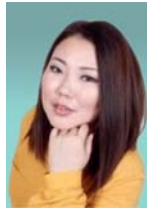


УДК 622.037

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗВЗРЫВНОЙ ОТРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ



В. С. МАРКОВ,
доцент,
канд. техн. наук,
marko-valeri@mail.ru



А. А. НИКОЛАЕВА,
заведующая
лабораторией

Северо-Восточный федеральный университет
им. М. К. Аммосова, Якутск, Россия



Л. В. ПЕТРОВА,
старший преподаватель,
Северо-Восточный
федеральный университет
им. М. К. Аммосова,
Якутск, Россия



В. Н. ЛАБУТИН,
старший научный сотрудник,
канд. техн. наук,
ИГД им. Н. А. Чинакала СО РАН,
Новосибирск, Россия

Введение

На территории Российской Федерации (РФ) запасы золота учтены в 5970 месторождениях: 481 коренном и 5489 россыпных. Около 2/3 прогнозных ресурсов и запасов золота находится в восточных регионах России — в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке [1]. Удельный вес разведанных запасов россыпей для подземного способа разработки составляет 10 % всех россыпных месторождений РФ, при этом на Дальневосточный регион приходится 8 % месторождений, Восточно-Сибирский — 2 %.

Месторождения россыпного золота сосредоточены в основном в пяти регионах: в Чукотском автономном округе (7 %), Республике Саха (Якутия) (14 %), Магаданской (11 %), Иркутской и Амурской областях. Основным золотодобывающим регионом в России является Дальневосточный, который по количеству разведанных запасов занимает второе место, а по добыче золота — первое (~50 %) [2].

В Якутии находится более 90 % ресурсного потенциала россыпного олова России, которое сосредоточено в 15 крупных россыпных месторождениях Северо-Янского оловоносного района, в

Приведены результаты шахтных экспериментов на одном из россыпных месторождений Якутии при проходке горной выработки по многолетнемерзлым горным породам. Выполненные исследования позволили сформулировать основные принципы разработки новых россыпных месторождений приолитозоны подземным способом.

Ключевые слова: россыпные месторождения криолитозоны, безвзрывная разработка, самоходное оборудование, проходческий комбайн с комбинированным исполнительным органом, камерная система разработки.

DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.08

том числе не имеющая аналогов в мире уникальная по запасам и качеству россыпь «Тирехтях» (50 % всех запасов россыпного олова). Обеспеченность запасами, пригодными для промышленного освоения при существующих экономических условиях, определяется на уровне 20–25 лет [3].

В последние годы геологами выявлен ряд россыпных месторождений алмазов для подземной разработки.

Результаты внедрения безвзрывных технологий разработки месторождений криолитозоны

Анализ технико-экономических показателей систем разработки и технических средств, применяемых при подземной разработке россыпных месторождений северо-востока России, свидетельствует, что существующие технологии практически исчерпали свои возможности. Дальнейшее повышение эффективности разработки требует научного обоснования и внедрения безвзрывных технологий, базирующихся на результатах научных исследований и применении высокопроизводительных горных машин и механизмов, повышающих эффективность и безопасность ведения горных работ.

Внедрение в практику подземной разработки россыпных месторождений в условиях ГОКа «Куларзолото» погрузочно-доставочных машин (ПДМ) отечественного и зарубежного производства показало, что применение ПДМ на очистных работах позволило повысить производительность труда при доставке отбитых песков с 9,6 до 33,4 м³/чел. в смену. Кроме того, при использовании ПДМ на очистных работах, коэффициент машинного времени составил 0,55, а на подготовительно-нарезных работах — 0,2–0,4 [4].

Обобщение опыта работы проходческих комбайнов при сооружении шахтных стволов в условиях россыпных месторождений криолитозоны (РМК) и определение коэффициента крепости f по методике ИГДС СО РАН позволили определить рациональные области их применения (см. таблицу) [4–12].

Области рационального применения комбайнов

Инженерно-литологический тип пород	Наименование породы	Расход резцов, ед/м ³	Производительность, м ³ /смену	Категория буримости	Коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова	Марка комбайна
I	Чистый лед, илы льдистые	0,04–0,12	≤40	V–VI	1	ГПКС
I	Илисто-глинистые отложения	0,36	≤30	VI–VII	2–3	ГПКС
I	Илисто-глинистые отложения с мелкими включениями (до 10 %) гальки и щебня (крупностью до 20 мм)	0,36–1	≤25	VII–VIII	3	ГПКС
II	Гравийно-галечниковые отложения с частицами крупностью >20 мм (до 15 %), цементированные песчано-глинистым заполнителем	1 и более	10–20	VIII–IX	4	ГПКС
III	Гравийно-галечниковые отложения с частицами крупностью до 50 мм (20–30 %), цементированные песчано-глинистым заполнителем (продуктивный пласт)	5–6	≤5	IX–XI	5–6	КП-21, КП-25, П-110, П-220, КСП-42
IV	Песчанистые или глинистые сланцы (плотик)			IX–XI	5	ГПКС
III	Гравийно-галечниковые отложения с частицами крупностью >80–100 мм (до 20 %), цементированные песчано-глинистым заполнителем (продуктивный пласт)	6	3–4	XI–XII	6–8	Комбайн с комбинированным исполнительным органом
III	Алмазоносное месторождение Солур. Пески, песчаники мелко- и среднезернистые на глинистом цементе; алевролиты глинистые, песчано-глинистые, песчанистые; конгломераты на песчано-глинистом цементе; конгломераты продуктивные на сидерит-пиритовом цементе; доломиты, известняки (продуктивный пласт)	—	—	—	6–9	КП-21, АМ-75, АМ-105, СМ-25МЗ, СМ-250, П-220, КСП-42, ЕТ-250, ЕВЗ-200, ТМ-200, WAV-170, РН22

Таким образом, на основании практического опыта применения проходческих комбайнов и анализа структурных особенностей пород, слагающих россыпные месторождения северо-востока РФ, при проведении горно-подготовительных и очистных работ рекомендуется использовать следующие типы комбайнов:

- серийно выпускаемые комбайны ГПКС с исполнительными органами режущего типа — для породных массивов, представленных литологическими однородными породами, с незначительным объемом (до 15 %) твердых включений крупностью свыше 20 мм, цементированных песчано-глинистым заполнителем;
- комбайны КП-21, КП-25, П-110, П-220, КСП-42 и их зарубежные аналоги — для породных массивов, представленных гравийно-галечниковыми отложениями с частицами крупностью до 50 мм (20–30 %), цементированных песчано-глинистым заполнителем, включая подстилающие коренные породы плотика;
- комбайны с комбинированными исполнительными органами, работающими по принципу резания и удара — для породных массивов, сложенных до 20 % по объему гравийно-галечниковыми отложениями с частицами крупностью свыше 80–100 мм, цементированных песчано-глинистым заполнителем, включая подстилающие коренные породы плотика.

Комбинированная схема разрушения была применена при проходке горной выработки по многолетнемерзлым горным породам проходческим комбайном ГПКС, оснащенным режущей головкой с

приводом мощностью 55 кВт и ударным органом с энергией удара 1,7 кДж [13]. Шахтные эксперименты проводили на одной из россыпных шахт Якутии. Забой нарезной выработки сечением 7 м² был представлен беспорядочно ориентированным кварцевым щебнем, цементированным песчано-глинистым заполнителем. В слое мощностью до 0,5 м забоя имелись отдельные включения кварцевых валунов размером 0,1–0,15 м. Коренные породы нижней части забоя (плотик) представляли собой глинистые сланцы.

Технологический процесс проведения выработки заключался в следующем. В первую очередь у почвы забоя (по плотику) с помощью режущей головки проходили вруб, средняя высота которого составляла 0,6 м, а глубина соответствовала величине хода телескопа комбайна — 0,5 м (рис. 1).

Оставшуюся часть забоя разрушали исполнительным органом ударного действия последовательными сколами стружки в сторону обнаженной поверхности вруба (рис. 2). Окончательное доведение сечения выработки до проектных размеров осуществляли путем снятия режущей головкой приконтурного слоя толщиной 10–20 см, ослабленного ударными нагрузками.

Результаты экспериментальных исследований комбинированного разрушения многолетнемерзлых горных пород показали, что при проведении горной выработки с неоднородным строением средняя удельная энергоемкость разрушения по всему забою более чем в два раза меньше энергоемкости, полученной при обработке участ-



Рис. 1. Проходка вруба по плотнику режущей коронкой комбайна

ков забоя резанием. Техническая скорость проходки составила около 1 м/ч, а эксплуатационная при коэффициенте использования рабочего времени 0,5 — 3–4 м/смену, что почти в три раза выше, чем проходка с применением буровзрывных работ.

Научно-технические разработки и экономические расчеты, а также проведенные шахтные экспериментальные исследования процесса разрушения многолетнемерзлых горных пород ударом и резанием показали возможность создания горных машин с комбинированным исполнительным органом, сочетающим принцип резания и ударное разрушение. Выбор исполнительного органа обусловлен условиями залегания продуктивных пластов РМК, характеризующихся различной структурой и прочностью составляющих их частей. Нижняя часть пласта (плотик) мощностью около 0,5–1 м, состоящая из разрушенных трещинами глинистых сланцев легко разрушалась резанием. Остальная часть забоя, представляющая собой гравийно-галечниковые отложения, цементированные песчано-глинистым заполнителем ($f = 6 \div 8$), не поддавалась резанию, но хорошо разрушалась ударом.

Для разработки алмазонасного месторождения Солур, а также подобных им россыпных месторождений предлагается вариант камерной системы с применением проходческих комбайнов, самоходной техники и закладкой выработанного пространства. Вариант конструктивного исполнения предлагаемой системы представлен на **рис. 3**.

Для отработки запасов месторождения на данном этапе исследований рассмотрен следующий комплекс оборудования: проходческий комбайн АМ-75, погрузочные машины ПНБ-3К и др., самосвалы МоАЗ (или самоходные вагоны), ПДМ для закладочных работ, закладочная машина УМЗК [14].

Шахтное поле (панель) вскрывается двумя наклонными стволами (см. рис. 3). Один из них въездной (1) другой — выездной (2). Ствол 2 соединяется откаточным штреком 3 и оконтуривающими выработками, служащими в дальнейшем в качестве вентиляционных и вторыми выходами из очистных камер.

Наклонные транспортные стволы (автомобильные съезды) проходят под углом 8–10° комбайнами среднего класса (АМ-75, П-220, КСП-42 и др.) с применением ПДМ.



Рис. 2. Разрушение средней части забоя исполнительным органом ударного действия

Подготовительные выработки планируется проходить комбайнами. Направление и уклон подготовительных выработок задает и периодически контролирует маркшейдер. Откаточный штрек проходят по продуктивному пласту сечением 20 м², а оконтуривающие выработки (вентиляционные штреки) сечением 16 м². При проходке откаточного штрека предусмотрены засечки (см. рис. 1) первичных камер на глубину до 1,5 м. Эти выработки в дальнейшем служат нишами для укрытия людей во время движения ПДМ. Камеры расположены под углом к оси откаточного штрека 3 с целью облегчения маневра самоходной техники (см. рис. 1).

Перед началом подготовки вторичных камер производят крепление сопряжений первичных камер с откаточным штреком анкерной крепью с металлической сеткой.

Очистную выемку песков как в первичных, так и во вторичных камерах начинают после сбоек соответствующих подготовительных выработок с оконтуривающими. Выемку песков в камерах осуществляют с помощью проходческих комбайнов с режущими исполнительными органами. Проектное сечение камеры — 20 м².

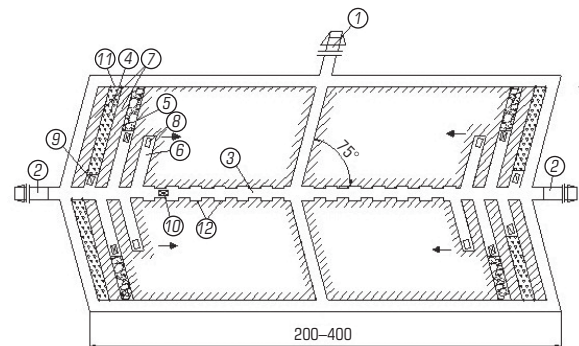


Рис. 3. Начальный этап отработки панели

- 1, 2 — главный и вспомогательный стволы соответственно;
- 3 — откаточный штрек; 4 — отработанная, закладываемая камера; 5 — камера, подготовленная к активировке плотика;
- 6 — камера, находящаяся в очистной выемке;
- 7 — междукamerные целики (вторичные камеры);
- 8 — комбайн очистной; 9 — закладочная машина;
- 10 — ПДМ; 11 — перемычка; 12 — засечки

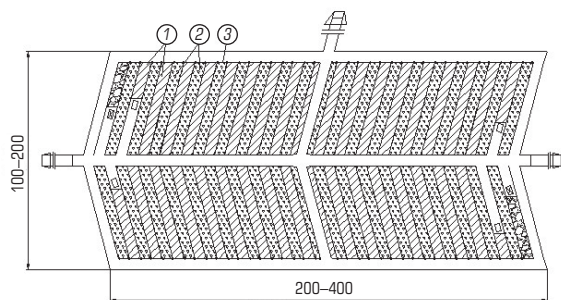


Рис. 4. Отработка вторичных камер:

1 — междукамерные целики; 2 — породные целики;
3 — перемычка

Ширина камер определяется в зависимости от способности кровли сохранять устойчивые незакрепленные пролеты. Предварительные результаты расчетов устойчивости породного массива по геомеханической классификации Д. Лобшира показали, что породы кровли на месторождении Солур относятся к III классу (средней обрушаемости). Они соответствуют также III классу устойчивости и по классификации ВНИИ-1 (среднеустойчивые) [15].

Практика применения камерно-лавных систем разработки свидетельствует о том, что кровля выработок в пройденных многолетнемерзлых россыпях сохраняет долговременную устойчивость при незакрепленных пролетах выработок до 10 м. Согласно Инструкции по разработке многолетнемерзлых россыпей подземным способом, при применении камерной системы устойчивый пролет при допустимой площади обнажения кровли средней устойчивости (III класс) в камере 1,5 тыс. м² составляет 5–10 м; гарантирующий срок устойчивого состояния кровли — до 3 мес; допустимое абсолютное значение опускания кровли в камере — 100 мм [16].

Если мощность продуктивного пласта достаточна для эксплуатации самоходной техники, то продуктивный пласт вынимается комбайном на полную его мощность. В случае небольших (0,2–1 м) мощностей пласта продуктивный пласт вынимают комбайном раздельно, т. е. сначала над пластом проходят выработку, равную ширине камеры, и высотой, позволяющей применять самоходную технику, а затем вынимают сам продуктивный пласт. В технических решениях как для первичных, так и для вторичных камер принято сечение выработки, равное 20 м².

Транспортирование песков и выкладка их на поверхность предусмотрена с использованием подземных самосвалов. Погрузку песков в самосвалы осуществляют с помощью погрузочной машины ПНБ-ЗК (нагребающие лапы).

После сбояки камеры с оконтуривающей выработкой производят активацию отработанных площадей камеры (плотика) с помощью ковша ПДМ. Камера после проведения активировочных работ считается подготовленной к закладочным работам.

После окончания отработки и закладки первичных камер приступают к выемке оставленных между ними целиков. Выемку этих целиков (т. е. подготовку и отработку вторичных камер) проводят в таком же порядке, как и для первичных камер. Отработка вторичных камер показана на рис. 4.

Управление кровлей при предлагаемой системе разработки — комбинированное: поддержание жесткими междукамерными целиками (отработка первичных камер) и плавное опускание кровли на податливые целики из закладочного материала (отработка вторичных камер).

В качестве закладочного материала рекомендуется использовать пустые породы от проходки стволов и очистных камер и породы вскрыши с действующего карьера. Закладка отработанных камер ведется в отступающем порядке от границы шахтного поля к откаточному штреку. Доставку закладочного материала из очистных камер и с других шахтных выработок осуществляют с помощью ПДМ; доставка с поверхности возможна двумя путями: через специально пробуренные скважины большого диаметра и самосвалами.

Технико-экономическое сравнение вариантов камерно-лавной системы разработки с камерной показывает очевидные преимущества второго варианта. Так, производительность труда на горнопроходческих работах (ГПР) увеличивается в 4–5 раз, на очистных — 2,5–3 раза. Объем ГПР при применении камерной системы разработки составляет 10,8 %, а при камерно-лавной — 30 %, потери полезного ископаемого снижаются с 19,1 до 2 %, разубоживание песков уменьшается 45 до 10 %.

Проведенные исследования позволили обосновать основные концептуальные принципы разработки и освоения новых россыпных месторождений криолитозоны (РМК) подземным способом.

1. Отработку РМК с температурой пород –3 °С и ниже, независимо от типа кровли, целесообразно осуществлять камерными системами разработки с панельной подготовкой шахтного поля.

2. Проходку вскрывающих (стволов) и подготовительных выработок следует производить проходческими комбайнами.

3. Очистные работы (камеры) необходимо выполнять проходческими комбайнами шириной 5–7 м, без крепления или с применением анкерной крепи в сопряжениях выработок.

4. Отработку безвзрывной циклично-поточной технологии требуется осуществлять в зимнее время с применением комбайнов, высокопроизводительной самоходной техники, с закладкой выработанного пространства.

5. При изменении мощности продуктивного пласта следует вести селективную выемку, при этом пустую породу целесообразно использовать в качестве закладочного материала.

6. Закладку выработанного пространства производить с помощью метательной закладочной машины.

7. Отработку вторичных камер панели необходимо производить в наступающем порядке с главного откаточного штрека к границам шахтного поля, чтобы сосредоточить закладку вторичных камер на середине панели.

8. Отработку РМК, представленных вмещающими породами с температурой выше –3 °С, желательно осуществлять путем разработки длинными столбами, с применением механизированных комплексов.

Заключение

В результате выполненных исследований определены требования к созданию эффективных технологических схем, позволяющих обеспечить ресурсосберегающую и экологически безопасную отработку россыпных месторождений криолитозоны.

Библиографический список

1. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2012 году : Государственный доклад. — М. : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2014.
2. Воронцова Н. Основные золотодобывающие регионы ДФО в 2013 году увеличили добычу золота // Дальневосточный капитал. 2014. — 2 с.
3. Дьяконов В. А., Гуров С. Д., Ильковский К. К., Маликов Е. Ф., Наумов Г. Г., Шерстов В. А. Состояние и пути повышения эффективности добычи олова в Республике Саха (Якутия). — Якутск : ЯНЦ СО РАН, 2000. — 100 с.
4. Сальманов Р. Н., Данзанов В. Б. Совершенствование технологии подземных горных работ с применением самоходного оборудования // Колыма. 1980. № 5. С. 4–6.
5. Егоров И. К., Тарасов Н. И. Разрушение многолетнемерзлых пород горнопроходческими комбайнами // Цветная металлургия. 1985. № 1. С. 28–32.
6. Иванов В. Г., Ляшенко В. П., Горбунов С. П. и др. Опыт применения горных комбайнов на подземной разработке россыпей // Колыма. 1985. № 7. С. 7–8.
7. Ляшенко В. Д., Иванов В. Г., Данзанов В. Б. Опыт применения проходческих комбайнов при проведении выработок в шахтах предприятий объединения «Северостокзолото» // Колыма. 1983. № 10. С. 8–10.
8. Dietze A., Mischo H. Possibilities and Restrictions for the New Generation of Mining Machines Using Mechanical Excavation Methods in Complex Drift Driving Systems in Underground Hard-Rock Mining // Mine Planning and Equipment Selection : Proceedings of the 22nd MPES Conference, Dresden, Germany, 14th – 19th October 2013. P. 291–301.

9. Salsani A., Daneshian J., Shariati Sh., Yazdani-Chamzini A., Taheri M. Predicting roadheader performance by using artificial neural network // Neural Comput & Applic. 2014. Vol. 24. P. 1823–1831.
10. Abdolreza Y.-C., Yakhchali S. A new model to predict roadheader performance using rock mass properties // Journal of Coal Science & Engineering (China). 2013. Vol.19. No. 1. P. 51–56.
11. Ebrahimabadi A., Goshtasbi K., Shahriar K., Cheraghi Seifabad M. Predictive models for roadheaders' cutting performance in coal measure rocks // Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, Yerbilimleri. January 2011. Vol. 32(2). P. 89–104.
12. Комбайн избирательного действия фирмы Alpine Westfalia // Горная промышленность. 1995. № 1. С. 40–41.
13. Патент 2188944 РФ. Способ определения коэффициента крепости многолетнемерзлых крупнообломочных пород / В. С. Марков, В. А. Шерстов, В. К. Елшин, С. Т. Софронов ; заявл. 19.09.2000 ; опубл. 10.09.2002.
14. Лабутин В. Н., Марков В. С. Перспективы применения комбинированного способа разрушения горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 12. С. 325–333.
15. Марков В. С., Лабутин В. Н., Николаева А. А. Камерная система при подземной разработке алмазоносной россыпи «Солур» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 9. С. 365–370.
16. Laubscher D., Jacobec J. The MRMR Rock Mass Classification for jointed rock masses // Foundations for Design. Brisbane. 2000. P. 475–481. 

«GORNII ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 9, pp. 41–45
doi: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.08

Improvement of blast-free mining technique for placers in permafrost zone

Information about authors

V. S. Markov¹, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, marko-valeri@mail.ru

A. A. Nikolaeva¹, Head of Laboratory

L. V. Petrova¹, Senior Lecturer

V. N. Labutin², Senior Researcher, Candidate of Engineering Sciences

¹ Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

² Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russia

Abstract

A critical analysis of the technical and economic indicators of systems and equipment used in underground mining of placers in the north-east of Russia suggests that the existing technologies have practically exhausted their capabilities. It is required to science-based evaluate and introduce blast-free mining technologies on the ground of studies and application of high-performance mining machines and mechanisms improving efficiency and safety of mining operations.

The article describes the experimental results obtained in a placer mine in Yakutia in the course of permafrost drivage by roadheader GPKS equipped with a cutting head with a 55 kW capacity drive and with a percussion body having an impact energy of 1.7 kJ. The rate of penetration is about 1 m/h, the working speed is 3–4 m per shift at the operation factor of 0.5, which is almost three times higher than the drivage using drilling-and-blasting.

For the development of Solur diamond field and the similar placer deposits, it is offered to apply room-and-pillar method with backfilling and using roadheaders and self-propelled equipment.

The research has allowed evaluation of the basic conceptual principles of underground placer mining in the permafrost zone.

Keywords: permafrost zone placers, blast-free mining, self-propelled machines, heading machine with the combination tool, room-and-pillar mining.

References

1. About the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2012 : State Report. Moscow : Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, 2014. (in Russian)

2. Vorontsova N. Main gold-mining regions of the Far-Eastern Federal District decreased the gold extraction in 2013. *Dalnevostochnyy kapital*. 2014. p. 2.
3. Dyakonov V. A., Gurov S. D., Ilkovskiy K. K., Malikov E. F., Naumov G. G., Sherstov V. A. State and ways of increasing of tin extraction efficiency in the Sakha Republic (Yakutia). Yakutsk : Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2000. 100 p.
4. Salmanov P. H., Danzanov V. B. Improvement of underground mining technology with application of mobile equipment. *Kolyma*. 1980. No. 5. pp. 4–6.
5. Egorov I. K., Tarasov N. I. Destruction of permafrost rocks by heading machines. *Tsvetnaya metallurgiya*. 1985. No. 1. pp. 28–32.
6. Ivanov V. G., Lyashenko V. P., Gorbinov S. P. et al. Experience of application of cutter-loaders on underground mining of placers. *Kolyma*. 1985. No. 7. pp. 7–8.
7. Lyashchenko V. D., Ivanov V. G., Danzanov V. B. Experience of application of continuous heading machines during the excavations in "Severovostokzoloto" enterprises' mines. *Kolyma*. 1983. No. 10. pp. 8–10.
8. Dietze A., Mischo H. Possibilities and Restrictions for the New Generation of Mining Machines Using Mechanical Excavation Methods in Complex Drift Driving Systems in Underground Hard-Rock Mining. *Mine Planning and Equipment Selection : Proceedings of the 22nd MPES Conference, Dresden, Germany, 14th – 19th October 2013*. pp. 291–301.
9. Salsani A., Daneshian J., Shariati Sh., Yazdani-Chamzini A., Taheri M. Predicting roadheader performance by using artificial neural network. *Neural Comput & Applic*. 2014. Vol. 24. pp. 1823–1831.
10. Abdolreza Y.-C., Yakhchali S. A new model to predict roadheader performance using rock mass properties. *Journal of Coal Science & Engineering (China)*. 2013. Vol. 19, No.1. pp. 51–56.
11. Ebrahimabadi A., Goshtasbi K., Shahriar K., Cheraghi Seifabad M. Predictive models for roadheaders' cutting performance in coal measure rocks. *Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, Yerbilimleri*. 2011. Vol. 32(2). pp. 89–104.
12. Selective heading machine Alrine Westfalia. *Gornaya promyshlennost*. 1995. No. 1. pp. 40–41. (in Russian)
13. V. S. Markov, V. A. Sherstov, V. K. Elshin, S. T. Sofronov. *Method of definition of permafrost macrofragmental rocks strength coefficient*. Patent RF, No. 2188944. Applied: 19.09.2000. Published: 10.09.2002.
14. Labutin V. N., Markov V. S. Prospects of application of combined method of rocks destruction. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2015. No. 12. pp. 325–333.
15. Markov V. S., Labutin V. N., Nikolaeva A. A. Chamber systems in underground mining diamond placers «Solur». *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2014. No. 9. pp. 365–370.
16. Laubscher D., Jacobec J. The MRMR Rock Mass Classification for jointed rock masses. *Foundations for Design*. Brisbane, 2000. pp. 475–481.