

УДК 622.271:622.342.1

# РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ



Ш. Ш. МИРЗАЕВ,  
ведущий инженер по открытым горным работам горного отдела,  
info@ngmk.uz,  
ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Навои, Узбекистан

## Введение

Промышленный комплекс Навоийского ГМК по добыче и переработке золотосодержащих руд в течение многих лет работает стабильно с высокими технико-экономическими показателями. За годы независимости Республики Узбекистан выпуск продукции комбината возрос более чем в 1,5 раза. Эти достижения стали возможными за счет полного технического перевооружения и внедрения новейших научно-технических разработок, значительно повышающих эффективность производства.

К числу важнейших факторов экономического развития региона и страны в целом относится природно-ресурсный потенциал. Рациональное использование этого потенциала позволяет снизить материалоемкость продукции, обеспечить рост производительности труда и повысить эффективность региональной экономики.

Основу природно-ресурсного потенциала составляет минерально-сырьевая база [1]. Именно она в решающей степени определяет уровень добычи золота на Навоийском горно-металлургическом комбинате. Реализуемая сейчас на предприятии программа по увеличению производства драгоценных металлов на период 2017–2026 гг. предусматривает наращивание минерально-сырьевой базы НГМК.

В настоящее время добыча золота на комбинате ведется в основном на крупных и средних по размерам месторождениях, обрабатываемых общепринятым валовым методом. По мере истощения запасов на таких объектах все более актуальным становится вопрос вовлечения в разработку мелкомасштабных месторождений в Кызылкумском и Нуратинском регионах страны, на территории которых расположено множество мелких залежей золота [2–6]. На их долю приходится 8–10 % запасов коренных месторождений НГМК.

*Предложена технологическая схема селективной отработки золотосодержащих залежей на уступах с применением гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата».*

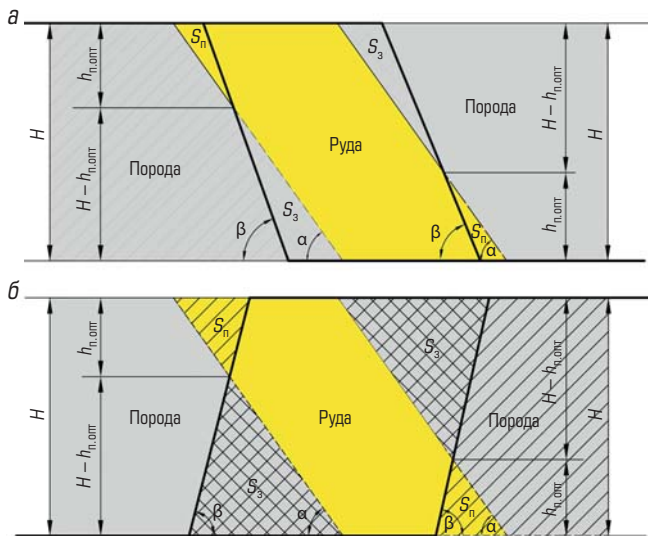
**Ключевые слова:** золотодобыча, мелкомасштабные золоторудные месторождения, оптимизация, гидравлический экскаватор, разработка, селективная выемка, потери и разубоживание.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.09.03

Ускоренное освоение малых золоторудных месторождений сдерживается отсутствием эффективных технологий и соответствующей техники. В связи с этим создание ресурсосберегающей технологии малообъемной добычи золота является важной технико-экономической задачей.

Авторами статьи проанализирован опыт отработки небольших месторождений открытым способом [7–12]. Установлено, что универсальной технологии освоения мелких минеральных объектов не существует, так как каждое месторождение имеет свои особенности вещественного и минерального состава, форм нахождения полезных компонентов и характера их ассоциации с рудными минералами. Вместе с тем выяснилось, что добыча золота мелкими рудниками рентабельна на месторождениях с запасами руды 0,5–1,2 млн т. Экономический эффект здесь связан с быстротой окупаемости капиталовложений и высоким процентом прибыли в связи с малыми затратами финансовых и материальных ресурсов на строительство мелких рудников, обустроенных передвижными дробильными установками (ПДУ), легко перемещаемыми от отработанного мелкомасштабного месторождения к новому.

Разработка мелкомасштабных объектов может быть экономически целесообразной при внедрении новой технологии, основанной на применении гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» [13–19]. Селективная выемка маломощных рудных тел с любым углом падения такими экскаваторами ведет к сокращению потерь полезного ископаемого в процессе добычи на 3–4 %. Потери полезного ископаемого возникают в основном в результате применения техники и технологий, не соответствующих горно-геологическим условиям разрабатываемого месторождения. Разубоживание руд происходит при любых системах разработки



**Рис. 1. Схема отработки контакта рудного тела с вмещающими породами согласным (а) и несогласным (б) забоем (фронт работ параллелен простиранию залежи)**

рудных месторождений. Размер разубоживания зависит прежде всего от формы и размеров рудных тел, характера распределения в них полезных компонентов или рудных и безрудных прослоев. При селективной разработке месторождения открытым способом разубоживание руд всегда меньше, чем при массовой добыче.

**Расчет потерь и разубоживания на уступе**

Основным видом потерь и разубоживания руды при ведении добычных работ на мелкомасштабных месторождениях являются потери и разубоживание на контактах залежи с пустой породой. Они представляют собой треугольники теряемой руды и примешивающих пород, образующихся из-за несовпадения углов откосов уступа с углом падения рудного тела (рис. 1). Размеры указанных треугольников зависят от угла падения рудного тела и высоты уступа.

Потери  $P$ , т, и засорение  $Z$ , т, при отработке наклонных контактов определяются по формулам:

$$P = S_n L \gamma_1, \tag{1}$$

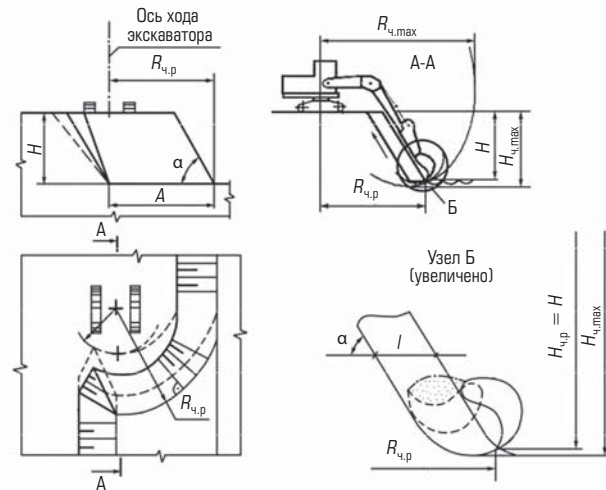
$$Z = S_3 L \gamma_2, \tag{2}$$

где  $S_n$  – площадь треугольника потерь, м<sup>2</sup>;  $L$  – длина контакта «руда–порода» на горизонте, м;  $\gamma_1$  – объемная масса руды, т/м<sup>3</sup>;  $S_3$  – площадь треугольника засорения, м<sup>2</sup>;  $\gamma_2$  – объемная масса засоряющей породы, т/м<sup>3</sup>.

Площади треугольников потерь  $S_n$ , и засорения  $S_3$ , определяются по формулам:

$$S_n = 0,5 h_{n.opt}^2 (ctg\alpha \pm ctg\beta); \tag{3}$$

$$S_3 = 0,5 (H - h_{n.opt})^2 (ctg\alpha \pm ctg\beta), \tag{4}$$



**Рис. 2. Отработка забойного блока обратной гидравлической лопатой:**

$H$  – высота уступа,  $H_{ч.р}$  и  $H_{ч.макс}$  – высота черпания рабочая и максимальная соответственно;  $R_{ч.р}$  и  $R_{ч.макс}$  – радиус черпания рабочий и максимальный соответственно;  $A$  – ширина заходки

где  $h_{n.opt}$  – оптимальная высота треугольника потерь, м;  $H$  – высота уступа на добыче, м;  $\alpha$  – угол наклона контакта «руда–порода», град.;  $\beta$  – угол откоса рабочего уступа, град.

Знак «минус» в формулах (3) и (4) – для согласного забоя, знак «плюс» – для несогласного забоя (см. рис. 1).

Оптимальная высота треугольника потерь  $h_{n.opt}$  определяется по формуле

$$h_{n.opt} = H \frac{(C_0 - b)\gamma_2}{(C - C_0)\gamma_1 + (C_0 - b)\gamma_2}, \text{ м}, \tag{5}$$

где  $C_0$  – бортовое содержание полезного компонента, %;  $b$  – содержание полезного компонента в засоряющих породах, %;  $C$  – содержание полезного компонента в погашенных запасах, %.

В работе осуществлено сравнение величин потерь и разубоживания при использовании прямых мехлопат и гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата». Выяснилось, что в первом варианте потери и разубоживание составляют 7,1 и 14,2 % соответственно, в то время как во втором они меньше – 3,5 и 11,2 %.

Вообще одноковшовые гидравлические экскаваторы, в отличие от традиционных мехлопат, имеют высокие усилия копания, обладают большими возможностями для производства селективной выемки и могут вести зачистку подошвы забоя (использование дополнительного бульдозера при этом не требуется). Если у механических лопат и погрузчиков процесс черпания начинается у подошвы уступа, то гидравлические экскаваторы благодаря особой конструкции рабочего оборудования осуществляют копание с максимальным усилием на любой высоте внедрения ковша. По сравнению с колесными погрузчиками гидравлические экскаваторы имеют меньшее удельное давление на грунт, а скорость их передвижения в 4 раза больше, чем у экскаваторов с канатным

напором. Благодаря небольшим (по сравнению с погрузчиками) размерам ковшей гидравлических экскаваторов достигается меньшая степень засорения руды. Более высокая техническая производительность гидравлических экскаваторов достигается за счет сокращения времени цикла.

### Работа обратной гидравлической лопаты в забое

Конструкция обратной гидравлической лопаты позволяет осуществлять выемку породы верхним и нижним черпанием. Однако при работе верхним черпанием из-за особенности выполнения операции наполнения ковша (черпание с низким коэффициентом экскавации) производительность экскаватора невысокая. Поэтому фирмами-производителями рекомендуется работать нижним черпанием при высоте уступа 4–4,5 м, что обеспечивает высокую производительность машины.

Ниже рассмотрен порядок отработки забойного блока нижним черпанием обратной гидравлической лопатой (рис. 2).

По периметру забойный блок обрабатывается слоями сверху вниз. Такой порядок снятия слоев обеспечивает высокую производительность экскаватора. При выемке слоя ковш с помощью гидроцилиндров совершает поворот на 90° вокруг точки крепления к рукояти и наполняется (см. узел Б на рис. 2).

Так как обратная лопата ведет черпание ниже уровня стояния и работает в тяговом режиме (движение ковша «на себя»), она по условию прочерпывания почвы или кровли рудного тела может работать с глубиной черпания до 10–11 м, а верхним черпанием обрабатывать уступ высотой 4–4,5 м. Расположенная на верхней площадке уступа обратная лопата, работая траншейным забоем, может делать выемку прямоугольного сечения (с вертикальными стенками) или клинообразной формы, что позволяет уменьшить потери руды в результате отработки крутых (75–90°) рудных тел без оставления призм недобора. Возможно также образовать откос забоя ступенчатой формы. Это уменьшает осыпание руды с откоса уступа и засорение ее породой, что важно при селективной выемке.

### Заключение

Предлагаемый способ селективной выемки руды с помощью гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» можно с успехом применить при освоении мелкомасштабных месторождений золота Центральных Кызылкумов. Это сыграет важную роль в расширении минерально-сырьевой базы Навоийского ГМК и в снижении себестоимости выпускаемой продукции.

### Библиографический список

1. *Turgunova K. K., Sultamurat G. I., Boranbaeva B. M.* Kazakhstan republic legislation law as a way to reduce negative impact on environment // CIS Iron and Steel Review. 2016. Vol. 1. P. 9–15. DOI: 10.17580/cisr.2016.01.02
2. *Прохоренко Г. А.* Перспективы, проблемы и пути освоения маломасштабных месторождений золота Кызылкумского промышленного региона // Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом : сб. науч.-техн. ст. – Ташкент : Фан, 1997. С. 224–230.
3. *Прохоренко Г. А., Рахимов В. Р., Лузановский А. Г.* Основы разработки мелкомасштабных месторождений Кызылкума. – Ташкент : Фан, 2000. – 155 с.
4. *Санакулов К. С., Мадаминов Ш. А., Валиев М. В.* Проблемы развития инновационной деятельности Навоийского горно-металлургического комбината. – Бухара : Изд-во «Бухоро», 2011. – 404 с.
5. *Рахимов В. Р., Шеметов П. А., Федянин А. С.* Разработка маломасштабных месторождений золота в сложных условиях Центральных Кызылкумов // Горный журнал. 2012. № 6. С. 65–70.
6. *Кадыров А. А., Санакулов К. С., Бибик И. П.* Концептуальные основы стратегии инновационного развития Кызылкумского региона. – Ташкент : Изд-во «Узбекистан», 2013. – 395 с.
7. *Ильин С. А., Коваленко В. С., Пастухин Д. В.* Повышение экономической эффективности открытых горных работ // Горный журнал. 2012. № 6. С. 56–65.
8. *Батулин С. А., Батугина Н. С., Бураков А. М., Гаврилов В. Л., Ермаков С. А.* и др. Геотехнологии открытой добычи минерального сырья на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями. – Новосибирск : Гео, 2013. – 307 с.
9. *Курехин Е. В.* Обоснование технологических комплексов оборудования для разработки угольных разрезов малой производственной мощности с учетом показателей эффективности использования земельных ресурсов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 5. С. 35–42.
10. *Golovina O., Teizer J., Pradhananga N.* Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment // Automation in Construction. 2016. Vol. 71. P. 99–115.
11. *Nehring M., Knights P. F., Kizil M. S., Hay E. A.* A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28. Iss. 2. P. 205–214.
12. *Whittle D., Brazil M., Grossman P. A., Rubinstein J. H., Thomas D. A.* Combined optimisation of an open-pit mine outline and the transition depth to underground mining // European Journal of Operational Research. 2018. Vol. 268. Iss. 2. P. 624–634.
13. *Шеметов П. А., Рубцов С. К., Шлыков А. Г.* Опыт эксплуатации гидравлических и канатных экскаваторов в карьере «Мурунтау» // Горный журнал. 2006. № 10. С. 67–71.
14. *Курехин Е. В.* Выемка маломощных пластов гидравлическими экскаваторами зарубежного производства // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2008. № 3. С. 3–5.
15. *Хорешок А. А., Лудов Е. Ю.* Проектирование перспективного конструктивного исполнения ковша гидравлического экскаватора схемы «обратная лопата» // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 8. С. 37–44.
16. *Исаков А. Г.* Экскаватор гидравлический Hitachi EX3600-6 – лидер мировых продаж! // Горная промышленность. 2014. № 2. С. 31.
17. *Соломенников В. А., Ческидов В. И.* Выбор комплексов погрузочно-транспортного оборудования для разработки месторождений твердых полезных ископаемых со сложными горно-геологическими условиями // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 6. С. 156–164.
18. *Šalinić S., Bošković G., Nikolić M.* Dynamic modelling of hydraulic excavator motion using Kane's equations // Automation in Construction. 2014. Vol. 44. P. 56–62.
19. *Lee H.-C., Gwak H.-S., Seo J., Lee D.-E.* Eco-economic excavator configuration method // Automation in Construction. 2018. Vol. 86. P. 138–149. ГЖ

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 38–41  
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.03

**Resource-saving technology for mining small gold deposits  
in the Central Kyzylkum by the opencast method**

**Information about authors**

**Sh. Sh. Mirzaev**<sup>1</sup>, Leading Engineer of Open Pit Mining, Mining Department, info@ngmk.uz

<sup>1</sup> Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

**Abstract**

One of the most important factors of economic development in a country or a region is ecological capital and resource potential based on mineral reserves. The latter is what crucially governs gold production level at the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Republic of Uzbekistan.

Gold is currently mined at mostly large and medium-size deposits using the generally accepted gross method. As the reserves are being depleted, it is of the highest concern to start development of small gold deposits in the wild spaces of Kyzylkum and Nurata territories.

Having analyzed the international experience gained in open pit mining of small and remote mineral deposits, this article authors propose the technology of mining with hydraulic backhoe shovels for small gold deposits of Kyzylkum. Ore loss and dilution with gangue during operation of such shovels at mixed faces (ore and gangue) are calculated. It is found that as against the widely used front acting shovels, the hydraulic backhoe machines at complex faces allow reduction in ore loss and dilution by two times and 20%, respectively.

**Keywords:** gold mining, small-size gold deposits, optimization, hydraulic shovel, development, selective extraction, loss and dilution.

**References**

1. Turgunova K. K., Sultamurat G. I., Boranbaeva B. M. Kazakhstan Republic legislation law as a way to reduce negative impact on environment. *CIS Iron and Steel Review*. 2016. Vol. 1. pp. 9–15. DOI: 10.17580/cisisr.2016.01.02
2. Prokhorenko G. A. Prospects, problems and routs of development of small-size gold deposits in the Kyzylkum industrial region. *Theory and practice of open-cast mining of Muruntau open pit: collection of scientific and technical articles*. Tashkent: Fan, 1997. pp. 224–230.
3. Prokhorenko G. A., Rakhimov V. R., Luzanovsky A. G. Principles of mining small-size deposits of Kyzylkum. Tashkent: Fan, 2000. 155 p.
4. Sanakulov K. S., Madaminov Sh. A., Valiev M. V. Development Problems of Innovative Activities at the Navoi Mining and Metallurgical Combinat. Bukhara: Bukhoro, 2011. 404 p.
5. Rakhimov V. R., Shemetov P. A., Fedyanin A. S. Development of small-sale gold deposits in difficult conditions of Central Kizilkum. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 6. pp. 65–70.
6. Kadyrov A. A., Sanakulov K. S., Bibik I. P. Conceptual Framework of Innovative Development Strategy for the Kyzylkum Region. Tashkent: Izdatelstvo «Uzbekistan», 2013. 395 p.
7. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Increasing of economic efficiency of open-cast. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 6. pp. 56–65.
8. Batugin S. A., Batugina N. S., Burakov A. M., Gavrilov V. L., Ermakov S. A. et al. Opencast Mining Technologies for Mineral Deposits with Difficult Ground Conditions. Novosibirsk: Geo, 2013. 307 p.
9. Kurekhin E. V. Substantiation of low-capacity equipment sets for open pit coal mining, considering land use efficiency. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, No. 5. pp. 888–894.
10. Golovina O., Teizer J., Pradhananga N. Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment. *Automation in Construction*. 2016. Vol. 71. pp. 99–115.
11. Nehring M., Knights P. F., Kizil M. S., Hay E. A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2018. Vol. 28, Iss. 2. pp. 205–214.
12. Whittle D., Brazil M., Grossman P. A., Rubinstein J. H., Thomas D. A. Combined optimisation of an open-pit mine outline and the transition depth to underground mining. *European Journal of Operational Research*. 2018. Vol. 268, Iss. 2. pp. 624–634.
13. Shemetov P. A., Rubtsov S. K., Shlykov A. G. Operation experience of hydraulic and rope excavators in Muruntau quarry. *Gornyi Zhurnal*. 2006. No. 10. pp. 67–71.
14. Kurekhin E. V. Extraction of thin seams by foreign-manufacture hydraulic shovels. *Vestnik of Kuzbass State Technical University*. 2008. No. 3. pp. 3–5.
15. Khoreshok A. A., Pudov E. Yu. Designing of Prospective Performance Bucket of Hydraulic “Backhoe” Excavator. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2014. No. 8. pp. 37–44.
16. Isakov A. G. Hitachi EX3600-6 hydraulic mining excavator – a global sales leader. *Gornaya promyshlennost*. 2014. No. 2. p. 31.
17. Solomennikov V. A., Cheskidov V. I. Selection of load-haul-dump machines for hard mineral mining in difficult mining and geological conditions. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, No. 6. pp. 1213–1219.
18. Šalinić S., Bošković G., Nikolić M. Dynamic modelling of hydraulic excavator motion using Kane's equations. *Automation in Construction*. 2014. Vol. 44. pp. 56–62.
19. Lee H.-C., Gwak H.-S., Seo J., Lee D.-E. Eco-economic excavator configuration method. *Automation in Construction*. 2018. Vol. 86. pp. 138–149.

**Сотрудники АО «ВНИПИПромтехнологии» поздравляют коллектив  
государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат»  
со славным 60-летним юбилеем!**

Нас связывают долгие годы плодотворного сотрудничества – от истоков уранового производства до развертывания широкомасштабной золотодобычи. Совместными усилиями мы находили эффективные технологические решения. Мы надеемся, что и дальнейшем наше сотрудничество будет более успешным.

От всей души желаем работникам комбината крепкого здоровья, процветания и новых успехов на благо научно-технического прогресса в горном деле.

**Коллектив АО «ВНИПИПромтехнологии»**