

УДК 622.553.411

Г.В. Секисов, А.А. Соболев, Е.В. Нигай

**ТИПЫ МАЛОМАСШТАБНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО
РЕГИОНА И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ**

Определены основные проблемы обеспечения и целесообразного и эффективного освоения маломасштабных золоторудных месторождений региона.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, Дальний Восток, морфологические особенности месторождений.

Основные особенности золоторудных месторождений региона В условиях растущего международного экономического кризиса весьма важная роль в деле развития экономики России отводится золотовалютному резерву страны. Только при обеспечении золотым эквивалентом Российский рубль будет оставаться стабильным по отношению к валюте других стран, а экономика страны будет устойчивой к мировым экономическим потрясениям. В связи с этим и необходимостью повышения стабильности жизни страны и ее народа необходимо ежегодно увеличивать добычу золота в стране, и в частности, на Дальнем Востоке, на который в разные годы приходилось до 50 % производимого в России металла.

Минерально-сырьевая база золота России по структуре не претерпела существенных изменений, и, по прежнему, более 50 % составляют запасы золота коренных месторождений, менее 20 % — россыпных, примерно третью часть — комплексных золотосодержащих рудных месторождений цветных металлов [1]. В стране, до 2002 года

количество получаемого металла из россыпей преобладало над золотом из руд примерно в 1,5 раза, но в связи с ежегодным истощением запасов металла россыпей в горнодобывающей промышленности наметилась тенденция к повышению количества вовлекаемых в разработку золоторудных месторождений, а, как следствие, — увеличение доли получаемого из них золота (рис. 1). Дальний Восток занимает одно из главных мест в золотодобыче страны и располагает значительными ресурсами золота коренных месторождений, большая часть которых осваивается достаточно длительное время. При этом важную роль в пополнении золотовалютных резервов страны пока играют средние и крупные по масштабам золоторудные и золотосеребряные месторождения (табл. 1). Однако за годы интенсивной отработки ресурсный потенциал подобных месторождений заметно снизился и на данный момент близок к истощению. Поэтому весьма актуальна проблема воспроизводства сырьевой базы за счет выявления и разведки новых месторождений.



Рис. 1. Динамика добычи золота в России [2]

Таблица 1

Группировка золоторудных месторождений региона по масштабности запасов

Категория месторождений		Масштабность запасов месторождения, т	Золоторудные месторождения
Индекс	Наименование		
1	2	3	4
I	Уникальные	>400	Нежданинское
II	Весьма крупные	100—400	Куранахское, Лебедино, Многовершинное, Майское, Наталкинское, Кубакинское, Кючус, Тасеевское, Дарасунское (Читинская область) и др.
III	Крупные	50—100	Хаканджинское, Купол (Чукотский АО), Аметистовое, Покровское, Каральвеем, Карамкен и др.
IV	Средние	20—50	Агинское, Родниковое, Березитовое, Токурское, Маломирское, Бамское и др.
V	Небольшие	10—20	Кировское, Унгличканское, Успенское, Албазинское, Агни-Афанасьевское, Криничное, Дяппенское, Тумнинское, Октябрьское, Авлаяканское, Етара, Юрьевское, Золотое (Оганчинское), Озерновское, Порожистое, Дурминское, Ветренское, Джульетта и др.
VI	Малые	5—10	Золотая Гора, Харгинское, Учаминское, Покровско-Троицкое, Нонинское, Василек, Скарновое, Скарновое-2, Благодатное, Агатовское, Нявленга, Карымшинское, Дыльменское и др.
VII	Весьма малые	Менее 5	Сопка Рудная, Сыпучее, Пельвунтыкойнен, Средне-Ичувеемское, Надетнинское, Дыльменское, Хоторчан, Чачика, Аскольд, Прасоловское, Северяновское, Жильное, Переселенческое, Рукосуевское, Левенштерновское, Дидбиранское, Мартемьяновское, Холанское, Оемкинское и др.

В связи с этим все большего внимания заслуживает освоение маломасштабных золоторудных объектов, распространенных практически во всех золотоносных областях и провинциях региона, зачастую компактно сгруппированные в рудных узлах, районах или вдоль протяженных рудоносных зон. Именно за счет обработки таких месторождений возможно изменение отрицательной динамики добычи золота в регионе (рис. 2.).

К маломасштабным, авторы относят месторождения V, VI и VII индексов в табл. 1. группировки золоторудных месторождений региона по масштабности запасов.

На фоне крупно- и среднемасштабных объектов добычи маломасштабные месторождения менее привлекательны для освоения, из-за небольших запасов, недостаточной разведанности, инфраструктурной и энергетической необеспеченности, и некоторых других факторов влияющих на рентабельность их эксплуатации. Тем не менее, золотодобыча на указанных объектах после их доразведки могла бы играть важную роль в структуре общей золотодобычи страны, поскольку маломасштабные месторождения достаточно широко распространены практически во всех золотоносных провинциях, и не только данного региона. Количество их в общей сумме намного превышает общее количество средних и крупных, а по суммарным запасам, в частности только, в Хабаровском крае, они могут быть приравнены примерно двум крупным месторождениям золота [3].

Золоторудные месторождения имеют разнообразный генезис: магматогенно-гидротермальный, вулканогенно-плутоногенный, метаморфогенно-гидротермальный и др.

Золоторудные месторождения Дальневосточного региона (ДВР) сформированы большей частью в пределах интрузивных, метаморфических и вулканогенных массивов горных пород повышенной прочности, сложенных гранодиоритами (Березитовое), диоритами (Школьное), монцититами (Боргуликан), магнетитовыми и шеелитовыми скарнами (Скарновое, Скарновое-2, Участок Рябиновый). Среди малых месторождений наиболее широко распространены золотокварцевые (Алба-зинское, Октябрьское, Покровско-Троицкое, Агние-Афанасьевское) с оруденением жильного типа. Руды этих месторождений содержат свободное золото и в большинстве своем легко и относительно легкообогатимы.

Морфологические особенности месторождений. Для выбора способа разработки месторождений и рациональных методов обработки рудовмещающих залежей и рудных тел большое значение имеет не только детальная изученность особенностей размещения рудных залежей и тел, к которым относятся особенности залегания, структурно-геологические особенности, крутизна падения, глубина залегания, характер распределения содержания металлов или полезных компонентов. Важное значение имеет их морфология — форма рудных тел, залежей, гнезд и линз, их размеры, выдержанность пластов и их мощность — то есть все параметрические характеристики извлекаемых и подготовленных к выемке золото-содержащих руд.

Применительно к Дальневосточному региону авторами осуществлена типизация маломасштабных золоторудных месторождений по их основным морфологическим разновидностям (табл. 2).

Таблица 2

Типизация маломасштабных золоторудных месторождений Дальневосточного региона по их основным морфологическим разновидностям

Тип золоторудных месторождений	Морфологическая разновидность	Характерные особенности оруденения
1	2	3
I. Штокверковый	1. Изометричный штокверк (Белая Гора и др.)	Промышленные концентрации золота локализованы в гнездах, линзах и столбообразных телах. Распределение золота в большинстве — крайне неравномерное.
	2. Собственно штокверковый (Боргуликан и др.)	Минерализованные жильобразные тела в пределах штокверка с тонкой вкрапленностью золота в кварцевых и сульфидных прожилках.
	3. Штокверковый в сочетании с кварцево-жильным типом и зонами минерализации	Штокверковый тип в сочетании с зонами минерализации и кварцево-жильными рудными телами.
II. Минерализованные зоны	2. Минерализованные зоны вторичных кварцитов и метасоматитов, зоны окварцевания и сульфидизации (Албазино)	Характерны рудные столбы с высокими содержаниями золота.
III. Кварцево-жильный	1. Собственно кварцево-жильный (Валунистое)	Кварцево-жильные и прожилково-жильные зоны различной мощности. Характерно прожилково-вкрапленное и гнездовое распределение золота в кварце.
	2. Кварцевожильный в сочетании с зонами минерализации (Ветренское)	Кварцевые жилы преобладают, встречаются жильобразные и прожилково-жильные тела, зоны минерализации незначительной мощности, а также система прожилков, кварцевых жил, изредка — линзы и гнезда.
IV. Золоторудные дайки	1. Минерализованные золоторудные дайки	Прожилковый кварцево-жильный тип оруденения в рудоносных дайках



Рис. 2. Динамика объемов добычи золота в Дальневосточном регионе [2]

Минералогические особенности маломасштабных золоторудных месторождений ДВР. Каждое месторождение полезных ископаемых характеризуется определенным набором рудных промышленных и сопутствующих им минералов и их парагенетических ассоциаций. Минеральные типы руд месторождений различного генезиса соответствуют, как правило, определенным рудным формациям и геолого-промышленным типам месторождений.

Весьма важной минералогической классификацией является разбивка рудных месторождений золота с целью выбора оптимальных методов извлечения полезных компонентов по степени сульфидности руд. По содержанию сульфидов рудные минералы в них делятся на:

- убого-сульфидные — менее 2 %, (месторождение «Ветренское», расположенное в Тенькинском районе Магаданской области, с запасами золота 9,7 т и его содержанием - 22,3 г/т. добычные работы на месторождении ведет ООО «Артель старателей «Чукотка»);

- малосульфидные — 2—5 %, (золото-кварцевое малосульфидное золото-серебряное месторождение «Валунистое», расположенное в Анадырском районе);

- умеренно сульфидные — 5—20 %, (золото-кварц сульфидное месторождение «Золотая гора» в Амурской области; месторождение «Тас-Юрях», отработанное а/с «Амур»);

- сульфидные — более 20 % сульфидов.

Потенциал этих формаций до конца не оценен и представляется высоким.

Применительно к Дальневосточному региону авторами составлена группировка наиболее известных

маломасштабных золоторудных месторождений по золотосодержащему минеральному типу (табл. 3.).

Современное состояние и перспективы освоения маломасштабных золоторудных месторождений. В ряде зарубежных стран освоение маломасштабных месторождений рудного золота получило интенсивное развитие с конца 70-х годов минувшего столетия. Этому способствовали короткие сроки вовлечения таких месторождений в освоение, наличие мобильного горно-обогатительного оборудования, ускоренное получение прибыли при низких капитальных и эксплуатационных затратах; относительно высокий уровень производственного труда.

В нашей стране освоение таких месторождений, и, прежде всего, золоторудных, стало развиваться с конца 80-х годов XX века, т.е. накануне распада СССР. Однако развал горной промышленности в 90-х годах прервал эту зародившуюся тенденцию. Вследствие же повышения цен на данный металл (рис. 3), а также истощения запасов россыпных месторождений в ряде золотодобывающих регионах страны и в первую очередь — в Дальневосточном — начато постепенное переориентирование добывающих артелей на освоение (со второй половины 90-х годов) некоторых маломасштабных золоторудных месторождений.

Маломасштабные и, прежде всего, жильные золото-кварцевые месторождения постепенно осваиваются горнодобывающей промышленностью, и многие из них к настоящему моменту экономически эффективно отработаны (месторождения «Клин», «Юпитер» и некорые другие), однако практически во всех случаях подобные объекты рассматриваются как сырьевой придаток к

Таблица 3

Минеральные типы и состав наиболее известных маломасштабных золоторудных месторождений Дальневосточного региона

Минеральный тип	Минеральный состав руд	Месторождения
1. Золото-серебряный	Кварц, адуляр, халцедон, альбит, серицит, самородное золото, самородное серебро, хлорит, гидро-слюды, арсентит, акантит, родонит, родохрозит, манганокальцит, полибазит, кюстелит, канфилдит, голдфилдит и др.	Дурминское (6-12), Валунистое и др.
2. Золото-сульфидно-мышьяковый	Арсенопирит, самородное золото, антимонит, пирит, пирротин, марказит, сфалерит, галенит, касситерит, станнин буланжерит и др.	Учаминское (7-12) и др.
3. Золото-кварцевая убого- и малосульфидный	Кварц, самородное золото, пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, канфилдит, арсентит, фрейбергит, науманит, полибазит, голдфилдит, адуляр, марказит, магнетит, гидрослюды и др.	Озерновское (17,3-2,4), Ветренское (22,3) и др.
4. Золото-кварцевый умеренно сульфидный (золото-сульфидно-кварцевый)	Кварц, пирит, арсенопирит, самородное золото, самородная платина, сперрит, иридосмин, галенит, сфалерит, адуляр, серицит и др.	Албазино (8) Тас-Юрях и др.
5. Золото-скарновый	Гематит, магнетит, кварц, кальцит, самородное золото, карбонаты (кальция, магния, марганца) и др.	Скарновое, Рябиновый, Скарновое-2 (11,4-28,7) и др.
6. Золото-вольфрамовая	Кварц, шеелит, самородное золото, альбит, арсенопирит, редко — пирит, пирротин, галенит, антимонит и др.	Харгинское (8-27), Восток-2

*В скобках даны средние содержания золота по месторождению, в граммах на тонну

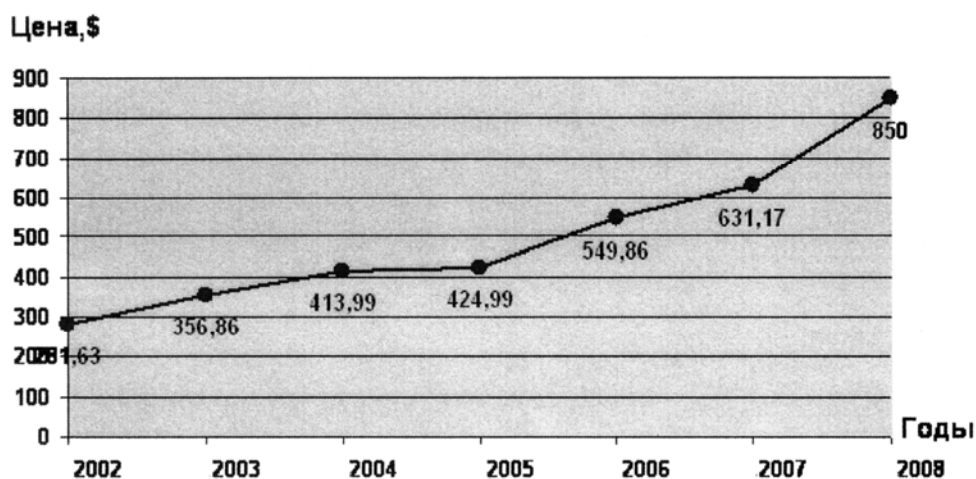


Рис. 3. Динамика роста цены на золото по состоянию на 01.01 каждого года (USD за тройскую унцию) [4]

средним и крупным месторождениям, так как строительство отдельной обогатительной фабрики для их переработки не считается целесообразным. В частности, на руднике Рябиновый артелью «Амур» была построена ЗИОФ мощностью 300 тыс. т в год, для переработки руды месторождения «Рябиновое», которое обеспечило добычу открытым способом 440 000 т, подземным способом 210 000 т руды со средним содержанием 5-10 г/т [5]. Затем руда доставлялась с соседнего карьера месторождения «Виктория» 232 000 т со средним содержанием золота в руде 9,4 г/т [5, 6]. Данного месторождения хватило бы на 3—4 года работы фабрики. Однако благодаря вовлечению в отработку окрестных мелких золоторудных месторождений: таких как «Клин», «Юпитер», месторождение «Левобережное» на участке Сафрон и «Василек» на Дюсмаките, а также добычи руды на руднике «Юбилейный» и отработки участка «Муктана» фабрика отметила свое 5-летие (выдав за 5 лет свыше 15 т золота) и обеспечена работой на следующую пятилетку [5].

Риски, связанные с освоением малых месторождений артелью «Амур», все же имели место. К примеру, в связи с неподтверждением запасов на месторождении «Тас-Юрях» и не давшей положительных результатов геологоразведки на поиск окрестных маломасштабных золоторудных месторождений, артель вынуждена была свернуть на данном месторождении золотодобычу и произвести в 2006 г. демонтаж горного оборудования и фабрики, перебазировать их на месторождение «Тукчи», что принесло немалые убытки. Данный случай подтверждает недостаточную достоверность подсчета запасов на малых месторождениях. Низкая достоверность запасов золота на этих

месторождениях предопределяет обязательную их доразведку с применением глубокого бурения (прежде всего, на перспективных участках), а также детализацию при дополнительных поисково-оценочных работах.

Обособленная отработка малых рудных объектов золотодобычи в регионе в единичной форме может оказаться нерентабельной. Это связано в первую очередь с большими затратами на строительство ЗИОФ и доставку к ней руды, которые в условиях труднодоступности и низкой заселенности приводят к резкому удорожанию строительства горно-обогатительных предприятий (прежде всего, в зависимости от местоположения месторождения). Решение проблемы эффективного освоения маломасштабных золоторудных месторождений осуществимо, по нашему мнению, прежде всего на основе создания и промышленного использования универсально-мобильных подготовительно-перерабатывающих комплексов, размещаемых во внутри-карьерном пространстве. Возможно также эффективное использование в определенных условиях передвижных и полустационарных обогатительных установок, которые должны отвечать следующим основным критериям:

1. *Компактность и мобильность.* Установка должна иметь небольшой вес, габариты и высокие удельные показатели. Только в этом случае затраты на заводское изготовление единичного оборудования, на его доставку к месторождению, монтаж, строительство портативных зданий и сооружений оправдаются.

2. *Минимальные эксплуатационные затраты.* Высокая производительность труда должна сочетаться с низкими энергетическими, эксплуа-

тационными и материальными затратами.

3. *Высокие технологические показатели:* Извлечение полезного компонента на уровне 96—98 %, которое должно сочетаться с низким выходом концентрата; содержание металла в конечном концентрате не должно быть меньше 30 %, что является достаточным для проведения аффинажных работ без существенных затрат. В некоторых случаях целесообразно создавать собственный аффинажный цех.

4. *Экологическая чистота.* Обеспечение экологически чистой технологии переработки руд малых месторождений возможно при соблюдении, по меньшей мере, двух основных условий — использовании безреагентных процессов обогащения и складировании хвостов в обезвоженном состоянии.

Предлагаемый универсально-мобильный подготовительно-перерабатывающий комплекс схематично представлен на рис. 4.

Ниже приведен принцип действия предлагаемого комплекса.

Производят минеральное районирование обрабатываемого месторождения, иерархическое выделение добычных и породных выемочных элементов. Затем осуществляют взрывное разрушение скальных и прочных полускальных горных пород, механическое рыхление плотных горных пород и некрепких скальных пород. Производят опережающее, текущее и оперативное информационное обеспечение технологических процессов отдельных добычи, минеральной подготовки и переработки разнокачественных золотосодержащих руд. Производят дифференцированную селективную экскавационную выемку горной массы и отгрузку в полном соответствии с широким спектром ее

качественных особенностей. Предобогатительную подготовку, которая включает в себя весь процесс дробления и измельчения руды, до класса — 0,074 мм производят в головном минерально-подготовительном агрегате 1. Следующим этапом осуществляют первичную переработку по типам, подтипам и сортам с применением соответствующих им наиболее эффективных интенсивных технологий: магнитной и электрической сепарации, гравитационной, флотационной, и ускоренного выщелачивания, реализуемых в сочлененных мобильных обогатительных агрегатах 2. Полученный на выходе концентрат отправляют на аффинаж.

Основные проблемы обеспечения и целесообразного и эффективного освоения маломасштабных золоторудных месторождений региона заключается, главным образом, в следующем. В настоящее время социально-экономическая обстановка в России несколько изменилась в связи с разразившимся в мире экономическим кризисом, о чем, в частности, свидетельствует сокращение притока внешних инвестиций, и повышение интереса к золотодобыче. Это предопределяет существенное изменение отношения к освоению в регионе маломасштабных месторождений различных полезных ископаемых и, в первую очередь, золоторудных.

Вместе с тем широкое и интенсивное освоение малых рудных месторождений в регионе станет возможным при обеспечении эффективного решения следующего комплекса важных проблем:

1. Обоснование стратегии, иерархической системы и последовательная реализация комплекса программ по выявлению, формированию, освоению и сохранению маломасштабных золоторудных месторо-

ждений и производных минеральных объектов.

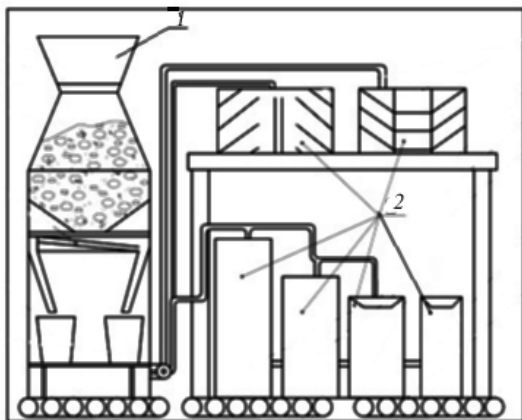


Рис. 4. Универсально-мобильный подготовительно-перерабатывающий комплекс

2. Организация и последовательное обеспечение широкомасштабных поисков в регионе, территория которого опойскована менее чем на 40 %, и собственно геологоразведочных работ, направленных на надежное формирование новых — перспективных для освоения минеральных объектов.

3. Осуществление систематизации и надлежащего учета ранее выявленных рудоминеральных объектов.

4. Ускоренное но качественное выполнение комплексной, включая геолого-экономическую, оценки маломасштабных рудных месторождений и поэтапное последовательное выделение из их числа перспективных для освоения.

5. Осуществление доразведки и последующей переоценки слабоизученных маломасштабных золоторудных месторождений.

6. Организация и задействование в регионе организационных систем для перманентного и квалифицированного выполнения комплексных научных обоснований, минерально-технологических исследований, проектно конструкторских разработок, материализации их результатов в целях эффективного освоения маломасштабных золоторудных месторождений региона.

7. Осуществление научно-технического обоснования, конструкторских разработок, материализации и рациональной реализации высокопроизводительных и надежных в эксплуатации мобильных и универсальных агрегатов и высокоэффективных технологий освоения данных месторождений.

8. Широкое применение прогрессивных технологий выщелачивания относительно бедных руд с использованием мобильных, малообъемных и экологически безопасных технологических агрегатов размещенных внутри рабочего карьерного пространства.

9. Современное кадровое обеспечение мобильных горно-обогатительных предприятий включая подготовку и использование специалистов из местного населения.

10. Снижение налоговой и контрольной нагрузки на пользователей недр, занятых разработкой маломасштабных золоторудных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривцов А.И. Прогноз сбалансированного использования и развития отечественной минерально-сырьевой базы благородных металлов // Руды и металлы № 4. 2007 С. 5—9.

2. Брайко В.Н. Иванов В.Н.// Результаты работы золотодобывающей отрасли в 2007 году / Золото добыча № 113/ Информационно-рекламный бюллетень ИрГИ-РедМет Апрель 2008 г. С. 34—38.

3. *Секисов Г.В. Нигай Е.В. Соболев А.А.* Перспективность освоения малых и весьма малых золоторудных месторождений в восточно-русском регионе // Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск 15 С. 66—74.

4. <http://www.rjexpert.ru/articlesanalytcs5.htm>

5. «Руднику рябиновый 5 лет. Золото таежной фабрики» Амур 2005 выпуск 6 ЗАО артель «Амур» Дела и люди стр. 33

6. *Проект* на вскрытие и отработку рудной зоны «Виктория» месторождения «Рябиновое» открытым способом Том 1 книга 1 РФ ЗАО артель «Амур». **ГИАБ**

Коротко об авторах

Секисов Г.В. — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией проблем освоения рудных и нерудных месторождений,
Соболев А.А. — младший научный сотрудник,
Нигай Е.В. — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ

Савич И.Н. – д-р техн. наук, профессор,

Гагиев Т.А., Павлов А.А. – аспиранты,

Московский государственный горный университет,

Применение систем с подэтажным обрушением при разработке наклонных рудных залежей. Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2010. — № 12. — 24 с.— М.: Издательство «Горная книга».

Одним из путей обеспечения высоких количественных и качественных показателей добычи является модернизация систем с обрушением руды и вмещающих пород за счет регулирования их параметров. Для определения рациональных параметров систем разработки, режима и порядка выпуска были проведены исследования на физической и компьютерной моделях.

Ключевые слова: показатель добычи, модернизация систем, обрушение руды, вмещающие породы, очистная выемка, моделирование процесса выпуска, траектория движения, физическая модель.

Savich I.N., Gagiev T.A., Pavlov A.A. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ С ПОДЭТАЖНЫМ ОБРУШЕНИЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ
Moscow State Mining University, Russia, tpr_msmu@mail.ru

One of the ways to ensure high quantitative and qualitative indicators is the modernization of production systems with caving of ore and host rocks due to regulation of their parameters. To determine the rational parameters of mining systems, treatment and order release, studies were carried out on the physical and computer models.

Савич И.Н., Павлов А.А., Гагиев Т.А. Показатели извлечения при подэтажном обрушении с торцевым выпуском рудной массы

Savich I.N., Gagiev T.A., Pavlov A.A.

INDICATORS OF RECOVERY AT SUBLEVEL CAVING OF THE ORE

Савич И.Н., Павлов А.А., Гагиев Т.А. Параметры подэтажного обрушения при разработке наклонных рудных залежей

Savich I.N., Gagiev T.A., Pavlov A.A.

THE PARAMETERS OF SUBLEVEL CAVING IN THE EXTRACTION OF INCLINED ORE DEPOSITS

Гагиев Т.А.

Моделирование подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды
Gagiev T.A.
MODELING OF SUBLEVEL CAVING WITH FRONT CAVING OF ORE