Пака В.Т., Подуфалов А.П., Чечко В.А. Пробоотборник-бур для донных отложений / Патент на полезную модель № 111912. Заявка № 2011128755. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 27 декабря 2011 г. М.: Роспатент, 2011.
- Смолдырев А.Е. Методика и техника морских геологоразведочных работ. М.: Недра, 1978. 303 с.
- Смолов Ю.С. Техника для отбора проб донных осадков. Опыт работы и перспективы // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2015. № 1. С. 80–90.
- Турский А.А. Техника морских геологических исследований. Л.: Изд-во Ленингр. Ин-та им. Плеханова, 1980. 104 с.
- Шелковников И.Г., Лукошков А.В. Технические средства подводного разведочного бурения и опробования. Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1979. 224 с.
- Hirschberg D.J., Chin P., Feng H., Cochran J.K. Dynamics of sediment and contaminant transport in the Hudson River estuary: evidence from sediment distribution of naturally occurring radionuclides // *Estuaries*. 1996. Vol. 19. P. 931–949.
- Windom H.L., Schropp S.J., Calder F.D. et al. Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United States // *Environmental Sciences and Technology*. 1989. Vol. 23. P. 314–320.

A NEW APPROACH TO OBTAINING STRATIGRAPHICALLY UNDISTURBED COLUMNS OF BOTTOM SEDIMENTS IN SHALLOW WATER BODIES

Chechko V.A., Paka V.T., Podufalov A.P.

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36 Nahimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: che-chko@mail.ru, vpaka@mail.ru
Submitted 15.08.2019, accepted 21.11.2019*

The new universal sampler for selection of cores of bottom sediments in shallow reservoirs from low-dimensional vessels or from ice is presented. The tube is immersed manually by means of a partitioned boom. The immersion into the sediment depending on its softness/denseness is produced by pressing or by rotating. For that, the tube is equipped with detachable tips – either a smooth nose cone, or an auger bit, respectively. The tube has a plastic liner inside and an orange peel closing system similar to those used in gravity corers but installed in a different way, taking into account the safety of thin-wall details during drilling. To do this, the orange peel rotating along with the tube is placed fully opened in spacing between the tube and the liner, that excludes its contact with the sample during immersion into the liner. To lock the core, the liner at the beginning of the recovery moves upwards so that the

orange peel can close. As a result, it is possible to select cores with undisturbed structure on different types of sediment, except for dense gravel. The efficiency of the new sampler was confirmed by its successful use from motor catamaran and ice in studies of bottom sediments of the Curonian and the Vistula Lagoon and of the 25 m deep lake in the spent amber quarry. The sampler can be used in marine sedimentology, limnology, and geoecology to determine the physico-mechanical, chemical and other characteristics of bottom sediments.

Keywords: bottom sediments, sediment sample, bottom corer

References

- Archibisov D.A., Kasperovich E.V., Lyakishev M.S., Petrenko O.E., and Shvecov V.A.* Obzor sushchestvuyushchih ustrojstv otbora prob donnyh otlozhenij. Neobhodimost' i napravleniya ih modernizacii. Vestnik Kamchatskogo Gos. Tekhnich. Un-ta, *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 2014, No. 30, pp. 6–11.
- Geoekologiya shel'fa i beregov morej Rossii. Ed. by N.A. Ajbulatov, Moskva: Noosfera, 2001, 428 p.
- Hirschberg D.J., Chin P., Feng H., and Cochran J.K.* Dynamics of sediment and contaminant transport in the Hudson River estuary: evidence from sediment distribution of naturally occurring radionuclides. *Estuaries*, 1996, Vol. 19, pp. 931–949.
- Shelkovnikov I.G. and Lukoshkov A.V.* Tekhnicheskie sredstva podvodnogo razvedochnogo bureniya i oprobovaniya. Leningrad, Izd-vo Leningrad University, 1979, 224 p.
- Smoldyrev A.E.* Metodika i tekhnika morskikh geologorazvedochnyh rabot. Moskva: Nedra, 1978, 303 p.
- Smolov Yu.S.* Tekhnika dlya otbora prob donnyh osadkov. Opyt raboty i perspektivy. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*, 2015, No. 1, pp. 80–90.
- Turskij A.A.* Tekhnika morskikh geologicheskikh issledovanij. Leningrad, Izd-vo Plekhanov Leningrad Institution, 1980, 104 p.
- Windom H.L., Schropp S.J., Calder F.D.* et al. Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United States. *Environmental Sciences and Technology*, 1989, Vol. 23, pp. 314–320.
- Zarubin E.P., Paka V.T., Podufalov A.P., and Chechko V.A.* Probootbornik-bur dlya donnyh otlozhenij. Patent na poleznuyu model № 111912, Zayavka No. 2011128755, Zaregistrirvano v Gosudarstvennom reestre poleznyh modelej Rossijskoj Federacii 27 dekabrya 2011, Moskva: Rospatent, 2011.