

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ**

УДК 622.271.63(045)(476)

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАЗРАБОТКИ ОБВОДНЕННЫХ ПЕСЧАНЫХ, ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ И ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Оника С.Г., Гец А.К., Халявкин Ф.Г., Реберт Б.С. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь)

*В статье представлены результаты исследований технологических схем разработки месторождений с применением драглайнов и земснарядов. Обосновано вероятное увеличение угла откоса забоя драглайна с ростом содержания гравия в полезном ископаемом. Приведены параметры технологии добычи песка земснарядами с погружными землесосами.*

**Введение**

Значительная часть общего числа месторождений нерудных строительных материалов приходится на обводненные месторождения. Для песчаных, песчано-гравийных и гравийно-песчаных месторождений доля частично или полностью обводненных в Республике Беларусь превышает 50 %. В связи с этим на один из первых планов в науке и практике выдвигаются задачи совершенствования технологий разработки указанных месторождений в сложных гидрогеологических условиях.

**Результаты исследований**

Разработка обводненных песчаных и гравийно-песчаных месторождений возможна экскаваторным и гидромеханизированным способами. Разработка частично обводненных и обводненных месторождений экскаваторным способом осуществляется с применением преимущественно драглайнов и реже – обратных лопат.

Расширение области применения экскаваторов при разработке обводненных месторождений потребовало усложнения технологии по сравнению с разработкой сухих забоев. Экскаваторы-драглайны, получившие широкое применение на песчано-гравийных карьерах, допускают отработку обводненной толщи без осушения на глубину до 4-5 м, а шагающие экскаваторы при отработке карбонатных пород – на глубину до 18 м. При высоком содержании валунов эффективность применения драглайнов снижается.

Поскольку из подводного забоя извлекается пульпообразная масса, возникает необходимость промежуточного складирования горной массы, вынутой из-под воды. Чтобы снизить влажность, добытое полезное ископаемое укладывают в штабель. Продолжительность обезвоживания в штабеле зависит от содержания глинистых частиц и может достигать нескольких дней, а в некоторых случаях – даже недель. Поэтому, технологии с созданием обезвоживающего штабеля требуют увеличения ширины рабочей площадки уступа и повторной отгрузки горной массы. Из навала полезное ископаемое вынимается и отгружается преимущественно в автомобильный транспорт одноковшовыми фронтальными погрузчиками и прямыми лопатами (реже драглайнами). Выбор технологии экскаваторной разработки обводненного месторождения

и типа оборудования требует анализа, при проведении которого исследователи сталкиваются с определенными трудностями, а возможность применения поправочных коэффициентов к нормам выработки остается открытой.

Работа в обводненном забое снижает производительность добычного оборудования. Так при глубине подводного забоя до 0,5 м производительность экскаваторов с емкостью ковша до 5 м снижается на 10 %, а при глубине забоя до 4,0 м – на 23 %. При добыче полезного ископаемого из-под воды рабочие параметры экскаваторов с оборудованием драглайна используются не полностью, и забой не отрабатывается на глубину, соответствующую максимальной глубине черпания. Это связано с тем, что угол откоса обводненного забоя является менее устойчивым (с более пологим откосом), и вследствие разрыхления породы ковшом под действием воды порода вблизи прохода ковша теряет устойчивость, размывается водой и нивелирует дно подводной выработки на уровне выше глубины черпания. При разработке подводного забоя коэффициент наполнения ковша снижается до 0,5-0,7, а при выемке мелкозернистых песков – до еще меньших значений. Увеличить коэффициент наполнения ковша можно, перфорируя его стенки. ФГУП «ВНИПИИстройсырье» разработало оригинальные конструкции ковшей различных экскаваторов, предназначенные для разработки подводного забоя. Изготовленный по заданию института ковш, вместимостью 11 м<sup>3</sup>, для экскаватора ЭШ 10/70 на карьере Гралево за цикл вынимал до 13 м<sup>3</sup> взорванного доломита. Глубина подводного забоя достигала 18 м [1]. К сожалению, в практике горных работ инновационные конструкции ковшей широкого применения не получили.

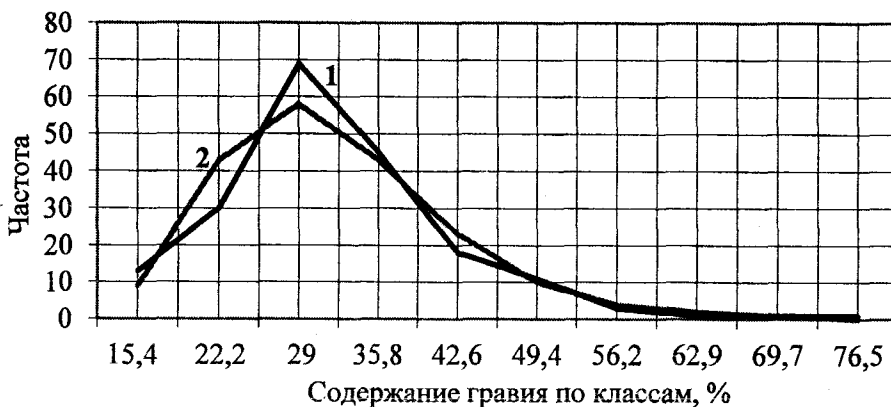
Случайные вариации содержания гравия в массиве вызывают изменения угла откоса подводного забоя. В этой связи интерес представляет рассмотрение закономерностей изменения содержания фракции гравия в массиве. Увеличение содержания гравия в породе благоприятно сказывается на устойчивости откоса, что позволяет увеличить глубину выемки. С увеличением содержания гравия угол откоса подводного забоя возрастает.

Распределение фракции гравия +5 мм в массиве не противоречит логарифмически-нормальному распределению. Функцию плотности вероятности для содержания гравия можно представить уравнением (рисунок 1)

$$y = \eta \cdot (\sqrt{2\pi\beta})^{-1} \cdot e^{-\frac{1}{2}\eta^2 \left( \frac{\gamma^*}{\eta} + \ln\beta \right)^2},$$

где  $\eta$ ,  $\gamma^*$  – параметры формы теоретического распределения.

$\beta$  – содержание гравия (+5 мм) в массиве, %.



1 – эмпирическое распределение; 2 – логарифмически-нормальное распределение

Рисунок 1. – Сравнение эмпирического и теоретического распределения фракции гравия +5 мм

Теоретическое распределение гравия в массиве хорошо согласуется с эмпирическими результатами, что наглядно иллюстрируется представленными графиками.

С учетом рассмотренных закономерностей соотношение для определения наиболее вероятного значения угла откоса подводного забоя драглайна имеет вид:

$$\alpha_{\text{в}} = 0,32 \exp(-\gamma^*/\eta) \cdot \exp\left(-\frac{1}{\eta^2}\right) + 4,$$

где выражение  $\exp(-\gamma^*/\eta) \cdot \exp\left(-\frac{1}{\eta^2}\right)$  представляет собой наиболее вероятное значение содержания фракции гравия в массиве.

Разработка месторождений альтернативным гидромеханизированным способом обычно выполняется с помощью земснарядов. Указанное оборудование является господствующим при разработке частично или полностью обводненных месторождений. Область их применения ограничивается глубиной отработки залежи до 10-15 м и содержанием каменистых включений (гравия и валунов) до 40 %. Технология разработки месторождений предусматривает предварительное создание карт намыва, на которые сбрасывается пульпа.

Одним из направлений совершенствования технологии разработки обводненных месторождений является внедрение в производство земснарядов на базе погружных грунтовых насосов. В республике Беларусь получила применение конструкция земснаряда компании «Aurum Pumpen GmbH» (Германия).

Общий вид земснаряда с погружным землесосом представлен на рисунке 2.

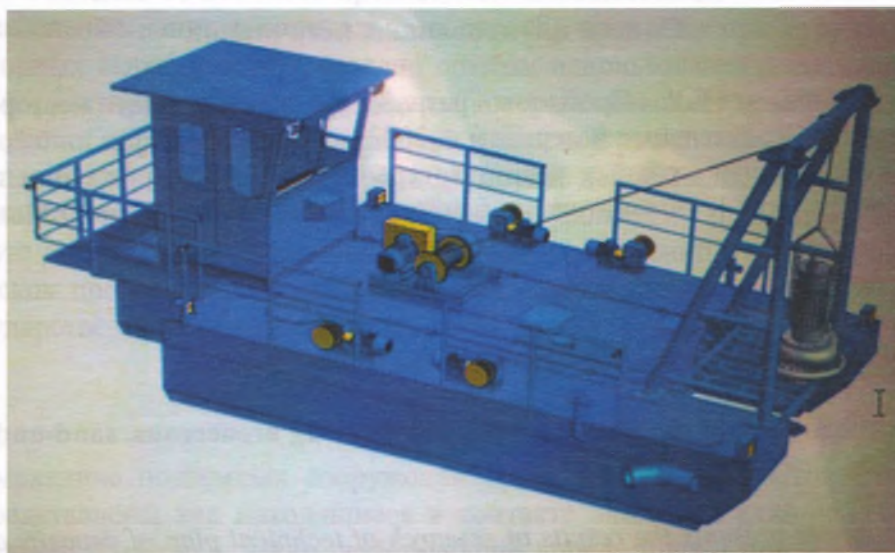


Рисунок 2. – Общий вид земснаряда ADST-300 с погружным землесосом

Технология разработки с применением земснарядов нового поколения предусмотрена, в частности, в проекте корректировки горных работ на месторождении силикатных песков «Околоты», выполненного нами на основании технического задания ОАО «Березовский комбинат силикатных изделий» [2].

В принятом земснаряде серии «ADST» для добычи силикатного песка на месторождении силикатных песков «Околоты» заложена новая концепция выемки грунта, специально разработанная для смесей высокой вязкости и с высоким содержанием

твердых частиц. Плотность перекачиваемой пульпы может достигать  $1,4 \text{ кг/дм}^3$ . В конструкции инновационного земснаряда применен электрический погружной насос со встроенным электродвигателем и механическим рыхлителем – мешалкой. Дополнительно на насос монтируется гидроразмывочное кольцо с форсунками, которое посредством консольного насоса, устанавливаемого на плавбазе земснаряда, обеспечивает гидравлическое разрыхление грунта в зоне работы землесосного снаряда и повышенную плотность пульпы для перекачивания. При производительности по пульпе  $360 \text{ м}^3/\text{ч}$  средняя производительность по твердому веществу составляет  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что нельзя достичь применением классических землесосов с их трюмной или надводной установкой, для которых удельный расход воды для I категории грунта достигает  $7 \text{ м}^3$  воды на добычу  $1 \text{ м}^3$  сухого песка.

### Заключение

Для обводненных песчаных, гравийно-песчаных и песчано-гравийных месторождений в Беларуси доминируют технологии с добычей полезного ископаемого из-под воды драглайнами с промежуточным складированием в штабель и последующей отгрузкой экскаваторами или погрузчиками в средства автомобильного транспорта, а также технологии гидромеханизированной разработки с применением земснарядов. Установлено вероятное изменение угла откоса забоя драглайна с ростом содержания гравия в массиве. Применение инновационных технологий добычи песка земснарядами с погружными насосами в 2 раза повышает их производительность в сравнении с земснарядами трюмной и надводной установкой землесосов.

### Список цитированных источников

1. Буткевич, Г.Р. Проблемы разработки обводненных месторождений / Г.Р. Буткевич // Строительные материалы. – 2003. – № 7. – С. 11.
2. Корректировка горных работ карьера песка на месторождении «Околоты». Рабочий проект. Том 1. Пояснительная записка ООО «БелНедраГаз». – Минск, 2015. – 45 с.

---

**Onika S.G., Gets A.K., Khalyavkin F.G., Rebert B.S.**

### **Technical plan of development of water-bearing arenaceous, sand-and-gravel deposit**

*The article presents the results of research of technical plan of deposits development with the application of draglines and hydraulic excavators. A probable increase of a slope angle of a dragline face with the increase of a gravel content in minerals has been proved. Characteristics of the process of sand extraction by applying hydraulic excavators equipped with immersed dredges have been given.*

Поступила в редакцию 05.04.2016 г.