

Обоснование развития логистической системы Светлинского карьера с учетом перспектив перехода на комбинированную геотехнологию

М.В. Рыльникова¹✉, К.И. Струков², Р.В. Бергер³, Е.Н. Есина¹

¹ Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

² ООО «УК Южуралзолото Группа Компаний», г. Челябинск, Российская Федерация

³ АО «Южуралзолото Группа Компаний», г. Пласт, Российская Федерация

✉ rylnikova@mail.ru

Резюме: Введение: горно-геологические условия залегания рудных жил на Светлинском руднике, неравномерное распределение золоторудных включений, перспективы прироста запасов на глубине месторождения, необходимость своевременного перехода на комбинированную открыто-подземную разработку предопределили обоснование стратегии внедрения инновационных комбинированных геотехнологий с комплексной автоматизацией производственных процессов и циклично-поточной схемой транспортирования рудной массы. Цель: разработка конкурирующих вариантов логистических схем движения потоков руды и вскрышных пород с целью сокращения затрат на доставку руды из карьера до обогатительной фабрики. Методы: разработка математической модели, учитывающей применение различных видов транспорта, количество и месторасположение пунктов образования и перегрузки горной массы, участков накопления и разгрузки/приема руды и вскрышных пород, стоимость перевозки рудной массы и вскрышных пород. Результаты: на основе разработанной экономико-математической модели определено, что для перемещения рудной массы наиболее целесообразным месторасположением перегрузочного пункта является площадка с абсолютной отметкой +287 м, что связано с перспективами перехода на комбинированную геотехнологию. Для перемещения пород вскрыши выделено два конкурирующих варианта: а) в центральной части западного борта карьера; б) в центральной части юго-восточного борта карьера. Выбор предпочтительного следует произвести после уточнения перспективного плана развития горных работ в карьере.

Ключевые слова: Светлинское месторождение, горно-геологические особенности, горнотехнические условия, комбинированная геотехнология, параметры, логистическая схема, экономическая эффективность

Благодарности: Работа выполнена в рамках ББФ ИПКОН РАН, тема № 0138-2014-0001.

Для цитирования: Рыльникова М.В., Струков К.И., Бергер Р.В., Есина Е.Н. Обоснование развития логистической системы Светлинского карьера с учетом перспектив перехода на комбинированную геотехнологию. Горная промышленность. 2019;(6):106–111. DOI 10.30686/1609-9192-2019-6-148-106-111.

Justification of Logistical System Development at Svetlinskiy Open-Pit Mine with Account for Potential Transition to Combined Open Cast and Underground Mining Methods

M.V. Rylnikova¹✉, K.I. Strukov², R.V. Berger³, E.N. Esina¹

¹ Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources (IPKON) named after Academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

² The Gold Mining Company Ltd, Chelyabinsk, Russian Federation

³ JSC The Gold Mining Company, Plast, Russian Federation

✉ rylnikova@mail.ru

Abstract: Introduction: Mining and geological features of ore vein occurrence at Svetlinskiy Open-Pit Mine, irregular distribution of gold ore inclusions, prospective reserve increment with increasing depths, the need for timely transition to combined open-cast and underground mining operations have served as the ground for justification of the strategy to implement innovative combined geotechnologies with introduction of complex process automation and cyclic-flow technology for ore transportation. Objective: creation of competing versions of logistical systems for ore and overburden haulage aiming to cut costs concerned with ore delivery from the open pit to the processing plant. Methodology: development of a mathematical model that would

account for the use of different modes of transportation, the number and location of mined rock production and transloading stations, areas of ore and overburden accumulation and unloading/stockpiling as well as the cost of ore and overburden haulage. *Results:* the designed mathematical economic model helped to define that with the view of prospective transition to the combined development of the deposit, the optimal location of the ore transloading station is the site with the actual elevation of +287 m. The following two competing options have been selected for overburden haulage: a) a site in the central part of the Western pit wall; b) a site in the central part of the South-Eastern pit wall. The final selection of the site should be done after the prospective mining development plan is specified.

Keywords: Svetlinskoe deposit, mining and geological features, mining conditions, combined geotechnologies, parameters, logistical system, economic efficiency

Acknowledgements: The work was carried out in the framework of the SBF ipcon RAS, topic number 0138-2014-0001.

For citation: Rylnikova M.V., Strukov K.I., Berger R.V., Esina E.N. Justification of Logistical System Development at Svetlinskiy Open-Pit Mine with Account for Potential Transition to Combined Open Cast and Underground Mining Methods. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2019;(6):106–111. (In Russ.) DOI 10.30686/1609-9192-2019-6-148-106-111.

Введение

Светлинское месторождение, расположенное в Пластовском районе Челябинской области, – крупнейшее золоторудное месторождение, осваиваемое в настоящее время открытым способом компанией АО «Южуралзолото Групп Компаний» [1]. Обработка запасов золотосодержащих руд Светлинского месторождения осуществляется с 1993 г. Всего на месторождении с начала добычных работ погашено балансовых и забалансовых запасов категорий C1 + C2 в количестве 55 596 тыс. т руды, содержащей 77 001 кг золота и 102 т серебра. Годовой объем добычи достиг 8 млн т руды. Бортовое содержание золота в пробе для выделения рудных интервалов принято 0,3 г/т при среднем содержании золота в руде 0,75 г/т.

Сложные горно-геологические условия залегания рудных жил, неравномерное распределение золоторудных включений, перспективы прироста запасов на глубине месторождения, необходимость своевременного перехода на комбинированную открыто-подземную разработку предопределили обоснование стратегии внедрения инновационных комбинированных геотехнологий с комплексной автоматизацией производственных процессов, циклично-поточной схемой транспортирования рудной массы.

Предпосылки совершенствования логистической схемы Светлинского карьера

Горно-геологические условия месторождения предопределяют открытый способ добычи. Для обработки утвержденных запасов полезных ископаемых в проекте принята углубочная кольцевая транспортная система разработки с доставкой пород вскрыши самосвалами во внешние отвалы, руды – на перегрузочный пункт. Принятая система разработки в наибольшей степени обеспечивает безопасную и экономичную разработку месторождения и охрану окружающей среды. Подготовка скальных пород и руды к выемке осуществляется с применением буровзрывных работ. Добытая руда транспортируется на буферный склад и далее на Светлинскую золотоизвлекательную фабрику, вскрыша – на специальные отвалы.

Анализ распределения балансовых запасов и перспектив их прироста на Светлинском месторождении позволяет сделать вывод о необходимости проработки технологических решений по вовлечению в разработку руд, находящихся за пределами проектного контура карьера. С учетом глубины залегания и морфологии рудных тел наиболее перспективным технологическим решением является переход на комбинированную геотехнологию. Кроме того, внедрение циклично-поточной технологии с применением карьерных конвейерных подъемников и дробильно-

сортировочного оборудования предусматривает переход на эффективные схемы перемещения горных пород как в карьере, так и за его пределами [2–6].

С целью сокращения затрат на доставку руды из карьера до обогатительной фабрики для сравнения разработаны конкурирующие варианты логистических схем движения потоков руды и вскрышных пород. При этом при выборе приоритетной схемы первостепенное значение приобретает решение вопросов обеспечения безопасности и экономической эффективности ведения горных работ.

Методика выбора оптимальной логистической схемы рудника

Разработка приконтурных и удаленных от контура карьера запасов отличается необходимостью учета отдаленности рудных тел от карьерного пространства. К приконтурным запасам относятся рудные участки, непосредственно прилегающие к границам контура карьера или залегающие в непосредственной близости от них. При этом разделяются внутренние приконтурные запасы, расположенные внутри контура карьера и обрабатываемые открытым способом с применением спецтехнологий буровзрывных работ, и внешние приконтурные, обрабатываемые открыто-подземным способом с проведением подземных подготовительных выработок из карьера и вывозом добытой рудной массы в карьер. К удаленным запасам относятся рудные участки, не имеющие прямого выхода в карьерное пространство и находящиеся за пределами геомеханического влияния карьерной выемки. Кроме того, приконтурные запасы разделяются на прибортовые и придонные, а удаленные от карьера – на запасы, расположенные выше и ниже уровня его дна. Такое деление запасов имеет принципиальное значение для выбора логистической схемы рудника.

На эффективность логистической схемы карьера оказывают влияние также такие факторы, как: величина грузопотока, глубина карьера, расстояние транспортирования полезных ископаемых и пород вскрыши, расположение и отдаленность рудных тел за контуром карьера от карьерной выемки.

Применительно к условиям Светлинского месторождения разработана методика определения оптимальных параметров логистической схемы рудника с циклично-поточной технологией перемещения руды и пород вскрыши при оптимизации затрат на их дезинтеграцию в ходе буровзрывных и дробильно-сортировочных работ.

С целью определения оптимальных параметров потоков руды и вскрышных пород разработана математиче-

ская модель, учитывающая применение различных видов транспорта, участвующего в перевозках, количество и месторасположение пунктов образования и перегрузки горной массы, участков накопления и разгрузки/приема руды и вскрышных пород, стоимость перевозки рудной массы и вскрышных пород.

Суть транспортной задачи применительно к построению и выбору логистической схемы рудника заключается в нахождении оптимальных параметров грузопотоков при закреплении поставщиков каждого однородного груза за конкретными потребителями. При этом, должны быть известны и учтены:

- перечень поставщиков $N_i (i = 1, \dots, m)$ и потребителей $M_x, K_j, R_z, P_y (x, j, z, y = 1, \dots, n)$ однородного груза (рудная масса и вскрышные породы);

- объемы производства рудной массы и вскрыши каждым поставщиком (забоем) V_i и объем спроса (приемные мощности, размеры складов обогатительной фабрики и внешних отвалов вскрыши) у каждого потребителя $V_{x,j,z,y}$;

- затраты на перевозку единицы груза от каждого поставщика каждому потребителю $C_{x,j,z,y}$, по сути, стоимость транспортировки груза.

Стоимость транспортировки груза следует определять на основе реальных затрат действующего производства с учетом его специфики, к которой относятся ритмичность, качественно-количественные показатели перевозок и задействованный подвижной состав. При этом целесообразно провести дифференциацию стоимости работы транспортных средств в груженом и порожнем направлениях. Дифференциацию стоимости транспортной работы необходимо выполнить не только по направлению перевозок, но и по виду применяемого транспорта на каждом участке перемещения груза с учетом методов подготовки руды: сортировки, грохочения, дробления, дополнительных работ, связанных с перегрузкой с одного вида транспортного средства другой, с перевеской и размещением груза в перегрузочном складе или на отвале. Это позволит оптимизировать перевозочный процесс с учетом максимального количества влияющих факторов и обеспечить оперативную корректировку принятых схем в случае реконструкции или модернизации всей горнотехнической системы или ее отдельной подсистемы.

В соответствии с классической постановкой транспортной задачи требуется составить такой план перевозок, при котором весь груз был бы вывезен от поставщиков, удовлетворены все заявки потребителей и при этом общая стоимость перевозок была бы минимальной. Составление плана перевозок заключается в определении объема перевозки от каждого поставщика каждому потребителю. Условие минимизации затрат на все перевозки:

$$\underbrace{3_{\text{М}}^{\text{гр.}} + 3_{\text{М}}^{\text{пор.}}}_{\text{ПН - а/м}} + \underbrace{3_{\text{Р}}^{\text{гр.}} + 3_{\text{Р}}^{\text{пор.}}}_{\text{Вскрыша - кон.}} + \underbrace{3_{\text{Р}}^{\text{гр.}} + 3_{\text{Р}}^{\text{пор.}}}_{\text{Вскрыша а/м}} + \underbrace{3_{\text{К}}^{\text{гр.}} + 3_{\text{К}}^{\text{пор.}}}_{\text{ПН - кон.}} \rightarrow \min \quad (1)$$

Условие удовлетворения заявок (объемов перевозки рудной массы и пород вскрыши) потребителей (пункты перегрузки, рудные склады, приемные емкости обогатительных фабрик, а также отвалы вскрыши, приемные пункты дробильных фабрик для подготовки щебня или закладочные комплексы) в математическом виде выражается как

$$\sum V_{Kj}, V_{Py}, V_{Rz}, \text{ для } j = 1, 2, \dots, K; y = 1, 2, \dots, P; z = 1, 2, \dots, R.$$

Ограничение на вывоз рудной массы и пород вскрыши из соответствующих забоев и участков:

$$\begin{cases} Q_{x_min} \leq V_{Mx} \leq Q_{x_max}; \\ Q_{j_min} \leq V_{Kj} \leq Q_{j_max}; \\ V_{Mx}, V_{Kj}, V_{Py}, V_{Rz} \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

где Q_x и Q_j – годовая производительность перерабатывающего комплекса и участка утилизации соответственно, млн т;

Поскольку транспортная задача линейного программирования применительно к организации перевозок при перемещении горной массы является закрытой, предполагается, что суммарный объем потребления рудной массы и пород вскрыши равен годовой производительности карьера по горной массе, то есть:

$$\begin{cases} 3_i = C_i \cdot V_i \cdot L_j; \\ V_R = k_R \cdot V_M; \\ V_P = k_P \cdot V_M; \\ V_M = \sum V_{Kj}, V_{Py}, V_{Rz}; \\ V_N = \sum V_{Mx} \end{cases} \quad (3)$$

С целью учета ограничений применительно к горнотехническим условиям Светлинского карьера на провозную способность автомобильных дорог и конвейерного подъема целесообразно использовать объем к годовой производительности пунктов переработки рудной массы и участков ведения отвальных работ. В условиях действующего предприятия объем перевозок рудной массы, как правило, определяется исходя из производительности обогатительной фабрики, причем производительность является величиной фиксированной и на этапе проектирования геотехнологии освоения золоторудного месторождения устанавливается техническим заданием по проектированию с учетом провозной способности транспортных коммуникаций. В связи с этим в условиях действующего горнодобывающего предприятия ограничение провозной способности автодорог и производительности конвейеров в разработанной математической модели необходимо осуществлять посредством указания пределов пропускной способности пунктов приема и переработки рудной массы, а также пород вскрыши.

Учет применяемого вида транспорта в разработанной методике организации перевозок горной массы при разработке Светлинского месторождения осуществляется посредством оценки длины перемещения соответствующих грузов и стоимости перевозок автомобильным и конвейерным транспортом. Разработанная экономико-математическая модель позволяет учесть загрузку транспортных средств при свободном, в том числе автоматизированном, их распределении между забоями и пунктами разгрузки [7, 8]. Таким образом, стоимость груженых и порожних ходок может быть указана не только относительно схемы движения, но и с учетом принципа перевозок на карьере.

Ввиду особенностей математической формы и постановки транспортной задачи линейного программирования для ее решения разработаны специальные методы, позволяющие из множества возможных решений найти оптимальное.

Результаты моделирования

Рассмотрены три варианта расположения перегрузочного пункта с автомобильного на конвейерный транспорт в Светлинском карьере (рис. 1). Важно отметить, что выбор места расположения перегрузочного пункта определяет и

положение дробильно-сортировочного комплекса, работа которого влияет на устойчивость борта и должна быть оценена с учетом действия динамических нагрузок [7–10].

учетом перспективы перехода на комбинированную геотехнологию является центральная часть восточного борта карьера на площадке с абсолютной отметкой +287 м (рис. 3).

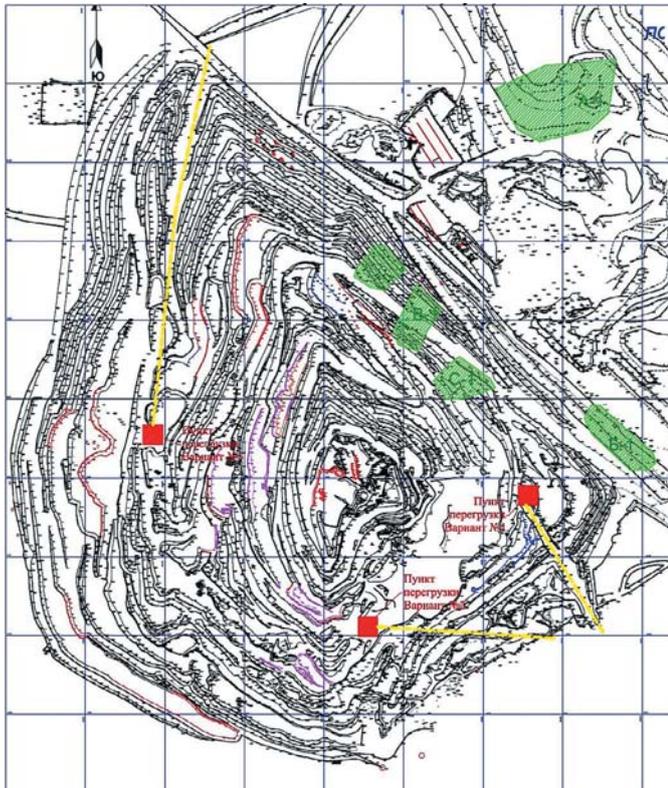


Рис. 1
Схема трех вариантов расположения перегрузочных пунктов в Светлинском карьере

Fig. 1
Layout of three optional locations for the transloading station in the Svetlinskoe Open Pit Mine

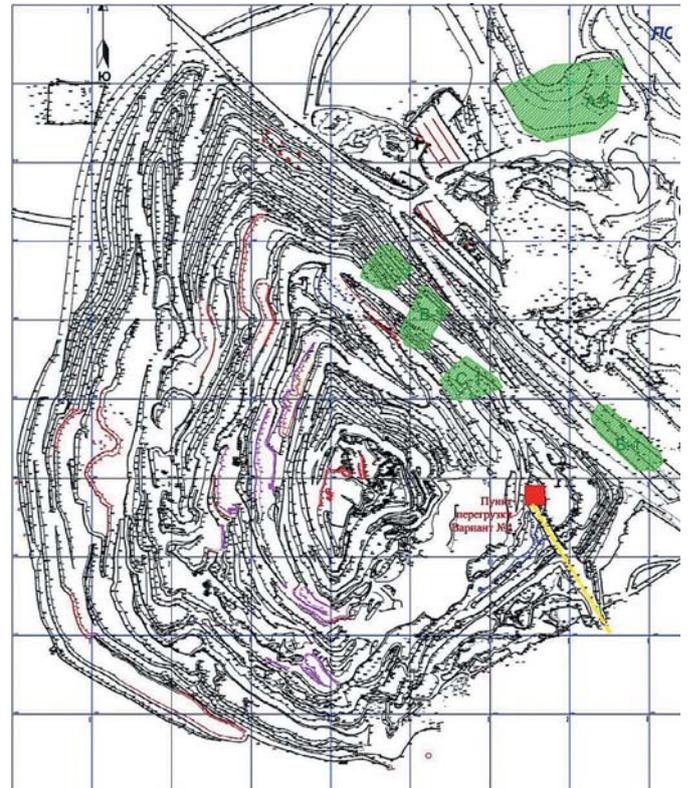


Рис.3
Оптимальное месторасположение перегрузочного пункта

Fig.3
Optimal location of the transloading station

Местоположение перегрузочных пунктов определено с учетом перспектив развития горных работ в глубину и последующего перехода на комбинированную геотехнологию (рис. 2).

Особенности дальнейшего развития горных работ

При переходе на комбинированную геотехнологию отработки запасов Светлинского месторождения необходима оценка значений коэффициентов запаса устойчивости уступов участков борта и бортов карьера в целом с учётом совокупного действия статических и динамических сил и подработки массива подземными выработками [11, 12].

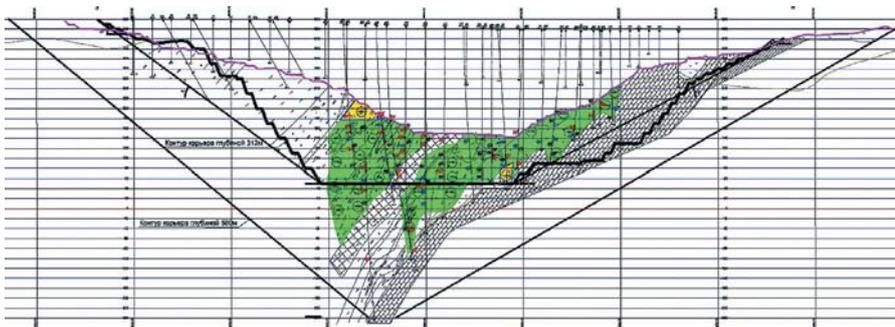


Рис. 2
Вертикальный разрез карьера до предельной глубины 580 м

Fig. 2
Vertical cross-section of the open pit down to the ultimate depth of 580 m

На основе разработанной экономико-математической модели произведена оценка конкурентных вариантов логистической схемы карьера при перемещении руды и пород от забоев до пунктов выгрузки как через перегрузочный пункт с использованием конвейерного транспорта, так и при перевозке только автомобильным транспортом. Наиболее целесообразным месторасположением перегрузочного пункта при транспортировании рудной массы с

При этом определении параметров элементов системы разработки исходим из условия максимального извлечения прибортовых запасов в реальных, обычно особо сложных горнотехнических условиях. Месторасположение площадок, организационная структура и способы взаимодействия карьерного и подземного транспорта при переходе на комбинированную геотехнологию определены с учетом расположения рудных жил за контуром, в бортах и основании карьера, горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождения.

В зависимости от конфигурации и пространственного положения залежи относительно проектного предельного контура карьера для повышения полноты освоения запасов рассмотрены следующие способы:

– частичный разнос борта карьера в пределах нижних горизонтов за счет увеличения углов откосов нерабочих уступов;

– увеличение глубины карьера и углов откоса уступов за счет уменьшения коэффициента запаса временной устойчивости бортов карьера при переходе на комбинированную геотехнологию с последующей пригрузкой основания бортов карьера породами вскрыши.

Установлено, что в соответствии с заданной обогатительной фабрикой производственной мощностью карьера по полезному ископаемому применяемое в настоящее время на карьере выемочное и транспортное оборудование является оптимальным как с экономической, так и технологической позиции. Однако по мере понижения фронта горных работ и увеличения расстояния транспортирования руды и вскрышных пород с целью повышения экономических показателей работы карьера необходимо отказаться от циклической схемы транспортирования в пользу циклично-поточной технологии. При этом применение конвейерного транспорта целесообразно не только для перемещения рудной массы непосредственно по открытым и подземным выработкам и галереям на обогатительную фабрику, но и для размещения на отвал пород вскрыши.

Оценка перспектив перехода на комбинированную открыто-подземную разработку месторождения

Проработка перспективных направлений дальнейшего развития горных работ с целью повышения полноты и экономической эффективности освоения балансовых запасов Светлинского месторождения позволила определить следующие основные условия:

- внедрение циклично-поточной технологии перемещения руды и пород вскрыши;
- переход на комбинированную открыто-подземную геотехнологию при доработке запасов за контуром в бортах и основании карьера.

Повышение эффективности процесса транспортирования горной массы в условиях действующих схем перевозок руды и вскрыши на Светлинском карьере возможно за счет вовлечения в схему транспортирования конвейерного транспорта с организацией перегрузочных и дробильно-сортировочных комплексов в центральной части восточного борта карьера для подачи руды на обогатительную фабрику, а на западном или юго-восточном борту – для организации перемещения пород вскрыши на внешний отвал.

С целью снижения сроков строительства подземного рудника и повышения эффективности его функционирования на этапе реконструкции карьера при увеличении его глубины до 580 м необходимо предусмотреть общую

схему вскрытия месторождения. Это позволит обеспечить строительство и эксплуатацию перегрузочных комплексов на конвейерный транспорт на бортах карьера, использование которых не будет ограничено сроком отработки запасов Светлинского месторождения открытым способом, а позволит снизить затраты на транспортировку руды на фабрику из подземного рудника через выработанное пространство карьера.

Определение оптимальной глубины перехода на комбинированную геотехнологию с учетом создания общей схемы вскрытия месторождения при использовании циклично-поточной схемы перемещения пород вскрыши и рудной массы не только при открытом способе добычи, но и при открыто-подземном, должно осуществляться по критериям максимум прибыли при минимуме потерь руды.

С целью повышения совокупного эффекта от отработки запасов открытым и подземным способами необходимо обосновать места заложения и форму капитальных и крутых траншей с оставлением площадок для обеспечения строительства и функционирования подземного рудника с выбором рационального типа конвейеров, включая крутонаклонные.

Заключение

Получила развитие логистическая система Светлинского карьера с учетом перспектив перехода на комбинированную геотехнологию. На основе разработанной экономико-математической модели произведена оценка вариантов логистической схемы карьера при перемещении руды и пород вскрыши от забоев до пунктов перегрузки на конвейерный транспорт. Определено, что для перемещения рудной массы наиболее целесообразным месторасположением перегрузочного пункта является площадка с абсолютной отметкой +287 м, что связано с перспективами перехода на комбинированную геотехнологию.

Для перемещения пород вскрыши выделены два конкурирующих варианта: в центральной части западного либо юго-восточного борта карьера. Выбор предпочтительного следует произвести после уточнения перспективного плана развития горных работ в карьере.

Разработанная методика организации перевозок горной массы при разработке Светлинского месторождения позволяет учесть загрузку подвижного состава в случае свободного его распределения между забоями и пунктами разгрузки. Стоимость груженых и порожних рейсов определяется не только относительно каждого участка транспортирования, но и с учетом организации перевозок на карьере и перспектив увеличения глубины отработки Светлинского месторождения с последующим переходом на комбинированную открыто-подземную геотехнологию освоения запасов.

Список литературы

1. Струков К.И., Бергер Р.В. Технология горно-обогатительного производства на предприятиях АО «Южуралзолото Групп Компаний». *Горный журнал*. 2017;(9):11–15. DOI: 10.17580/gzh.2017.09.02.
2. Трубецкой К.Н. *Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых*. М.: ИПКОН РАН; 2014.
3. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Реализация концепции устойчивого развития горных территорий – базис расширения минерально-сырьевого комплекса России. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2015;7(3):46–50.
4. Golik V., Komashenko V., Morkun V., Khasheva Z. The effectiveness of combining the stages of ore fields development. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015;(5):401–405.
5. Голик В. И. Концептуальные подходы к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико-технических и физико-химических геотехнологий. *Горный журнал*. 2013;(5):93–97.
6. Трубецкой К.Н., Захаров В.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Эффективные технологии использования техногенных георесурсов – основа экологической безопасности освоения недр. *Горный журнал*. 2016;(5):34–40. DOI: 10.17580/gzh.2016.05.03.

7. Пыталев И.А. Тенденции развития научно-методических основ определения параметров открытых горных работ при комплексном освоении недр Земли. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2015;(S4-2):29–38.
8. Rylnikova M.V., Vladimirov D.Y., Pytalev I.A., Popova T.M. Robotic geotechnologies as way of improving efficiency and ecologization of mineral resource management. *Journal of Mining Science*. 2017;53(1):84–91. DOI: 10.1134/S1062739117011884.
9. Ковалев В.А., Федотенко В.С. Технологические аспекты перехода разрезов Кузбасса на ведение вскрышных работ высокими уступами. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2015;(5):5–14.
10. Рыльникова М.В., Федотенко В.С., Есина Е.Н. Влияние горно-геологических и горнотехнических факторов на параметры горнотехнических систем отработки угольных месторождений с высокими вскрышными уступами. *Горный информационно-аналитический бюллетень научно-технический журнал*. 2017;(S38):166–180. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-38-166-179.
11. Зотеев О.В., Пыталев И. А., Якшина В. В., Гапонова И.В. Особенности формирования техногенной емкости на базе существующих внешних отвалов вскрышных пород. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2019;(3):22–36.
12. Зотеев О.В., Калмыков В.Н., Гоготин А.А., Проданов А.Н. Основные положения методики выбора технологии складирования отходов обогащения руд в подработанных подземными рудниками карьерах и зонах обрушения. *Горный журнал*. 2015;(11):57–61. DOI: 10.17580/gzh.2015.11.11.

References

1. Strukov K.I., Berger R.V. Mining-and-processing technology at UGC Gold Mining Company. *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2017;(9):11–15. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2017.09.02.
2. Trubetskoi K.N. *Development of Resource-Saving and Resource Reproducing Geotechnologies for Integrated Development of Mineral Deposits*. Moscow: Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources (IPKON) named after Academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences; 2014. (In Russ.)
3. Caplunov D.R., Rylnikova M.V., Radchenko D.N. Implementing the concept of sustainable development of mountain territories – expansion basis of mineral resources sector of the Russian Federation *Ustoichivoe razvitie gornyx territorii = Sustainable Development of Mountain Territories*. 2015;7(3):46–50. (In Russ.)
4. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Khasheva Z. The effectiveness of combining the stages of ore fields development. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015;(5):401–405.
5. Golik V.I. Conceptual approaches to the creation of low waste and wasteless mining production on the basis of combination of physical-technical and physical-chemical geotechnologies. *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2013;(5):93–97. (In Russ.)
6. Trubetskoy K.N., Zakharov V.N., Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Efficient technologies for mineral waste use – The basis of the environmental safety of subsoil development. *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2016;(5):34–40. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2016.05.03.
7. Pytalev I.A. The development trends of scientific-methodical bases of the defining the parameters of open of mining operations at the complex exploitation of interior part of the earth. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015;(S4-2):29–38. (In Russ.)
8. Rylnikova M.V., Vladimirov D.Y., Pytalev I.A., Popova T.M. Robotic geotechnologies as way of improving efficiency and ecologization of mineral resource management. *Journal of Mining Science*. 2017;53(1):84–91. DOI: 10.1134/S1062739117011884.
9. Kovalev V.A., Fedotenko V.S. Technological aspects of transition to high bench stripping in Kuzbass. *Journal of Mining Science*. 2015;51(5):865–872. DOI: 10.1134/S1062739115050015.
10. Fedotenko V. S., Rylnikova M. V., Yesina E. N. Influence of mining and geological factors on the parameters of mining technology systems for the exploitation of coal deposits with high overburden bench. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017;(S38):166–180. (In Russ.) DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-38-166-179.
11. Zoteev O.V., Pytalev I.A., Yakshina V.V., Gaponova I.V. Features of forming anthropogenic capacity on the basis of existing external dumps of over rocks. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle = Izvestiya Tula State University. Sciences of Earth*. 2019;(3):22–36. (In Russ.)
12. Zoteev O.V., Kalmykov V.N., Gogotin A.A., Prodanov A.N. Framework of procedure to select technology of ore processing waste storage in undermined open pits and caving zones. *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2015;(11):57–61. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2015.11.11.

Информация об авторах

Рыльникова Марина Владимировна – доктор технических наук, профессор, заведующий отделом Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: rylnikova@mail.ru.

Струков Константин Иванович – доктор технических наук, Президент ООО УК «Южуралзолото Группа компаний», г. Челябинск, Российская Федерация

Бергер Роман Владимирович – управляющий директор, АО «Южуралзолото Группа компаний», г. Пласт, Российская Федерация.

Есина Екатерина Николаевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация.

Information about the authors

Marina V. Rylnikova – Doctor of Engineering, Full Professor, Head of Department at Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources (IPKON) named after Academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: rylnikova@mail.ru.

Konstantin I. Strukov – Doctor of Engineering, Founder & President, The Gold Mining Company Ltd, Chelyabinsk, Russian Federation.

Roman V. Berger – Managing Director, A JSC The Gold Mining Company, Plast, Russian Federation.

Ekaterina N. Esina – Candidate of Science (Engineering), Senior Research Fellow at Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources (IPKON) named after Academician N.V. Melnikov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.10.2019

Поступила после рецензирования: 19.11.2019

Принята к публикации: 05.12.2019

Article info

Received: 20.10.2019

Revised: 19.11.2019

Accepted: 05.12.2019