

Средства и методы опробования донных грунтов

Михаил Сукач

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский просп. 31, Киев, Украина, 03037
msukach@ua.fm, orcid.org/0000-0003-0485-4073

Получено 18.07.2021, принято 23.09.2022
<https://doi.org/10.32347/uwt.2022.12.1301>

Аннотация. Одним из основных методов инженерно-геологических исследований донных грунтов является отбор образцов грунтов с помощью морских пробоотборников для их последующего анализа в судовой лаборатории. Морские пробоотборники представляют собой устройства, позволяющие получать поверхностную пробу донных отложений (грейферы, драги) или пробу грунта (кern) с глубины до 5...10 метров от поверхности дна моря (грунтовые трубки, коробчатые пробоотборники). Анализ отобранных проб грунта, и измерение их прочностных свойств производят лабораторными методами в набортных или береговых условиях.

Пробоотбор является наиболее простым и дешевым средством исследования глубоководных грунтов и длительное время применялся только океанологами. Позже его стали применять в морских геологоразведочных работах на шельфе и в морских инженерно-геологических исследованиях. Возможность применения пробоотбора с неспециализированных судов, оперативность и относительно низкая стоимость работ обусловили широкое применение пробоотбора в морской инженерной практике. Недостатками пробоотбора являются невысокая точность определения физико-механических свойств донных грунтов из-за нарушения структуры образцов, при отборе проб (пористости, плотности, сцепления), а также при подъеме их на дневную поверхность в связи с изменениями окружающей среды (давление, температура и др.). Глубоководный пробоотбор позволяет также выполнить анализ грунтов на гранулометрический состав, выделить основные типы, виды и разновидности грунтов. Применяются пробоотборники следующих типов: грунтовые трубки,



Михаил Сукач
профессор кафедры
строительных машин
д.т.н., проф.

грейферные, коробчатые, кассетные автономные, самовсплывающие. Также применяется опробование с подводных платформ и драгирование.

Ключевые слова: инженерно-геологические исследования, пробоотборники, физико-механические свойства, образцы грунта

ГРУНТОВЫЕ ТРУБКИ

Для опробования глубоководных отложений наиболее широкое применение получили грунтовые трубки следующих типов: прямоточные гравитационные, поршневые, электро- и гидровибрационные [1, 2].

Эти пробоотборники представляют собой простую стальную трубу с пригрузом, внедряемую в донный грунт при ее падении под действием собственного веса с высоты подвески груза разведчика при достижении им дна. Груз-разведчик соединен посредством рычага с пусковым устройством пробоотборника.

Прямоточная гравитационная трубка (а.с. 851156) состоит из полого цилиндрического корпуса 1, пустотелого бойка 2, колонковой

трубы 3 и наковальни 4 (Рис.1). Боек 2 имеет крышку 5 с клапаном 6, соединяющим его полость с окружающей средой, и шариковые фиксаторы 7. Внутри бойка установлен подпружиненный поршень 8. Кроме того, на корпусе 1 жестко закреплена воронка 9, шарнирно укреплены планки 10 с ребрами 11 и рычаг 12, взаимодействующий одним концом с клапаном 6 бойка 2, а на другом укреплен на тросе груз 13. Боек 2 соединен штоком 14, проходящим через наковальню 4, с колонковой трубой 3.

Пробоотборник опускается на тросе на дно исследуемого водоема. При соприкосновении груза 13 с дном трос, удерживающий его, ослабевает и последний освобождает клапан 6. Через открытый клапан 6 вода поступает в надпоршневую полость бойка 2 и смещает поршень 8 вниз. При этом происходит совмещение кольцевых канавок поршня с отверстиями в бойке 2. Происходит

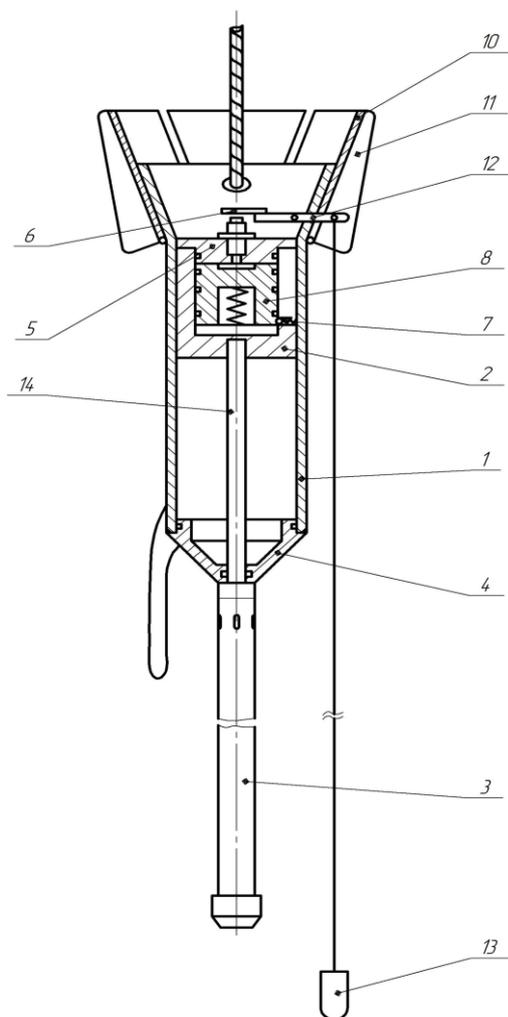


Рис.1. Прямоточная гравитационная трубка
Fig. 1. Direct flow gravity tube

расфиксация корпуса 1 и бойка 2. Гидростатическим давлением воды разгоняется боек 2, а с ним и колонковая труба 3. Перемещению корпуса 1 вверх препятствуют планки 10, которые разворачиваются в горизонтальное положение. Ударом бойка наковальня 4 выбивается из корпуса 1 и колонковая труба 3 внедряется в донный грунт.

Гравитационные трубки дают достаточно представительные пробы донных осадков в пределах до 5 м, но при этом неизбежно нарушение структуры отбираемого грунта.

Для отбора проб донных осадков на глубинах моря до 50 м успешно применяется гидровибрационная установка ПУВБ-150, разработанная Донецким политехническим институтом [3]. При глубине опробования 5...10 м установка позволяет отбирать керн диаметром 120 мм.

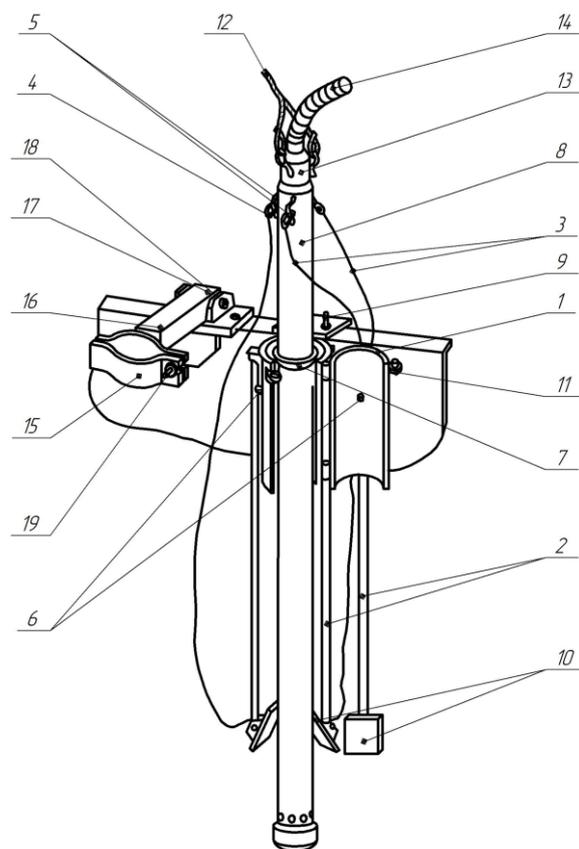


Рис.2. Морская гидровибрационная установка
Fig. 2. Marine hydrovibration unit

Установка включает пробоотборник (Рис.2), опору, состоящую из корпуса с шарнирно закрепленными на нем складывающимися ногами и опрокидыватель. Пробоотборник состоит из гидроударника и колонкового набора. Гидроударник является возбудителем ударных импульсов и вибраций. Опора установки предназначена для стабилизации пробоотборника в вертикальном положении на морском дне. Для привода гидроударника рабочая жидкость (забортная вода) подается буровым насосом МБ5-320/100. Перепад давления при максимальном расходе жидкости 4...5 МПа. Колонковый набор включает двойную колонковую трубу диаметром 127/146 мм, кернорвалитель лепесткового типа и породоразрушающий наконечник. Масса установки 550 кг. Среднее время отработки одной скважины 60 мин. при глубине моря 20 м. Время на отбор керна 3...5 минут. Размыв стенок скважины значительно уменьшает усилие по извлечению пробоотборника из скважины.

В КНУБА создан донный пробоотборник [4, 5] с лепестковым керноприемником для взятия образцов газонасыщенного грунта с максимальных глубин (а.с. 1520378). Пробоотборник содержит корпус 1 в виде трубы, режущий башмак 2, лепестковый клапан 3,

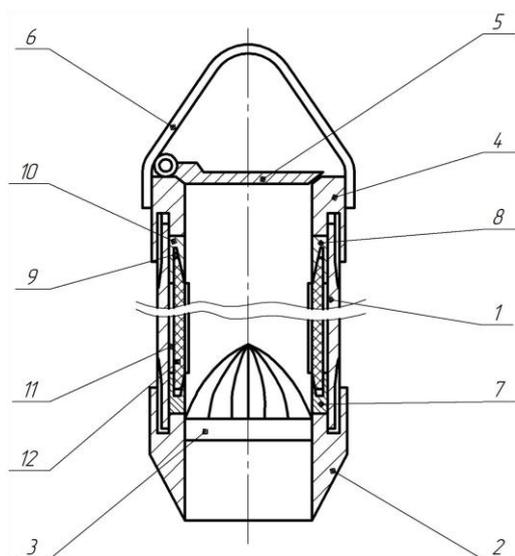


Рис. 3. Донный пробоотборник с лепестковым керноприемником

Fig. 3. Bottom sampler with petal core receiver

оголовок 4, крышку-клапан 5 и грузовую скобу 6 (Рис.3). Внутри корпуса размещены обжимные кольца 7, 8 с кольцевыми проточками и шариковым клапаном 10, соединяющим внутреннюю полосу пробоотборника с герметичной кольцевой полостью 11, образованной между корпусом 1 и грунтоприемной гильзой 12, выполненной из упругого материала (пластиковыми вкладышами).

При опускании пробоотборника на дно вода под действием гидростатического давления через клапан 10 попадает в полость 11, образуя водяную рубашку, воспринимающую изменение давления воды. Подъем образцов грунта с большим содержанием газа и низкой фильтрационной способностью сопровождается расширением порового

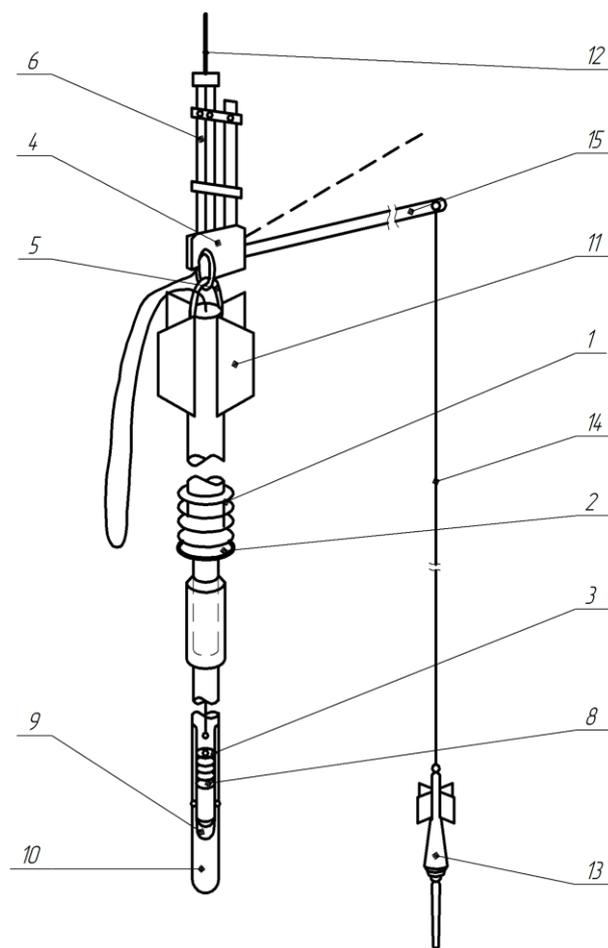


Рис. 4. Поршневая грунтовая трубка «Кальсико»

Fig. 4. Piston soil pipe «Calcico»

газа при снятии гидростатического давления. Рубашка 11 предохраняет грунтоприемную гильзу 12 от расклинивания по внутренней поверхности корпуса 1 и тем самым сохраняет структуру образца при его извлечении из пробоотборника.

Более усовершенствованным устройством, позволяющим снизить степень сжатия грунта при отборе и получить более длинный керн, является поршневая грунтовая трубка. Установленный в нижней части трубы поршень при заглублении ее в грунт остается на поверхности грунта, создавая тем самым эффект всасывания внутри трубы.

На Рис.4 показана поршневая грунтовая трубка «Кальсико» с шестиметровой колонковой трубой диаметром 130 мм [6]. Вес трубки 910 кг. Пригрузы 1, выполненные в виде свинцовых дисков по 22 кг, установлены на фланцах 2 трубы 3. Устройство за кольцо 4 и скобу 5 подвешивают к спусковому механизму 6. В трубе 3 установлен

пластиковый керноприемник 7 со скользящим внутри него поршнем 8. На конце трубы установлены керноуловитель 9 и режущий наконечник 10.

В верхней части трубы установлен стабилизатор 11 и закреплен трос 12 подвески. Груз-разведчик 13 соединен тросом 14 с рычагом 15 спускового механизма 6.

На грунтовой трубке применен керноуловитель «Сфинктера» (Рис.5), состоящий из режущего, наконечника 1, нейлоновой втулки 2, закручивающей пружины 3 и фиксатора 4. Для предотвращения излишнего вытравливания троса при внедрении пробоотборника использован гидроакустический индикатор касания дна типа «разрывной баллон» [7].

Проведенные с помощью грунтовых трубок исследования глубоководных грунтов позволяют сделать следующие выводы. Все грунтовые трубки при отборе проб нарушают в различной степени структуру грунта и дают удовлетворительные результаты только в пластичных грунтах. Прочность грунта, измеренная в набортных условиях, меньше прочности, измеренной на месте залегания.

ПРОБООТБОРНИКИ ГРЕЙФЕРНОГО ТИПА

Грейферные глубоководные пробоотборники содержат ковши, приводимые в действие грузами, рычагами, пружинами, тросами, пневмо- или гидростатическими цилиндрами [8, 9].

В НПО «Южморгеология» используют дночерпатели «Океан» с объемом отбираемой пробы 0,1; 0,25; 0,4 м³. Все они предусматривают тросоворычажную схему сведения режущих створок при натяжении несущего троса судовой лебедки. На базе этих устройств создан глубоководный фотопробоотборник ГФУ-6-8. Он представляет собой ковшовый грейферный пробоотборник «Океан-0,25», на котором смонтирована фотоустановка (Рис.6). Устройство состоит из челюстей 1, рамы 2, вертлюга 3, верхних окон с крышками 4, цепей 5 и сбрасывателя 6. Фотоустановка размещается в двух герметичных боксах – осветителе 7 и боксе для

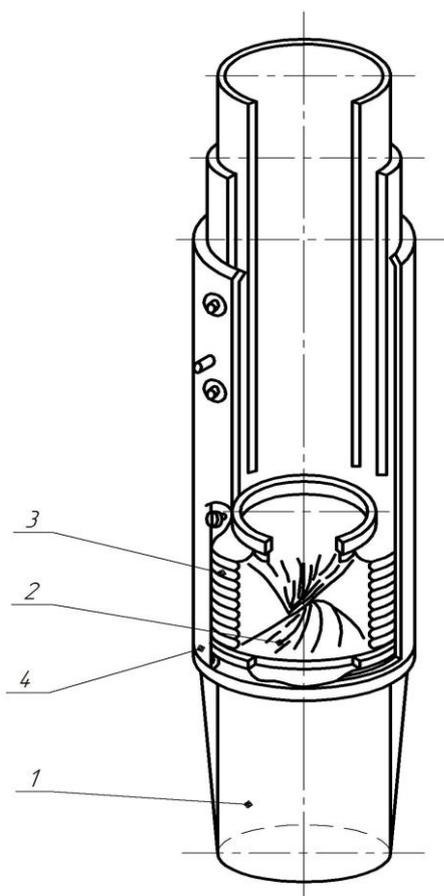


Рис. 5. Керноуловитель «Сфинктера»
Fig. 5. Core catcher «Sphincter»

фотокамеры 8, соединенных между собой патрубком 9. Груз-разведчик 10 выполняет роль включателя синхроконтрактов фотоаппарата и вспышки осветителя при ударах его о дно.

Грейферный дночерпатель «Ван Вина» снабжен утяжелителями ковшей, рычажными крышками и стопорным крюком. При ударе о дно крюк выходит из зацепления и ковши, освобождаясь, врезаются в грунт за счет собственного веса. Объем отбираемой пробы $0,12 \text{ м}^3$, площадь захвата $0,5 \text{ м}^2$, глубина внедрения $0,22 \text{ м}$ [10].

Отличительной особенностью глубоководного грейфера для отбора проб рыхлых осадков, разработанного фирмой «Пройссаг» (ФРГ) для НИС «Зомме», является использование автономного привода створок грейфера от баллонов сжатого воздуха давлением 200 атм . Сведение створок осуществляется при касании грунта с усилием $14,7 \text{ кН}$, что значительно выше, чем у грейферов с тросово-рычажной системой.

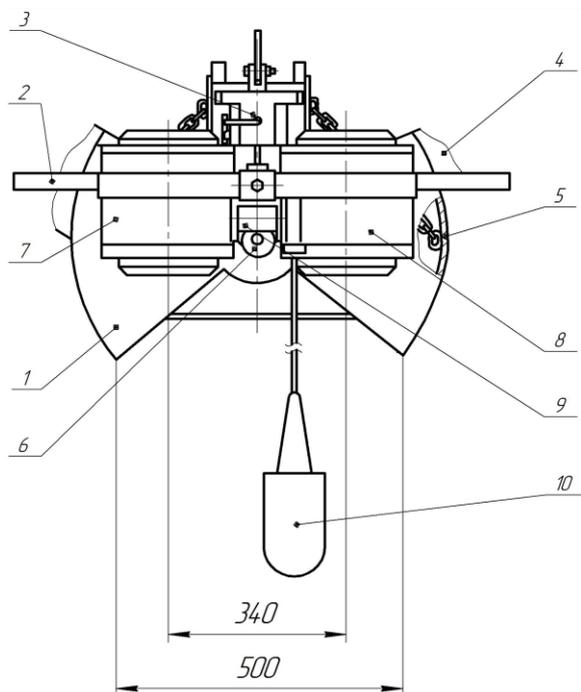


Рис. 6. Ковшовый грейферный пробоотборник «Океан-025»

Fig. 6. Bucket grab sampler «Ocean-025»

Недостатком грейферных пробоотборников является малая глубина внедрения в донные осадки и малая степень сохранности пробы грунта.

Лучшие с этой точки зрения показатели имеют коробчатые пробоотборники.

КОРОБЧАТЫЕ ПРОБООТБОРНИКИ

Эти пробоотборники можно условно разделить на три группы устройств, которые имеют отличия по своим техническим параметрам.

К первой группе относятся пробоотборники длиной до $0,6 \text{ м}$, имеющие увеличенную площадь опробования ($0,16...0,25 \text{ м}^2$), что позволяет применять их для определения плотности залегания ЖМК [11].

Вторая группа включает установки глубиной внедрения $1...2 \text{ м}$; третья – длиномерные грунтовые трубки квадратного сечения с глубиной внедрения $4...18 \text{ м}$.

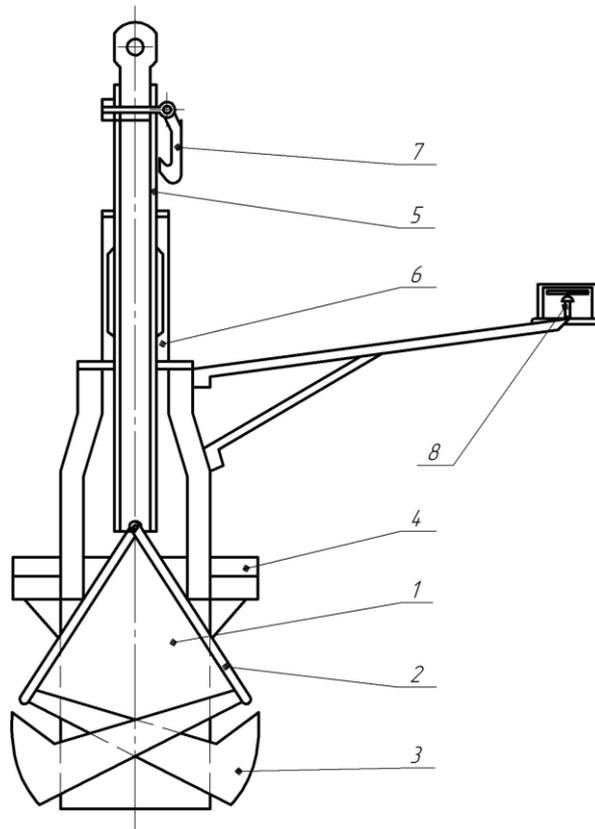


Рис. 7. Коробчатый пробоотборник Гетеборгского университета

Fig. 7. University of Gothenburg box sampler

Коробчатый пробоотборник Гетеборгского университета (Швеция) представляет собой стальной короб 1 с двумя парами рычагов 2 и закрывающимися ковшами 3 (Рис.7).

На коробе 1 установлены балластные грузы 4. При ударе о дно опорная стойка 5 вместе с ковшами 3 смещается относительно короба 1 вниз, крюк выходит из паза и сдвигается в сторону за счет смещенного центра тяжести. При натяжении троса опорная стойка движется вверх, ковши врезаются в грунт и закрываются рычагами. Для определения угла отклонения от вертикали при внедрении в грунт пробоотборника на нем установлен водонепроницаемый компас.

Коробчатый пробоотборник "Эдди-Эвинга" [12] состоит из короба 1, в верхней части которого установлен полный цилиндр 2 с коромыслом 3 и двумя заслонками 4 для вырезания грунта и плотного закрывания кернаприемника (Рис.8). Трос, проходящий внутри цилиндра 2 соединен с поршнем и прикреплен к коромыслу. При спуске пробоотборника толкатели 5 приподняты, заслонки 4 открыты и зафиксированы шпильками. Пробоотборник оснащен пусковым механизмом ударного типа. При ударе о дно механизм расщепления освобождает короб,

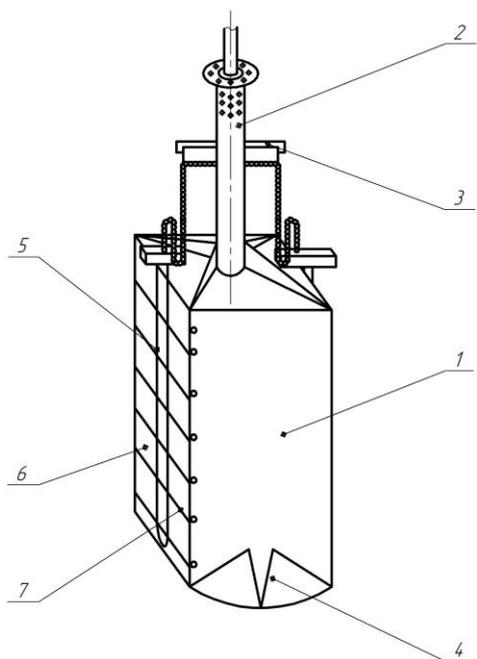


Рис. 8. Коробчатый пробоотборник «Эдди-Эвинга»

Fig. 8. «Eddy-Ewing» box sampler

который, свободно падая, внедряется в грунт. При извлечении пробоотборника заслонки 4 закрываются.

Также широко применяются коробчатые пробоотборники системы "Рейнека", рамный коробчатый дночерпатель "Кальсико", пробоотборник "Симпас" и другие. В Балтийском море используется коробчатый пробоотборник конструкции ПО "Севморгеология" сечением 300×300 мм и длиной 1,8 м.

САМОВСПЛЫВАЮЩИЕ ПРОБООТБОРНИКИ

Отличительная особенность автономных, самовсплывающих пробоотборников заключается в отсутствии тросовой связи с судном-носителем. Пробоотборники данного типа включают поплавки, рабочий орган отбора грунта и балластные грузы. После сброса с судна пробоотборник, с балластными грузами под действием собственного веса опускается на дно. После отбора пробы и сброса балласта пробоотборник всплывает на поверхность. Одновременно сбрасывают до десяти автономных пробоотборников. При глубине моря 6000 м время цикла сброс-подъем-обнаружение составляет – 100...150 мин., что позволяет получать до 100 проб в сутки [13].

Существует несколько технологических схем маневрирования судна при работе с автономными пробоотборниками. Линейный способ – судно движется по двум параллельным галсам в одну и противоположную стороны с расстоянием между ними в одну милю. Пробоотборники последовательно сбрасывают, а на последующих галсах собирают. Этот способ рекомендуется для разведки и картирования месторождений.

Второй способ – контурный, при котором пробоотборники сбрасывают по многоугольному контуру. Треугольный способ представляет собой комбинацию первых двух. Оптимальная скорость судна при этом 6...8 узлов. При глубине моря около 5000 метров среднее квадратичное отклонение точки всплытия автономного пробоотборника от точки сброса 350 м.

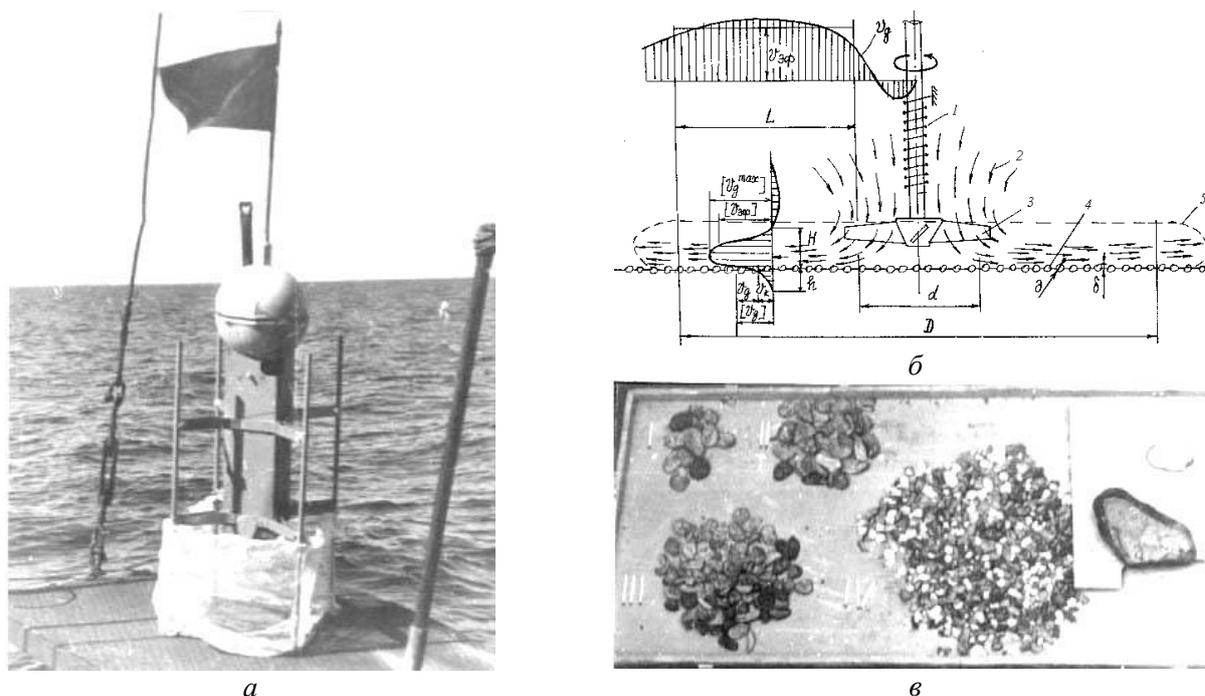


Рис. 9. Автономный самовсплывающий многофункциональный зонд-пробоотборник:
а – общий вид; *б* – схема гидроразмыва донных отложений; *в* – гранулометрический состав конкреций

Fig.9. Autonomous self-popping multi-functional probe-sampler: *a* – general view; *b* – scheme of hydro-erosion of bottom sediments; *c* – granulometric composition of nodules

Самовсплывающий пробоотборник донного грунта (а.с. 947681) представляет собой устройство, содержащее колонковую трубу, поплавков, балластную опору с установленным на ней коаксиально колонковой трубой с цилиндром, в котором размещен прикрепленный к колонковой трубе поршень. После заполнения колонковой трубы пробой грунта, балласт остается на дне, а устройство всплывает.

Для изучения параметров гидроразмыва донных отложений с включениями конкреций ВИМС совместно с КНУБА разработан автономный самовсплывающий зонд-пробоотборник (Рис.9). Он состоит из поплавкового узла, балластного отсека с устройством сброса балласта (песка, гравия) в момент падения на дно, системы обнаружения (проблесковой вспышки) и рабочего органа с пружинным приводом [14, 15].

Придонный водный поток создается крыльчаткой 1 с наклонными лопастями, которая вблизи дна над осадками, вмещающими конкреции 2, приводится во вращение калиброванной пружиной 3. Вода

подходит к крыльчатке сверху и создает вдоль дна расходящийся в разные стороны поток 4, смывающий конкреции в сеткуловушку 5.

Результаты размыва оценивают по степени подбора конкреций со всей рабочей площади, ограниченной каркасом зонда. В каждой точке опробования коробчатым пробоотборником поднимают контрольные пробы донного грунта и определяют плотность залегания конкреций. Затем проводят серию спусков зонда, определяя эффективную скорость гидроразмыва путем изменения степени закрутки пружины, т.е. изменением мощности на валу рабочего органа. Собранные при каждом спуске конкреции взвешивают и фотографируют.

В Вудсхоллском океанографическом институте разработан самовсплывающий пробоотборник, получивший широкое распространение при проведении работ в глубоководных районах Мирового океана. Он состоит из трубы наружным диаметром 76 мм и толщиной стенки 1,6 мм, снабженной режущим башмаком, заточенным под углом 10° . Два поплавка выдерживают давление

до 670 кг/см² и обеспечивают подъемную силу до 50 кг для пластиковой трубы длиной 122 см и внутренним диаметром 65 мм, с которой они соединяются двухметровым канатом диаметром 3 мм. При внедрении в грунт груз, оставаясь на поверхности дна, перемещается вверх, освобождая рычаг затвора. Поплавок всплывает, разматывая подъемный канат, и рывком выдергивает керноприемную трубу из колонковой. Скорость всплытия поплавка 1,25 м/с. Аккумуляторная батарея обеспечивает работу лампы-вспышки проблескового маяка в течение 16 часов.

В настоящее время разработано несколько конструкций автономных самовсплывающих устройств с грейферными рабочими органами. Французским центром CINEXO создана модель самовсплывающего грейфера с рабочим органом в виде двух разводящих ножей, которые фиксируются на жесткой раме двумя натянутыми тросами [16]. После отбора пробы установленный между ножами груз массой 40 кг сбрасывается на дно. Недостатками самовсплывающих пробоотборников, работающих по принципу балласт-плавучесть, являются малая масса отбираемой пробы, низкая скорость всплытия и дороговизна поплавок.

Фирма "Пройссаг" (ФРГ) разработала модель самовсплывающего пробоотборника "Бумеранг-Х", включающих два сферических поплавка, нижний диаметром 250 мм и верхний – 450 мм, обеспечивающие подъемное усилие 45 кгс, и радиомаяк [17]. Грейферный рабочий орган включает козырь, на котором крепятся рычаги черпаков с помощью гравитационных замков, освобождающихся после удара пробоотборника о грунт. Затем носитель всплывает, сводя рычаги черпаков. Модификация этой установки "Фото-Бумеранг" оснащена однокадровой фотокамерой.

Аналогичными установками оснащены японские суда типа "Хакурей-Мару". Дополнительно разработано устройство, обеспечивающее отбор ненарушенной пробы вмещающих пород и представляющее собой короткий цилиндр с режущей кромкой, уста-

новленный на внутренней поверхности одного из ножей. При сведении ножей он вырезает пробу с поверхности дна, которая сохраняется во время всплытия, благодаря контакту цилиндра с крышкой, размещенной на втором ноже.

Наиболее перспективными устройствами являются подъемные системы на базе емкостей с газом, находящимся в жидком, твердом и сжатом состоянии или на основе газогенераторов, использующих пиротехнические средства и гидрореагирующие сплавы.

На Рис.10 показано устройство с источником газа, которое представляет собой цилиндрический кожух 1 со стабилизатором 2 и сферическим сегментом 3 для сбора образцов [18]. Черпаки 4 в виде полусфер, двигаются вдоль поверхности сегмента 3. Мощные скручивающие пружины 5, надетые на штифты 6, обеспечивают захлопывание черпаков 4 при погружении в грунт. Спусковой механизм срабатывает только при ударе устройства о дно. Движение вверх стержня

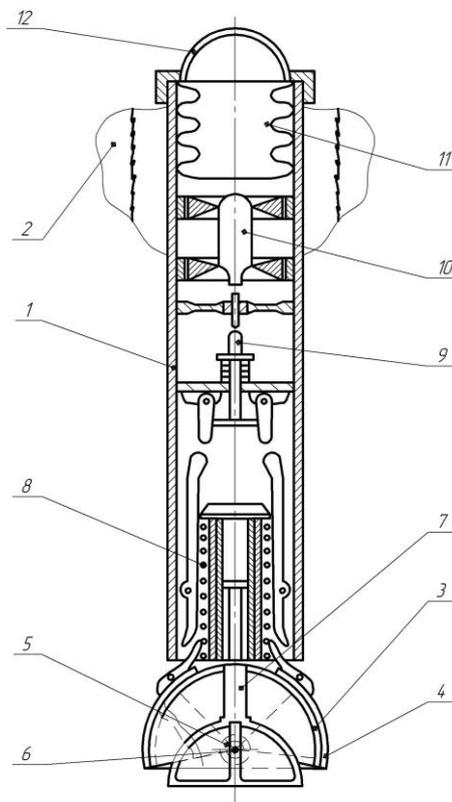


Рис. 10. Самовсплывающий пробоотборник с газогенераторным носителем

Fig. 10. Self-popping sampler with gas generator carrier

7 спускового механизма происходит под действием пружины, освобождаемой стопором 8. Ударник 9 пробивает контейнер 10 со сжатым газом, который давит на надувной баллон 11. При определенном давлении эластичная крышка 12 срывается, баллон 11 выдавливается наружу и заполняется газом. При достижении необходимой подъемной силы устройство с пробой грунта поднимается на поверхность.

Устройство для отбора проб осадков со дна водоема (а.с. 842453) состоит из рабочего органа, выполненного в виде створок 1, укрепленных на рычагах 2, на других концах которых смонтированы балластные емкости 3 и шарнирно соединенных между собой с помощью оси 4 штанги 5 со штоком-лидером 6, установленным в ней с возможностью относительного перемещения и дополнительной балластной емкостью 7, жестко укрепленной на ней, надувного понтона 8.

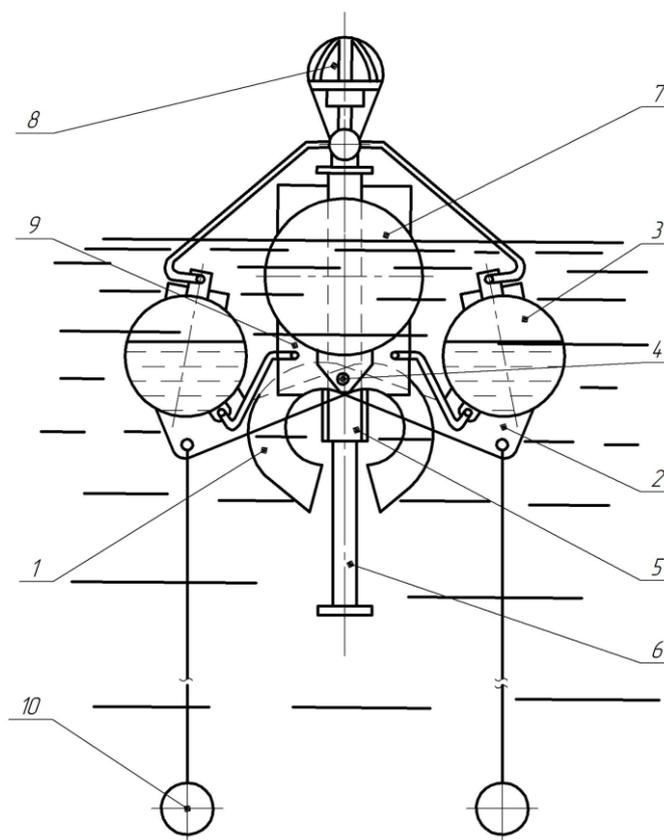


Рис. 11. Устройство для отбора проб осадков со дна водоема

Fig. 11. Device for sampling sediments from the bottom of a reservoir

8, укрепленного на штанге 5 и системы продувки балластных емкостей 3 и 7 (Рис.11). Надувной понтон 8 со сжатым газом выполнен в виде газогенератора 9. На рычагах 2 створок 1 укреплены грузы-разведчики 10.

Работает устройство следующим образом. После спуска устройства с плавсредства в водоем происходит заполнение водой сначала балластных емкостей 3, что приводит к развороту рычагов 2 вокруг оси 4 и, следовательно, к раскрытию створок 1 рабочего органа, а затем дополнительной балластной емкости 7. В результате устройство погружается до достижения дна. При соприкосновении грузов-разведчиков 16 с дном происходит резкое снижение скорости погружения устройства, после чего о дно ударяется шток-лидер 6, который, перемещаясь относительно штанги 5, приводит в действие газогенератор 11. Образующийся газы поступают в балластные емкости 3 и вытесняют из них через обратные клапаны воду;

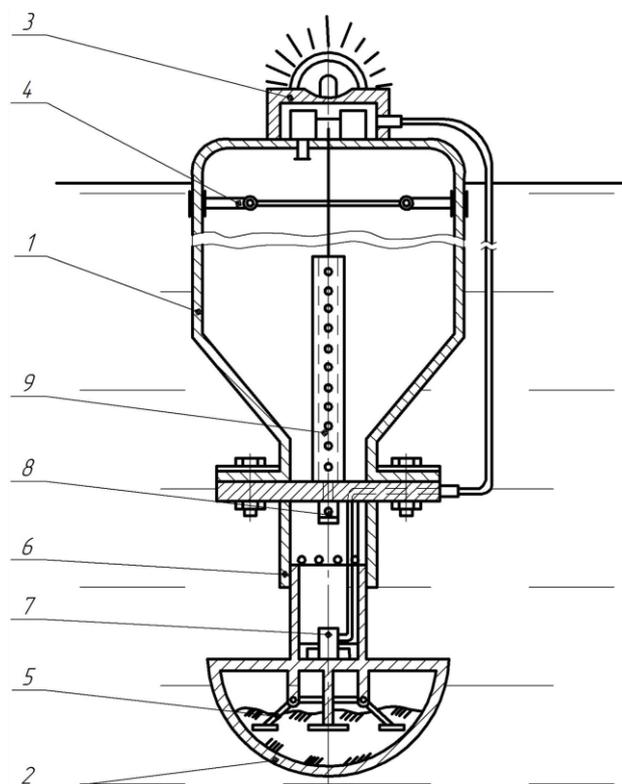


Рис. 12. Самовсплывающий грейфер с газогенераторным носителем порохового типа

Fig. 12. Self-floating grapple with a powder-type gas-generating carrier

происходит продувка емкостей. Рычаги 2 поворачиваются, створки 1 смыкаются, обеспечивая срез пробы. В момент закрытия створок начинается продувка емкости 7 сжатыми газами, поступающими из емкостей 3. При достижении необходимого избыточного давления в емкости 7, сжатый газ поступает в надувной понтон 8. После достижения устройством в целом положительной плавучести, оно отрывается от дна океана и всплывает.

Самовсплывающий пробоотборник с газогенераторным носителем порохового типа (Рис.12) состоит из надувного резинового буя 1, устройства 2 для отбора образца грунта и системы обнаружения [19]. В верхней части буя расположены два разгрузочных клапана 4, соединенных шнуром. Система обнаружения состоит из сигнальной лампы в ее верхней части и передатчика – в нижней части. Рабочий орган включает грейфер 2 с концевыми переключателями 5, фундаментную плиту с вертикальным цилиндром 6; грейфер выполнен в виде полусферических створчатых черпаков.

При откачанном воздухе пробоотборник с буюм, имея отрицательную плавучесть, опускается на дно. В момент касания дна концевые переключатели замыкают цепь взрывного заряда 7. Образовавшиеся при взрыве газы заставляют сомкнуться черпаки, захватив образец породы. Барометрический переключатель 8 обеспечивает поджиг воспламенителя 9, который поджигает основной заряд. Образующийся при этом газ обеспечивает всему устройству необходимую положительную плавучесть, поднимая его на поверхность.

ОПРОБОВАНИЕ С ПОДВОДНЫХ ПЛАТФОРМ И УПРАВЛЯЕМЫХ АППАРАТОВ

Подводная автономная платформа "ДОСП" Род-Айлендского университета [20] оборудована средствами пробоотбора. Платформа (Рис.13) представляет собой раму размером 1,2×1,2×2,0 м весом 220 кг, в центре которой установлен пробоотборник 1 длиной 1,5 метров, диаметром 76 мм с эле-

ктроприводом 2 и керноуловителем 3. По углам платформы установлены четыре несущих опоры 4 с зондами 5 и электроприводами 6 заглубления зондов, источники звука 7 и термисторы 8. Закрепление платформы на дне обеспечивается гидростатическим якорем 9 при помощи насоса 10.

Платформа "Дотипос" ВМФ США имеет дистанционное управление и систему контроля положения пробоотборников. Платформа представляет собой пирамиду высотой 5,3 м с основанием 4,6×4,6 м². Давление на донный грунт 0,024 кг/см². На платформе установлена поршневая грунтовая трубка диаметром 114 мм. Максимальная глубина внедрения 2,9 м со скоростью 51 мм/с.

Автоматический морской грунтовый пробоотборник колонкового типа разработанный Лабораторией гражданского строительства ВМФ США предназначен для по-

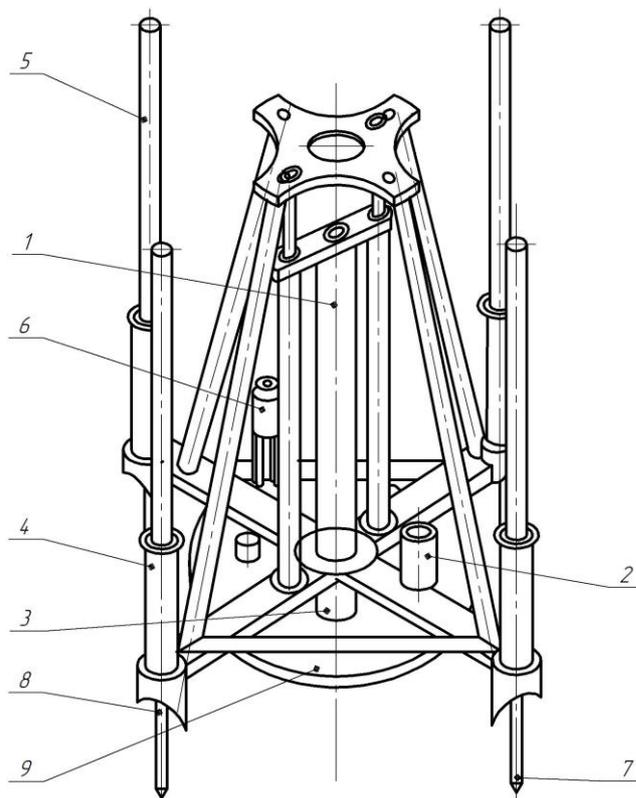


Рис. 13. Платформа «ДОСП» Род-Айлендского университета для изучения глубоководных донных отложений

Fig. 13. DOSP platform of the University of Rhode Island for the study of deep-sea bottom sediments

лучения десяти последовательных проб

диаметром 76 мм и длиной 1,5 метра. Кассетное устройство из 10 грунтовых труб, расположенных по образующей цилиндра, приводится в движение с помощью силового узла, питаемого через кабель-трос с борта судна. Гидравлическая силовая установка обеспечивает необходимое усилие задавливания грунтовых трубок в донные осадки.

Глубоководное грунтозаборное устройство (а.с. 939664) включает прочный корпус

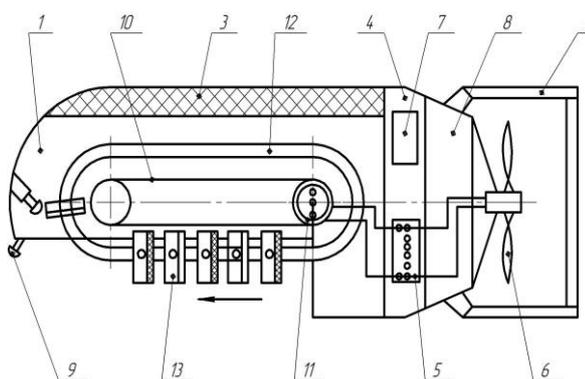


Рис. 14. Глубоководное планирующее грунтозаборное устройство

Fig. 14. Deep-sea planing soil intake device

1 с рулями 2 горизонтального и вертикального перемещения и поплавком 3, смонтированным внутри корпуса (Рис.14). Корпус 1 состоит из замкнутого энергетического отсека 4, в котором установлена энергетическая установка или аккумулятор 5. Устройство снабжено тяговым электродвигателем, приводимым в движение от аккумулятора 5 и вращающим гребной винт 6. Внутри отсека 4 смонтирована автоматическая управляющая система 7. В устройство входят также емкость 8 для балластных грузов, шток-лидер 9, установленный снаружи. Пробоотборник выполнен в виде бесконечной гибкой ленты 10 с грунтоборниками 13 и направляющих 12, что позволяет брать пробы грунта с нескольких точек дна водоема.

С помощью автоматической управляющей системы 7 задается программа работы грунтозаборного устройства. При достижении дна водоема срабатывает шток-лидер 9 и включает двигатель ведущего бара-

бана 11, который приводит в движение бесконечную тяговую ленту 10. При движении грунтоборник 13 захватывает донный грунт с конкрециями. Перемещаясь далее по направляющим 12 он соприкасается с упорным контактом, в результате чего закрывается крышкой с защелкой. По команде управляющей системы 7 устройство перемещается на следующее место пробоотбора.

Среди зарубежных управляемых подводных аппаратов, оснащенных средствами пробоотбора, наиболее известны "Алвин", "Архимед", "Дип Квест", "Алюминаут", "Серв" и другие. Самым совершенным из них является аппарат "Дип Квест", предназначенный для работ на глубине до 2500 м, который имеет пробоотборник с гидравлическим приводом и шестью грунтовыми трубками длиной 1,22 м, поочередно внедряющимися в донные осадки.

Из анализа всех систем пробоотбора можно сделать вывод о том, что кассетные установки имеют наиболее высокие технико-экономические показатели, повышающие эффективность глубоководных инженерно-геологических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Виноградов О.А., Москвитин В.В., Нейман Л.И.** (1973). Колонковые пробоотборники для морских работ: Обзор ОЦНТИ ВИЭМС, серия VI. Москва, 34.
2. **Разработка** теории разрушения, транспортирования и оценки свойств донных грунтов и пород Мирового океана с целью создания приборов, машин, оборудования и автоматизированных комплексов для строительно-добычных работ в условиях различных грунтов (1990). Отчет о НИР 11ТБ-88. Гос., регистр. No. 018900374-33, Киев, КИСИ, 110.
3. **Неудачин Г.И., Чаленко А.А., Жигулин Б.А.** (1984). Морская погружная гидровибрационная установка для отбора донных проб в рыхлых отложениях. Методы и технические средства для морских инженерно-геологических исследований: сб. статей, ВНИИморгео, Рига, 8-3.
4. **Сукач М.К.** (1995). Глубоководный пробоотборник. Известия вузов. Геология и разведка, Вып. 9.
5. **Сукач М.К., Горбатюк Є.В., Марченко О.А.** (2013). Синтез землерийної і дорожньої техніки: підручник. Київ, Ліра-К, 376. ISBN 978-

966-2609-48-6 <https://doi.org/10.26884/mks-lirak.02>.

REFERENCES

6. **James L. T. et al.** (1981). Oceans 81, Conf. Rec. Boston, mass., New York, Vol.1.
7. **Kahlsico** (1979). No.217 WA 320, Piston Corer. Kahl scientific instrument corp.
8. **Сукач М.К.** (2002). Техника для исследования грунтов морского дна. Гірн., буд., дор. та меліорат. машини, Вып.60, 43-51.
9. **Сукач М.К., Філонов Ю.П., Литвиненко І.М.** (2006). Модель косоугольного щелевого резания грунта широким острым ножом. Техніка будівництва, Вып.18, 4-11.
10. **Воропаев А.А.** (1986). Технические средства инженерно-геологических исследований глубоководных донных отложений. Москва, ВИЭМС, 55.
11. **Сукач М.К.** (2004). Рабочие процессы глубоководных машин. Киев, Наук. думка, 364.
12. **Отчет** о проведенном исследовании по натурному определению гидроразмыва и усилия резания донных грунтов с целью расчета энергетических и технологических параметров рабочих органов глубоководных: технических средств (1986). Отчет и НИР. Гос. регистр. No.01870051013. Москва-ВИМС, КИСИ, 61.
13. **Lee D.** (1980). J. of Petroleum technology, 1980, Vol.32.
14. **Сукач М.К.** (2013). Исследование и разработка глубоководной добычной техники. Гірн., буд., дор. та меліорат. машини, Вып.82, 57-65 <https://doi.org/10.26884/mksu.a13250>.
15. **Сукач М.К., Новіков Р.Ю.** (2011). Опір піщаного ґрунту при щільному різанні широким ножом. Motrol, Vol.13C, 183-189.
16. **Apparatus** for refloating submerged bodies England (1976). Patent No.1088294.
17. **Amann N.M.** (1976). Dification of an Ocean Mining site – 7th Ann. Offshore Technol Conf. Houston, Vol.1.
18. **Blair A.E.** Hydrographic sampling device. US Patent No.3509772.
19. **Langguth A.F.** Deep ocean sampler. US Patent No.3280633.
20. **Noorany I.** (1977). Under water soil sampling, testing and constraction Control. USA, Philadelphia.
1. **Vinogradov O.A., Moskvitin V.V., Nejman L.I.** (1973). Kolonkovye proboo-tborniki dlja morskikh rabot: Obzor OCNTI VIJeMS, serija VI. Moskva, 34 (in Russian).
2. **Razrabotka** teorii razrusheniya, transpor-tirovaniya i ocenki svojstv donnyh grun-tov i porod Mi-rovogo okeana s cel'ju sozdaniya priborov, mashin, oborudovaniya i avtomatizirovannyh kompleksov dlja stroitel'no-dobychnyh rabot v uslovijah razlichnyh gruntov (1990). Otchet o NIR 11TB-88. Gos., registr. No.018900374-33, Kiev, KISI, 110 (in Russian).
3. **Neudachin G.I., Chalenko A.A., Zhigulin B.A.** (1984). Morskaja pogruzhnaja gidrovi-bracionnaja ustanovka dlja otbora donnyh prob v ryhlyh otlozhenijah. Metody i tehnicheckie sredstva dlja morskikh inzhenerno-geologicheskikh issledovaniy: sb. statej, VNIImorgeo, Riga, 8-3 (in Russian).
4. **Sukach M.K.** (1995). Glubokovodnyj probotbornik. Izvestija vuzov. Geologija i razvedka, Vyp.9 (in Russian).
5. **Sukach M.K., Gorbatjuk Je.V., Marchenko O.A.** (2013). Syntez zemleryjnoi' i dorozh-n'oi' tehniky: pidruchnyk. Kyi'v, Lira-K, 376. ISBN 978-966-2609-48-6 (in Ukrainian) <https://doi.org/10.26884/mks-lirak.02>.
6. **James L. T. et al.** (1981). Oceans 81, Conf. Rec. Boston, mass., New York, Vol.1.
7. **Kahlsico** (1979). No.217 WA 320, Piston Corer. Kahl scientific instrument corp.
8. **Sukach M.K.** (2002). Tehnika dlja issledovaniya gruntov morskogo dna. Girn., bud., dor. ta meliorat. mashini, Vyp.60 (in Russian), 43-51.
9. **Sukach M.K., Filonov Ju.P., Litvinenko I.M.** (2006). Model' kosougol'nogo shhelevogo rezaniya grunta shirokim ostrym nozhom. Tehnika budivnictva, Vyp.18, 4-11(in Russian).
10. **Voropaev A.A.** (1986). Tehnicheckie sred-stva inzhenerno-geologicheskikh issledovaniy glubokovodnyh donnyh otlozhenij. Moskva, VI-JeMS, 55 (in Russian).
11. **Sukach M.K.** (2004). Rabochie processy glubokovodnyh mashin. Kiev, Nauk. dumka, 364 (in Russian).
12. **Отчет** о проведенном исследовании по натурному определению гидроразмыва и усилия резания донных грунтов с целью расчета энергетических и технологических параметров рабочих органов глубоководных: технических средств (1986). Отчет и NIR. Гос. регистр. No.01870051013. Москва-VIMS, КИСИ, 61 (in Russian).

13. **Lee D.** (1980). J. of Petroleum technology, Vol.32.
14. **Sukach M.K.** (2013). Issledovanie i razrabotka glubokovodnoj dobychnoj tehniki. Girn., bud., dor. ta meliorat. mashini, Vyp.82, 57-65 (in Russian) <https://doi.org/10.26884/mksu.a13250>.
15. **Sukach M.K., Novikov R.Ju.** (2011). Opir pishchanogo gruntu pry shchilynnomu rizanni shyrokym nozhem. Motrol, Vol.13, 183-189 (in Ukrainian).
16. **Apparatus** for refloating submerged bodies England. Patent No.1088294, 1976.
17. **Amann N.M.** (1976). Dification of an Ocean Mining site – 7th Ann. Offshore Technol Conf. Houston, Vol.1.
18. **Blair A.E.** Hidrographic sampling device. US Patent No.3509772.
19. **Langguth A.F.** Deep ocean sampler. US Patent No.3280633.
20. **Noorany I.** (1977). Under water soil sampling, testing and constraction Control. USA, Philadelphia.

Means and methods for testing bottom soils

Mykhailo Sukach

Abstract. One of the main methods of engineering-geological studies of bottom soils is the selection of soil samples using marine samplers for their subsequent analysis in a ship laboratory.

Marine samplers are devices that allow obtaining a surface sample of bottom sediments (grabs, dredges) or a soil sample (core) from a depth of up to 5...10 meters from the seabed surface (ground tubes, box-shaped samplers). The analysis of selected soil samples and the measurement of their strength properties are carried out by laboratory methods in on-board or coastal conditions. Sampling is the simplest and cheapest means of studying deep-sea soils and has been used only by oceanologists for a long time. Later, it began to be used in offshore exploration work on the shelf and in marine engineering and geological studies. The possibility of using sampling from non-specialized ships, the efficiency and relatively low cost of work have led to the widespread use of sampling in marine engineering practice. The disadvantages of sampling include the low accuracy of determining the physical and mechanical properties of bottom soils due to violations of the structure of samples during sampling (porosity, density, cohesion), as well as when they rise to the day surface due to changes in the environment (pressure, temperature, etc.). Deep-sea sampling also allows you to analyze soils for particle size distribution, identify the main types, types and varieties of soils. The following samplers are used: types: soil tubes, clamshell, box-shaped, cassette, autonomous self-floating. Testing from underwater platforms and dredging are also used.

Keywords: engineering and geological research, samplers, physical and mechanical properties, soil samples.