

УДК 622.271

**В.В. Афанасьев, Р.Р. Нейвирт, М.М. Пятилов,  
А.Г. Диккерт, В.Ю. Харитонов**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КАРЬЕРА ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «СОРСКИЙ ГОК»**

*Настоящий доклад выполнен специалистами ОАО «Сорский ГОК» и ЗАО «Внешмет» на основании работы «Технико-экономический расчет целесообразности применения комбинированного транспорта для карьера предприятия ООО «Сорский ГОК», выполненной в 2007 г.*

*Ключевые слова: руда, рудное поле, карьер, горная масса, дробильно-перегрузочный комплекс.*

---

**С**орское молибденовое месторождение находится на территории Усть-Абаканского района Республики Хакасии, в 105 км к северо-западу от ее центра — города Абакана.

В пределах рудного поля выделено два участка — Западная рудная зона и Восточная рудная зона. Между Западной и Восточной рудными зонами располагается безрудный участок шириной 200—300 м. Руда с промышленным содержанием молибдена распространяется на глубину до 1000 м.

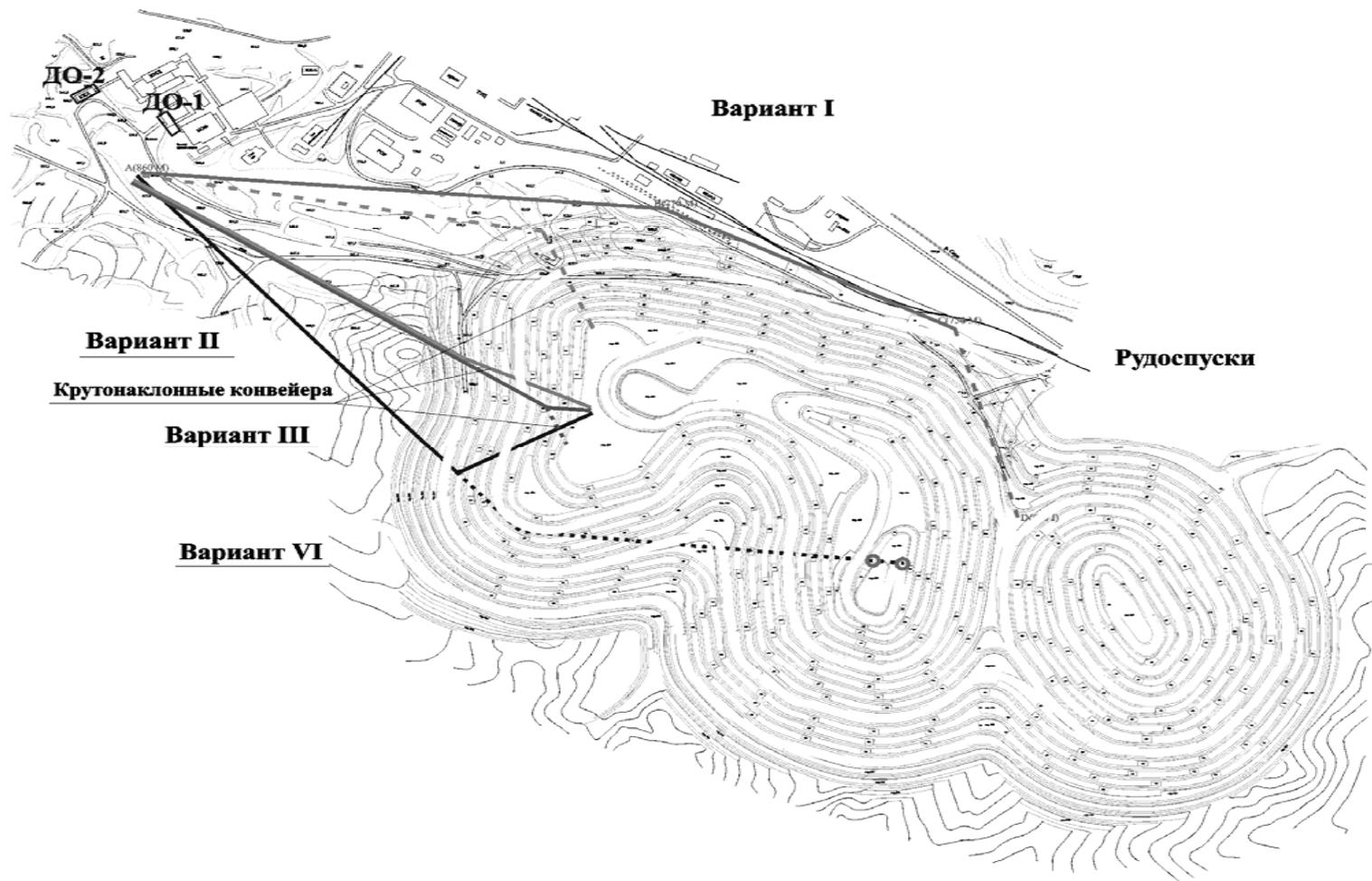
Разработка месторождения ведется с 1950 года. По состоянию на 01.01.2007г. горные работы по Западной рудной зоне понизились до отм. 570 м. Горные работы по Восточной рудной зоне в настоящее время ведутся на горизонтах 640—570 м. Глубина карьера по южному борту достигла 380 метров.

В последнее десятилетие горные работы на карьере велись с коэффициентом вскрыши ниже среднего его значения в остатках в проектной контуре. По разным оценкам отставание вскрышных работ составляет 7—12

млн м<sup>3</sup>. Такое положение горных работ не обеспечивает производительную работу горного оборудования и не позволяет в полном объеме использовать мощность рудника по добыче руды.

До настоящего времени транспортировка руды и вскрыши из карьера производится автосамосвалами БелАЗ-75191 и БелАЗ-7555В. Вскрыша доставляется на внешние бульдозерные отвалы, руда на усреднительный склад и в приемный бункер ДО — 2. В первоначальный период эксплуатации, транспорт на карьере развивался за счет увеличения единичной грузоподъемности автосамосвалов.

Неудовлетворительная работа транспорта во многом объясняется тем, что глубина карьера и дальности возки горной массы превысили границы эффективной работы большегрузных автосамосвалов. Так в I полугодии 2007 г. высота подъема горной массы составила 190 м, а приведенная дальность возки — 6,85 км. Особенно тяжелые условия сложились для транспортирования руды, где уже в 2007 году высота подъема превысила 200 м, а приведенная дальность возки 7,8 км.



**Рис. 1. Схема расположения трасс конвейерных линий**

Наибольшее распространение для отработки глубинной части рудных карьеров получила циклично-поточная технология (ЦПТ), где используется автомобильно-конвейерный транспорт: автомобильный транспорт выступает как сборочный, а конвейерный — как магистральный, выполняя основную работу по подъему горной массы.

Эффективность использования ЦПТ определена путем сравнения с базовым вариантом — доставка руды от забоя до ОФ автосамосвалами БелАЗ-75131 до полной отработки карьера.

В настоящее время на Сорском карьере сложилась ситуация, осложняющая применение конвейерного транспорта. Строительство конвейерных линий в карьере требует наличия нерабочих бортов, в то время как восточная часть карьера, ближайшая к обогатительной фабрике, не имеет бортов, поставленных в конечном положении, за исключением южного борта выше рудовозной дороги. Это обстоятельство предопределяет варианты расположения трасс конвейерных линий:

I вариант — предусматривает применение конвейеров обычного исполнения в открытых траншеях.

Конвейерная трасса (два става) пройдет от обогатительной фабрики (отм. 860 м) по границе северного борта карьера до района безрудной зоны, где устраивается дробильно-перегрузочный узел (отм. 750 м). На втором этапе конвейерный комплекс добавляется еще одним ставом длиной 635 м. Дробильно-перегрузочный узел переносится в район безрудной перемычки (отм. 610 м) где и будет находиться до конца отработки всех запасов карьера.

II вариант — предусматривает использование крутонаклонных конвейеров.

От обогатительной фабрики до борта карьера конвейер обычного исполнения пройдет в открытых траншеях. Далее на временно не рабочем борту в западной части карьера устраивается крутонаклонный конвейер (угол наклона  $30^{\circ}$ ) Дробильно-перегрузочный узел (ДПУ) предусматривается устроить в районе временного склада пустых пород в пределах отметок 650 — 670 м. В дальнейшем (ориентировочно 13 год) система будет перенесена на нерабочий борт с устройством ДПУ на горизонте 530 м.

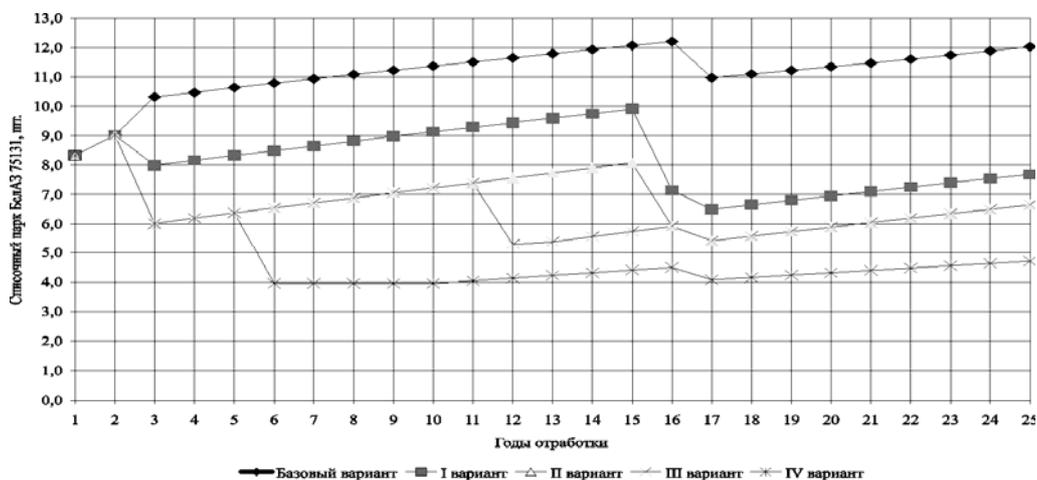
III вариант — предусматривает использование на I этапе конвейеров обычного исполнения в подземных выработках и на II этапе крутонаклонных конвейеров.

От обогатительной фабрики до выработанного пространства карьера (отм. 650 м) по кратчайшему расстоянию в наклонном стволе устраивается магистральный конвейер (один став). ДПУ, как и во II варианте, располагается в районе временного склада пустых пород в пределах отметок 650 — 670 м.

На втором этапе магистральная конвейерная линия удлиняется специальным крутонаклонным конвейерным ставом в открытой траншее до горизонта 530 м. Дробильно-перегрузочный узел переносится в район нижнего окончания крутонаклонного конвейера.

IV вариант — предусматривает использование конвейеров обычного исполнения в подземных выработках. Использование конвейерной трассы ломаной формы, позволяет подземными выработками вскрыть карьер почти на всю глубину.

При этом магистральный конвейер выходит в восточную часть Западного участка, где находится центр тяжести рудных тел.



**Рис. 2. График изменения списочного парка автосамосвалов по вариантам схем ЦПТ**

В конце наклонного ствола с отметки 450 м в рабочую зону карьера будут пройдены два восстающих рудоспуска на расстоянии 100 м друг от друга. Дробильно-перегрузочный пункт будет работать на один из рудоспусков, в это время второй рудоспуск будет подрезаться горными работами. Попеременная работа ДПП над рудоспусками позволит опускать место перегрузки автосамосвалов в дробильный комплекс одновременно с понижением горных работ, что обеспечит минимально возможную транспортную работу самосвалов вне зависимости от глубины разработки на всем протяжении эксплуатации комплекса.

Для скорейшего ввода системы в эксплуатацию предусматривается выделение I этапа строительства, где часть наклонного ствола пройденного до отметки 650 м и специально пройденная штольня на отметке 650 м оборудуются конвейерами, а в карьере обустраивается ДПУ аналогично II и III вариантам. Эксплуатация I очереди комплекса ЦПТ и строительство II очереди будут происходить одновременно.

В расчетах оценки вариантов транспортных схем принимаются автосамосвалы БелАЗ-75131.

Основным критерием эффективности использования ЦПТ является сокращение списочного парка автосамосвалов по сравнению с базовым вариантом, когда доставка руды от забоя до ОФ производится автосамосвалами БелАЗ-75131 до полной отработки карьера. На графике (Рис. 1) видно, что максимальное сокращение автосамосвалов по сравнению с базовым достигается в IV варианте схемы ЦПТ.

Этим объясняется низкая эффективность первых трех вариантов (смотри технико-экономические показатели) и в докладе далее не рассматриваются.

Основными конструктивными элементами циклично-поточной транспортной технологии являются:

- дробильно-перегрузочный пункт (узел);
- конвейерная система.

По техническим требованиям к дробильно-конвейерному комплексу для условий Сорского ГОКа от ряда ведущих отечественных и зарубежных машиностроительных фирм поступи-

ли предложения по комплектации комплексов оборудованием.

Анализ полученных материалов позволяет сделать вывод, что предлагаемое оборудование дробильно-конвейерных комплексов является практически идентичным и отличается друг от друга только незначительными конструктивными элементами. Выбор оборудования и фирмы поставщика предполагается провести на основании тендера (конкурса) после принятия решения о строительстве системы.

Дробильно-перегрузочный пункт (ДПП) включает в себя следующие составные элементы:

- приемный модуль;
- блок-модуль дробилки;
- модуль разгрузочного конвейера;
- передаточную конвейерную систему.

Для установки такого дробильного комплекса на новом месте требуется только сооружение подпорной стенки и верхней части рудоприемного бункера.

Время переноса дробильно-перегрузочной установки из одного рабочего положения в другое составляет 8-10 рабочих смен.

Ориентировочные параметры дробильного модуля для Сорского ГОКа:

- наибольший дробимый кусок 1300;
- производительность на материале крепостью 8-12 м<sup>3</sup>/ч — 2000;
- установленная мощность электродвигателей — 2х400
- максимальная объемная производительность, м<sup>3</sup>/ч — 1100;
- ширина ленты, мм — 1400;
- скорость ленты, м/с — 2,5-3,15.

Конвейерная система для транспортировки руды от дробильно-перегрузочного комплекса на склад обогатительной фабрики включает в себя:

- магистральные конвейеры, установленные стационарно в специальных крытых галереях на поверхности и в карьере (вариант I и II трассиров-

ки) или в подземных наклонных стволах (вариант III, IV трассировки);

- горизонтальный конвейер, установленный в штольне, пройденной от борта карьера на уровне размещения дробильно-перегрузочного комплекса к наклонному стволу и подающий руду с разгрузочного конвейера ДПП на магистральный конвейер (вариант III IV трассировки);

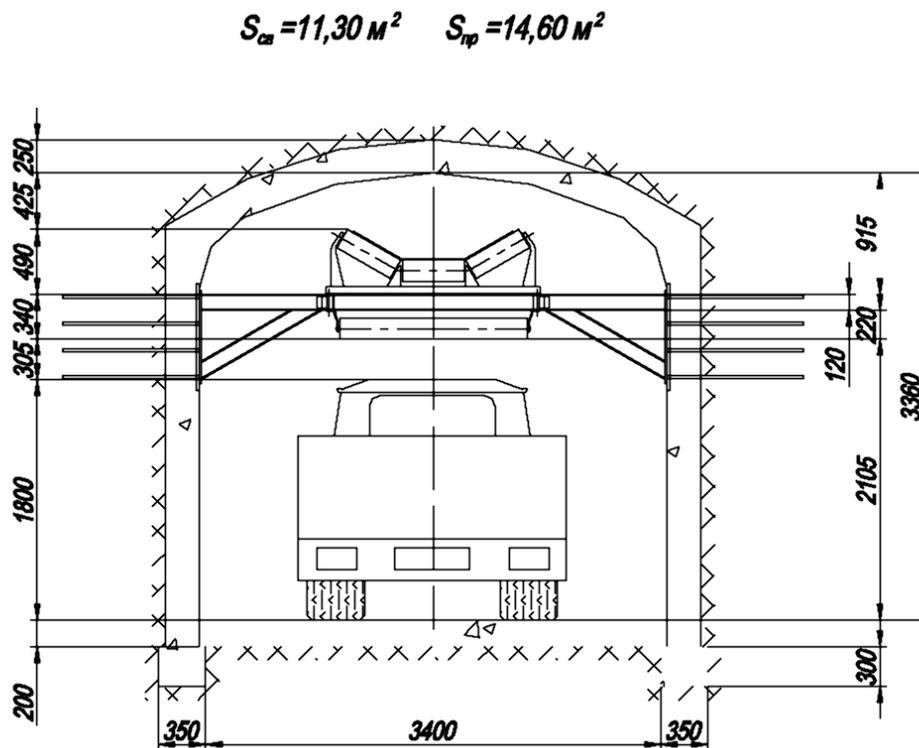
- капитальные рудоспуски с подземными бункерами, оборудованными пластинчатыми питателями для загрузки магистрального конвейера (вариант IV трассировки).

Рассматривались возможности использования для транспортировки руды специальных крутонаклонных конвейерных систем типа «Flexowell», «Pocketlift», а также системы с верхней прижимной лентой фирмы «Tyssen Krupp Furdertechnik» устанавливаемые в открытых траншеях, пройденных непосредственно в бортах карьера (вариант II и второй этап варианта III).

Однако, крутонаклонные конвейерные системы имеют все недостатки внутрикарьерного расположения конвейерных линий и использование их в условиях Сорского карьера затруднено.

С целью сокращения объемов строительства и капитальных затрат предложено установку конвейера производить под кровлей выработки с использованием для обслуживания конвейера самоходной дизельной специальной автомашины (см. рис. 3).

По сравнению с установкой конвейера на почве выработки с использованием для обслуживания монорельсовой дороги с дизельным локомотивом или рельсового фуникулера предлагаемая система позволяет сократить объем проходки на 18 — 40 %.



**Рис. 3. Наклонный ствол с верхним размещением конвейера**

Кроме того, верхнее расположение конвейера в выработке позволяет обеспечить проезд в нижней части довольно крупного транспортного средства, обеспечивая тем самым высокую мобильность, возможность механизированного перемещения обслуживающего персонала при ежесменном осмотре конвейера, полностью решая при этом вопросы уборки просыпи из подконвейерного пространства и решить вопросы транспортировки горнопроходческого оборудования при проведении последующих участков подземных выработок, а также доставки различных материалов для этих целей.

Для обеспечения доставки руды на обогатительную в объеме 9 млн т в год ширина ленты магистральных конвейеров принята 1400 мм резинокросового типа, скорость движения ленты — 3,15 м / с.

Использование при строительстве самоходного оборудования позволяет осуществить проходку конвейерных уклонов под углом до 10-12° со скоростью 150-200 м в месяц при полной независимости их сооружения от работы в карьере.

$$S_{св} = 11,30 \text{ м}^2 \quad S_{пр} = 14,60 \text{ м}^2$$

Для технико-экономического сравнения вариантов транспортирования руды из карьера до обогатительной фабрики в расчеты принимались

<b>Статьи капиталовложений</b>	<b>Базовый</b>	<b>Вариант I</b>	<b>Вариант II</b>	<b>Вариант III</b>	<b>Вариант IV</b>
Капиталовложения на приобретение а/с	36556	23630	17948	18589	11076
Строительство траншей	—	2264	5472	94	2358
Капиталовложения на проходку подземных выработок	—	-	-	2629	5191
Капиталовложения на приобретение ДПП	—	5660	5660	5660	5660
Ленточные конвейера	—	3804	6611	4181	
Ленточный конвейер (крутонаклонный)	—		13208	3672	5464
Укрытие конвейеров	—	1688	1528	283	170
Монтаж оборудования	—	1616	2701	1380	1649
Проектно-изыскательские работы	—	2008	2662	1983	1990
<b>Всего капиталовложений</b>	<b>36556</b>	<b>40671</b>	<b>55790</b>	<b>38473</b>	<b>33558</b>

**Себестоимость транспортирования руды**

<b>Варианты</b>	<b>Себестоимость транспортирования руды</b>		
	<b>руб./т</b>	<b>долл. США/т</b>	<b>%</b>
Базовый вариант	20,69	0,78	100,0
I вариант	18,58	0,70	89,8
II вариант	17,19	0,65	83,1
III вариант	17,45	0,66	84,4
IV вариант	11,23	0,42	54,3

**Для построения финансовых моделей в рамках данной работы использован лицензионный программный продукт Project Expert Professional. Эффективность инвестиций**

<b>Показатели</b>	<b>Базовый вариант</b>		<b>IV вариант</b>	
	<b>Рубли</b>	<b>Доллар США</b>	<b>Рубли</b>	<b>Доллар США</b>
Ставка дисконтирования, %	12,00	4,50	12,00	4,50
Период окупаемости — РВ, лет.	не окупается		6,5	6,5
Дисконтированный период окупаемости — DPВ, лет.	не окупается		8,7	7
Средняя норма рентабельности — ARR, %	1,12	1,12	20,79	20,79
Чистый приведенный доход — NPV, млн руб.	35,1	-3,1	210,6	25,1
Индекс прибыльности — PI	1,62	0,57	1,78	3,26
Внутренняя норма рентабельности — IRR, %	-	-	21,83	21,83
Модифицированная внутренняя норма рентабельности — MIRR, %	14,13	2,15	14,57	9,55

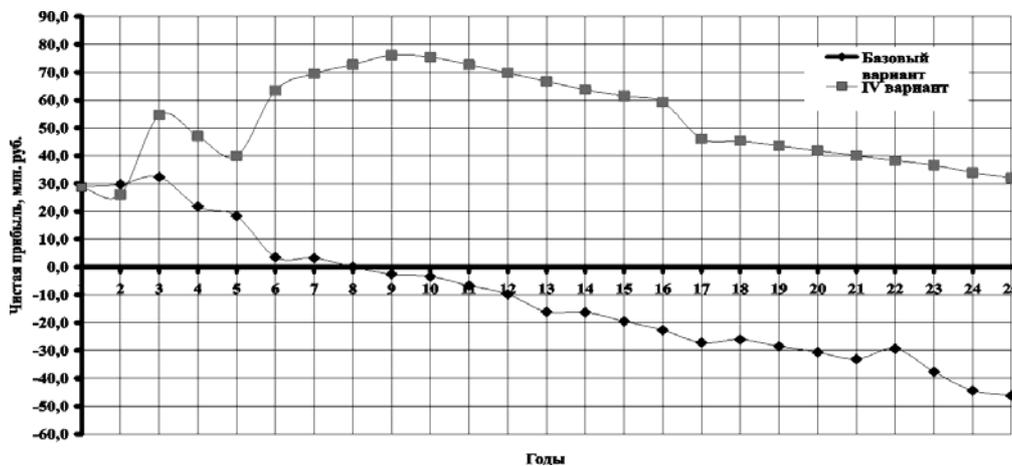


Рис. 3. График изменения чистой прибыли

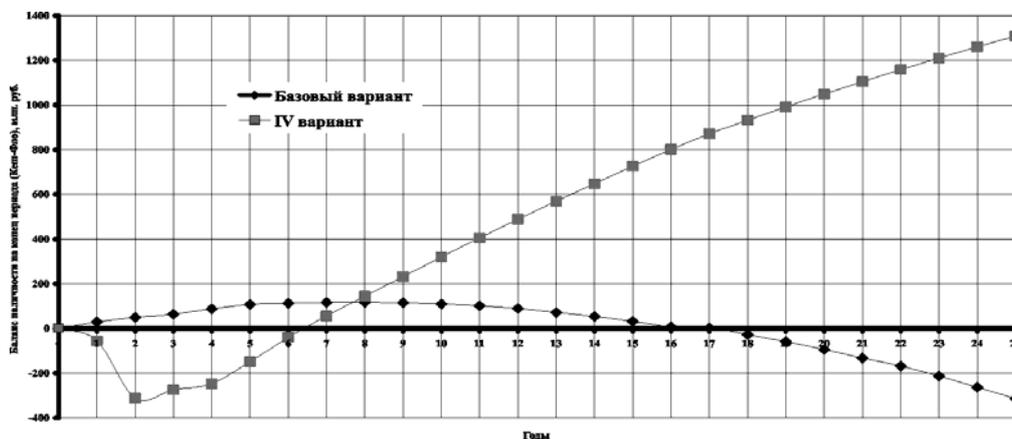


Рис. 4. График изменения баланса наличности на конец периода

лишь те показатели, которые связаны с технологическим процессом доставки руды и меняются в зависимости от рассматриваемых вариантов.

Капиталовложения на приобретение новых автосамосвалов БелАЗ-75131 взамен изношенных и для компенсации увеличения дальности транспортирования руды учтены во всех вариантах (для базового варианта других капиталовложений не требуется).

### Выводы

Сохранение существующей технологии доставки руды большегрузными автосамосвалами не обеспечивает эффективность транспортной составляющей технологического процесса горного производства.

Анализ финансовых моделей вариантов схем транспорта руды с использованием показывает, что только вскрытие карьера наклонными конвейерными стволами имеет приемлемую эффективность инвестиций, что

связано с наиболее низкими производственными издержками данной схемы организации дробильно-конвейерного комплекса.

Помимо экономических выгод циклично-поточная технология при вскрытии Сорского карьера наклонными конвейерными стволами позволяет:

- организовать строительство комплекса с минимальными изменениями транспортной схемы в карьере;

- организовать подземный водоотлив на карьере;

- устроить накопительно-усреднительный склад на площадке обогатительной фабрики;

- иметь минимальный объем вредных выбросов от работы автотранспорта;

- организовать проветривание карьера через подземные выработки.

**ГИАБ**

### Коротко об авторах

*Афанасьев В.В.* – исполнительный директор ООО «Сорский ГОК», info@gok.net.ru

*Нейвирт Р.Р.* – зам. исполнительного директора ООО «Сорский ГОК»,

*Пятилов М.М.* – зам. директора ПИЦ ЗАО «Внешмет», mail@vmt.ru

*Диккерт А.Г.* – главный инженер проекта "Шахтспецстой",

*Харитонов В.Ю.* – главный специалист ЗАО «Внешмет».



## ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

РУКОПИСИ,

**Мусатова И.Н.**, аспирантка, кафедра ТО, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru  
ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ДОБЫЧА СОЛЕЙ МИНЕРАЛОВ НА БОРТУ СУДНА (782/01-11 от 19.10.2010) 11 с.

*Конструкция установки представляет собой судовой комплекс для нетрадиционного получения энергии из океанических вод в зоне подводных вулканов и разломов. В схему устройства для сбора термальной воды, получения энергии, добычи минералов из пароводяной смеси входит экранирующий купол, барабанные установки и турбогенератор.*

*Ключевые слова:* «курильщики», барабан, купол, энергия.

**Musatove I.N.** THE POWER GENERATION AND MINING THE MINERAL SALT FROM THE SHIPBOARD.

*The construction of the unit is the ship complex for the nonconventional receiving of the energy from the ocean water in the area of underwater volcanoes and breaks. The shielding dome, the drums and the turbogenerator are necessary for the gathering of thermal water, the receiving of the energy and the extraction of the minerals from the mix of the water and steam.*

*Key words:* "smokers", drum, dome, energy.