**ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ**

**Тел. Х-ХХХ-ХХХ-ХХ-ХХ**

**УДК 622.272**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВСКРЫТИЯ НИЖНИХ ГОРИЗОНТОВ ВЕТРЕНСКОГО ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА АВТОТРАНСПОРТНЫМ УКЛОНОМ**

ИВАНОВ И. В.1 СИДОРОВ О. В.2

1ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург

2 ОАО «УРАЛАСБЕСТ», г. Асбест

***Аннотация.*** Учитывая постепенное выбывание производственных мощностей, а также наличие значительного ресурсного потенциала Ветренского рудного поля, дальнейшее развитие подземного рудника возможно за счет вовлечения в эксплуатацию запасов ниже рабочего горизонта. Сконструированы возможные варианты вскрытия данных запасов и проведена их сравнительная оценка.

***Ключевые слова:*** вскрытие, эксплуатационные запасы, автотранспортный уклон, дисконтированные затраты.

**EFFICIENCY OF THE OPENING OF THE LOWER HORIZONS OF THE VETRENSKIY UNDERGROUND MINE BY TRANSPORT RAMP**

IVANOV IGOR VLADIMIROVICH1 SIDOROV OLEG VALERIANOVICH 2

1Ural state mining University 2 JSC "URALASBEST

***Abstract:*** Taking into account the gradual elimination of production capacities, as well as the significant resource potential of the Vetrenskiy ore field, the further development of the underground mine is possible due to the involvement of reserves below the working horizon. The possible variants of the opening of these reserves were constructed and their comparative evaluation was carried out.

***Key words:*** opening, operational reserves, transport ramp, discounted costs.

Ветренское золоторудное месторождение расположено на территории Тенькинского района Магаданской области в 360 км от г. Магадан и в 5 км от пос. Усть-Омчуг. Месторождение находится в зоне развития многолетней мерзлоты. Рудные тела имеют сложную форму и представлены серией сближенных жил и жильных образований. Мощность рудных тел изменяется 0,7 до 7,4 м, угол падения от 30° до 80°. Руды крепкие, вмещающие породы различны – от устойчивых до малоустойчивых. Плотность руд и вмещающих пород составляет 2,65 т/м3. Рельеф района среднегорный, сильно расчлененный, характеризующийся наличием крутых склонов и врезанных долин ручьев. Абсолютные отметки поверхности достигают 1100 м [1].

Добычу и обогащение золотосодержащих руд Ветренского месторождения ведет рудник «Ветренский» – действующее горнодобывающее предприятие с развитой производственной и социальной инфраструктурой, состоящей из подземного рудника, золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ), вахтового поселка, вспомогательных зданий и сооружений.

Месторождение вскрыто капитальными штольнями: №1 (гор. 980м), №3 (гор. 936м), №5 (гор. 888м), №7 (гор. 835м), №2 и №2бис (гор. 803м), №4 и №4бис (гор. 757м), №10 (гор. 707м), №11 (гор. 665м). Высота этажа составила 50 м (рис. 1).

В настоящее время горные работы ведутся на горизонтах штолен №4, №10 и №11, между которыми пройдены наклонные съезды, вентиляционные восстающие и рудоспуски. Основным концентрационным горизонтом для перепуска добытой руды с вышележащих горизонтов является штольня №11. Подземный транспорт руды до места разгрузки на промплощадке штольни осуществляется подземными автосамосвалами Paus UNI 50-2 грузоподъемностью 10 т. На поверхности руда грузится погрузчиком [Komatsu](http://yandex.ru/clck/jsredir?from=yandex.ru%3Bsearch%2F%3Bweb%3B%3B&text=&etext=1488.96I_MKFboCsLsYZqOOWeSz1pte0ECW-WWWl55DgzSXE.243e76d2612ca7f89461d7a40967db1417a80207&uuid=&state=PEtFfuTeVD5kpHnK9lio9bb4iM1VPfe4W5x0C0-qwflIRTTifi6VAA,,&&cst=AiuY0DBWFJ4BWM_uhLTTxCsytQtcXz8MOc3TJpS5XswH-AOfRH1bvVi2gKJp0P7mEE8c3HJTULEBBkpO8DBcjDYC2doXrObJr2s1ClHkUo4zXDMS9QX0NdDRSqxwinBvemhgTDuGplgkaTqde13chKP_kzf00VhaoZKQlndAwLQJOauvYDKNzWxIFmsn_oHiOxB43Irl4r4Bu6T3dZkJQGG9-JvKR9TAB6uova1DQo03pCKZW_8vlFoNa2L3Wd1YW4G2CSu0C1ysd-AZMERPvjewXZM-ZURfQsadpkHuTi8UNT9IxvkZQ4oNk8x-b8mSUNIyMIyVCSEuZ9JcBw2DT_D7HnWrFs5OHRPBtz60zjoJh9v6UVQtMwA-beLY26ZlexiJYFM1WeFn6OkwLXhOU8w-YBCMiaqs4pxvurEi4xmBbzaiMzcpnFzSK07o33E_k4cNW8I7k1OC5tK928WkcHx3zBoZTmVtUHHkdlYJq4Ew1ZGMQ4va0xADBpK9V0Ye1h_Vgxqcwf71S2JsiO6nLoZyPbUS23mPN91VcVynjpxcCteRacdtQwVbVMgXZL_OcXUoTJHSXpo,&data=UlNrNmk5WktYejR0eWJFYk1LdmtxdVg1dUhnOFRxeDd3b0xzUGdjODYza29ibDJzbVZwRmNKZVBzX09pRU14eUdsbHpzcnMxMU5tVXpMNW5JWlNUUXRYTDZfNkhQNnMzblY4Z0FiWHlxbGhOM2xZT09kZHNBM2lMVlZtVTU0WU0xUWF1VVpGT2Z5b2xwWU9va0R1MDdBMDg1c1U3aTFwRmJJN3Y4c1Jub1pES2NQUjlnWDJ5VzFzYnRqTG9wSm1vLTZQWHQ1VXlxM24teWJvTmduVWkzd1JVckU2Zm1PSXM,&sign=5c3fb2e56d3541b91c71b1ff1b2d8fff&keyno=0&b64e=2&ref=orjY4mGPRjk5boDnW0uvlrrd71vZw9kpWMUb8_5CDxPaM5OUwaH87gGGUUbVHuhOTzn1xs-y3o3V10en4TMtHpy1AkilVH0qealRd9UCUr7FndtjwJIFLNt6lG1c7pKy&l10n=ru&cts=1500546671053&mc=2.2998963911678914) WA-420 в автосамосвал БелАЗ-7548 грузоподъемностью 42 т и доставляется на рудный склад ЗИФ.

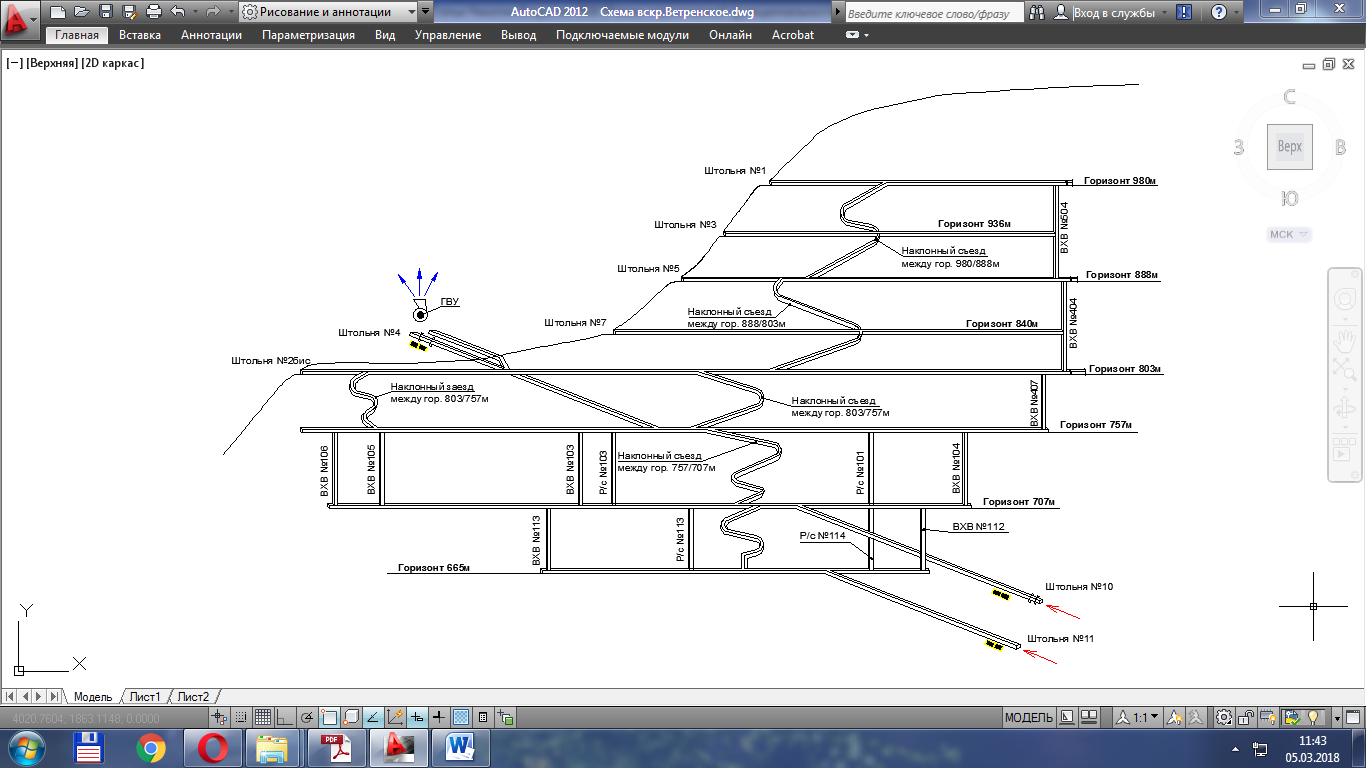


Рис. 1. – Схема вскрытия Ветренского месторождения

Вентиляция рудника осуществляется всасывающим способом по фланговой схеме с использованием главной вентиляторной установки, размещенной на промплощадке штольни №4. Необходима реконструкция вентиляторной установки с заменой устаревшего вентилятора ВОД-18 на современные высокоэффективные вентиляторы, обеспечивающие необходимые характеристики при небольших массе, габаритах и энергопотреблении [2].

Объем и технология отработки вскрытых запасов месторождения позволяют обеспечить производственную деятельность предприятия в течение ближайших двух лет. Учитывая постепенное выбывание производственных мощностей, а также наличие значительного ресурсного потенциала Ветренского рудного поля, дальнейшее развитие подземного рудника возможно за счет вовлечения в эксплуатацию запасов ниже рабочего горизонта 665 м. В связи с этим одной из первоочередных задач, стоящих перед проектировщиками и исследователями, является разработка и выбор эффективного способа вскрытия запасов нижних горизонтов и рациональной схемы транспорта руды до ЗИФ [3].

Балансовые запасы прослеживаются до глубины 628 м. Однако ниже данной отметки имеются достаточно большие прогнозные запасы, требующие значительного объема геологоразведочных работ. Вследствие этого нижний вскрывающий горизонт целесообразно заложить на отметке 615м (исходя из принятой на руднике высоты этажа 50 м). Выработки данного горизонта будут использоваться как для отработки утвержденных запасов, так и для эксплуатационной разведки прогнозных запасов.

Рассмотрены два варианта вскрытия запасов гор. 615м:

*Вариант 1* предусматривает проходку транспортного уклона под углом 8° из действующей штольни №11 на гор. 615м, наклонного съезда 665/615м под углом 8° для заезда на рабочие подэтажи, доставочного штрека на гор. 615м и фланговых вентиляционно-ходовых восстающих (ВХВ) (рис. 2).

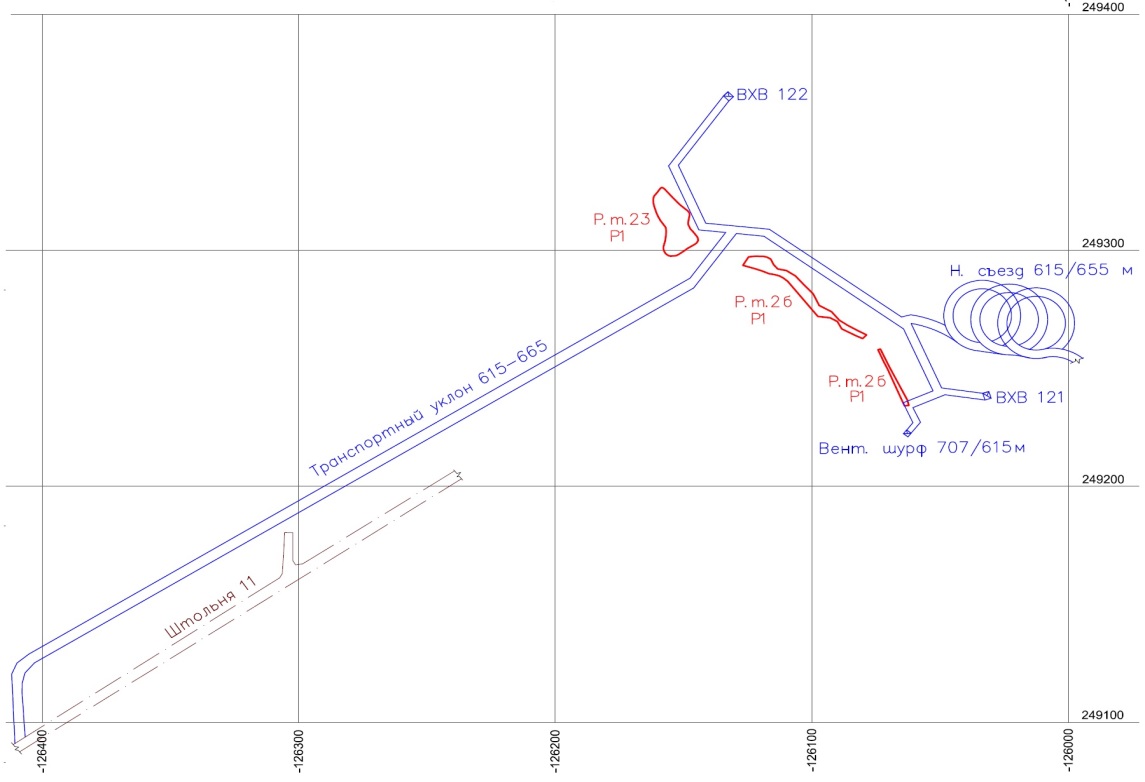


Рис. 2. – Вскрытие гор. 615м по варианту 1, предусматривающему проходку автоуклона из действующей штольни №11

При отработке нижнего этажа добытая руда транспортируется автосамосвалами Paus UNI 50-2 по транспортному уклону на гор. 665м и далее по штольне №11 выдается на поверхность, где перегружается в автосамосвал БелАЗ-7548 и доставляется на рудный склад ЗИФ.

Объем горнокапитальных работ по варианту 1 составляет 11180 м3, срок строительства горизонта – 1 год. Длина транспортирования по горным выработкам – 580 м, по поверхности – 1000 м (табл. 1).

*Вариант 2* предусматривает строительство новой штольни №12, устье которой располагается вблизи ЗИФ, наклонного съезда 665/615м под углом 8° для заезда на рабочие подэтажи, доставочного штрека на гор. 615м, фланговых ВХВ и двух капитальных рудоспусков. Для оформления площадки у штольни №12 необходима подрезка склона и засыпка распадка с устройством выезда на площадку ЗИФ (рис. 3).

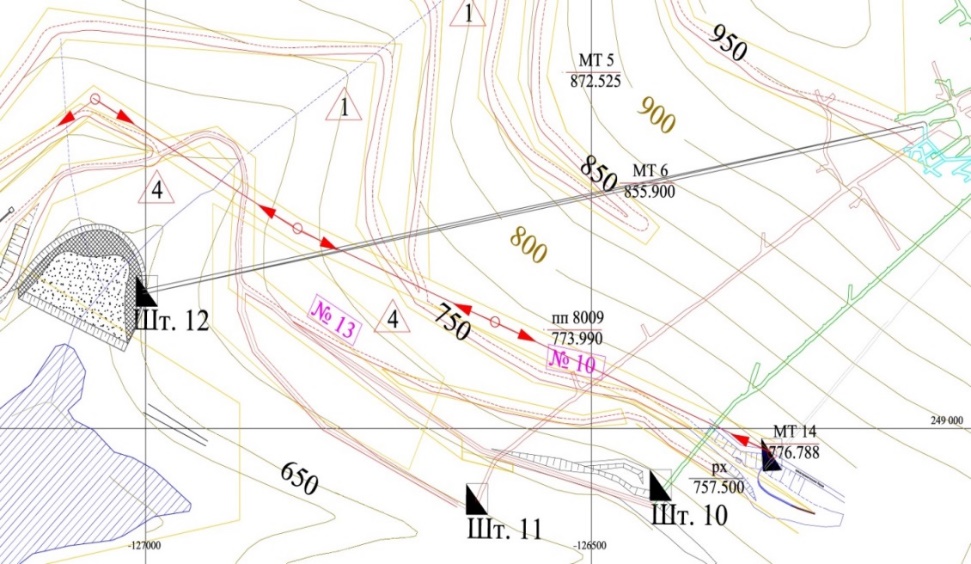


Рис. 3. – Вскрытие гор. 615м по варианту 2, предусматривающему строительство новой штольни №12 вблизи ЗИФ

При отработке нижнего этажа добытая руда транспортируется автосамосвалами Paus UNI 50-2 по штольне №12 непосредственно на рудный склад ЗИФ. Данный вариант позволяет исключить поверхностный транспорт руды и процесс ее перегрузки.

Объем горнокапитальных работ по варианту 2 составляет 17680 м3, срок строительства горизонта – 1,7 лет. Длина транспортирования по горным выработкам – 910 м (табл. 1).

Во всех вариантах проходка горизонтальных и наклонных выработок производится буровзрывным способом с использованием комплекса самоходного оборудования [4]: буровая установка Simba S7D и погрузо-доставочная машина Atlas Copco ST 2D. Крепление выработок в устойчивых породах – сталеполимерными анкерами, в зонах тектонических нарушений – металлической крепью из спецпрофиля СВП-22. Восстающие и рудоспуски проходятся при помощи комплекса КПН-4А.

Сравнение вариантов выполнено по критерию минимума дисконтированных затрат, получаемых путем суммирования разновременных капитальных затрат на вскрытие горизонта и эксплуатационных затрат на транспорт руды до ЗИФ [5-7]. Целевую функцию *ДЗ* можно представить следующим образом:

 (1)

где *T* – общая продолжительность строительства и эксплуатации горизонта, лет;

*K*гкр *t* –капитальные затраты на проведение горно-капитальных выработок в t-м году строительства горизонта, руб/год;

*Э*пов *t* , *Э*вшт *t* – эксплуатационные затраты на поверхностный и внутришахтный транспорт руды в *t-*м году эксплуатации горизонта, соответственно, руб/год;

*E* – норма дисконта, доли ед.

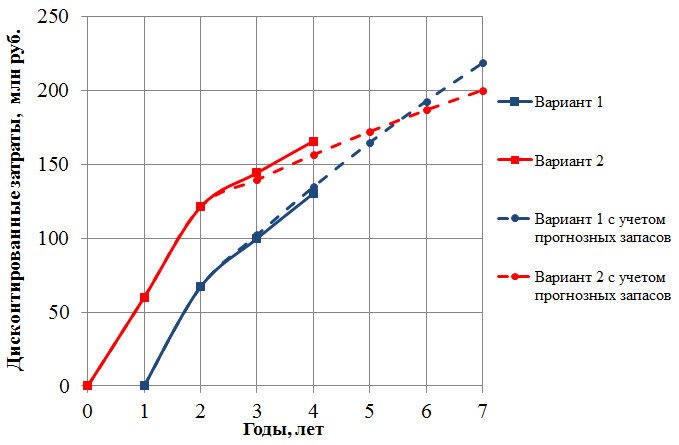


Рис. 4. – График дисконтированных затрат по вариантам вскрытия

Таблица 1 – Технико-экономические показатели по вариантам вскрытия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Ед. изм. | Вариант 1 | Вариант 2 |
| Длина транспортного уклона | м | 380 | - |
| Длина штольни №12 | м | - | 910 |
| Длина наклонного съезда | м | 380 | 380 |
| Длина доставочного штрека | м | 160 | 160 |
| Сечение горизонтальных выработок | м2 | 11,5 | |
| Общая длина ВХВ | м | 100 | 100 |
| Сечение ВХВ | м2 | 6,0 | |
| Общая длина рудоспусков | м | - | 100 |
| Сечение рудоспуска | м2 | 4,0 | |
| **Объем горно-капитальных работ** | **м3** | **11180** | **17680** |
| Скорость проходки выработок | м/мес. | 80 | |
| **Срок строительства горизонта** | **лет** | **1,0** | **1,7** |
| Стоимость проходки 1 м3 выработки | руб/м3 | 7000 | |
| Затраты на проходку выработок | тыс. руб. | 78260 | 123760 |
| Затраты на оформление рабочей площадки  и устройство портала штольни | тыс. руб. | 0 | 7600 |
| **Суммарные капитальные затраты** | **тыс. руб.** | **78260** | **131360** |
| Эксплуатационные запасы / общие запасы  с учетом прогнозных | тыс. т | 200 / 500 | |
| Расстояние транспортирования по подземным горным выработкам | м | 580 | 910 |
| Расстояние транспортирования от промплощадки штольни до ЗИФ | м | 1000 | 0 |
| Стоимость подземного транспорта | руб/т∙км | 320 | |
| Стоимость поверхностного транспорта, включая ее перегрузку | руб/т∙км | 204 | |
| Затраты на подземный транспорт руды | тыс. руб. | 37120 / 92800 | 58240 / 145600 |
| Затраты на поверхностный транспорт руды | тыс. руб. | 40800 / 102000 | 0 |
| **Суммарные эксплуатационные затраты на транспорт руды до ЗИФ** | **тыс. руб.** | **82560 / 206400** | **58240 / 145600** |
| Срок отработки запасов | лет | 2 / 5 | |
| **Суммарные дисконтированные затраты** | **тыс. руб.** | **130350 / 218670** | **165700 / 200320** |

Расчет основных технико-экономических показателей по сравниваемым вариантам вскрытия приведен в таблице 1, результаты расчетов – на рисунке 4. Дополнительно рассмотрены и просчитаны два подварианта: первый – учитывает отработку только утвержденных балансовых запасов, второй – общих запасов с учетом прогнозных. Единичные расценки на строительство горно-капитальных выработок, поверхностный и внутришахтный транспорт приняты по данным рудника. Для дисконтирования затрат приняты: норма дисконта – 8%; годовой объем добычи по этажу – 100 тыс. т.

Сравнительный анализ рассмотренных вариантов показал:

- при освоении только балансовых запасов *вариант 1* является более эффективным по сравнению с *вариантом 2*,поскольку имеет меньшие объем дисконтированных затрат (на 21%) и срок строительства (на 40%);

- срок строительства по *варианту 2*, включая время на подготовку рабочей площадки у устья штольни №12 и устройство портала, составляет около двух лет. Балансовые запасы этажа 665/615м будут отработаны за два года. В этом случае строительство штольни №12 не имеет смысла. При условии заметного прироста запасов рудника по результатам эксплуатационной разведки целесообразность *варианта 2* резко возрастает.

На основании конструирования и технико-экономического сравнения вариантов вскрытия утвержденных запасов ниже гор. 665м для дальнейшего проектирования рекомендован вариант 1, предусматривающий строительство транспортного уклона из штольни №11.

*Исследования выполнены в рамках государственного задания № 007-002293-18-00 (тема № 0405-2018-0015).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Секисов Г.В., Нигай Е.В., Соболев А.А. Перспективность освоения малых и весьма малых золоторудных месторождений в Восточно-Российском регионе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – №12. – С. 66-74.

2. Корнилков С.В., Соколов И.В., Славиковская Ю.О., Никитин И.В. Обоснование технико-экономической целесообразности возобновления эксплуатации Квайсинского свинцово-цинкового месторождения на основе геоинформационного моделирования // Изв. вузов. Горный журнал. – 2014. – №3. – С. 9-17.

3. Соколов И.В., Антипин Ю.Г., Никитин И.В., Барановский К.В., Рожков А.А. Изыскание подземной геотехнологии при переходе к освоению глубокозалегающих запасов наклонного медноколчеданного месторождения // Известия УГГУ. – 2016. – №2 (42). – С. 47-53.

4. Соколов И.В., Смирнов А.А., Антипин Ю.Г., Никитин И.В., Барановский К.В. Направления развития и опыт применения подземной геотехнологии с использованием самоходной техники на уральских рудниках // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – №4. – С. 66-74.

5. Соколов И.В., Антипин Ю.Г., Никитин И.В. Моделирование и оптимизация способа и схемы вскрытия подкарьерных запасов крутопадающих рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – №6. – С. 190-196.

6. Никитин И.В. Методика и алгоритм расчета для экономико-математического моделирования вариантов вскрытия подкарьерных запасов // Проблемы недропользования: материалы VI Всерос. молодежной науч.-практ. конф., 8-10 февраля 2012 г. / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – С. 151-157.

7. Никитин И.В. Вскрытие и технология отработки крутопадающего жильного месторождения в условиях гористой местности // Проблемы недропользования. – 2014. – №1. – С. 108-113. DOI:10.18454/2313-1586.2014.01.108.