

ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННАЯ ДОБЫЧА СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУР

В мировой практике основная часть гидромеханизированной разработки полезных ископаемых приходится на добычу строительных горных пород. Подводная добыча осуществляется при освоении материковых и шельфовых месторождений, кроме того — ведется попутная добыча строительных материалов методами гидромеханизации при осуществлении дноуглубительных работ. В Хабаровском крае и Амурской области разрабатываются крупные русловые месторождения кварцевого песка и песчано-гравийной смеси. Благодаря низкой себестоимости разработки и удобному расположению месторождений, в Приамурье большая часть песка и песчано-гравийной смеси добывается из обводненных месторождений с помощью средств гидромеханизации. Основными техническими средствами, задействованными при разработке русловых месторождений, являются гидравлические земснаряды. В статье приводится перечень используемого при освоении месторождений добычного, перегрузочного и транспортного оборудования, перечисляются наиболее крупные предприятия, ведущие подводную добычу строительных горных пород, и разрабатываемые ими месторождения.

Ключевые слова: песок, гравий, земснаряд, экскаватор, черпание, производительность, баржа, плавкран, перегружатель, транспортировка.

Введение

В мировой практике основная часть гидромеханизированной разработки полезных ископаемых приходится на добычу строительных горных пород. Подводная (мокрая) добыча строительных горных пород осуществляется при освоении материковых и шельфовых месторождений, кроме того — ведется попутная добыча строительных материалов методами гидромеханизации при осуществлении дноуглубительных работ [1] – [3]. В промышленно развитых странах объемы подводной добычи весьма велики; так, в Японии на шельфовых месторождениях ежегодно добывается свыше 1 млрд т песка и гравия, данные материалы применяются как для строительства, так и для намыва прибрежных территорий. Крупные объемы подводной добычи строительных горных пород осуществляются в США, России, Великобритании, Австралии и других странах. С использованием средств гидромеханизации добываются такие строительные горные породы как песок, гравий, песчано-гравийная смесь, карбонатные породы и др. Обычно глубина подводной выемки полезных ископаемых не превышает 20 – 30 м, но в отдельных случаях может достигать 60 – 80 м и более [1], [2].

Гидромеханизированная добыча рыхлых строительных горных пород из русел судоходных рек, озер, водохранилищ с помощью земснарядов в сравнении с открытой разработкой имеет ряд преимуществ, а именно: при подводной добыче не требуется отчуждения значительных площадей сельскохозяйственных земель и лесных угодий под создание карьеров и отвалов, подъездных дорог и других объектов горного производства; разработка русловых месторождений, в основном, ведется с использованием высокопроизводительной техники непрерывного действия, в отличие от открытых горных работ, где преобладают машины циклического действия, имеющие относительно небольшую производительность, в связи с чем себестоимость гидромеханизированной добычи полезных ископаемых намного ниже; отсутствие проблем и затрат связанных с постоянной откачкой воды или даже остановкой работ в связи с притоком грунтовых вод (при углублении карьера) и при интенсивных осадках; возможность использования водного транспорта без проведения перегрузочных работ для доставки добытых строительных горных пород потребителям в случае их расположения вблизи водных коммуникаций [4], [5]. Благодаря этим преимуществам, а также наличию крупных русловых месторождений строительных материалов в Приамурье большая часть получаемого песка и песчано-гравийной смеси добывается из обводненных месторождений с помощью средств гидромеханизации. Кроме того, для организаций, имеющих на балансе

землечерпательное и дноуглубительное оборудование, а также транспортные речные суда, гидро-механизированная добыча строительных материалов и их доставка потребителям является крупным дополнительным источником получения средств, что особенно важно в связи с постепенным сокращением объемов речных перевозок по причине развития других видов транспорта, в частности автомобильного [6].

Оборудование для подводной добычи строительных горных пород

Существует большое количество оборудования для подводной добычи строительных горных пород, в целом оно подразделяется на две основных категории — земснаряды механического и гидравлического типов [2].

К механическим земснарядам относятся агрегаты с многочерпаковой рамой, грейферным оборудованием и экскаватор с обратной лопатой. Механические земснаряды черпают материал из-под воды ковшами, при этом земснаряды с грейферным и экскаваторным оборудованием являются машинами циклического действия. Механические земснаряды могут эффективно работать с материалами, содержащими крупные каменистые включения. Грейферные земснаряды (плавкраны) имеют относительно простую конструкцию, состоящую из стандартного поворотного крана на плавучей барже, они получили широкое распространение. Грейферный земснаряд предназначен для добычи песка и гравия и обеспечивает при необходимости возможность выемки полезных ископаемых с относительно больших глубин (до 80 м). Земснаряд в виде экскаватора с обратной лопатой обычно оснащается удлиненным рабочим оборудованием и устанавливается на понтоне или на берегу, глубина выемки не превышает 10 – 15 м [1]. Обратная лопата может разрабатывать как рыхлые (песок, гравий), так и плотные (мел, мергель, известняк) строительные горные породы. Для подводной добычи известняка и мела используются также цепные экскаваторы, установленные на берегу и перемещающиеся вдоль фронта работ на рельсовом ходу, при этом глубина черпания таких машин может превышать 40 м [1]. Подводная добыча плотных пород с помощью экскаваторов с обратной лопатой и цепных экскаваторов получила достаточно широкое распространение в странах Западной Европы (Бельгия, Дания, Франция, Германия).

Среди гидравлических земснарядов различают фрезерный, роторный и трюмный, а также земснаряд с плоским грунтоприемником [2]. В гидравлических земснарядах используются центробежные насосы для подачи вычерпываемой породы на поверхность. Земснаряды с плоским всасывающим грунтоприемником просты по конструкции, однако могут разрабатывать только рыхлые породы, такие земснаряды могут дополнительно оборудоваться гидроразрывом для заглубления всасывающей трубы. Фрезерные земснаряды, оборудованные специальным фрезерным рыхлителем, установленным на конце рамы с всасывающей трубой, могут производить выемку рыхлых и плотных строительных горных пород, они получили наибольшее распространение. Роторный земснаряд оснащен роторным рыхлителем, хорошо подходит для работы на породах с высоким содержанием глинистых компонентов. Все три рассмотренных гидравлических земснаряда устанавливаются на понтонах и перемещаются с помощью тросов и якорей, а поднятая на поверхность порода транспортируется на пришвартованную к земснаряду баржу или на берег по плавучему пульпопроводу. Трюмные земснаряды проектируются как самоходные суда, корпус которых включает трюм, они предназначены для углубления водных путей и добычи полезных ископаемых в море, при этом разгрузка добытых полезных ископаемых осуществляется в трюм земснаряда.

Подводная добыча строительных горных пород в Приамурье

В бассейне реки Амур подводная добыча строительных горных пород (кварцевый песок и песчано-гравийные смеси) осуществляется в Хабаровском крае и Амурской области [7], [8]. В Хабаровском крае из русловых месторождений добывается более 90 % песчано-гравийных материалов, в Амурской области — более 30 %. Кварцевые пески и песчано-гравийные смеси русловых месторождений Приамурья в основном, используются в транспортном строительстве для

устройства дорожного полотна, а также после отсева крупных фракций в качестве мелкого заполнителя в строительные растворы и в сухие строительные смеси [7].

Крупнейшими предприятиями Приамурья, ведущими разработку русловых месторождений песчано-гравийных материалов, являются ОАО «Хабаровский речной торговый порт», ООО «Амур-кварц» и ЗАО «Торговый порт Благовещенск». В Хабаровском крае подводная добыча строительных горных пород осуществляется тремя предприятиями на 10 русловых месторождениях, в Амурской области двумя предприятиями на двух месторождениях. Наиболее крупными по величине разведанных запасов и объемам добычи являются «Корсаковское», «Владимировское», «Индустриальное», «Хохлацкое» и «Кировское» русловые месторождения песчано-гравийных материалов.

Основными техническими средствами, задействованными при разработке русловых месторождений, являются гидравлические фрезерные земснаряды и земснаряды с плоским грунтоприемником. Также применяются механические земснаряды с грейферным оборудованием (плавучие краны). Для перевозки песчано-гравийных материалов до места выгрузки используются речные толкачи и баржи, реже — пульпопроводы (см. табл.). При выгрузке применяются гидравлические перегружатели, которые выгружают полезное ископаемое из барж на специальные карты намыва по установленным грунтопроводам, также разгрузка барж может осуществляться плавкранами. Разработка русловых месторождений на реке Амур осуществляется в течение навигационного периода длящегося с апреля по октябрь и равного примерно 180 дням. Большинство разрабатываемых русловых месторождений Приамурья располагаются в районе г. Хабаровска и г. Благовещенска и их пригородов.

Таблица

**Техника, задействованная на разработке русловых месторождений
песчано-гравийных материалов Приамурья**

Назначение оборудования	Регион	
	Хабаровский край	Амурская область
Добычное и перегрузочное	Земснаряды «Портовый-12» и «Портовый-13» проекта Р-109 Земснаряд 3 ГДЭС «Амур» Земснаряд Гр УТ 2000/63 Плавкраны КПЛ-16-30 Плавкраны КПЛ-5-30 Гидравлические перегружатели проекта Р-68	Земснаряд «Портовый-9» проекта Р-010 Плавкран КПЛ-16/30 Плавкран ПТ-35 Плавкраны КПЛ-5-30
Транспортное	Речные толкачи РТ-600 проекта Р-1740 Баржи МБ-2500 Баржи МБ-1500 Пульпопровод	Речные толкачи РТ проекта 911В Буксиры-толкачи проекта 911Р и проекта 1741 Баржи МП-600 Баржи МП-1000

Предприятия, ведущие разработку русловых месторождений, используют как свою добычную, перегрузочную и транспортирующую речную технику, так и арендованную. Наибольшие объемы добычи приходятся на несамоходные гидравлические земснаряды проекта Р-109, которые имеют технологическую производительность по добыче песчано-гравийной смеси — 600 м³/ч (по добыче песка до 1000 м³/ч), максимальную глубину отработки месторождения — 12,5 м. Земснаряды проекта Р-109 оборудованы краном для монтажных работ, рамоподъемной лебедкой, носовыми и кормовой лебедками, грунтовым насосом, насосом гидрорыхлителя, рамой с всасывающим трубопроводом, гидрорыхлителем, грунтоприемником и другим оборудованием.

Перед началом добычных работ гидравлическим земснарядом проводятся подготовительные работы, заключающиеся в инструментальной разбивке и закреплении блоков месторождения по периодам разработки, разбивке створов и установке створных знаков. Углы блоков на воде

отмечаются бакенами, а створные плоскости, закрепляющие углы блоков и створы серий — деревянными столбами и вехами. Разработка месторождения земснарядом ведется траншейным способом. Вскрытие месторождения осуществляется проведением пионерной траншеи (прорези) для обеспечения доступа к полезному ископаемому и создания фронта добычных работ. Вскрышные породы обычно представлены тонкозернистым илисто-глинистым песком. Оработка участка месторождения производится одним добычным уступом. Добыча полезного ископаемого ведется на полную мощность залегания на максимально возможную для земснаряда глубину. Оработка ведется одной сплошной заходкой с перемещением земснаряда вверх по течению реки. Параметры добычного блока земснарядов проекта Р-109 с учетом углов откоса бортов выемки составляют: ширина по верху — 52 м, ширина по подошве — 11 м, длина — 200 м, высота — 12 м.

Земснаряд на добычном участке устанавливается на становой (носовой) и папильонажные (боковые) якоря с возможностью свободного перемещения судна по длине их тросов. К бортовым швартовочным устройствам земснаряда швартуют баржи. Забор песчано-гравийного материала производится через сосун грунтонасоса землесосного снаряда путем создания вакуума в месте забора. Поступающее через грунтонасос и трубопровод полезное ископаемое по боковым лоткам в состоянии пульпы выливается в ванную баржи. При заглублении рабочего органа земснаряда на проектную глубину происходит одновременное перемещение земснаряда к становому якорю вместе с пришвартованной баржей, нагружаемой полезным ископаемым. Пульпа, поступающая на баржу при загрузке, разделяется на воду, которая через донные выпуски бортов, кормовые и носовые окна сливается в водоем, и полезное ископаемое, оседающее в ванне баржи. Заполнение баржи ведется от кормы к носу, при этом, по мере загрузки баржи, земснаряд швартовочными тросами постепенно спускает баржу вдоль своего борта. Баржа грузится на осадку с учетом уровня воды в месте разработки и подходов к земснаряду.

На некоторых месторождениях добычные работы ведутся с использованием механических земснарядов с грейферным оборудованием (плавкранов) различных типоразмеров.

Транспортирование добытого полезного ископаемого осуществляется несамоходными баржами с использованием речных толкачей. Загружаются баржи поочередно с обоих бортов земснаряда без прекращения его работы при смене барж. С одного борта баржи загружаются только в случае недостаточных глубин с другого борта земснаряда или при работе в стесненных условиях. Грузоподъемность применяемых барж составляет 600, 1000, 1500 и 2500 т, осадка которых в порожнем состоянии составляет 0,41 – 0,47 м, а в груженом состоянии — 1,78 – 2,68 м.

Разгрузка барж осуществляется с помощью гидравлических перегружателей или кранами, оборудованными грейферными ковшами [9]. С карт намыва отгрузка песка потребителям в автотранспорт осуществляется с помощью погрузчиков или экскаваторов [10], на вспомогательных работах могут быть задействованы бульдозеры.

Выводы

На русловых месторождениях Хабаровского края, в сравнении с месторождениями Амурской области, задействовано более крупное добычное, перегрузочное и транспортное оборудование. Применение гидравлических земснарядов является эффективным и экономичным методом добычи и переработки больших объемов строительных горных пород. Разработка русловых месторождений кварцевого песка и песчано-гравийных смесей с использованием высокопроизводительной добычной и перегрузочной техники, а также водного транспорта позволяет обеспечить низкую себестоимость добычи полезных ископаемых (40 – 60 руб./т), а, следовательно и высокую рентабельность горного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткач С. М. Геотехнологии открытой добычи минерального сырья на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями / С. М. Ткач. — Новосибирск: Гео, 2013. — 307 с.

2. Шпанский О. В. Технология и комплексная механизация добычи нерудного сырья для производства строительных материалов / О. В. Шпанский, Ю. Д. Буянов. — М.: Недра, 1996. — 462 с.
3. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. — СПб.: Глобус, 2012. — 140 с.
4. Чебан А. Ю. Комплекс для перегрузки насыпных строительных материалов в средства водного транспорта / А. Ю. Чебан // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 5 (33). — С. 43–47.
5. Филиппова Д. А. Баланс сточных вод при перегрузке песка гидромеханизированным способом / Д. А. Филиппова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 2 (24). — С. 151–155.
6. Галин А. В. Внутренние водные пути России как часть транспортной инфраструктуры страны / А. В. Галин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 1 (23). — С. 120–124.
7. Чебан А. Ю. Структурный анализ технических средств, задействованных при добыче строительных горных пород на юге Дальневосточного региона / А. Ю. Чебан, Г. В. Секисов, Н. П. Хрунина // Горная промышленность. — 2013. — № 4 (110). — С. 26.
8. Чебан А. Ю. Анализ парка горных машин горнодобывающих предприятий Амурской области / А. Ю. Чебан, И. Ю. Рассказов, В. С. Литвинцев // Маркшейдерия и недропользование. — 2012. — № 2. — С. 41–50.
9. Адамов Е. И. Устройства, снижающие потери сыпучих грузов при перегрузке грейферными кранами / Е. И. Адамов, Н. С. Отделкин, С. Н. Сикарев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 6 (28). — С. 129–133.
10. Алексеев А. В. Анализ структуры современных складов сыпучих грузов / А. В. Алексеев // Наука и техника транспорта. — 2013. — № 3. — С. 084–087.

HYDROMECHANIZED MINING CONSTRUCTION OF ROCKS IN THE BASIN OF RIVER AMUR

In world practice, the bulk of hydromechanized mining accounts for production of building rocks. Underwater mining is carried out during the development of the mainland and offshore fields, besides being a tail production of building materials jetting methods in carrying out dredging. In the Khabarovsk Territory and the Amur Region developed large river bed deposits of quartz sand and sand and gravel. Due to the low cost of development and the convenient location of deposits in the Amur region most of the sand and sand and gravel extracted from the flooded fields using jetting equipment. The main technical means involved in the development of fluvial deposits are hydraulic dredgers. The article lists the fields used in the development of mining, handling and transportation equipment, the largest listed companies, the leading underwater extraction of building rocks and mined deposits them.

Keywords: sand, gravel, dredge, excavator, scoop, performance, barge, floating crane, loader, transport.

REFERENCES

1. Tkach, S. M. *Geotehnologii otkrytoj dobychi mineralnogo syrja na mestorozhdenijah so slozhnymi gorno-geologicheskimi uslovijami*. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2013.
2. Shpanskij, Oleg Vasil'evich, and Ju. D. Bujanov. *Tehnologija i kompleksnaja mehanizacija dobychi nerudnogo syrja dlja proizvodstva stroitelnyh materialov*. M.: Nedra, 1996.
3. Dobycha nerudnyh stroitelnyh materialov v vodnyh obektah. Uchet ruslovogo processa i rekomendacii po proektirovaniju i jekspluatácii ruslovyh karerov. SPb.: Izd-vo «Gloбус», 2012.
4. Cheban, Anton Jurievich. “Complex for handling of dry bulk construction materials in water transport.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 5(33) (2015): 43–47.
5. Filippova, D. A. “Balance scheme in sand cargo hydrotransport handling.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota ime-ni admirala S.O. Makarova* 2(24) (2014): 151–155.
6. Galin, Aleksandr Valentinovich. “Inland waterways of Russian Federation as part of country inland transport infrastructure.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 1(23) (2014): 120–124.

7. Cheban, Anton Jur'evich, G. V. Sekisov, and N. P. Khrunina. "Structural analysis of the machinery and equipment fleet for construction rock mining in the southern part of the Far East Region." *Mining Industry Journal* 4(110) (2013): 26.
8. Cheban, Anton Ju., I. Ju. Raskazov, and V. S. Litvintsev. "Analysis of the Amur region mining enterprises machinery park." *Mine surveying and subsurface use* 2 (2012): 41–50.
9. Adamov, Evgenij Ivanovich, N. S. Otdelkin, and S. N. Sikarev. "Device reduces losses in bulk cargo reloading grabbing crane." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 6(28) (2014): 129–133.
10. Alekseev, Anton Vladimirovich. "Analysis of structure of modern warehouses of bulk cargo." *Science and Technology in Transport* 3 (2013): 84–87.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чебан Антон Юрьевич —
кандидат технических наук, доцент.
Институт горного дела ДВО РАН
chebanay@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Cheban Anton Yurievich —
PhD, associate professor.
Mining Institute
chebanay@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10 февраля 2016 г.

УДК 528.472; 528.475; 551.461

А. А. Елагин,
А. А. Демидов

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ МОРЯ ПРИ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТАХ

В статье рассматриваются методы определения колебаний уровня моря, используемые при производстве гидрографических работ. Приведен детальный анализ каждого метода. Для каждого метода представлены аппаратные средства, используемые для определения колебаний уровня моря. Раскрываются особенности, преимущества и недостатки каждого метода. На основе проведенного анализа предложена классификация методов определения колебаний уровня моря при гидрографических работах. Обобщен новый материал по исследуемой теме с учетом последних достижений научно-технического прогресса. Предложенная классификация дает возможность выбора наиболее рационального способа определения колебаний уровня моря с учетом характеристик окружающей среды и технических возможностей при производстве работ. Выбор рационального метода приводит к уменьшению материальных затрат и получению данных, удовлетворяющих по точности и качеству действующим нормативным документам, что обладает огромной практической значимостью и актуальностью при планировании и производстве морских инженерных изысканий.

Ключевые слова: гидрографические съемки, ноль глубин, уровень моря, мареограф, спутниковая альтиметрия, кинематика реального времени.

Введение

При выполнении промерных работ глубины измеряются от поверхности воды, положение которой по высоте непрерывно изменяется. Поэтому для получения глубин в одной системе счета их приводят к определенному отсчетному горизонту воды. В связи с этим для производства промерных работ необходимо в исследуемой акватории организовать и провести уровенные наблюдения (установка постоянных и временных уровенных постов, их привязка и наблюдение за уровнем) для приведения измеряемых глубин к поверхности, принятой за отсчетную (ноль глубин). В настоящее время существуют несколько методов учета колебаний уровня моря, которые имеют