

## **Опыт отработки на речном полигоне элементов экологически щадящей технологии и обеспечивающих их внедрение технических средств для подводной добычи песка**

В.Ю.Кухарь, НИПИокеанмаш, г.Днепропетровск

Украинское Причерноморье постоянно испытывает острый дефицит в строительном песке. Запасы континентальных месторождений ограничены и их освоение связано с отчуждением ценных в природоохранном отношении земель, изъятие которых из оборота снижает потенциал аграрного сектора региона.

Геологическими исследованиями разных организаций в акватории Азово-Черноморского бассейна открыты и разведаны многочисленные месторождения строительных песков / 1/.

В настоящее время добыча песка из морских прибрежных месторождений Азово-Черноморского бассейна ведется с глубины 5-10 м, что вызывает абразию береговой линии, ухудшение экологической обстановки водной среды и донной поверхности.

Опыт эксплуатации подводных карьеров и моделирование процессов литодинамики доказали, что при разработке песков с глубин более 25-30 м на значительном удалении от береговой линии не будет происходить размыв берегов и подводного склона. Поэтому с этими глубинами шельфовой зоны связаны реальные перспективы создания мощной базы строительных песков /2/.

Возросшие в последнее время требования к защите морской водной экосреды и донной поверхности, а также отсутствие парка соответствующей добычной техники для работ на больших глубинах с возможностью выполнения этих требований обуславливают необходимость создания новой технологии добычи и обеспечивающих ее внедрение технических средств. Решением этой проблемы и занимается НИПИокеанмаш, начиная с 1994 года.

Институтом разработана концепция экологически щадящей технологии для добычи строительного песка на шельфе Черного и Азовского морей с глубины до 50 м.

Сущность технологии заключается в следующем. Добыча песка производится из-под донного слоя полезного ископаемого заглубленным грунтозаборником эжекторного типа ("глубинный" способ забора песка). Замкнутая система технологического водоснабжения грунтозаборника предотвращает сброс в море воды, отделенной от добытого песка, исключая тем самым его замутнение. Такой способ добычи предполагает минимизацию наносимого ущерба донному и водному биоценозам.

За время выполнения работы проведены теоретические проработки, подготовлена методика расчета грунтозаборника эжекторного типа и на ее основе спроектирован полномасштабный макет, проведены лабораторные испытания макета грунтозаборника и

процессов, происходящих при заборе песка с поверхностного слоя и из-под него. Результаты испытаний и их последующая обработка подтвердили правильность принципиальных положений технологии и конструктивных решений основных элементов добычного оборудования.

Выполненный комплекс теоретических и лабораторных исследований позволил начиная с 1996-1997 гг. перейти к подготовке и проведению натурного морского эксперимента на подводном месторождении песка. Целью эксперимента является проверка и отработка в реальных условиях морского месторождения экологически щадящей технологии подводной добычи песка и обеспечивающих ее внедрение технических средств.

Учитывая высокую стоимость экспериментальных работ в морских условиях, было принято решение о проведении первого этапа натурного эксперимента на речном месторождении песка. При этом в ходе работ при относительно невысоких затратах можно было отработать элементы технологии отработки участка месторождения с обеспечением максимально возможного сохранения донной поверхности и качества выемки песка, провести ресурсные испытания технологического оборудования, определить удельные энергетические затраты добычи и показатели надежности оборудования, провести исследовательские испытания системы замкнутого водоснабжения добычного органа, инструментально определить степень снижения негативного воздействия добычных работ по разрабатываемой технологии на водную экосистему. Проведение речного эксперимента позволило бы выявить и решить до выхода в море значительный объем вопросов, связанных с отработкой элементов новой технологии и обеспечивающей ее внедрение техники. Параллельно с проведением речного продолжались работы по подготовке к полномасштабному морскому эксперименту.

Речной эксперимент сезона 1997 г. проводился на Самарском месторождении песка в юго-западной части озера им. Ленина, являющегося продолжением р.Самары при впадении ее в р. Днепр (в черте г. Днепропетровска).

В геологическом отношении район месторождения расположен на стыке Украинского кристаллического массива Днепровско-Донецкой впадины.

Темно-серый ил и илесто - глинистая порода, залегающие под водой на глубине от 1,30 до 6,17 м, относятся к вскрышным породам, их мощность колеблется от 0,3 до 4,6 м, в среднем составляет 1,5 м.

Полезное ископаемое месторождения представлено песками кварцевыми мелко - тонкозернистыми, серого, темно-серого, желтовато-серого цвета с включением битой ракушки и очень мелкого гравия. Пески залегают в виде пласта мощностью от 1,2 до 9,0 м, в среднем 5,3 м.

По минеральному составу пески Самарского месторождения являются мономинеральным однородным сырьем с содержанием кварца в количестве от 91,0 до 94,9%.

Для проведения эксперимента в речных условиях был разработан и изготовлен плавучий экспериментальный стенд на базе баржи - площадки грузоподъемностью 200 тонн (рис. 1).

Основное технологическое оборудование стенда включает следующие узлы.



Полноразмерный образец грунтозаборника эжекторного типа, оснащенный бурящими и размывающими форсунками. Грунтозаборник соединялся с напорной и пульповой магистралями стенда посредством гибких резиновых рукавов. Грунтозаборник оснащен индикаторной штангой для контроля глубины

погружения.

Спуск - подъемное устройство (СПУ), выполненное в виде стрелового грузоподъемного крана с гидравлическим приводом подъема стрелы. Грунтозаборник подвешивался на крановом крюке, его вертикальное перемещение производилось травлением - выбором каната лебедкой ТЛ-9 с тяговым усилием 1,2 т.

Насосное оборудование, состоящее из рабочего насоса ГрК 400/40 в комплекте с электродвигателем мощностью 132 кВт и вспомогательного насоса АХ 45/54 в комплекте с электродвигателем мощностью 55 кВт. Вспомогательный насос подавал воду к эжектору запуска, откачивавшему воздух из заборного бака, осуществляя тем самым заполнение водой рабочей полости основного насоса перед его запуском, а основной обеспечивал подачу воды под давлением 4 кгс/см<sup>2</sup> к грунтозаборнику.

Напорный и пульповый трубопроводы, а также соединительная арматура, объединяющие остальные элементы технологического оборудования в единую гидравлическую сеть.

Средства папильонирования, представленные якорями Холла массой 150 кг, якорными канатами Ø 13 мм и лебедками с электроприводом.

Средства энергоснабжения и управления, состоящие из дизель - электростанции ДТСП-200, электрошкафов и пульта управления.

Основные технические характеристики экспериментального стенда следующие.

1. Производительность по пульпе расчетная, м <sup>3</sup> /час	до 300
2. Глубина добычи, м, от поверхности воды	до 5
3. Грузоподъемность базового плавсредства, т	200
4. Скорость подъема - опускания грунтозаборника, м/с	1,0
5. Грузоподъемность спуско - подъемного устройства, т	5,2
6. Мощность дизель-электростанции, кВт	160
7. Расход дизельного топлива, кг/час	28

Особое внимание при разработке стенда было уделено на обеспечение максимально возможной производительности по пульпе грунтозаборника при имеющемся насосном оборудовании за счет оптимального подбора балансов воды, распределяющихся в грунтозаборнике на эжектирование (создание требуемого подпора и пропускной способности) и на размыв массива песка и приготовление пульпы.

За время проведения эксперимента сезона 1997 г. технологическое добычное оборудование наработало 185 часов непосредственно по добыче и около 90 часов на вспомогательных работах (обкатка, наладка, поузловые испытания, испытания и отработка приемов работы с оборудованием и технологических способов добычи песка). Проведенные на станциях (свыше 25) замеры изменения концентрации песка в пульпе в зависимости от времени забора из воронки позволили выявить характер изменения производительности по грунту рабочего органа при отработке забоя (воронки).

Продолжительность отработки единичного забоя по ямочной (воронкообразной) технологии при заглублении грунтозаборника на 2 метра в массив песка составляет в среднем 2 - 3 часа, при этом окончание цикла забора песка определялось по снижению концентрации песка в пульпе ниже 10%. Вспомогательное время, затрачиваемое на подъем грунтозаборника из воронки, перестановку стенда на следующее место работы и заглубление грунтозаборника, составило в среднем 15 - 20 минут. Время, затрачиваемое на перестановку отвозного судна (при загрузке песка в него), составляет около 10 минут, однако при перестановке процесс добычи не приостанавливается. Фактический коэффициент использования рабочего времени оборудования без изменения положения папильонажных якорей составил 0,85-0,95.

За время работы отмечены следующие основные отказы оборудования:

- засорение форсунок грунтозаборника (время устранения неисправности - 6 часов);
- заклинивание дизель - электростанции (время устранения неисправности - 8 часов);
- срыв рукавов с ниппелей - 2 раза (время устранения каждой неисправности - 3 часа).

Коэффициент готовности экспериментального оборудования в процессе испытаний составил 0,9.

Удельные энергетические затраты по результатам экспериментальных работ составили 1,6 кВт на тонну добытого песка, что подтверждает приемлемую энергоемкость нового способа добычи.

По результатам работ сезона 1997г. технологическое добычное оборудование было модернизировано и перемонтировано на более новое плавсредство - баржу - площадку проекта Р-0235, на котором и продолжились в 1998 г. испытания системы замкнутого водоснабжения добычного органа.

Модернизации подверглись следующие элементы оборудования.

Грунтозаборник. Была увеличена до 6 метров его длина для возможности увеличения глубины обрабатываемого забоя, что позволяет увеличить среднюю производительность по грунту.

Спуско - подъемное устройство. Была предложена принципиально новая конструкция, состоящая из вышки, по направляющим которой перемещается при помощи

полиспада каретка с рукавными и тросовым блоками. Грунтозаборник подвешивался посредством гибкого каната, перекинутого через блок каретки, и имел также возможность вертикального перемещения. Напорный и пульповый рукава, соединяющие грунтозаборник с гидравлической сетью стенда, перебрасывались через рукавные блоки каретки.

Остальное технологическое оборудование стенда было использовано практически без изменений.

Для проведения экспериментальных добычных работ с замкнутым водоснабжением грунтозаборника дополнительно был изготовлен на борту стенда песковой бункер и отделенный от него переливной стенкой с окнами зумпф - отстойник. Подача воды из зумпфа - отстойника к рабочему насосу была обеспечена дополнительным перекрываемым трубопроводом. Слив песковой пульпы в песковой бункер или в отвозное судно происходил из поворотного рефулера, являющегося окончанием пульпового трубопровода.

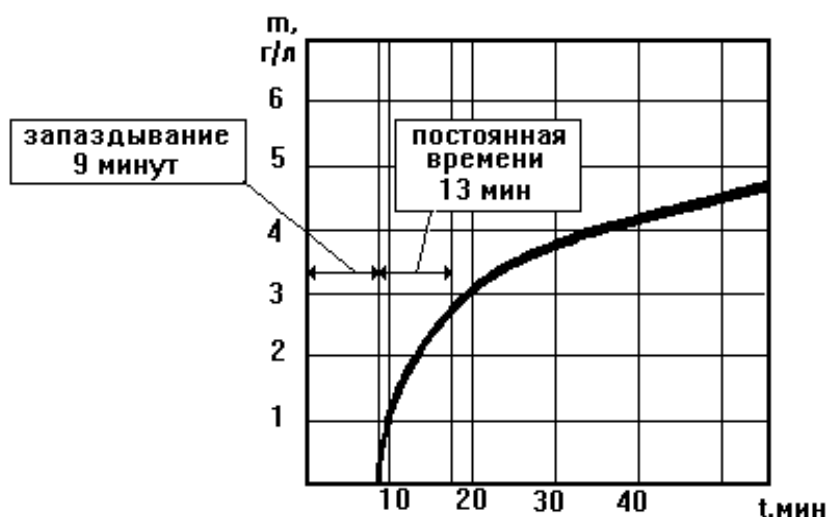
Экспериментальные работы сезона 1998 г. преследовали две основные цели: подтвердить работоспособность системы замкнутого водоснабжения грунтозаборника и оценить степень негативного влияния добычных работ, проводимых по новой технологии, на экосреду региона их проведения.

Результаты эксперимента подтвердили правильность выбранного направления с точки зрения минимизации негативного воздействия на водную экосреду /3/.

Экспериментальная система замкнутого водоснабжения показала свою работоспособность. После слива пульпы в бункер происходило ее разделение на песок и технологическую воду. Песок оседал на дно бункера, а технологическая вода поступала через переливную стенку в зумпф -отстойник, откуда по трубопроводу поступала в рабочий насос.

В процессе заполнения песком бункера иловые мелкодисперсные включения из потока оборотной воды осаждались под действием гравитации на дно бункера и зумпфа, тем самым первично осветляя техническую воду. Вследствие многократного использования в оборотном цикле добычи песка, технологическая вода постепенно насыщалась мелкодисперсными взвесями, содержащимися в массиве песка и в покрывающем его слое иловых отложений. Проведенные замеры позволили получить

зависимость насыщения, приведенную на рис.2.



Проведенные инструментальные замеры экологических параметров водной биосреды в процессе экспериментальных добычных работ и их последующая лабораторная обработка доказали снижение негативного воздействия. При подводной добыче

песка с замкнутым водоснабжением добычного органа отсутствуют мутьевые потоки, характерные для открытого водоснабжения (образуются при переливе отделенной от песка воды через борта отвозного судна), и в придонной зоне около добычного органа, если не происходит обрушение донного слоя. Избыточный слив насыщенной механическими взвешьями и химическими растворенными веществами технологической воды в выработанное пространство (в объеме до 50-60% от объема выработки) не вызывает ухудшение экологических показателей. Зона мутности около добычного органа не увеличивается, качество и прозрачность воды не изменяются. Воздействие процесса добычи песка с замкнутым водоснабжением добычного органа на экосреду района работ ограничено образованием мутьевого облака в зоне забора песка при нарушении донной поверхности, обусловленном ее обрушением. Мутьевое облако в зоне забора песка образуется диаметром 1,5-2,0 м, сохраняется до 10-20 мин и может быть уменьшено за счет соблюдения баланса объемов поступающей в забой воды и забираемой из него пульпы или технологическими приемами, связанными с проведением послыйной отработки забоя (параметры воронки должны быть взаимосвязаны с устойчивостью покрывающих пород).

Попутно в результате экспериментальных работ сезона 1998 г. получены замеры, позволяющие вплотную подойти к постановке задачи исследований процессов формирования воронки при глубинном заборе песка. Создание математической модели формирования единичной воронки и поведения песка и покрывающих его пород при отработке ряда воронок позволит предотвратить попадание в зону забора песка иловых масс, вызывающих разубоживание полезного ископаемого, определить шаг и глубину послыйной отработки месторождения с максимальным сохранением донной поверхности и донного биоценоза.

За время проведения экспериментальных работ сезона 1998г. технологическое добычное оборудование наработало 85 часов непосредственно по добыче.

Продолжительность отработки единичного забоя по ямочной (воронкообразной) технологии при заглублении грунтозаборника в массив песка до 6 метров (по сравнению с 2 метрами в работах сезона 1997 г.) составляет в среднем 15 - 20 часов, при этом окончание цикла забора песка определялось по снижению концентрации песка в пульпе ниже 10%. Объем добытого песка с одной воронки при указанных условиях составлял около 500 - 550 м<sup>3</sup>. Вспомогательное время, затрачиваемое на подъем грунтозаборника из воронки, перестановку стенда на следующее место работы и заглубление грунтозаборника в массив, увеличилось до 25 - 40 минут. Время, затрачиваемое на перестановку отвозного судна (при загрузке песка в него) практически не изменилось (около 10 минут), при перестановке процесс добычи не приостанавливается. Фактический коэффициент использования рабочего времени оборудования без изменения положения папильонажных якорей увеличился по сравнению с коэффициентом, полученным в 1997 г., до 0,95-0,98.

Технологическое добычное оборудование, отработанное и модернизированное по результатам сезона 1997 г., работало нормально, без аварий. Отказы, в основном, происходили с вновь созданным оборудованием.

За время работы отмечены следующие основные отказы оборудования:

- заклинивание канатов полиспада СПУ (время устранения неисправности - 3 часа);
- заклинивание канатов кормовой якорной лебедки (время устранения неисправности - 1 час);

- забивание фильтрующей сетки заборного бака (время устранения неисправности - 9 часов);
- выгорание контактов электропускателя (время устранения неисправности путем замены - 2 часа).

Коэффициент готовности экспериментального оборудования в процессе испытаний составил 0,82.

Удельные энергетические затраты остались на прежнем уровне (1,6 кВт на тонну добытого песка).

Экспериментальные работы сезона 1998 г. подтвердили правильность принятых основных технологических и технических решений.



Полученный опыт создания технологического добычного оборудования и работы с ним явился основой для создания на базе стенда экспериментальной установки для щадящей добычи песка УЩДП-1 (рис.3).

Основные технические характеристики установки следующие.

1. Производительность по песку, т/час, не менее	75
2. Глубина добычи, м	1 - 13
3. Удельное энергопотребление, кВт/т, не более	1,2
4. Состав смены, чел.	3
5. Базовое плавсредство	Несамостоятельная баржа-площадка Р-0235
6. Грузоподъемность, т	700
7. Спуско-подъемное устройство	
количество	2
грузоподъемность, т	7,2
скорость подъема-опускания, м/с	0,1
ход подъема-опускания, м	13,5
8. Якорное устройство носовое	
тип	Штатное якорное устройство баржи
усилие, т	0,9
9. Якорная лебедка кормовая	

количество	2
усилие, т	2,0
скорость якорного каната, м/с	1,0
10. Средства энергоснабжения	
тип дизель-электростанции	ДТСП-200
количество	2
мощность дизель-электростанции, кВт	160

Экспериментальные работы сезонов 1997-1998 гг. на речном (Самарском) месторождении песка подтвердили правильность основных положений концепции экологически щадящей технологии подводной добычи песка, разрабатываемой НИПИОкеанмаш при участии специалистов НГАУ.

Подводная добыча песка из-под поверхностного слоя массива с обеспечением замкнутого водоснабжения гидравлического добычного органа эжекторного типа обеспечивает минимизацию негативного воздействия добычных работ на экосреду района добычи. При таком способе добычи отсутствуют мутьевые потоки, характерные для открытого водоснабжения (образуются при переливе отделенной от песка воды через борта отвозного судна), и в придонной зоне около добычного органа, сохраняется до 90 - 95 % водного и придонного биоценоза.

Разработанные в обеспечение внедрения элементов экологически щадящей технологии решения основных технических устройств (грунтозаборник, эжекторного типа, спуско-подъемное устройство, экспериментальная система замкнутого водоснабжения), показали свою работоспособность и ожидаемый экономический эффект от их применения. Достаточно высокий коэффициент технической готовности оборудования (0,85 - 0,90) доказывает возможность использования принятых технических решений при проектировании опытно-промышленного образца речного добычного судна.

Однако, ценный научный и инженерный потенциал, полученный в ходе речного эксперимента, не может быть в полной мере перенесен на море из-за определенных объективных отличий условий речного и морского полигонов (например, глубина воды, геологические особенности залегания полезного ископаемого, погодно - навигационные условия, различия в водном биоценозе) /4/, /5/. Так, например доминирующая крупность речного песка 0.16-0.315 мм, а морского - до 1 мм, глубина воды в реке 1.5-3.0 м, в морских условиях - 20 - 30 метров, песок речного месторождения покрывает слой иловых наносов мощностью 0.4 - 1.5 метров, на морском месторождении имеется минимальный слой покрывающих песок пород (ракуша), и т.п.

Поэтому, наряду с продолжением экспериментальных работ на речном полигоне, для разработки пригодной к промышленному внедрению экологически щадящей технологии подводной добычи песка и технических средств для ее реализации в морских условиях необходимо проведение комплексного морского геоэкологического эксперимента.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнюков Е.Ф. Твердые полезные ископаемые. Геология шельфа УССР. - Киев, "Наукова думка", 1983.
2. Шнюков Е.Ф., Шестопалов В.М., Яковлев Е.А. и др. Экологическая геология Украины. Справочное пособие. - Киев, "Наукова думка", 1993.
3. Дослідні випробування технологічного обладнання для підводного видобутку піску з забезпеченням замкненого водопостачання робочого органу на річковому родовищі: Звіт про науково-дослідну роботу/ НДПЮкеанмаш; Дніпропетровськ, 1998.
4. Рабочий проект разработки Самарского месторождения песков, Агенство "Паблик рилэйшнз", Днепропетровск, 1993;
5. Исследование базовых параметров на месторождениях песков акватории Черного моря в ходе 7-го рейса НИС "Киев": Отчет о НИР НИПИЮкеанмаш, Днепропетровск, 1997.