

1. КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ВИДОБУТКУ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН З ГЛИБОКОВОДНИХ РОДОВИЩ

Метою розділу є вивчення конструкції, принципу дії пристроїв для видобутку твердих корисних копалин із глибоководних родовищ Світового океану.

У результаті вивчення матеріалу розділу студент повинний знати конструкцію, принцип дії, переваги і недоліки гідравлічної, канатно-черпакової і автономної модульної видобувних систем; основні конструктивні схеми агрегатів збирання конкрецій.

На підставі отриманих знань студент повинен уміти виконувати вибір типу видобувного комплексу й агрегату збирання для глибоководного видобутку ЗМК, основного і допоміжного обладнання.

1.1. Комплекси для глибоководного видобутку залізомарганцевих конкрецій

У результаті більш ніж 50-літньої діяльності з вивчення можливостей освоєння мінеральних ресурсів Світового океану найбільш розвіданими є глибоководні родовища залізомарганцевих конкрецій (ЗМК). Наприкінці 70-х років були створені і випробувані перші зразки технологічного видобувного обладнання різних масштабів, що довело технічну здійсненість глибоководного видобутку конкрецій [8, 11, 20].

На сьогодні існує три основних схеми глибоководного видобувного обладнання: гідравлічна система з ерліфтным чи насосним підняттям і різними (самохідний або той, що буксирується) варіантами агрегата збирання; канатно-черпакова система; автономна система видобутку. Нині міжнародні консорціуми, що орієнтуються на промисловий видобуток конкрецій, в основу своїх проектів заклали концепцію гідравлічної системи, однак у рамках національної програми Японії також проводяться дослідження з розробки канатно-черпакової видобувної системи, а національна програма Франції передбачає продовження досліджень з розробки автономної концепції видобутку. Глибоководні видобувні комплекси є складовою частиною гірничого підприємства, що здійснює безпосередньо видобувні роботи і металургійну переробку добутої сировини з метою одержання заліза, марганцю, нікелю, кобальту, міді й інших супутніх металів. Загальна схема гірничого підприємства зображена на рис. 10.1.

1.1.1. Гідравлічна система. За оцінками фахівців найбільш перспективною для глибоководного видобутку конкрецій є гідравлічна система з ерліфтным чи насосним підняттям. На рис. 7.2 зображена схема гідравлічної насосної видобувної системи. Складається вона з базового судна 1, що укомплектоване обладнанням для спускання-підняття робочої колони 2. Підняття конкрецій у вигляді пульпи здійснюється за допомогою заглибних



Рис. 10.1. Загальний вигляд гірничого підприємства з видобутку і переробки ЗМК: 1 – судновидобувний комплекс; 2 – агрегат збирання конкрецій; 3 – транспортне судно; 4 – портовий комплекс; 5 – комплекс металургійної переробки

насосів 3 з бункера 4. Збирання конкрецій зі дна і первинна підготовка їх до транспортування виконується агрегатом збирання 5. По гнучкому трубопроводу 6 конкреції транспортуються в бункер 4. Енергія до агрегатів подається по підводних кабелях 7, злив відпрацьованої води здійснюється через зливальний патрубок 8 [8, 11, 20].

1.1.2. Канатно-черпакова система. Найбільш традиційним рішенням проблеми видобутку твердих корисних копалин із глибоководних родовищ є застосування канатно-черпакових систем, що драгують. Японський офіцер Іото Масуда розробив схему такої багаточерпакової системи CLB з нескінченним кільцевим тяговим канатом (рис. 10.3, а) [8, 11, 20]. Видобувна драга складається із судна 1, петлі поліпропіленового каната 2, до якого кріпляться на канатах малої довжини ковші 3 через 25 – 50 м, підйимального пристосування на судні (лебідки) 4, що дозволяє рухати кабель таким чином, щоб ковші опускалися на дно океану з однієї сторони петлі, проходили по дну океану на нижній частині

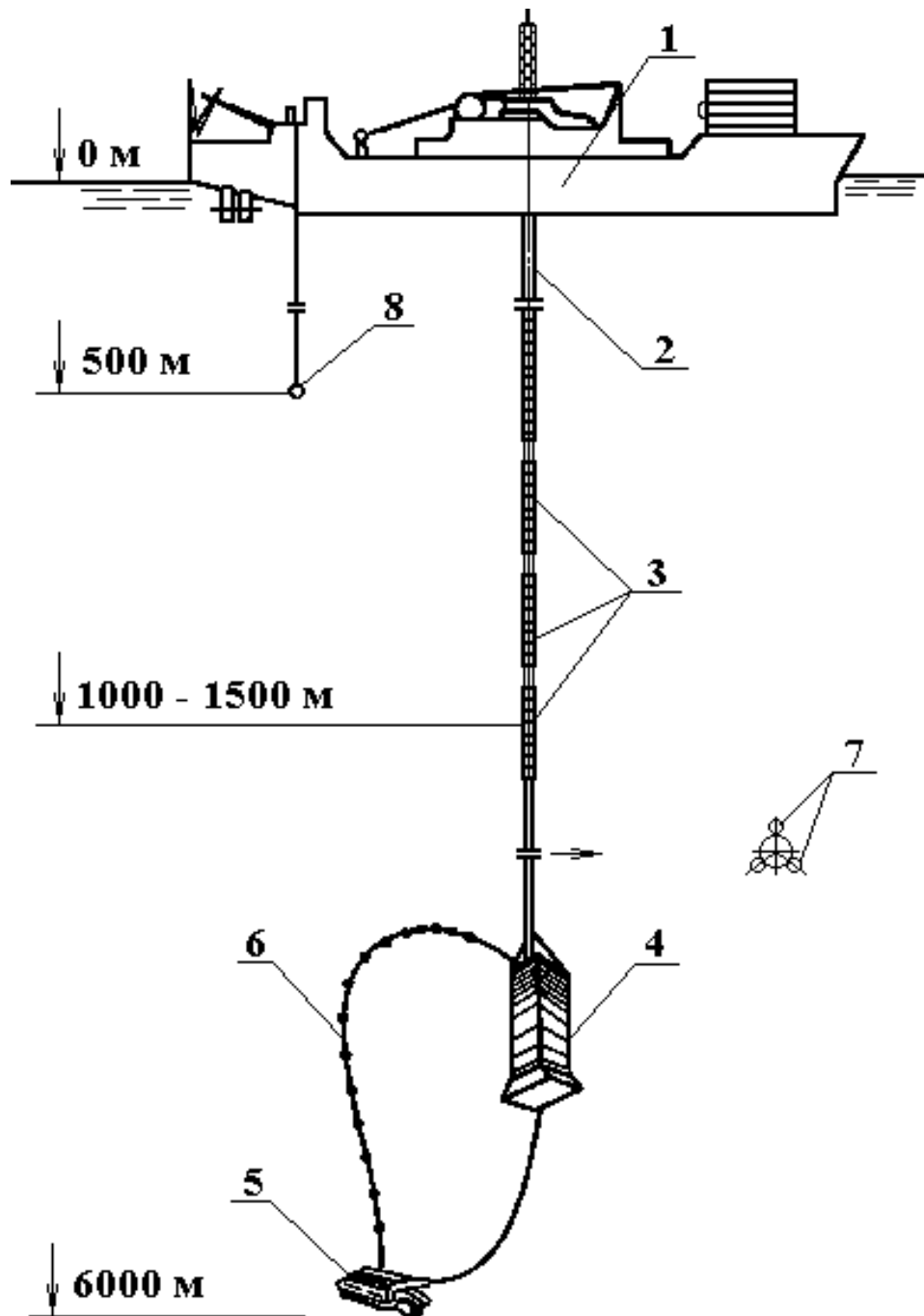


Рис. 10.2. Конструктивна схема автоматизованого комплексу для глибоководного видобутку конкрецій

петлі для збирання конкрецій і поверталися на поверхню з третьої сторони петлі. У процесі роботи системи лебідки безупинно переміщують канат, робоча петля якого пересувається по ґрунту. У той самий час судно рухається в бічному напрямку за допомогою маневрових двигунів. Порода з ковшів, піднятих на палубу, надходить у приймальний бункер. Така система була випробувана в серії експериментів, спочатку на глибині 1500 м у 1968 р., потім на 3600 м у 1970 р. і наприкінці 1972 р. на глибині 4700 м.

Принциповим недоліком установок з нескінченним канатом є неможливість контролювати процес видобутку і керування ним, а також складність проведення робіт при значному хвилюванні, тому, у міру накопичення досвіду підводних робіт і розширення їхніх обсягів подібні системи будуть замінені на більш надійні.

1.1.3. Автономна модульна система. Автономна система видобутку корисних копалин (рис. 10.3,б) запропонована французькими розробниками та є одним із варіантів глибоководного видобувного комплексу; можливості його розробки і використання для видобутку твердих корисних копалин зі дна морів і океанів вивчаються й аналізуються в даний час [8, 11, 20].

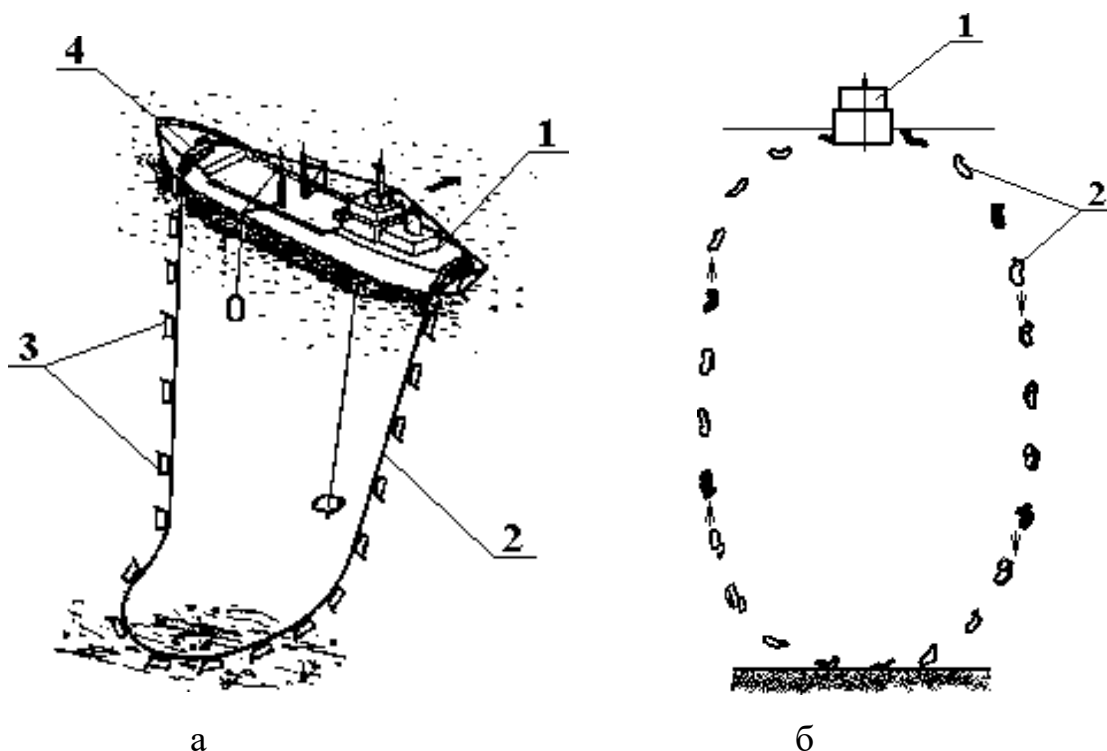


Рис. 10.3. Конструктивні схеми канатно-черпакової (а) та автономно-модульної (б) систем видобутку ЗМК

Автономна видобувна система (рис. 10.3, б) складається, як правило, з надводного забезпечувального плавзасобу 1 і видобувних агрегатів 2, що являють собою самохідні підводні апарати, призначені для роботи на великих глибинах і здійснювання човникових рейсів: опускання під воду, проведення видобувних робіт до повного завантаження бункерів, підняття до надводного плавзасобу, стикування і вивантаження руди. При такому способі видобувний агрегат автономної системи видобутку сполучає в собі функції збирання і підняття корисної копалини.

1.1.4. Порівняльна характеристика глибоководних видобувних комплексів. З метою більш детального ознайомлення з усіма описаними видобувними системами зробимо аналіз їхніх переваг і недоліків (табл. 7.1) [8, 11, 20].

Таблиця 10.1

Порівняльна характеристика глибоководних видобувних комплексів

Тип комплексу	Переваги	Недоліки
1	2	3
1.Канатно-черпакова система	Простота конструкції. Мінімальні капіталовкладення на створення. Низька собівартість видобувних робіт. Незалежність процесу підняття сировини від хвилювання на поверхні океану. Простота ремонтних робіт при пошкодженні троса чи при заміні черпаків	Значні втрати руди (до 60 %). Можливість заплутування канатів. Забруднення океанської води в процесі підняття ЗМК за рахунок беззупинного відмивання їх від донних відкладень. Складність виготовлення необхідного каната одночасно міцного, легкого і стійкого до агресивного середовища. Низька якість відпрацьовування родовищ і незаповнення ковшів, отже, малий ККД. Складність контролю і керування процесом видобутку. Велика ймовірність зачеплення ковшів за перешкоду на дні
2.Гідравлічна ерліфтна система	Конструктивна надійність і простота через відсутність механічних частин, що рухаються на глибині. Простота обслуговування і ремонту основного устаткування, розміщеного на судні	Найбільша енергоємність (у порівнянні з пунктами 1 і 3). Низький ККД через малий ККД компресорів. Обмежена глибина розташування змішувальної камери ерліфтного гідропідйому

1	2	3
Гідравлічна система з використанням занурених насосів	Менша енергоємність (у порівнянні з ерліфтною системою). Більш високий ККД (у порівнянні з ерліфтною системою)	Складність обслуговування і ремонту пристроїв, розташованих на глибині
3. Автономна модульна система	Забезпечення практично будь-якої продуктивності за рахунок відповідної кількості апаратів. Сталість продуктивності при аварії одного з човників. Зручність обслуговування і ремонту кожного з апаратів. Незалежність працездатності комплексу від метеоумов. Використання нетоксичних відходів переробки ЗМК як баласту для опускання апаратів	Складність конструкції апаратів. Висока вартість систем керування та контролю. Можливість утрати човників при аваріях

1.2. Агрегати збирання конкрецій

Промислово розвинені країни, починаючи з 60-х років, ведуть інтенсивні роботи з підготовки та освоєння родовищ корисних копалин Світового океану. Проблеми, що при цьому виникають, вимагають створення спеціальних технічних засобів, здатних працювати при значних гідростатичних тисках у складних рельєфних умовах дна. Великі труднощі виникають при створенні глибоководного агрегата збирання (АЗ) твердих корисних копалин. У більшості випадків агрегат збирання має включати обладнання, що забезпечує виконання таких технологічних операцій: видобування твердої корисної копалини зі дна океану; відділення від мулу; сортування і подачу корисної копалини необхідного розміру в систему підняття. Можливо також включення в технологічний ланцюжок подріблювального обладнання.

Різноманітні конструкції агрегатів збирання можуть бути систематизовані за способом руху і за методом збирання мінеральної сировини. Класифікаційно агрегати збирання можна поділити за способом руху (взаємодії з донним ґрунтом) на: зважені (пелагічні); донні; комбіновані, що мають ознаки перших і других.

Зважені АЗ поділяються за принципами створення горизонтальної тяги і зважування. Горизонтальна тяга може створюватися гвинтами, водометними і

спеціальними типами рушійв. В АЗ реалізовані принципи статичного і динамічного зважування та їх сполучення. Статичне зважування створюється за рахунок позитивної плавучості міцних корпусів, легких рідин у легкому корпусі, легких полімерів, що витримують високий тиск. Динамічне зважування створюється гвинтами, водяними подушками під агрегатом збирання чи за рахунок екранного ефекту, що виникає при русі агрегата поблизу дна.

Агрегати збирання, що спираються на дно, можуть мати регульовану чи нерегульовану негативну плавучість. Частково розвантаження ходової частини (регулювання) забезпечується статичним або динамічним зважуванням, а також їхнім з'єднанням. АЗ можуть буксируватися або мати свій привід горизонтального переміщення. Конструктивні схеми спирання АЗ на дно такі: лижі; колісні шасі; комбіновані. Класифікація АЗ за способом руху та їх порівняльний аналіз наведено в табл. 7.2 [8, 11, 20].

Таблиця 10.2

Класифікація агрегатів збирання за способом руху

Зважені						Що спираються на дно					
Зі статичним зважуванням			З динамічним зважуванням			З регульованою негативною плавучістю		З нерегульованою негативною плавучістю			
Міцний корпус	Легка рідина	Полімери	Повітряна подушка	Гвинти	Ефективний екран	Що буксируються					
						Колісні		На лижах			
						Самохідні					
Що буксируються						Колісні	Гусеничні	Шнекові	Крокуючі	Комбіновані	Спеціальні
Самохідні											
Гвинтові	Водометні	Спеціальні	Гайдропні								

Головні елементи будь-якого агрегата збирання – забірно-завантажувальний пристрій (ЗЗУ) і рушій. Варіанти класифікації забірно-завантажувальних пристроїв за способом дії і показники зіставлення їхніх робочих характеристик наведені в табл. 7.3 [8, 11, 20]. Рушії для агрегатів збирання об'єднані в такі групи: колісні, гусеничні, шнекові, крокуючі, спеціальні і комбіновані. Агрегати збирання працюють на слабонесучих ґрунтах, тому головна функція рушіїв – забезпечення переміщення – має виконуватися в широкому діапазоні умов взаємодії рушіїв з поверхнею.

Це визначається різноманітністю рельєфу, характеристиками донних опадів, а також перерозподілом нормальних і тангенціальних навантажень на елементах рушія під дією реактивних моментів, які виникають при роботі. Крім того, рушій повинний передавати нормальні і поперечні навантаження від корпусу на ґрунт, демпфірувати динамічні впливи і задавати траєкторію руху.

Таблиця 10.3

Класифікація забірно-завантажувальних пристроїв за способом дії

Із суміщенням породовідділенням та первинним транспортуванням				Розпушувачі		З розділеним породовідділенням та первинним транспортуванням											
Роторні		Конвеєрні		Гідравлічні	Механічні	Вид породозабірного органа			Подача до бункера								
Породозабірні органи																	
Ковші	Ножі	Гребінки	Скребки	Гідравлічні	Що розмивають	Дифузійні	Роторні	Що копають	Без приводу	З приводом			Гідровсмоктування	Самопливом	Шнек	Конвеєр	Крильчатка
									Ножі	Вили	Роторні	Що копають					

У зв'язку з обмеженістю енергопостачання та простору для розміщення технологічного обладнання і необхідністю використання обладнання з максимальною ефективністю кращим є варіант об'єднання виконання більшої кількості технологічних операцій в одному механізмі. Такої концепції значною мірою задовольняє вібраційний принцип видобутку твердих корисних копалин, що реалізується на вібраційному похилому лотку, частково зануреному в поверхню дна океану. При спрямованій вібрації і переміщенні лотка по дну під дією вібраційних і контактних сил тверді корисні копалини відокремлюються від дна океану, витягаються з донного мулу і вібротранспортуються нагору по вібраційному лотку до системи підняття.

В Інституті гео-технічної механіки (ІГТМ НАН України) розроблений ряд структурних і компоновочних схем розміщення віброобладнання на робочому органі, що відрізняються: шириною захоплення оброблювальної смуги збирання; різним ступенем динамічного врівноважування коливних мас, можливістю подолання перешкод, функціональним призначенням вібромашин [8, 11, 20].

Створено макет вібраційного робочого органа (рис. 7.4), дослідження якого були проведені в 1987 – 1988 рр. на Нижньо-Чурбашському

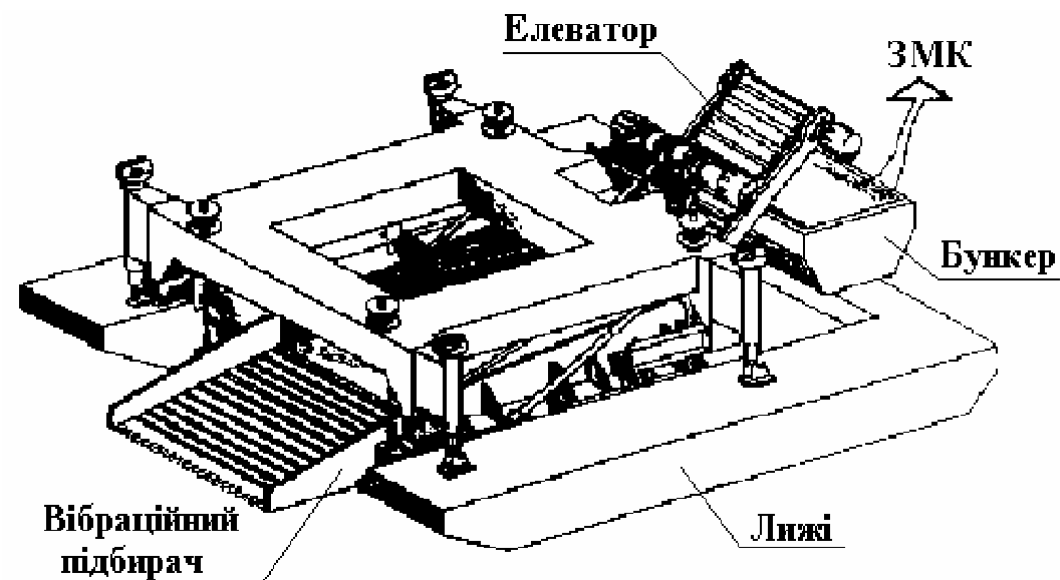


Рис. 7.4. Макет вібраційного виконавчого органа для видобутку розсипних корисних копалин з морського дна

шламовідстійнику Камиш-Бурунського залізорудного комбінату в м. Керчі [8, 11, 20].

У результаті встановлено, що вібраційний робочий орган забезпечує: ефективне збирання твердих корисних копалин при русі агрегата видобутку зі швидкістю до 0,1 м/с; обробку шару донного мулу товщиною до 0,35 м з регулюванням товщини оброблюваного шару; повне відділення корисної копалини від мулу; вібротранспортування частинок корисної копалини при унікальній здатності не транспортувати відмиті частинки донного мулу; об'єднання в часі і просторі процесів збирання, відділення від мулу, поділ за крупністю і транспортування; питому продуктивність збирання на одиницю довжини фронту робочого органа до 50,0 т/год м, при цьому вилучається до 95 % корисних копалин.

На базі отриманих результатів створений експериментальний вібраційний робочий орган видобутку твердих корисних копалин зі дна океану (рис. 7.5).

Досліджено робочий орган при моделюванні процесу збирання імітаторів розсипних корисних копалин. Підтверджено працездатність конструкції, високу ефективність виконання технологічної операції зі збирання імітаторів залізомарганцевих конкрецій. Визначено напрямки удосконалення вузлів, механізмів і систем робочого органа.

Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що агрегат збирання з вібраційним робочим органом має істотні технічні й екологічні переваги, знаходиться на рівні світових досягнень у цій області і може розглядатися як основа перспективного напрямку створення технічних засобів глибоководного видобутку твердих корисних копалин зі дна Світового океану.

У НДП «Океанмаш» запропонована конструкція агрегата збирання (рис. 7.6), технологія видобутку корисних копалин, що передбачає подачу

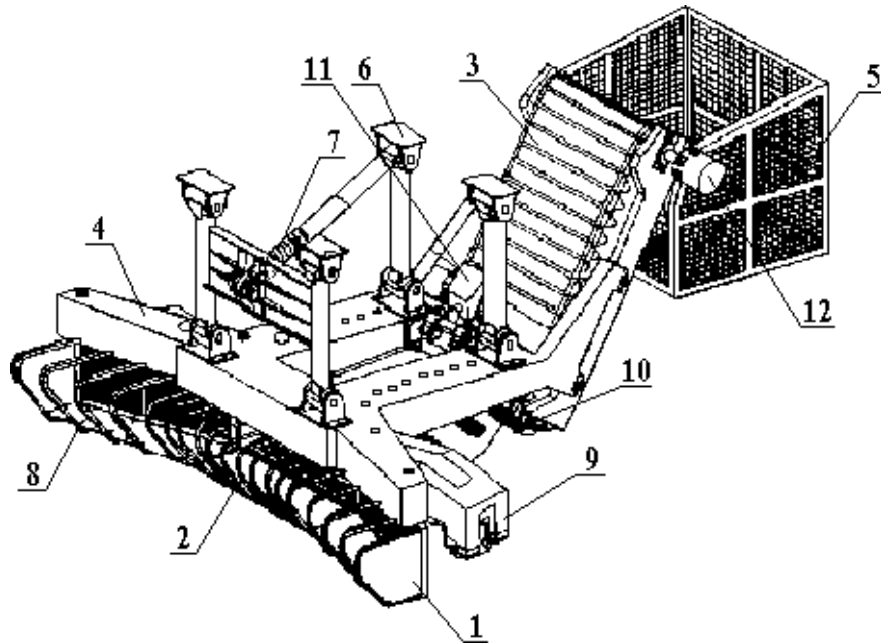


Рис. 7.5. Конструктивна схема експериментального вібраційного робочого органа видобутку розсипних корисних копалин зі дна океану:

- 1 – віброрешітка; 2 – вібролоток; 3 – елеватор; 4 – рама; 5 – приймальний бункер; 6 – шарнірні стояки; 7 – гідроциліндр; 8 – забірник; 9, 11 – електрогідравлічні віброприводи; 10 – пружні зв'язки; 12 – гідродвигун

конкрецій у дробарку, де вони подрібнюються до фракції, оптимальної для гідротранспортування, всмоктуються в трубопровід і транспортуються на базове судно.

Видалення глинистих фракцій з розробленої маси здійснюють шляхом промивання конкрецій за допомогою роторного робочого органа з ковшами і форсунками. Ковші 1, встановлені в роторі 2, мають сітчасте або кольчужне днище 3, а форсунки 4 з'єднані з напірною магістраллю 5. У валкову дробарку 6 і бункер трубопроводу 7 попадають конкреції, відмиті потоком води з форсунк [8, 11, 20].

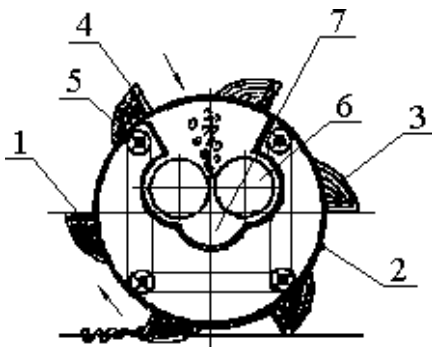


Рис. 7.6. Конструктивна схема агрегата збирання конкрецій конструкції НДПІ «Океанмаш»

Значний обсяг науково-дослідних робіт виконано фірмою «Rauma-Repola». Досліджувалися три механічні системи збирання з додатковими гідравлічними пристроями: похилий скреперний конвеєр з додатковим гідравлічним ґрунтозабором для вилучення конкрецій; вертикальний голчастий конвеєр для збирання і транспортування ЗМК і контрротаційне колесо для їхнього вилучення; скреперне ротаційне колесо для відриву, збирання і часткового транспортування.

2. СВЕРДЛОВИННИЙ ГІДРОВИДОБУТОК КОРИСНИХ КОПАЛИН

Метою розділу є вивчення принципу і технології свердловинного гідровидобутку корисних копалин.

У результаті вивчення матеріалу розділу студент повинний знати принцип свердловинного гідровидобутку корисних копалин, склад обладнання, необхідного при видобутку корисної копалини, що залягає на суші і під водою, свердловинним методом.

На підставі отриманих знань студент повинний уміти вибирати обладнання для розробки суходутних і підводних родовищ корисних копалин свердловинним методом.

Спосіб свердловинного гідровидобутку корисних копалин оснований на перетворенні розроблювальної гірничої маси в гідросуміш на місці залягання шляхом гідромеханічного впливу і транспортування її у вигляді гідросуміші на поверхню по трубах [8, 13] (рис.8.1). Цей спосіб дозволяє розробляти глибокі і

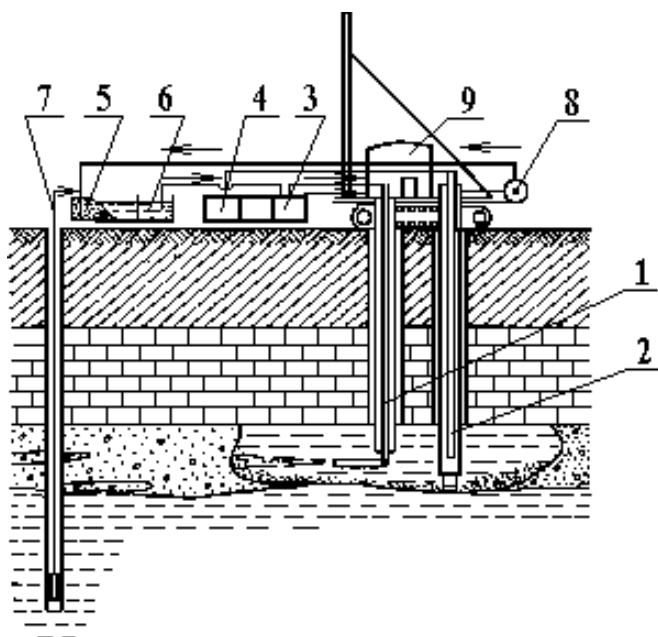


Рис. 8.1. Конструктивна схема установки для свердловинного видобутку корисних копалин: 1 – гідромонітор; 2 – ерліфт; 3 – насосна станція; 4 – компресорна станція; 5 – бункер; 6 – ємність для освітлення води; 7 – водозабірний свердловина; 8 – ґрунтовий насос; 9 – підйомно-транспортний агрегат

дуже обводнені родовища з обмеженими запасами, експлуатація яких відкритим або підземним способом економічно недоцільна або практично утруднена.

Технологія свердловинного гідровидобутку (рис.8.1) передбачає розкриття покладу буравленням видобувних свердловин до порід, що підстиляють, виконання підготовчих робіт, у результаті яких стає можливою подача агентів (води, стиснутого повітря й ін.) і електроенергії на видобувний полігон, руйнування покладу з утворенням гідросуміші та її доставлення до засобів гідропідйому, підняття на поверхню, гідротранспортування на збагачувальну фабрику або гідровідвал, керування гірським

тиском і рекультивацію поверхні. Розкриття родовища здійснюється вертикальними або похилими свердловинами при міцних і стійких породах

покрівлі і при невеликій глибині. При глибокому заляганні в умовах діючого рудника розкривною виробкою служить шахта. В умовах водяної поверхні і при нестійких породах покрівлі розкриття і видобуток здійснюють за допомогою плавучих установок (рис.8.2) [8, 13].

З моменту появи перших пропозицій щодо свердловинного гідровидобутку корисних копалин (40 – ві роки) і до нашого часу проведені великомасштабні випробування на базі цього методу в багатьох країнах з урахуванням різних гірничо-геологічних умов.

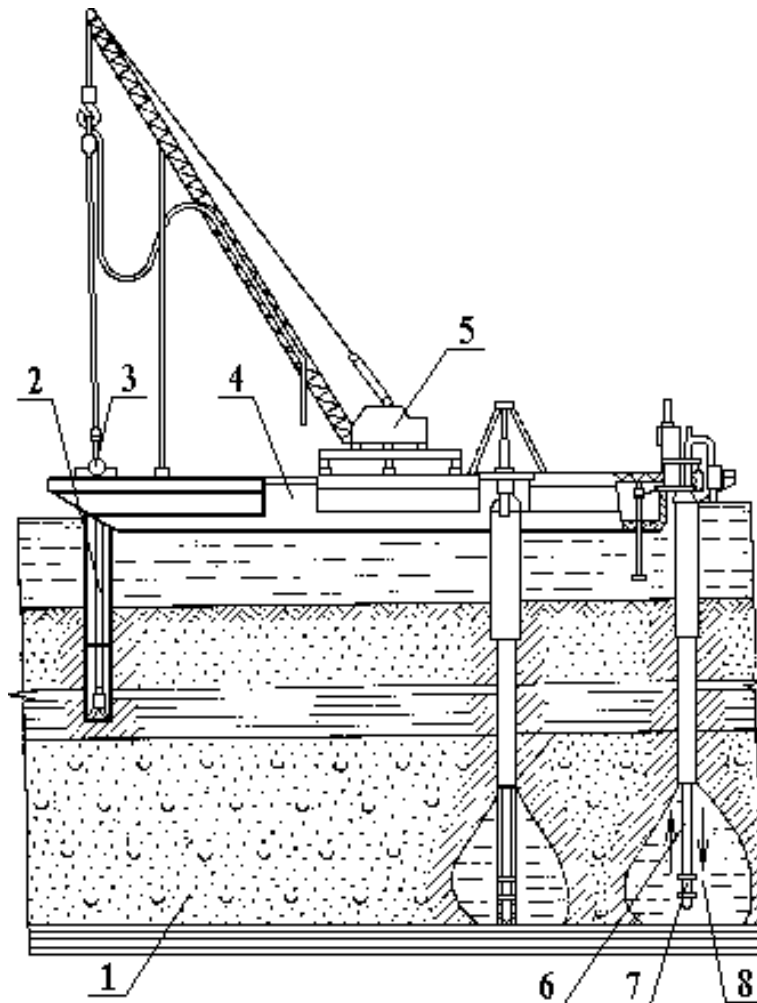


Рис. 8.2. Схема свердловинного видобутку руди з використанням плавучої установки: 1 – рудний шар; 2 – свердловина; 3 – буровий верстат; 4 – баржа; 5 – кран; 6 – гідромонітор; 7 – ерліфт; 8 – видобувна камера

Одним із яскравих прикладів успішного застосування свердловинної технології є видобуток сірки в Мексиканській затоці [8, 13]. Розроблювальне родовище “Гранд Ісл” (рис. 8.3) відноситься до соляних куполів у крейдових і третинних відкладеннях. Над рудним тілом знаходиться шар води висотою до 15,5 м і водопроникні порожні породи потужністю близько 30 м. Потужність

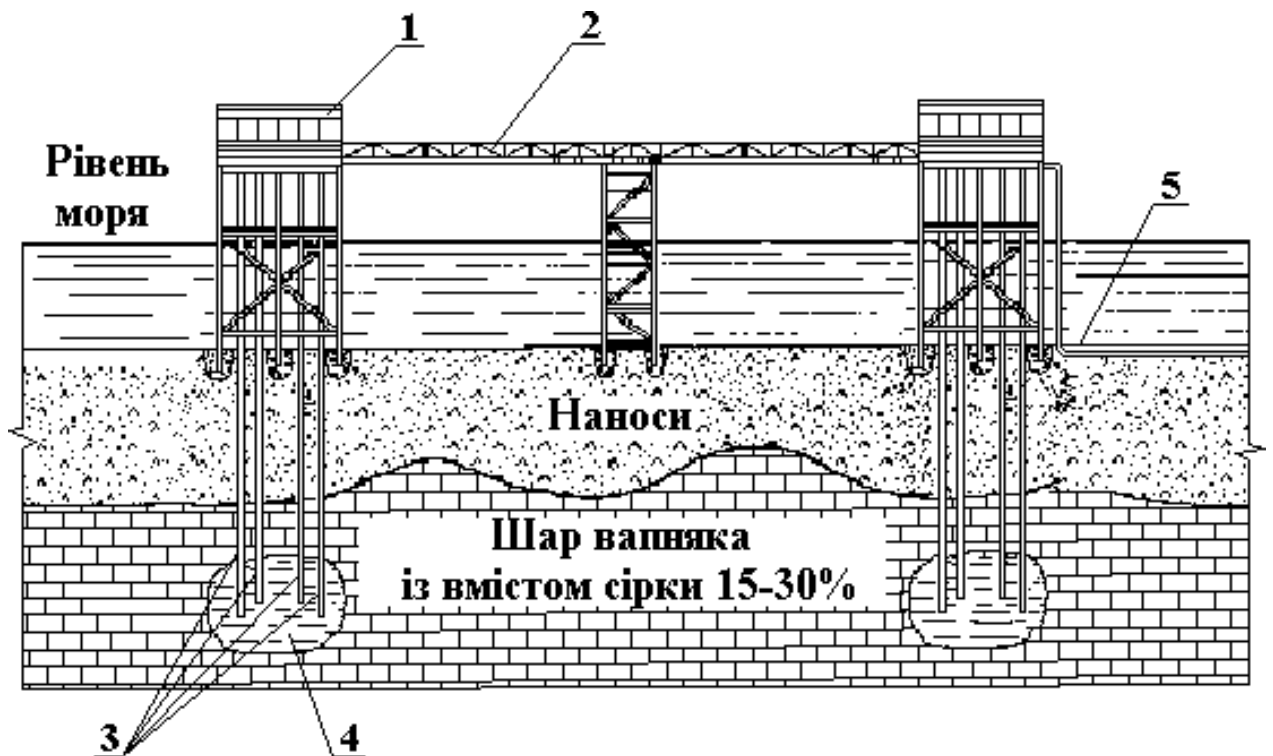


Рис. 8.3. Схема свердловинного видобутку сірки в Мексиканській затоці

рудного покладу коливається від 510 до 750 м, але найбільш багатий сіркою шар, що складає в середньому 15 – 30 %, має потужність 66 – 140 м. Родовище розкрито окремими свердловинами, пробуреними зі спеціальних платформ 1, з'єднаних містками 2, відпрацьовується за методом Фраша. По свердловинах 3 нагнітається гаряча вода з температурою 163 °С, що виплавляє сірку з вапняку з утворенням видобувної камери 4. Сірка стікає до устя свердловини і за допомогою ерліфтів видається для первинної обробки. Основна переробка здійснюється на березі, куди розплав сірки подається по спеціальному підводному трубопроводу 5, прокладеному в траншеї глибиною 1,5 м на дні моря.

Спеціальні платформи розташовуються на відстані 61 м одна від іншої і утворюють 10 000-тонний металевий острів довжиною до 1,5 км, що спирається на палі і підіймається над поверхнею моря на 18 м. На цих платформах змонтовані три бурові установки, електростанція, резервуари для збирання сірки, службові і житлові приміщення, майстерні, майданчики для вертольотів. Така конструкція платформ забезпечує роботу рудника поза залежністю від стану моря. Мінімальна продуктивність установки – 4080 т за добу. Обсяг видобутку досягає 7 млн т за рік. На руднику працюють біля 250 робітників.