

УДК 621.878

Этапы и стадийность изучения морского дна для землеройных систем

Михаил Сукач

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

Получено 18.05.2021, принято 23.06.2021
<https://doi.org/10.32347/gbdmm.2021.97.0401>

Аннотация. Разработке и освоению полезных ископаемых и строительных материалов в акваториях, прокладке подводных средств коммуникаций, планировочным и дноуглубительным работам под водой предшествуют детальные изыскания грунтовых массивов. В них устанавливают литологию и генезис отложений, батиметрию донной поверхности, физико-механические, акустические и другие свойства подводных грунтов. Эти исследования подчинены в основном задачам геологии. Вместе с тем, для освоения глубоководной части Мирового океана предполагается использование грунторазрабатывающей и транспортной техники. Кинематические параметры оборудования, применяемого для инженерно-геологических исследований далеко не соответствуют кинематике существующих или проектируемых подводных систем. Несмотря на определенный прогресс в развитии инженерно-геологических методов исследования океана, достоверных данных о механических свойствах донных отложений в естественном залегании в настоящее время нет. Практически единственным способом идентификации прочностных свойств глубоководных грунтов является метод пробоотбора (трубками, грейферами, драгами). Характеристики грунтов определяют по образцам, поднятым на поверхность, в береговой или судовой лаборатории.

Одна из специфических особенностей проводимых испытаний – учет гидростатического давления, влияние на трехфазных грунтах которого особенно велико. Поэтому следует ожидать, что погрешности измерений характеристик донных отложений в атмосферных условиях из-за нарушения их структурных связей при подъеме, с больших глубин может на порядок и выше отличаться от истинных значений пара-

метров грунтовой среды. Таким образом, для определения условий эксплуатации и задания внешних нагрузок на грунторазрабатывающие подводные машины необходимо проведение измерений прочностных, деформационных и других характеристик донных грунтов в натурных условиях под гидростатическим давлением. В настоящей работе рассмотрены методы и технические средства, применяемые для глубоководного исследования морского дна. Особое внимание уделено инженерно-геологическим методам, позволяющим на стадии детальной разведки получать не только прогнозные оценки ресурсов минерального сырья Мирового океана, но и определять физико-механические свойства донных отложений, на которых предстоит работать глубоководным грунторазрабатывающим машинам.

Ключові слова: морское дно, подводный грунт, физико-механические свойства, инженерно-геологические методы, естественное залегание, грунторазрабатывающие машины

ВСТУП

Первые систематические научные исследования Мирового океана относятся к началу прошлого столетия. В это время океанография выделяется в самостоятельную науку. Исследуют все большие глубины океана, начинают изучение донных осадков, разрабатывают глубоководные пробоотборники, создают и переоборудуют суда для морских исследований. Этот этап характеризуется попытками приспособить к морским условиям аппаратуру и методику исследований, применяемые на суше.

Однако к середине пятидесятых годов пришли к заключению, что морская геология имеет свою специфику. Началось создание специальной морской гидрофизической аппаратуры.

Для изучения рельефа дна акваторий стали применять эхолоты. На втором этапе создаются новые гидрофизические методы разведки – сейсмология, геоакустика, гравиметрия, магнитометрия и др., позволившие изучать недоступные ранее глубины океана и толщи осадочных пород.

Морские исследования стали проводиться комплексно и на регулярной основе. К этому времени проведены огромные работы по изучению гидросферы и геофизических особенностей ложа океанов. Достигнуты значительные успехи в разведке и оценке минеральных ресурсов Мирового океана: нефти, газа, железомарганцевых конкреций, сульфидных руд, газогидратов. Впервые проведено глубинное морское бурение. В судовых лабораториях исследованы стратиграфия, литология и некоторые физико-механические свойства донных осадков.

Начиная с восьмидесятых годов стали широко применяться цифровые вычислительные машины для обработки геологических данных в реальном масштабе времени (третий этап). Этот период характеризуется зрелым пониманием особенностей морских исследований. Это привело к созданию автоматизированных геофизических комплексов на специализированных судах. Необходимость технологической совместимости методов исследования и технических средств обусловили создание специфического геодезического обеспечения, в том числе космической связи и навигации.

МЕТОДЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ГРУНТОВ

По стадийности методы исследования Мирового океана подразделяются на региональные, поисковые и разведочные (Рис.1). Такое деление установлено с целью оптимальной последовательности выпол-

нений морских геологоразведочных работ, соблюдая принципы аналогии, последовательного приближения, максимальной эффективности и соблюдения международных обязательств (Конвенции ООН по морскому праву, 1982 г.).

Региональные (масштаб 1:2000000) и, поисковые работы (масштаб 1:1000000) проводятся с использованием спутниковых систем навигации и включают геофизические и геохимические методы исследования [3, 4].

Цель региональных работ состоит в общегеологическом исследовании и обосновании перспективности рудных полей или их частей. Задачи этих исследований заключаются в изучении основных закономерностей геологического строения морфотектонических структур океанического дна; выделении и оконтуривании рудных полей, а также изучении общих закономерностей их размещения; изучении качественного состава конкреций и оценке прогнозных ресурсов минерального сырья.

На стадии региональных работ применяются сейсмологические и сейсмические исследования; геоакустические, гравимагнитные исследования; исследования естественных и искусственных электромагнитных полей; термометрические и радиометрические исследования.

Первый вид исследований применяется для выявления общих закономерностей геологического строения земной коры и поисково-разведочных работ на нефть, газ и газогидраты в акваториях. С этой целью применяют методы глубинного сейсмического зондирования земной коры, корреляционный метод преломленных волн, непрерывное сейсмическое профилирование. С помощью этих методов выявляют эпицентры землетрясений, районируют акватории по сейсмической активности, изучают разрез земной коры и верхней мантии с разрешающей способностью 0,5...2 км и глубиной до 30 км, изучают структуру осадочного чехла с расчленением разреза на литофизические и стратиграфические комплексы.

Геоакустические исследования предназначены для поиска месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ) на шельфе и в Мировом океане, геоморфологической съемки, геокартирования и прогнозирования отдельных видов ТПИ, а также обследования морского дна для инженерных целей. Для этого применяются методы непрерывного сейсмоакустического профилирования, эхолотирование (в том числе многолучевое) и гидролокация бокового обзора (ГЛБО). Этими методами изучают верхнюю часть геологического разреза с разрешающей способностью 2...15 м при глубинности по грунту 0,2...1 км; рельеф морского дна и типов морских грунтов по профилям с разрешением до 1 метра и глубиной до 50 м; площадный рельеф морского дна в полосе обзора по 250 м на ка-

ждую сторону с разрешением 1,5°.

Гравимагнитные исследования используются для нефтегазопроисковых работ на шельфе в диапазоне глубин 5...300 м. Применяют непрерывное набортное гравиметрическое профилирование, поисково- и донногравиметрические дискретные наблюдения, непрерывное гидромагнитное профилирование. Этими методами изучают гравитационные аномалии с целью общетектонического районирования акваторий; полный вектор магнитного поля Земли и его аномалий; а также применяют их для создания опорной сети с помощью маятниковых приборов [17, 20].

Исследование естественных и искусственных электромагнитных полей предполагает общегеологические исследования, нефтегазопроисковые работы на шельфе гео-

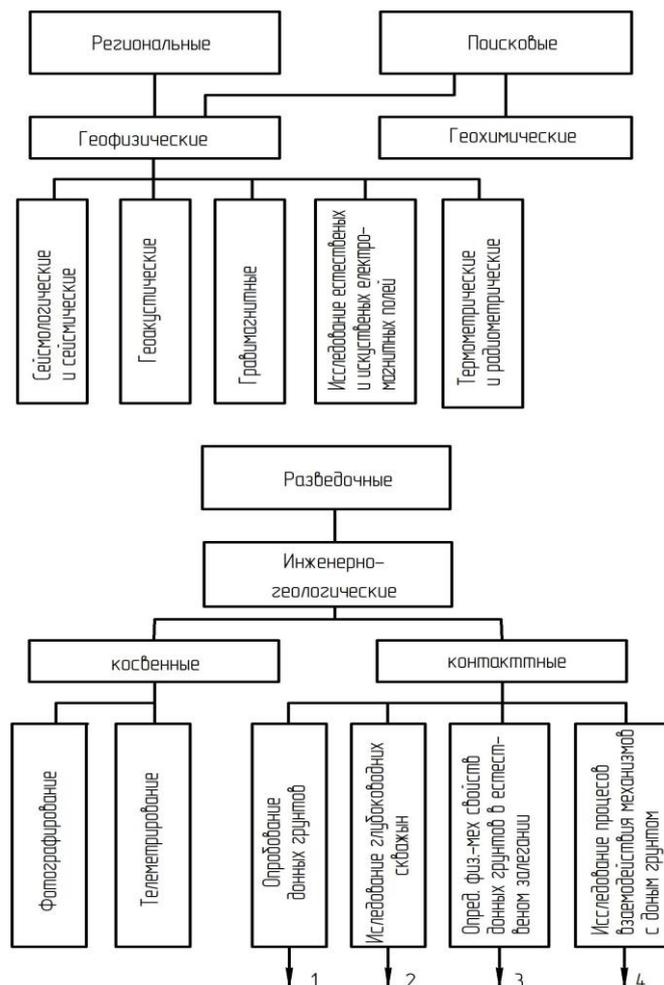


Рис. 1. Методы изучения дна океана

Fig. 1. Methods for studying the bottom ocean

логическое картирование, инженерную геологию и рудопоисковые работы на шельфе [2]. При этом применяют методы, магнитотеллурического зондирования, кругового зондирования становлением поля в ближней зоне, непрерывного дипольного осевого зондирования постоянным током, непрерывное профилирование методом постоянного тока с разносом электродов до нескольких, сотен метров; а также методы вызванной поляризации и естественного потенциала. С помощью них изучают электропроводность и термическое состояние слоев земной коры до глубины 15 км, геоэлектрический разрез до глубины 6 км; а также выявляют геоэлектрические неоднородности верхней части разреза (до сотен метров); включения, обладающие полной проводимостью; аномалии естественного потенциала, связанные с зонами субмаринной разгрузки, изменениями литологии и др.

Термические и радиометрические исследования используют для нефтегазопоско-вых работ, геологического картирования и рудной геологии [4]. Применяют методы изучения теплового потока в отдельных пунктах и радиометрическое профилирование, с помощью которых выясняют аномалии теплового потока и изучают естественное гамма излучение придонных осадков.

Поисковые и поисково-оценочные работы (масштаб 1:500000) применяются с целью обоснования заявки на получение участка в Международном районе морского дна, а также выделения в пределах первоначального района месторождения железомарганцевых конкреций (ЖМК) и обоснования очередности изучения частей месторождения.

Задачи поисковых работ: выделение в пределах рудных полей или их частей нескольких потенциальных рудных зон площадью до 300 тыс. км²; установление промышленно значимой конкрециенности; эпизодическое изучение инженерно-геологических свойств конкреций и донных осадков; изучение технологических свойств ЖМК на основании минералоготехнологических проб; изучение качест-

венного состава конкреций; получение общих сведений о гидробиологических, гидрохимических и гидрооптических характеристиках района исследования.

Задачами поисково-оценочных работ являются выделение месторождений ЖМК, изучение его внутренней структуры и условий залегания; оценка весовых концентраций конкреций данного месторождения и средних значений содержания основных, попутных, вредных и шлакообразующих компонентов; качественная и количественная оценка инженерно-геологических свойств конкреций и донных осадков; оценка площадной неоднородности в строении поверхности дна.

На стадии разведочных работ (масштаб 1:50000 и крупнее) исследования проводятся с привязкой в донной гидроакустической системе. Цель этих работ заключается в подготовке месторождения к промышленному освоению, достижении установленных нормативных соотношений запасов и ресурсов, а также обеспечении текущего и перспективного планирования, контроля за полнотой отработки и уровня загрязнения (Рис.2).

Задачи разведочных работ: выделение и оконтуривание рудных тел, изучение их внутренней, структуры и условий залегания; изучение характера распределения промышленной конкрециенности в зависимости от топографии морского дна; изучение вещественного состава; изучение технологических свойств на лабораторных и полупромышленных пробах; изучение горногеологических условий участка промышленной эксплуатации; обоснование коэффициента рудоносности; детальные исследования динамики искусственного антропогенного загрязнения; стационарное изучение основных гидрологических параметров.

Основной вид исследований акваторий и морского дна на стадии разведочных (детальных) работ – инженерно-геологические, которые включают косвенные и контактные (непосредственные) методы исследования [1, 5, 9, 10].

К косвенным методам относят глубоководное фотопрофилирование и телевизионную малокадровую съемку поверхности морского дна [3, 18]. Эти методы предназначены для получения визуальной информации о состоянии донной поверхности и залегающих на ней геологических и антропогенных объектов в дискретных точках

съемки площадью 12...16 м² через каждые 15...30 метров и позволяют выделять выходы коренных пород, оценивать прогнозные ресурсы ЖМК, их минералогический состав и др.

Контактные методы инженерно-геологических исследований заключаются в опробовании донных грунтов, исследова-

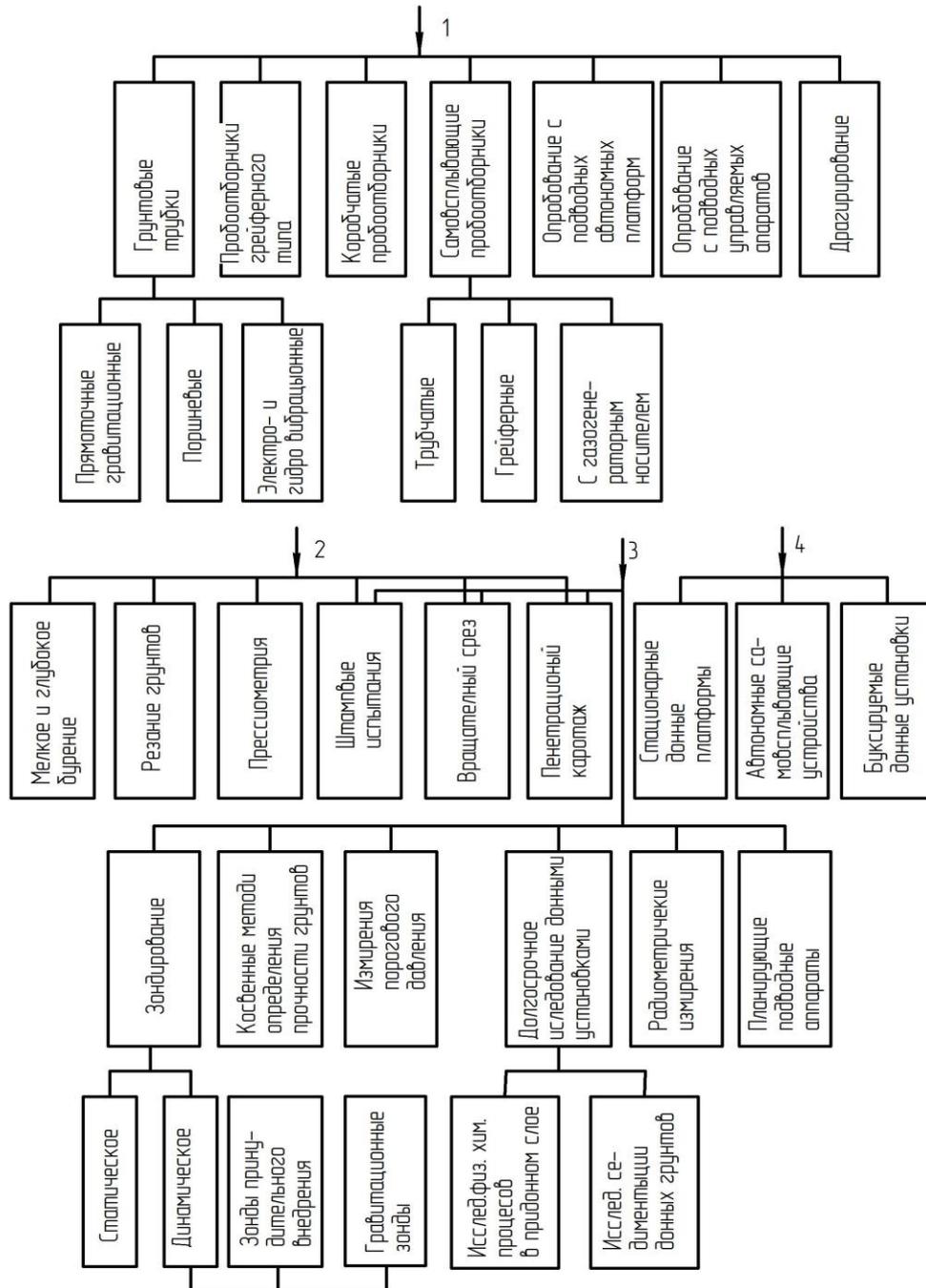


Рис. 2. Инженерно-геологические изыскания морского дна
Fig. 2. Engineering and geological survey of the seabed

нии глубоководных скважин, определении физико-механических свойств грунтов в естественном залегании, исследовании процессов взаимодействия механизмов с донными грунтами [6, 7, 9, 10].

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДКОВ МОРСКОГО ДНА

Глубоководные осадки представляют собой пелитовые, алевропелитовые, алевролитовые и органогенные океанические илы. По генезису их можно разделить на терригенные, биогенные и полигенные.

Терригенные осадки в основном распространены на окраинах акваторий и морском шельфе. Они обусловлены выносом с континентов терригенного осадочного материала при их механической денудации под действием атмосферных осадков в бассейнах рек.

Для глубоководного ложа океана характерны биогенные и полигенные осадки. Биогенные осадки представлены фораминиферовыми, алевролитовыми и пелитовыми илами, часто неоднородными по своему гранулометрическому составу. Полигенные осадки состоят в основном из тонкопелитовых илов терригенного, вулканогенного и космогенного происхождения, а также скелетов радиолярий.

Наибольший интерес для промышленного освоения представляют океанические донные осадки, включающие железомарганцевые конкреции [12–14]. Глубоководные залежи ЖМК, отличающиеся высоким содержанием марганца, железа, меди, никеля и др., встречаются практически во всех регионах Мирового океана. Но наиболее продуктивные районы, с плотностью залегания ЖМК: свыше 5 кг/м^2 и покрытием площади дна более 25% находятся в срединной (приэкваториальной) части Тихого океана.

Для упрощения рассмотрения и изучения верхнего слоя донного массива однотипные осадки можно объединить в пачки. Нижняя часть осадочной толщи (пачка 1) представлена пелитоморфным известняком – карбонатными осадками. Текстура осадка однородная трещиноватая с включениями

гидроокислов марганца. По цвету они белые, светло-серые или светло-коричневые.

Выше по разрезу осадки представлены продуктами декарбонатизации коричневого цвета (пачка 2). Текстура землистая за счет алевролитовой составляющей, представленной скелетами радиолярий, диатомей и спикулами губок. Отличается высокой пористостью и переувлажненностью.

Для осадков 3 пачки характерны уплотненные сланцеватые глины темных цветов с оттенками от красновато-коричневых до серовато-черных. Осадки 4 пачки представлены темно-коричневыми однородными и пятнистыми глинами. Здесь можно выделить слабокарбонатные глины, включающие чаще всего раковины фораминифер, а также наличие фораминиферового песка.

В верхнем слое донных осадков находится активный слой. Это глинистый разжиженный слой темной однородной глины жидкотекучей консистенции.

Параметры донных осадков, необходимые для оценки внешних нагрузок на рабочие органы и движители подводных грунтообрабатывающих машин, можно разделить на две группы. К первой относят показатели, дающие качественную оценку грунта и характеризующие его природу и состав: петрографический, минералографический, химический, гранулометрический составы, показатели пластичности, текучести, а также влажность, температуру.

Показатели второй группы дают количественную характеристику грунта и используются в практических расчетах. К основным из них относят несущую способность, сцепление осадков, угол внутреннего трения, вязкость, пористость, объемную массу, структурную связность, липкость и др.

Несущая способность осадков характеризуется сопротивляемостью их смятию нагрузками, нормальными к плоскости индентора $\sigma = f(x, \dot{x})$ и зависит, от нормальной деформации X и скорости сдвига \dot{X} . Сцепление осадков характеризуется сопротивлением их сдвигу $\tau = f(x, \dot{x}, \sigma)$ является функцией деформации X , скорости сдвига \dot{X} и сопротивления смятию σ .

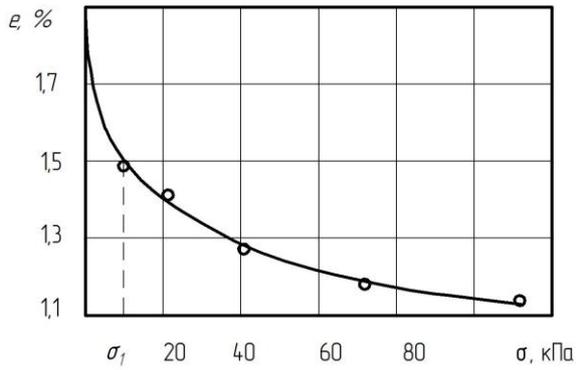


Рис. 3. Компрессионная кривая для глинистого дна
Fig. 3. Clay bottom compression curve

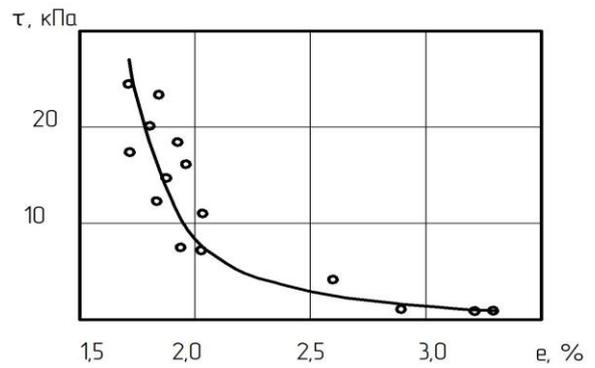


Рис. 4. Зависимость сопротивления сдвигу ила от коэффициента пористости
Fig. 4. Dependence of sludge shear resistance on porosity coefficient

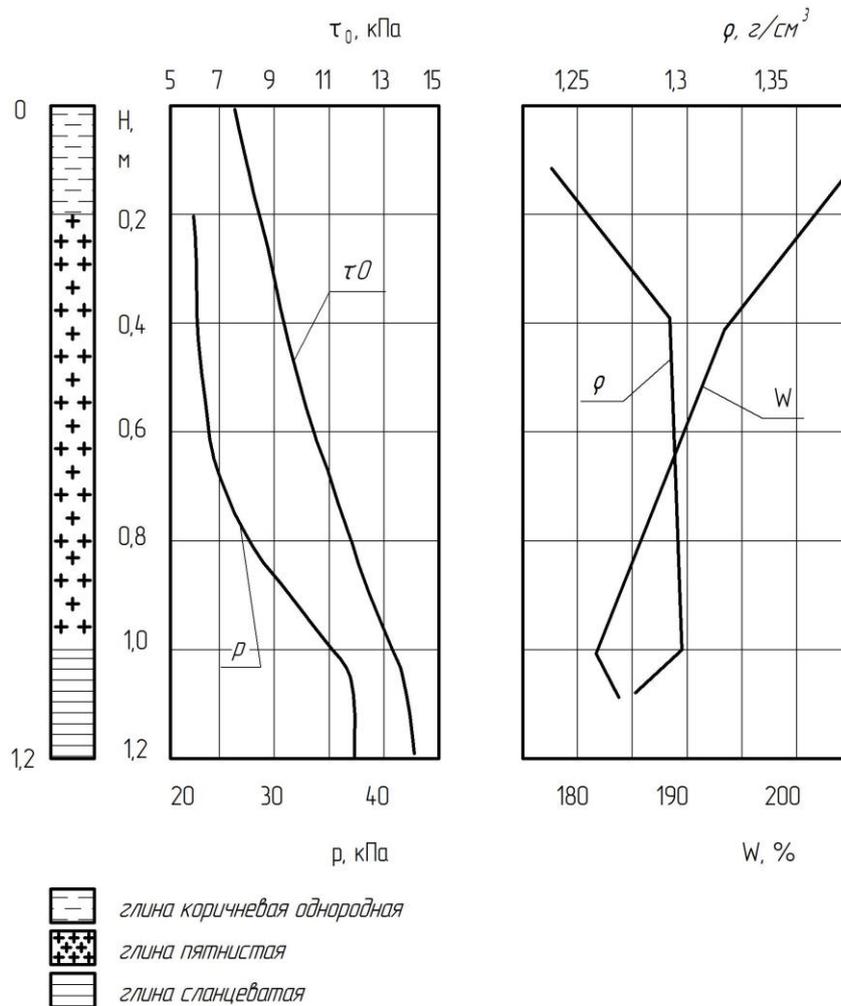


Рис. 5. Свойства океанических осадков по глубине колонки пробоотбора:
 P – удельная сила резания; τ_0 – сцепление; W – влажность; ρ – плотность
Fig. 5. Properties of ocean sediments by the depth of the sampling column:
 P is the specific cutting force; τ_0 – soil adhesion; W – humidity; ρ – density

Глубоководные осадки имеют влажность выше предела текучести и большие значения коэффициента пористости. Особенностью донных илов является низкая плотность и относительно большие коллоидные связи, обуславливающие их устойчивость при весьма рыхлой структуре. Органические вещества, содержащиеся в илах, повышают их сцепление и уменьшают угол внутреннего трения.

Важным фактором является наличие в осадках газовой составляющей, обусловленной катагенным преобразованием рассеянного океанического вещества, подводным выходом нефти, газа, вулканизмом и т.п. Чувствительность осадков $\xi = \sigma_n / \sigma_{деф}$ представляет собой отношение прочности на сжатие ненарушенного σ_n и деформированного $\sigma_{деф}$ образца или отношение предельных сопротивлений сдвигу $\xi = \tau_n / \tau_{деф}$. Величина $\tau = 1/\xi$ характеризует структурную прочность осадков. Компрессионная кривая для глинистого ила и зависимость сопротивления сдвигу от коэффициента пористости показаны на Рис. 3 и 4.

Многочисленные исследования океанических донных грунтов показали [1, 11, 15, 16], что по гранулометрическому составу глубоководные осадки представлены частицами размером от 0,005 мм до 50...100 мм. Толщина осадочного чехла в глубоководном ложе может достигать 200 метров и больше. Изменения свойств осадков по глубине залегания показаны на Рис.5.

В Табл.1 представлены усредненные данные о свойствах глубоководных осадков в трех регионах Мирового океана [8, 18, 19], полученные путем геологической обработки образцов, поднятых с дна.

Стандартные методы изучения деформационно-прочностных характеристик илистых грунтов разработаны большей частью для атмосферных условий, а также применяются при испытаниях под гидростатическим давлением до нескольких МПа. Исследования же подводных осадков на глубинах до 6000 метров не обеспечены соответствующими методиками, носят выборочный характер и требуют подтверждения достоверности в натурных, испытаниях на месте залегания.

Таблица 1. Свойства глубоководных осадков
Table 1. Properties of deep sea sediments

Параметры	Регион		
	1	2	3
Плотность, кг/м ³	1200...1320	1100...1500	1400...1500
Влажность, %	95...260	115...320	80...120
Пористость, %	24...57	39...51	–
Сопротивление сдвигу, кПа	4,3...16,2	0,95...11,7	5,3...10,6
Сопротивление резанию, кПа	28,4–105	6,3...77	33...65
Удельное сопротивление пенетрации, кПа	7,2...28	1,85...20,7	4...25,5
Несущая способность кПа	$\frac{6,6^*}{71,1}$	$\frac{3,73}{30,5}$	–
Липкость, кПа	1,3...2,75	2,2...4,5	–
Вязкость, кПа	5...450	30...1200	–
Угол внутреннего вращения, град.	0...3	0...5	1...5
Абразивность	Весьма малая	Малая	

* В числителе – погружение штампа 0,1 м; в знаменателе – то же 0,5 м

ЛИТЕРАТУРА

1. **Архангельский И. В.** (1980). Морское бурение инженерно-геологических скважин, Ленинград, Недра, 263.
2. **Белявский Г. А.** (1977). Физико-механические свойства донных осадков северной части Индийского океана, Киев, Наукова думка, 120.
3. **Глумов И. Ф.** (1986). Автоматизированные геофизические комплексы для изучения геологии и минеральных ресурсов Мирового океана. Москва, Недра, 334.
4. **Звольский С. Т.** (1984). Радиоизотопные методы исследования физико-механических свойств донных осадков. Киев, Наукова думка, 216.
5. **Исследование** процессов взаимодействия различных типов движителей со слабонесущими грунтами (1985). Отчет о НИР х/д № 3035, Горький, ГПИ, 86.
6. **Моисеенко В. Г., Сукач М. К., Наруцкий О. А.** (1991). Экспресс метод определения свойств подводных грунтов. Строительные и дорожные машины, № 8, 25-26.
7. **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.
8. **Смолдырев А. Е.** (1978). Методика и техника морских геологоразведочных работ. Москва. Недра, 303.
9. **Сукач М. К.** (1991). Гравитационные зонды для определения прочности подводных, грунтов. Торфяная промышленность, № 9, 37-40.
10. **Сукач М. К.** (1992). Глубоководная установка для исследования прочности донного грунта на ходу судна. Изв. вузов. Геология и разведка, № 2, 125-129.
11. **Сукач М. К.** (2002). Идентифікація робочих процесів глибоководних ґрунторозробних машин. Дисс. д.т.н.: спец. 05.05.04 «Машины для земляных та дорожніх робіт», 346.
12. **Сукач М. К.** (2013). Синтез землерийної і дорожньої техніки. Київ, Ліра-К, 376.
13. **Сукач М. К., Филонов Ю. П., Пузаков Д. В.** (2006). Характеристики процесса резания грунта в замкнутом пространстве. Гірн., буд., дор. і меліорат. машини. Київ, КНУБА, Вип. 67, 8-11.
14. **Трофименко Ю. Г., Воробков П. Н.** (1981). Полевые методы исследования строительных свойств грунтов. Москва, Стройиздат, 214.
15. **Ферронский В. И., Грязнов Т. А.** (1979). Пенетрационный каротаж. Москва, Недра, 335.
16. **Шехтер Е. Ю.** (1983). Методы исследования механических свойств грунтов морского дна. Москва, Недра, 192.
17. **Blair A. E.** Hydrographic sampling device. US Patent № 3509772.
18. **March J.** (1979). Deep sea mineral resources investigation in the central eastern part of the Central Pacific Basin. GH-76-1 Cruise Report 8, Tokio, Geological survey of Japan.
19. **James L. T. et al.** (1981). Oceans81, Conf. Rec. Boston, mass., New York, Vol. 1.
20. **Langguth A. F.** Deep ocean sampler. US Patent № 3280633.

REFERENCES

1. **Arhangel'skij I. V.** (1980). Morskoe burenie inzhenerno-geologicheskikh skvazhin, Leningrad, Nedra, 263 (*in Russian*).
2. **Beljavskij G. A.** (1977). Fiziko-mehaniicheskie svojstva donnyh osadkov severnoj chasti Indijskogo okeana, Kyiv, Naukova dumka, 120 (*in Russian*).
3. **Glumov I. F.** (1986). Avtomatizirovan-nye geofizicheskie komplekсы dlja izuchenija geologii i mineral'nyh resursov Mirovogo okeana. Moskva, Nedra, 334 (*in Russian*).
4. **Zvol'skij S. T.** (1984). Radioizotopnye metody issledovanija fiziko-mehaniicheskih svojstv donnyh osadkov. Kiev, Naukova dumka, 216 (*in Russian*).
5. **Issledovanie** processov vzaimodejstvija razlichnyh tipov dvizhitelej so slabonesushhimi gruntami (1985). Otchet o NIR h/d № 3035, Gor'kij, GPI, 86 (*in Russian*).
6. **Moiseenko V. G., Sukach M. K., Naruckij O. A.** (1991). Jekspress metod opredelenija svojstv podvodnyh gruntov. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, No.8, 25-26 (*in Russian*).
7. **Neudachin G. I., Chalenko A. A., Zhigulin B. A.** (1984). Morskaja pogruzhnaja gidrovibracionnaja ustanovka dlja otbora donnyh prob v ryhlyh otlozhenijah. Metody i tehniicheskie sredstva dlja morskih inzhe-nernogeologicheskikh issledovanij: Sb. statej VNIImorgeo, Riga, 8-3 (*in Russian*).

8. **Smoldyrev A. E.** (1978). Metodika i tehnika morskih geologorazvedochnyh rabot. Moskva. Nedra, 303 (*in Russian*).
9. **Sukach M. K.** (1991). Gravitacionnye zondy dlja opredelenija prochnosti podvodnyh, gruntov. Torfjanaja promyshlennost', No.9, 37-40 (*in Russian*).
10. **Sukach M. K.** (1992). Glubokovodnaja ustanovka dlja issledovanija prochnosti donnogo grunta na hodu sudna. Izv. vuzov. Geologija i razvedka, No. 2, 125-129 (*in Russian*).
11. **Sukach M. K.** (2002). Identifikacija robochih procesiv glubokovodnyh gruntorozrobnyh mashyn. Diss. d.t.n.: spec. 05.05.04 «Mashyny dlja zemljanyh ta dorozhnyh robit», 346 (*in Ukrainian*).
12. **Sukach M. K.** (2013). Sintez zemlerijnoi i dorozhn'oi tehniki. Kiiv, Lira-K, 376 (*in Ukrainian*).
13. **Sukach M. K., Filonov Ju. P., Puzakov D. V.** (2006). Harakteristiki processa rezanija grunta v zamknutom prostranstve. Girn., bud., dor. i meliorat. mashini. Kiiv, KNUBA, Vyp.67, 8-11 (*in Russian*).
14. **Trofimenko Ju. G., Vorobkov P. N.** (1981). Polevye metody issledovanija stroitel'nyh svojstv gruntov. Moskva, Strojizdat, 214 (*in Russian*).
15. **Ferronskij V. I., Grjaznov T. A.** (1979). Penetracionnyj karotazh. Moskva, Nedra, 335 (*in Russian*).
16. **Shehter E. Ju.** (1983). Metody issledovanija mehanicheskikh svojstv gruntov morskogo dna. Moskva, Nedra, 192 (*in Russian*).
17. **Blair A. E.** Hydrographic sampling device. US Patent № 3509772.
18. **Deep sea mineral resources investigation in the central eastern part of the Central Pacific Basin** (1979). J. March GH-76-1 Cruise Report 8, Tokio, Geological survey of Japan.
19. **James L. T. et al.** (1981). Oceans 81, Conf. Rec. Boston, mass., New York, Vol.1.
20. **Langguth A. F.** Deep ocean sampler. US Patent № 3280633.

Stages and staging of the study of the seabed for earthmoving systems

Mikhailo Sukach

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. The development and development of minerals and building materials in water areas, the laying of underwater communications, planning and dredging under water are preceded by detailed surveys of soil massifs. They establish the lithology and genesis of deposits, bottom surface bathymetry, physico-mechanical, acoustic and other properties of underwater soils. These studies are mainly subordinated to the tasks of geology. At the same time, for the development of the deep-water part of the World Ocean, it is planned to use soil-development and transport equipment. The kinematic parameters of the equipment used for engineering and geological research do not correspond to the kinematics of existing or planned underwater systems. Despite some progress in the development of engineering-geological methods for studying the ocean, there are currently no reliable data on the mechanical properties of bottom sediments in natural occurrence. Practically the only way to identify the strength properties of deep-water soils is the sampling method (tubes, grabs, dredges). Soil characteristics are determined from samples brought to the surface in a shore or ship laboratory.

One of the specific features of the tests being carried out is the consideration of hydrostatic pressure, the effect of which on three-phase soils is especially large. Therefore, it should be expected that the measurement errors of the characteristics of bottom sediments in atmospheric conditions due to the violation of their structural relationships during ascent from great depths can differ by an order of magnitude or more from the true values of the parameters of the soil environment. Thus, in order to determine the operating conditions and set external loads on underwater digging machines, it is necessary to measure the strength, deformation and other characteristics of bottom soils in natural conditions under hydrostatic pressure. This paper considers the methods and technical means used for deep-sea exploration of the seabed. Particular attention is paid to engineering-geological methods, which make it possible at the stage of detailed exploration to obtain not only predictive estimates of the mineral resources of the World Ocean, but also to determine the physical and mechanical properties of bottom sediments, on which deep-sea digging machines will have to work.

Keywords: seabed, underwater soil, physical and mechanical properties, engineering-geological methods, natural occurrence, soil excavation machines.