

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ГЛУБОКОВОДНОЙ ДОБЫЧНОЙ ТЕХНИКИ**

Михаил Сукач

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский просп., 31, Киев, Украина, 03680, e-mail: msukach@ua.fm*

**RESEARCH AND DEVELOPMENT DEEP WATER
BOOBY TECHNIQUE**

Mykhaylo Sukach

*Kyiv national university of construction and architecture
03680, Povitroflotsky prosp., 31, Kyiv, Ukraine, e-mail: msukach@ua.fm*

АННОТАЦИЯ. Показаны основные области применения, проблемы создания и эксплуатации подводной техники для разработки грунта на больших глубинах. Приведены данные по отечественной глубоководной добычной технике, исследованию рабочих процессов машин и транспортированию полезных ископаемых со дна океана. Рассмотрены зарубежный опыт разработки машин, основные характеристики и результаты их испытаний в морских условиях.

Ключевые слова: полезные ископаемые, глубоководная добычная техника, рабочие процессы

АННОТАЦІЯ. Показані основні сфери застосування, проблеми створення й експлуатації підводної техніки для розробки ґрунту на великих глибинах. Наведені дані по вітчизняній глибоководній видобувній техніці, дослідженню робочих процесів машин і транспортуванню корисних копалини з дна океану. Розглянуті зарубіжний досвід розробки машин, основні характеристики і результати їх випробувань в морських умовах.

Ключові слова: корисні копалини, глибоководна видобувна техніка, робочі процеси

SUMMARY. Purpose. To show actuality of creation of deep-water technique for the booty of useful fossil aquatoriums. **Methodology / approach.** Review and analysis of home and foreign achievements. **Findings.** data on research of working processes of machines and portage of minerals from the bottom of ocean, and also foreign experience of development of machines, basic descriptions and results of their tests in marine terms. **Research limitations / implications.** Creation highly technological, automated soil of elaborative machines and complexes topically. **Originality / value.** The decision of row of technical problems and tasks is required taking into account work of machines in the conditions of water environment.

Key words: minerals, deep-water booty technique, working processes.

Подано 9.12.2013; прийнято 16.12.2013

ВВЕДЕНИЕ

Основной объем землеройных работ под водой проводится, как правило, на глубинах, не превышающих первые десятки метров. Это строительство гидротехнических сооружений (портов, морских буровых скважин, нефтеналивных терминалов), прокладка подводных трубопроводов и линий коммуникаций, проведения берегозащитных и противооползневых мероприятий, углубления фарватеров рек и морских портов. Требуют решения также вопросы создания машин и комплексов для локализации радиоактивных отложений на дне водоемов, проведения рекреационных и других работ под водой [1, 2].

В недрах морских акваторий, находящихся в юрисдикции Украины, имеются месторождения нефти и горючих газов,

значительные запасы угля, серы, железных руд, олова, никеля, меди, калийных солей, железомарганцевых, кремнийорганических и фосфоритных конкреций, строительные материалы и т.п. Запасы многих тяжелых и редкоземельных металлов в недрах суши не значительны или совсем отсутствуют, поэтому необходимо искать альтернативную сырьевую базу [3]. В Украине на сегодня практически отсутствует отрасль, обеспечивающая доступ к глубоководным минеральным ресурсам.

Добыча песка с глубины до 100 м при использовании экологически безопасных технологий является очень перспективной для юга Украины с точки зрения низкой стоимости и доступности. Она может обеспечить потребности промышленности в объеме до 2 млн. т и позволяет уменьшить отчуждение земель под карьеры на

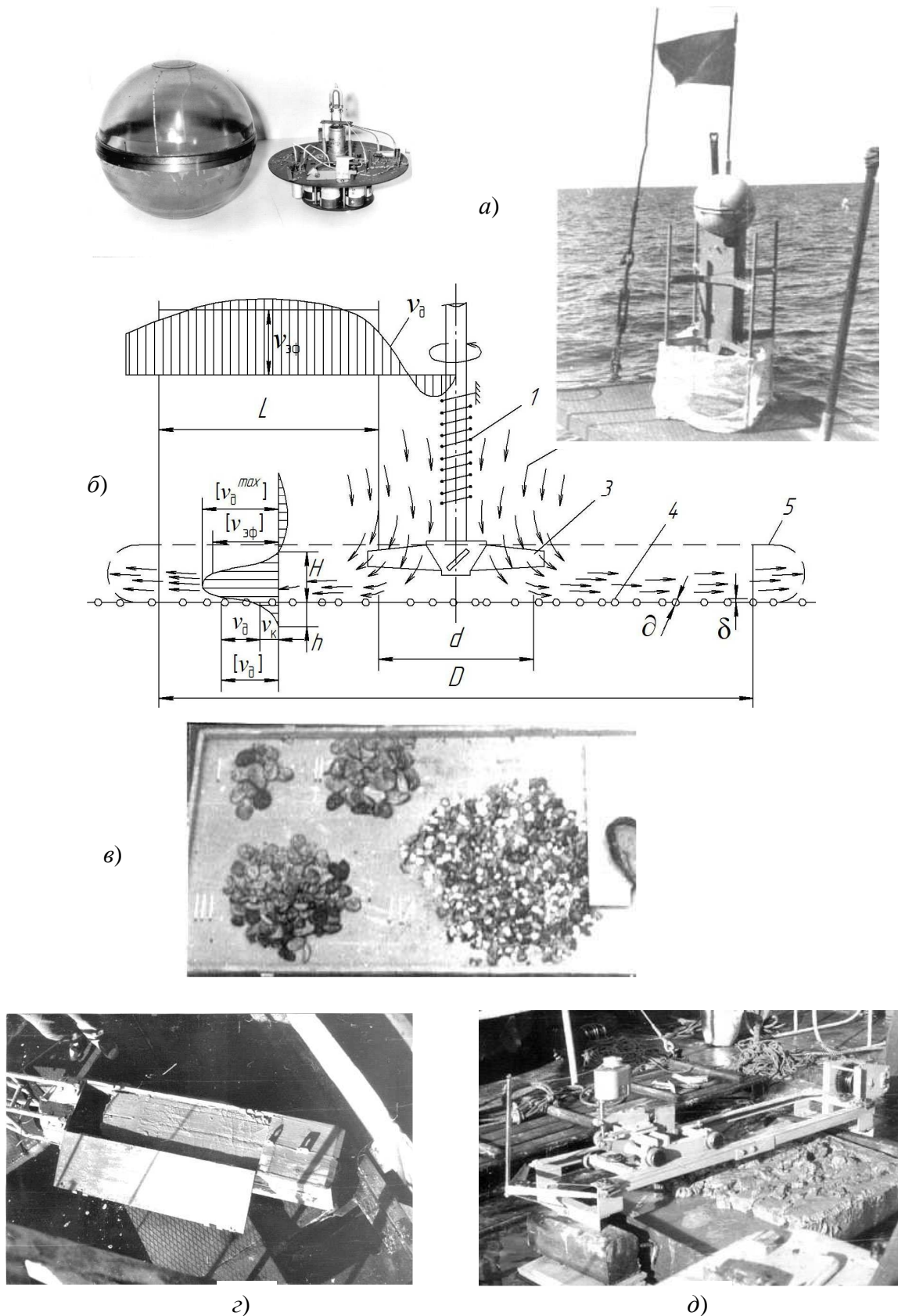


Рис. 1. Автономный зонд (а) для гидравлического размыва (б) донных отложений (в); коробчатый пробоотборник (з) и прибор резания грунта (д) на морских полигонах Рижского залива (в районе островов Сааремаа и Рухну)

Fig. 1. Autonomous probe (a) for the hydraulic erosion (b) away of the ground sedimentations (в); box-type selector of tests (з) and device of cutting of soil (д) offshore Gulf of Riga ranges (near the islands of Saaremaa and Ruhnu)

70...80 %. Ценным сырьем для экономики страны являются морские и озерные сапропели, которые используются для улучшения качества почв, в качестве удобрений в сельском хозяйстве, для минеральных примесей в птицеводстве и животноводстве. В прибрежных районах выявлены субмаринные выходы экологически чистой питьевой воды, дополнительные альтернативные источники которой позволяют уменьшить дефицит питьевой воды в юго-западной части Крыма до 10...15 % от объемов, которые тратятся теперь [4].

Актуальность создания подводных грунторазрабатывающих систем возрастает в связи с необходимостью освоения все больших глубин акваторий и обеспечения потребностей народного хозяйства страны в редкоземельных и драгоценных металлах за счет освоения морских месторождений. Это способствует выходу на международные рынки с современной наукоемкой продукцией, технологией и техникой подводного строительства и добычи морских полезных ископаемых.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ МАШИН

Создание подводных машин и автоматизированных средств их обеспечения на большой глубине сравнимо за сложностью и разнообразием решаемых задач с проблематикой космической техники. Это обусловлено в первую очередь высоким, до 60...65 МПа (на глубине 6 км) гидростатическим давлением; большим гидродинамическим сопротивлением, приводящем к резкому увеличению энергозатрат; сложностью обеспеченности линий коммуникаций; ограниченностью обзора; агрессивностью морской среды; наличием волновой нагрузки и сложностью позиционирования агрегата на дне; повышенными требованиями к экологической безопасности при выполнении работ и др. [5].

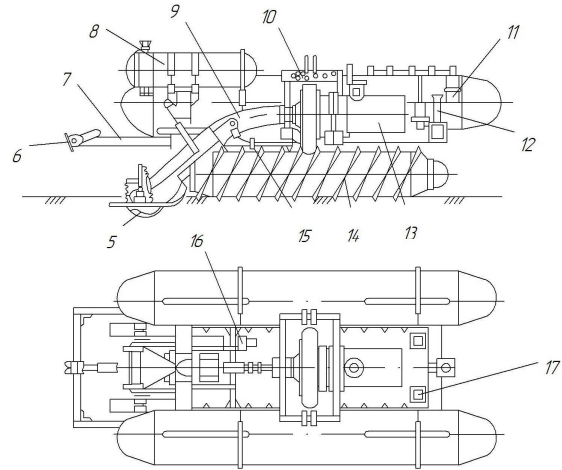
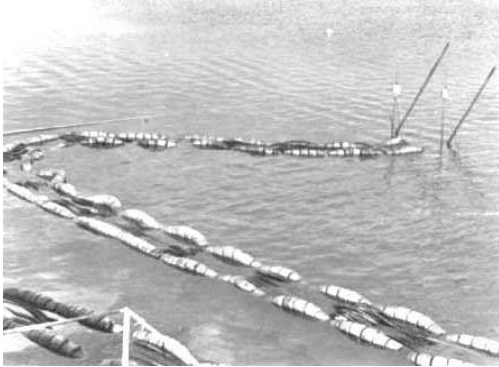
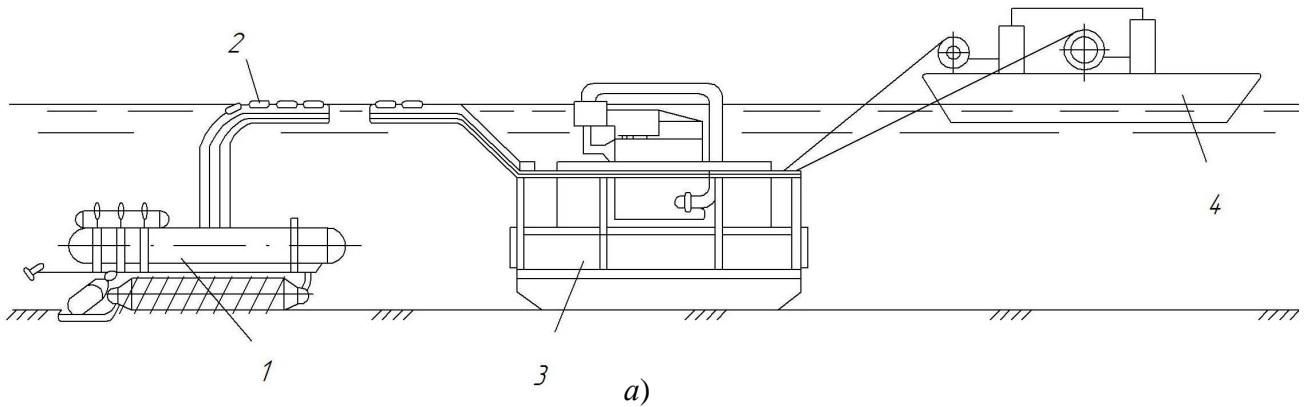
Учеными КНУСА совместно со специалистами ВНИПИОкеанмаш (Днепропетровск), Всероссийского института минерального сырья (Москва), НИПИОкеангеофизика (Геленджик), Институтов гидроте-

хники (Киев) и геотехнической механики (Днепропетровск) НАН Украины проведен комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию глубоководной добычной техники, исследованию рабочих процессов машин, разработке средств коммуникации и обеспечения подводных работ [6].

В ходе испытаний агрегатов сбора, разработанных Всесоюзным институтом минерального сырья (ВИМС), КНУСА, ЦНИИСтроительства (Москва), НПО Южморгеология (Геленджик), Московским горным институтом (МГИ), определены работоспособность гидравлического (рис.1), барабанного и роторного типов рабочих органов [7, 8]. В Институте геотехнической механики разработан экспериментальный образец вибрационного лоткового подборщика залежей минералов [9]. Полноразмерный агрегат конструкции СКБ ТМГР (Мурманск) с лотковым рабочим органом и роторно-винтовым двигателем испытан на черноморском полигоне в г. Керчь (рис. 2). В ходе испытаний регистрировали тяговое усилие, скорость передвижения агрегата, его крен и дифферент, давление в гидросистеме, расходуемую мощность. Габариты агрегата сбора 3,6×2×1,5 м, его производительность по ЖМК достигала 8 т/ч, скорость передвижения 0,16...0,48 м/с [10].

Во ВНИПИОкеанмаш при участии сотрудников КНУСА, Института автоматики (Киев) и др. разработаны добычные установки с самоходным и буксируемым агрегатами сбора железомарганцевых конкреций (рис. 3), на которых были установлены роторно-ковшовые рабочие органы со сплошной режущей кромкой и селективной выемкой. Проведены полигонные и натурные испытания его агрегатов [11].

Специфика условий эксплуатации глубоководных машин требует, чтобы они создавались на основе высокоавтоматизированных систем, позволяющих эффективно управлять всем комплексом и оперативно обрабатывать получаемую информацию. Глубоководные установки показали работоспособность принятых технических решений [12].



б)



z)



e)

Рис. 2. Самоходный агрегат сбора (а) железомарганцевых конкреций с роторно-винтовым двигателем (б), лотковым вибрационным рабочим органом (e) и промежуточным блоком управления (z) на Керченском морском полигоне

Fig. 2. Self-propelled aggregate (a) of collection of ferromanganese concretions with rotor-spiral by a drive (б), tray oscillation working organ (e) and the intermediate control unit (z) on the Kerch marine ground

МОРСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ГЛУБОКОВОДНОЙ ТЕХНИКИ

Значительные трудности проведения глубоководных работ обусловили так называемые критические проблемы создания и эксплуатации добычного комплекса.

К ним относятся в первую очередь: создание агрегата сбора и испытание взаимодействия его механизмов с дном в реальных океанологических и горнотехнических условиях; создание средств подъема минерального сырья с глубины и передачи его на транспортное судно без остановки процесса добычи; обеспечение требуемой надежности систем управления технологическими процессами и ритмичной работы берегового металлургического предприятия; снижение эксплуатационных затрат и удовлетворительная рентабельность работ в целом [13].

Исследования подводных грунторазрабатывающих машин как в натуральных условиях, так и в моделях, первоначально проводилось на различных типах земснарядов [14]. Например, фирма Oandk исследовала модели землесосной установки SSD-201 на глубине 30 м и подводного роторного колеса производительностью 470 м³/ч при удельном усилии резания 400 кПа. В Японии проведены стендовые (в бассейне) испытания земснаряда, в которых определяли гидродинамические характеристики и производительность различных конструкций рыхлительной головки.

Ряд исследований посвящен испытаниям систем автоматизированного управления. При испытаниях систем электронного управления земснарядом САД gess контролировали количество разработанного грунта, скорость поворота погружной стрелы, нагрузки на привод и силовые конструкции. На автоматизированном земснаряде с грунтонасосом 16 ГРУ проверяли работу нескольких систем управления [15].

Проведены испытания подводных грунторазрабатывающих машин, отличных от земснарядов. Так, фирма Nord West Plant Services LTD проверяла совместную работу экскаватора-амфибии Hitachi MA 100V с гидротранспортной установкой на грун-

тах с гранулометрическим составом до 60 мм. Фирма De Donde провела опытную эксплуатацию установки с экскаваторным оборудованием для подводных работ. Определяли напорное усилие (до 180 кН) и усилие копания (до 260 кН) для трех типов ковшей шириной 1,03...1,6 м. Производственные испытания виброэжекторного грунтозаборного устройства на базе земснаряда ЗГУ-1-350 заключались в определении возможности разработки плотностележавшихся песчано-гравийных грунтов [16].

Как видно из приведенных примеров, испытания подводных грунторазрабатывающих машин не имеют принципиальных отличий от испытания обычных землеройных машин. В то же время водная среда накладывает ограничения на возможности исследования, что отражается на их малой информативности [17].

В последнее время все большее внимание привлекают исследования, связанные с разработкой и использованием глубоководных технических средств для сбора твердых полезных ископаемых со дна морей и океанов. Международными консорциумами OMA, OMI, OMCO и Connecott Corper проведен ряд крупномасштабных экспериментов по опытной разработке месторождений железомарганцевых конкреций [18].

Головной компанией консорциума OMA (Ocean Mining Associates) Deep Sea Ventures на плато Блейк южнее Флориды проведена опытная добыча железомарганцевых конкреций с глубины 500 м, при этом использовали модель (1 : 5) агрегата сбора. В Тихом океане той же компанией проведены 4 рейса на переоборудованном рудовозе «Deep Sea Miner II». Испытывались эрлифтная транспортирующая система производительностью 50 т/ч и буксируемый агрегат сбора механического типа массой 5 т. Габариты агрегата сбора 3×5×2 м, скорость передвижения 0,25 м/с.

Консорциум OMI (Ocean Management Inc.) на переоборудованном буровом судне «Sedco-445» впервые осуществил непрерывную добычу ЖМК в Тихом океане. Применяли буксируемые модели агрегатов

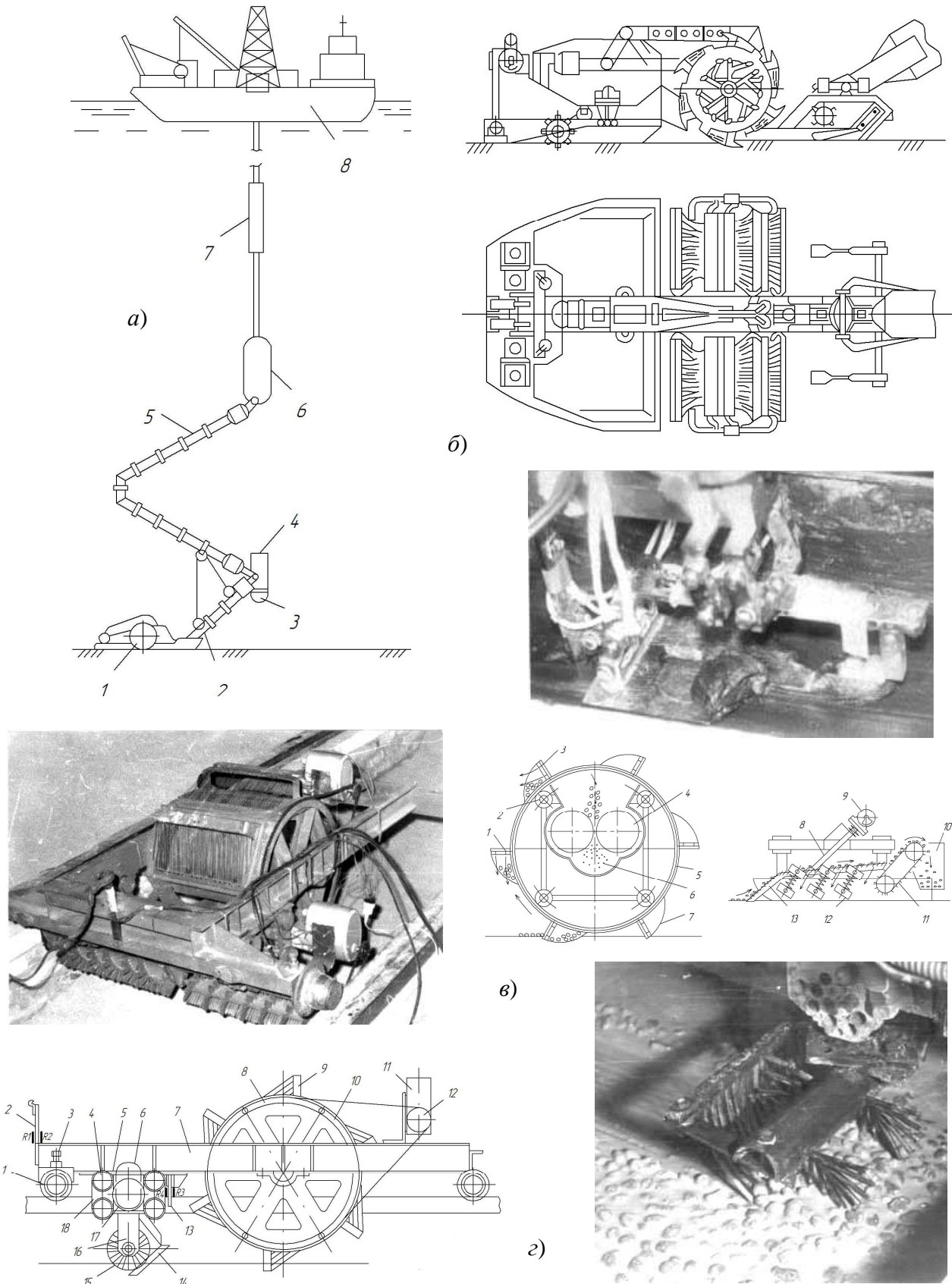


Рис. 3. Глубоководная добычная установка (а) с буксируемым агрегатом сбора (б), ковшовым рабочим органом (в) и винтовым селективным подборщиком (г)

Fig. 3. Deep-water booting setting (a) with towed by the aggregate of collection (б), scoop working organ (в) and spiral organ for a selection (г)

сбора двух типов – механического (на основе скребкового транспортера) и гидравлического, разработанного японским объединением DOMCO. Было поднято 1,5 тыс. т конкреций с глубины 5100...5200 м. Габариты агрегата сбора 3×5×2 м, скорость передвижения 0,1...0,4 м/с.

Консорциумом OMCO (Ocean Mining Company) на судне «Glomar Explorer» в Тихом океане проведены испытания самоходного макета агрегата сбора механического типа, разработанного фирмой «Lockheed Missiles and Spreise». Применяли роторно-винтовой движитель на глубине 5490 м. Макет массой 100 т и размерами 9,1×13,7×4,5 м перемещался по дну со скоростью 0,5 м/с. При испытаниях контролировали скорость передвижения, глубину сбора ЖМК, поток пульпы и параметры энергоснабжения двигателей.

Консорциум Connecott Corper проводил испытания в Тихом океане на глубине 4500 м. Применяли агрегат сбора гидравлического типа, рабочим органом которого был центробежный насос с электроприводом. Машина собрала 90 % конкреций на своем пути. Агрегат сбора массой 7 т и габаритами 2,4×7×1,8 м двигался со скоростью до 3 м/с.

Во время испытаний, проведенных в рейсе GN 81-4 на японском судне Nakurei Maru, добыча ЖМК велась специальным буксируемым скрепером массой 300 кг и габаритами 1,2×1,4×0,7 м. В ходе рейса было добыто 150 кг ЖМК и 200 кг марганцевой руды. Имеются сведения о стендовых испытаниях этого агрегата сбора в грунтовом канале 2×2×20 м. На слое кварцевого песка раскладывали имитаторы конкреций из легкого заполнителя бетона плотностью 1,96 т/м³. Скорость буксирования скрепера до 1,5 м/с. Фиксировали расход воды, производительность и коэффициент подбора полезных ископаемых.

Еще накануне заключения Конвенции ООН по морскому праву в 1981 г. между странами и организациями-заявителями была принята договоренность о конфиденциальном ведении исследований по разработке дна Международного района до мо-

мента распределения участков дна [19]. В связи с этим информация об испытаниях глубоководных грунторазрабатывающих машин, очень ограничена.

ВЫВОДЫ

Таким образом, обеспечение паритетного с развитыми странами доступа Украины к минерально-сырьевым и энергетическим ресурсам Азово-Черноморского бассейна требует принятия не только соответствующих международно-правовых актов, но и решения целого ряда технических проблем и задач по разработке и созданию высокотехнологичных, автоматизированных подводных грунторазрабатывающих машин и комплексов, способных эффективно функционировать в условиях водной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Холопцев О., Жебет Л., 2011.** Оцінка впливу південноукраїнської АЕС на динаміку радіологічних режимів водних об'єктів, які розташовано у зоні її впливу // Motrol.– № 13С, С.190-199.
2. **Шкундин Б.М., 1986.** Гидромеханизация в энергетическом строительстве.– М.: Энергоатомиздат.– 224 с.
3. **Зиборов А.П., 2008.** Перспективы и задачи освоения морских месторождений минерального сырья // Геология и полезные ископаемые Мирового океана.– № 3, С.5-18.
4. **Сукач М.К., 2008.** Перспективи України в розробці океанічних корисних копалин // Екологічна безпека та природокористування.– № 1, 98-105.
5. **Сукач М.К., 2012.** Проблемы добычи твердых полезных ископаемых со дна Мирового океана // Motrol.– 14, № 1, С.116-122.
6. **Исследование** и разработка рабочих органов для системы сбора ТПИ, **1985** // Отчет о НИР ВИМС, ЦНИИС, НИПИОкеангеофизика, № ГР 01850019547.– Геленджик: ВИМС, 208 с. (Для служебного пользования).
7. **Разработка** методик, математических моделей и проведение испытаний рабочих органов подводных грунторазрабатывающих машин, **1988** // Отчет о НИР В58-Х9-87, № ГР 018700087118.– К.: КИСИ, 80 с.
8. **Сукач М.К., 2004.** Добыча и транспортирование океанических металлосодержащих

- корок // Промислова гідравліка і пневматика.– № 3(9), С.8-11.
9. **Исследовать** и разработать вибрационное транспортно-технологическое оборудование для агрегата сбора железомарганцевых конкреций, **1988** // Отчет о НИР, № ГР 01840065583.– Днепропетровск: ИГТМ АН УССР, 352 с.
 10. **Сукач М.К., 1998.** Самоходная установка для сбора железомарганцевых конкреций / Известия вузов. Строительство.– № 9, С.99-103.
 11. **Сукач М.К., 2003.** Разработка конкрециеносных осадков селективным рабочим органом // Техніка будівництва.– № 13, С.36-42.
 12. **Сукач М.К., 2004.** Рабочие процессы глубоководных машин.– К.: Наук. думка.– 364.
 13. **Сукач М.К., 2004.** Направления создания и совершенствования глубоководной грунто-разрабатывающей техники // Промислова гідравліка і пневматика.– № 1(3), С.10-13.
 14. **Огородников С.П., 1986.** Гидромеханизация разработки грунтов.– М.: Стройиздат, 253 с.
 15. **Бакуров Г., 1988.** Суда для глубоководных горногеологических исследований // Судостроение.– № 3, С.12-16.
 16. **Технология** добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов, **1979** / Под общ. ред. В. Ржевского и Г. Нурока.– М.: Недра, 381 с.
 17. **Сукач М.К., 2003.** Технология и задачи создания машин для разработки донных ископаемых // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини.– № 61, С.44-47.
 18. **Фуко И., 1982.** Современное состояние техники добычи глубоководных железомарганцевых конкреций // ВЦП.– № Е-41418, М.: 28.12.83 ист. Фусен.– Т.29, С.99-167.
 19. **Морское право.** Официальный текст Конвенции ООН по морскому праву с приложениями и предметным указателем, **1984** / Заключительный акт 3-й конференции ООН по морскому праву. – Нью-Йорк: ООН, – 316с.
 20. **ter objects,** that is located in the her affected zone], Motrol, no. 13S, 190-199.
 21. **Shkundin B.M., 1986.** Gidromehanizacija v jenergeticheskom stroitel'stve [Gidromechanization in power building], Moskau, Jenergoatomizdat, 224.
 22. **Ziborov A.P., 2008.** Perspektivy i zadachi osvoenija morskikh mestorozhdenij mineral'nogo syr'ja [Prospects and tasks of mastering of marine deposits of mineral raw material], Geologija i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana, no. 3, 5-18.
 23. **Sukach M.K., 2008.** Perspektivi Ukraïni v rozrobci okeanichnih korisnih kopalin [Prospects of Ukraine are in development of ocean minerals], Ekologichna bezpeka ta prirodokoristuvannja, no. 1, 98-105.
 24. **Sukach M.K., 2012.** Problemy dobychi tverdyh poleznyh iskopaemyh so dna Mirovogo okeana [Problems of booty of hard minerals from the bottom of the World ocean], Motrol, 14, no. 1, 116-122.
 25. **Issledovanie** i razrabotka rabochih organov dlja sistemy sbora TPI, **1985** [Research-and-development working organs for the system of collection of hard minerals], Otchet o NIR VIMS, CNIIS, NIPIokeangeofizika, № GR 01850019547, Gelendzhik: VIMS, 208. (Dlja sluzhebnogo pol'zovanija).
 26. **Razrabotka** metodik, matematicheskikh modelej i provedenie ispytanij rabochih organov podvodnyh gruntorazrabatyvajushhij mashin, **1988** [Development of methodologies, mathematical models and testing of working organs of the submarine earthmoving machines], Otchet o NIR V58-H9-87, № GR 018700087118, Kyiv, KISI, 80.
 27. **Sukach M.K., 2004.** Dobycha i transportirovanie okeanicheskikh metallosoderzhashhij korok [Booty and portage of ocean metal of containing crusts], Promislova gidravlika i pnevmatika, no. 3(9), 8-11.
 28. **Issledovat'** i razrabotat' vibracionnoe transportno-tehnologicheskoe oborudovanie dlja agregata sbora zhelezo-margancevyh konkretij ZhMK, **1988** [To investigate and work out vibracionnoe transport technological equipment for the aggregate of collection iron of manganese concretions], Otchet o NIR, № GR 01840065583, Dnepropetrovsk, IGTM AN USSR, 352.
 29. **Sukach M.K., 1998.** Samohodnaja usta-novka dlja sbora zhelezomargancevyh konkretij [Self-propelled setting for collection iron of manganese concretions], Izvestija vuzov. Stroitel'stvo, no. 9, 99-103.

REFERENCES

1. **Holopcev O., Zhebet L., 2011.** Ocinka vplivu pivdennoukraïns'koï AES na dinamiku radiologichnih rezhimiv vodnih ob'ektiv, jaki roztashovano u zoni її vplivu [An estimation of influence more south of Ukrainian AEC is on the dynamics of the radiological modes of wa-

11. **Sukach M.K., 2003.** Razrabotka konkretnosnyh osadkov selektivnym rabochim organom [Development of containing concretions fallouts a selective working organ], Tehnika budivnictva, no. 13, 36-42.
12. **Sukach M.K., 2004.** Rabochie processy glubokovodnyh mashin [Working processes of deep-water machines], Kyiv, Nauk. Dumka Publ., 364.
13. **Sukach M.K., 2004.** Napravlenija sozdaniya i sovershenstvovaniya glubokovodnoj gruntorabatyvajushhej tehniki [Directions of creation and perfection of deep-water grunto of elaborative technique], Promislova gidravlika i pnevmatika, no. 1(3), 10-13.
14. **Ogorodnikov S.P., 1986.** Gidromehanizacija razrabotki gruntov [Gidromechanization of development of soils], Moscow, Strojizdat, 253.
15. **Bakurov G., 1988.** Suda dlja glubokovodnyh gornogeologicheskikh issledovanij [Ships for deep-water mountain geological researches], Sudostroenie, no. 3, 12-16.
16. **Tehnologija** dobychi poleznyh isko-paemyh so dna morej i okeanov, **1979** [Mining technology from the bottom of seas and oceans], Pod obshh. red. V. Rzhetskogo i G. Nuroka, Moscow, Nedra, 381.
17. **Sukach M.K., 2003.** Tehnologija i zadachi sozdaniya mashin dlja razrabotki donnyh isko-paemyh [Technology and tasks of creation of machines for development of the ground minerals], Girn., bud., dor. ta meliorat. mashini [Mining, construction, road and melioration machines], no. 61, 44-47.
18. **Fuko I., 1982.** Sovremennoe sostojanie tehniki dobychi glubokovodnyh zhelezomargancevyh konkretnij [Modern state of technique of booty deep-water iron of manganese concretions], VCP, № E-41418, Moscow, 28.12.83 ist. Fusen, vol. 29, 99-167.
19. **Morskoe pravo.** Oficial'nyj tekst Konvencii OON po morskomu pravu s prilozhenijami i predmetnym ukazatelem, **1984** [Law of the sea. Official text of Convention of the UNO on a naval law with appendixes and subject index], Zakljuchitel'nyj akt 3-j konferencii OON po morskomu pravu, New-York, OON, 316.