ГЕОТЕХНОЛОГИЯ: ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ, СТРОИТЕЛЬНАЯ

УДК 622.271.1

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-5-14

Обоснование параметров драгирования при разных типах заходок и большой мощности продуктивных отложений

Дудинский Ф. В.¹, Тальгамер Б. Л.¹, Мурзин Н. В.^{1*}

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

*e-mail: murzinnv@istu.edu

Реферат

Введение. Условия дражной разработки россыпей весьма разнообразны, поэтому традиционные методики расчета параметров драгирования не всегда учитывают все особенности выемки продуктивных отложений. В первую очередь это относится к эксплуатации глубоких россыпей и отработке запасов боковыми заходками.

Цель работы. Совершенствование методики расчета параметров драгирования, а также производительности многочерпаковых свайных драг.

Методология. Существующие методики расчета параметров драгирования и производительности драг не учитывают используемую систему разработки и тип заходки, а также условия, при которых происходит обрушение верхней части забоя. Указанные факторы оказывают существенное влияние на параметры выемки продуктивных отложений и отвалообразования отходов обогащения. Учет этих факторов позволяет более точно прогнозировать показатели работы свайных драг.

Результаты. Исследования влияния отличительных особенностей отработки драгой траншейных и боковых заходок позволили установить зависимости угла маневрирования драги в забое и ее производительности от глубины черпания при разработке мощных продуктивных отложений, параметров дражных отвалов от типа заходки, а также взаимосвязь суточной производительности от ширины дражного забоя при различном распределении пород по вертикали. Указанные зависимости позволяют для конкретных условий определить параметры драгирования и показатели дражных работ.

Выводы. Предложенный подход к расчету параметров драгирования при использовании боковых заходок, а также при разработке глубоких россыпей с неоднородными по мощности песками позволяет более обоснованно рассчитывать размеры срезаемой стружки, коэффициенты наполнения черпаков и разрыхления песков, что дает возможность более эффективно управлять процессом выемки песков и таким образом повышать производительность драги.

Ключевые слова: россыпные месторождения; дражные работы; параметры драгирования; производительность.

Введение. Основополагающие вопросы применения драг при разработке россыпей рассмотрены в трудах известных ученых Е. Н. Барбот-де-Марни, Л. Е. Зубрилова и А. П. Свиридова, выполненных в первой половине прошлого столетия. Наиболее интенсивно исследования в области дражных разработок проводились в период вовлечения в эксплуатацию глубокозалегающих, сложно-структурных, глинистых и многолетнемерзлых россыпных месторождений при развитии техники и технологии вскрышных работ, что нашло отражение в работах И. И. Афанасьева, Г. А. Багаутинова, Е. Т. Жученко, В. Г. Лешкова,

М. В. Костромина, В. А. Кудряшева, Е. В. Кудряшова, В. Г. Пятакова, А. В. Рашкина, П. Ф. Стафеева, Б. Л. Тальгамера и С. М. Шорохова. Теоретические положения по обоснованию рациональных параметров драгирования и оптимизации производительности многочерпаковых драг наиболее детально разработаны В. Г. Лешковым и В. А. Кудряшевым и обобщенно отражены в их работах [1, 2]. Перспектива применения дражного способа разработки россыпей в настоящее время основывается на возможности использования драг при разработке малых россыпей, доработке оставшихся запасов и техногенных образований во многих регионах страны с уже развитой инфраструктурой. На современном этапе совершенствования дражных работ исследования продолжают в направлении создания новых решений в области снижения потерь песков [3–5], подготовки многолетнемерзлых пород к драгированию [6], продления дражного сезона [7], разработки техногенных россыпей и оценки сырьевой базы [8–10], конструктивных решений [11–13] и экологии [14–16]. Вместе с тем совершенствованием методов расчета параметров драгирования в последние годы никто не занимался.

Параметры драгирования боковых заходок. Полученные ранее [1, 2] результаты исследования работы многочерпаковых драг отражают условия драгирования в основном при отработке траншейных заходок (дражных ходов), т. е. когда выемка в забое осуществляется с формированием двух боковых откосов. При отработке такого забоя его ширина с увеличением глубины черпания уменьшается, а угол маневрирования драги в забое остается постоянным, что связано с конструктивными особенностями, а именно с уменьшением радиуса черпания драги по мере опускания черпаковой рамы.

При применении поперечных систем разработки и при отработке боковых встречных или попутных заходок со смежными забоями одна боковая поверхность заходки уже сформирована и является продольным откосом уступа.

В этом случае ширина забоя остается постоянной при изменении глубины драгирования, а угол поворота драги в забое меняется на каждом горизонте черпания. Другой отличительной особенностью драгирования заходки является то, что расположение оси дражного хода драги относительно верхней бровки уступа смещено на каждом горизонте, т. е. фактически отработка ведется в несимметричном забое. Следовательно, углы поворота драги в полузабоях различны (рис. 1).

Далее сделан сравнительный анализ расчетных параметров работы драги ОМ-431 для разных типов забоев при мощности песков 18 м. Исходные положения: средняя ширина забоя от 72,6 до 152,4 м, средний угол маневрирования драги в забое от 50° до 110° . Доля пород различной крепости послойно сверху вниз составляет: I – 10 %, II – 30 %, V – 60% (по категориям ЦНИГРИ); удельное сопротивление пород черпанию по драгируемым слоям 55–100–245 т/м². Соответственно боковая заходка отрабатывается также с шириной забоя от 72,6 до 152,4 м, угол маневрирования в зависимости от ширины забоя изменяется от 48° до 120° . В одном полузабое угол поворота постоянный, например, при отработке забоя шириной 72,6 м на нижнем горизонте черпания поворот в правом полузабое осуществляется на 25° , в левом на $26,8^\circ$ ($51,8^\circ$). При этих же условиях отработка россыпи по поверхности происходит с углами 25° и 23° (в сумме 48°).

Углы маневрирования драги в забое относительно продольной оси при отработке встречного хода (с подсыпкой откоса боковой заходки отвалами от предыдущей заходки) по глубине драгирования будут также изменяться. При драгировании с оставлением межходового целика угол маневрирования драги с увеличением глубины сначала увеличивается, а в зоне подсыпки откоса становится постоянным.

Основные средние показатели отработки забоев для траншейной и боковой заходок при драгировании пород с изменением крепости послойно сверху вниз по категориям III – 30 %; IV – 67 %; V – 3 % практически совпадают. Различия в показателях отработки забоев в траншейных и боковых заходках проявляются при изменении прочностных свойств пород по глубине черпания. Так, изменение крепости пород по категориям в продуктивном пласте сверху вниз в соотношении III – 10 %; IV – 30 %; V – 60 % приводит к тому, что при отработке боковой заходки снижаются коэффициент наполнения черпаков и количество обрабатываемых забоев в сутки при одновременном увеличении коэффициента разрыхления пород в черпаке и времени отработки забоя (табл. 1).

Рис. 1. Зависимость угла маневрирования драги в забое от глубины черпания при отработке боковой заходки
Fig. 1. Dependence of the dredge maneuvering angle in the bottomhole on the depth of digging when mining the side cut

Коэффициент использования драги в течение суток находится в пределах 0,95 для обоих типов заходок. Отмечается рост производительности драги при ее работе в траншейной заходке, однако разница между производительностью драги в траншейной и боковой заходках с увеличением ширины забоя сокращается (рис. 2).

Данное обстоятельство можно объяснить тем, что из-за разной формы поперечного сечения забоев их ширина в боковой заходке по отношению к траншейной больше в нижней части уступа и при одинаковом соотношении категорий пород по мощности пласта их количество в боковой заходке увеличивается, растет угол поворота драги (см. рис. 2) и соответственно время на драгирование. При отработке пласта мощностью 18 м и разной ширине забоев 72,6–152,5 м общее время, затраченное на драгирование одного забоя в боковой заходке, составит 22,2–50,7 ч, а в траншейной 21,5–50,3 ч.

Особенности отвалообразования. Укладываемые в выработанное пространство промытые породы разделяются на ряд фракций, граничные размеры которых задаются диаметром сеющей поверхности барабанного грохота. Меньшая эфельная фракция в виде пульпы поступает в дражный котлован, где формирует отвал с различными углами намыва как в поперечной, так и в продольной плоскостях. Эфельный отвал формируется, как правило, ограниченной высоты, которая даже при большом количестве мелких фракций ненамного превышает уровень воды в котловане драги. Как эфельный, так и галечный отвалы могут полностью размещаться в пределах подошвы отработанной заходки, а могут подсыпаться бо-

ковые поверхности дражного котлована. В ряде случаев, достигая уровня воды в дражном котловане, эфельный отвал может препятствовать маневрированию драги из-за подэфеливания кормы понтона.

Расчеты параметров дражного отвалообразования для условий работы драги в траншейной и боковой заходках показали, что в последнем случае переменные углы поворота драги в забое приведут к изменению углов рассеивания галечной и эфельной фракций. Для условий отработки забоя шириной 72,6 м и среднем угле маневрирования драги в забое 50° (угол, близкий к минимально допустимому) ширина рассеивания галечного отвала при отработке боковой заходки (по отношению к траншейной) увеличивается на нижних горизонтах драгирования на 1,6 м, и это приводит к расширению основания галечного отвала и уменьшению его высоты (табл. 2).

Таблица 1. Основные показатели работы драги в заходках разного типа с различным распределением пород в забое (мощность песков 18 м, ширина забоя 72,6 м)

Table 1. The main performance indicators of a dredge in various types of stopes with various distribution of rocks in the bottomhole (18 m sand thickness and 72.6 m face width)

Показатель	Тип заходки	
	Траншейная	Боковая
Средняя длина выемочной площадки, м	3,90	4,00
Средний коэффициент наполнения черпаков	0,65	0,59
Коэффициент разрыхления породы в черпаке	1,28	1,31
Коэффициент отработки забоя	0,91	0,91
Количество обрабатываемых забоев в сутки, шт	1,05	0,95
Техническая производительность драги, м ³ /ч	229,00	206,00
Суточная производительность, м ³	5204,00	4692,00

Параметры драгирования глубоких россыпей. При отработке драгой песков мощностью более 8–10 м часто происходит обрушение верхней части уступа со стороны забоя еще до окончания его отработки, а обрушение бортов дражного разреза в углах может возникать как в момент драгирования, так и позднее, в течение нескольких дней. Эта особенность формирования откосов дражного котлована обусловлена тем, что в процессе выемки пород движение режущей кромки черпаков описывает в вертикальной плоскости окружность и формирует откосы под углом 45° – 90° . В верхней части высокого уступа (особенно в надводной части) угол может быть и более 90° . Обрушившиеся породы создают навалы в нижней части забоя и на подошве уступа, что, с одной стороны, позволяет осуществлять драгирование как послойно, так и с поддором, повышая производительность драги за счет увеличения наполнения черпаков, однако, с другой стороны, это приводит к нарушению режимов черпания и возможным авариям. В таких условиях драгирование, как правило, выполняют с изменением величины зашагивания и толщины стружки резания.

По результатам исследований разработки глубокозалегающих россыпей [1] даются рекомендации об оптимальном соотношении толщины стружки и величины зашагивания с учетом параметров забоя и условий драгирования после обрушения пород.

Для расширения диапазона исследований процесса драгирования целесообразно использовать моделирование геометрии отработки с последующим опре-

делением параметров и показателей дражных работ. Так, с использованием модели формирования забоя авторами получены расчетные данные драгирования, отражающие взаимосвязь производительности драги с глубиной драгирования для различных условий разработки (рис. 3). Рассмотрена модель формирования забоя, основанная на результатах, приведенных в работах В. Г. Лешкова и В. В. Чемезова [17, 18], а также результатах авторских наблюдений за отработкой валунистой россыпи 380-литровой драгой. Принято: продуктивный пласт мощностью 22 м с надводным бортом 1,5 м; обрушение пород верхней части уступа (с глубины черпания 8 м) создает рыхлую часть навала в приплотиковой зоне забоя шириной 4,2 м, что при драгировании с шагом 4 м увеличивает количество черпаков на площадке резания до 8 шт (вместо 4 шт). По составу песков пласт трехслойный, состоит из смеси пород II–III–V категорий, соотношение которых по мощности соответственно 20,0–33,3–46,7 %.

Рис. 2. Зависимость суточной производительности драги ОМ-431 от ширины забоя при различном типе заходок (мощность песков 18 м, категории драгируемых песков в соотношении: III – 10 %; IV – 30 %; V – 60 %)

Fig. 2. The dependence of the daily performance of OM-431 dredge on the width of the face at various types of stopes (18 m sand thickness, category of dredged sand in ratio: III – 10%; IV – 30%; V – 60%)

В навале разрыхленные породы соответствуют I категории, доля разрыхленных пород в забое по выделенным пластам на один шаг драги соответственно 0,24–0,73–1,04. Пласт содержит валуны с диаметром среднего валуна от 0,3 до 0,45 м.

Результаты расчетов при драгировании забоя с обрушением пород показывают, что коэффициент наполнения черпаков по слоям изменяется соответственно 1,12–1,39–1,28, средний по забою 1,29. С целью сохранения соответствия толщины срезаемой стружки прочностным свойствам вынимаемых черпаками пород величина послойного опускания рамы по глубине драгирования уменьшается с 0,177 до 0,114 м. При работе с обрушением уступа в рассматриваемых условиях часовая производительность драги возрастает в 1,7 раза по отношению к драгированию плотных пород. В данном случае полученные характеристики черпания и изменение производительности драги можно рассматривать как теоретически

возможные. Дело в том, что при создании навала пород в нижней части забоя увеличивающаяся длина выемочной площадки влечет нарастание нагрузки на электропривод верхнего черпакового барабана и носовых лебедок, ухудшает работу барабанного грохота, шлюзов и другого обогатительного оборудования. Последнее приводит к снижению извлечения металла.

Таблица 2. Параметры дражного отвалообразования при различном типе дражной заходки (мощность россыпи 18 м, драга ОМ-431)

Table 2. Parameters of dredge dumping at various types of dredging stoping (18 m placer thickness, OM-431 dredge)

Показатель	Тип заходки	
	Траншейная	Боковая
Мощность россыпи, м	18,0	18,0
Глубина задиры плотика, м	0,3	0,3
Принятый угол маневрирования на уровне поверхности, град	50,0	48,0
Принятый угол маневрирования на уровне плотика, град	50,0	52,0
Ширина забоя на уровне поверхности, м	74,7	72,6
Ширина забоя на уровне плотика, м	69,2	72,6
Средняя ширина забоя, м	72,6	72,6
Высота галечного отвала над эфельным, м	7,3	7,2
Ширина площади рассеивания галечного отвала, м	48,1	49,7
Условная ширина дражного отвала по низу, м	98,3	99,9
Полная высота дражного отвала, м	24,6	24,3

Следует отметить, что формируемый в процессе обрушения забой включает плотные и разрушенные породы в разном соотношении, поэтому изменение только величины шага и толщины стружки может привести к тому, что при черпании на одном горизонте черпаки не будут заполняться, а при отработке следующего слоя наоборот будет происходить их переполнение. Шаг в процессе отработки забоя изменять практически невозможно. В этом случае оптимальная производительность достигается управлением процесса драгирования. Например, для приведенных параметров забоя драгирование с уменьшением толщины стружки по глубине (соответственно 0,177–0,100–0,80 м) позволит получить коэффициенты наполнения черпаков (соответственно 1,12–0,90–0,90). Характер изменения производительности (рис. 3, *кривая 2*) показывает, что с глубиной ее можно стабилизировать, обеспечивая технически надежную работу дражного оборудования. В приведенном примере часовая производительность драги в забое составит 330 м³/ч.

При отработке забоя из плотных пород (рис. 3, *кривая 3*) коэффициент наполнения черпаков по слоям 0,86–0,69–0,50 (средний 0,71), стружка 0,168–0,132–0,092 (средняя 0,136 м) и производительность драги в забое 261,5 м³/ч.

Наблюдения за процессом черпания пород при разработке валунистой россыпи в диапазоне увеличения глубины драгирования с 4 до 11 м показали, что с увеличением глубины происходит снижение производительности драги на 21,6 % (рис. 3, *кривая 4*). Это объясняется тем, что при разработке валунистых пород негабаритные отдельности в забое при черпании не попадают в черпаки, а при большом их содержании и неравномерном распределении в толще песков вместе с ними и более мелкий обломочный материал в процессе черпания перемещается вниз по откосу, в результате чего в нижней части забоя создается навал крупно-

кусового материала, который препятствует заполнению черпаков и затрудняет драгирование. В практике дражных работ отмечены случаи, когда отработка валунистых россыпей была прекращена из-за отмеченных трудностей.

В рассмотренных условиях при работе драги с обрушением характер влияния ширины забоя на ее производительность отражается также степенной зависимостью, как и в обычных условиях драгирования.

Рис. 3. Зависимость часовой производительности 380-литровой драги от мощности пласта песков:

1 – обрушение забоя; 2 – управляемое драгирование; 3 – плотные породы; 4 – валунистые породы

Fig. 3. The dependence of the hourly capacity of 380 l dredge on the thickness of the sands stratum:

1 – cave-in; 2 – controlled dredging; 3 – dense rock; 4 – boulder rock

Рассматривая этот случай как частный, предварительно можно отметить, что с увеличением мощности отрабатываемого пласта ширина забоя, соответствующая наибольшей производительности драги, уменьшается.

Выводы. Производительность и эффективность работы драг в значительной степени определяется условиями и параметрами драгирования. Вместе с тем параметры драгирования в свою очередь зависят от мощности продуктивного пласта и состава пород, слагающих его, а также от типа заходки и способа ее отработки. Известные методы расчета производительности драг и параметров драгирования не в полной мере учитывают отмеченные факторы. Поэтому предлагается изменить подход к расчету параметров драгирования при использовании боковых заходок, а также при разработке глубоких россыпей с неоднородными по мощности песками. В первом случае рекомендуется принимать во внимание снижение коэффициента наполнения черпаков при одновременном увеличении разрыхления пород и времени отработки забоя, а во втором – учитывать обрушение верхней части забоя с формированием навала песков у его подножья. Использование указанных факторов позволит более обоснованно рассчитывать параметры драгирования, управлять процессом выемки песков и таким образом повышать производительность драги.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лешков В. Г. Разработка россыпных месторождений. М.: Горная книга–МГТУ, 2007. 906 с.
2. Кудряшов В. А., Потемкин С. В. Основы проектирования разработки россыпных месторождений. М.: Недра, 1988. 199 с.
3. Проблемы дражной разработки континентальных россыпей / М. В. Костромин [и др.]. Новосибирск: Наука, 2007. 180 с.

4. Костромин М. В., Грешилов Д. М. Методика, техника и технология снижения и ликвидации эксплуатационных потерь в межходовых и межшаговых целиках при дражной разработке россыпей // ГИАБ. 2014. № 12. С. 68–75.
5. Talgamer B. L., Snetkov V. I., Dudinskiy F. V. Ways of reducing commercial deposits loss with stroking and travel banks during alluvial dredging. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 194 (10).
6. Рашкин А. В., Авдеев П. Б., Субботин Ю. В. Тепловая и водная подготовка горных пород при разработке мерзлых россыпей. М.: Горная книга, 2004. 352 с.
7. Нафиков Р. З., Кисляков В. Е. Продление рабочего сезона драги // ГИАБ. 2017. № 38. С. 393–399.
8. Литвинцев В. С. Основные направления стратегии освоения техногенных рудных и россыпных месторождений благородных металлов // Горный журнал. 2013. № 10. С. 38–41.
9. Чemezov В. В., Тальгамер Б. Л. Техногенные россыпи (образование, оценка и эксплуатация): монография. Иркутск: ИрГТУ, 2013. 239 с.
10. Тальгамер Б. Л., Тютрин С. Г., Ершов В. А. Состояние и перспективы дражной золотодобычи в Иркутской области // Золотодобыча. 2016. № 12(217). С. 11–15.
11. Попов С. В. Крупнолитражная драга 400 л № 1 готова к эксплуатации // Золотодобыча. 2015. № 203. С. 12–14.
12. Сас П. П. Сравнительная эффективность использования блочной мини-драги для разработки техногенных россыпей // ГИАБ. Отд. вып. Дальний восток-1. 2009. № ОВ 4. С. 80–87.
13. Добрецов В. Б., Кулешов А. А., Лигоцкий Д. Н., Опрышко Д. С. Средства механизации и технология разработки малых обводненных золотоносных россыпей // Горное оборудование и электромеханика. 2006. № 2. С. 32–36.
14. Jonson K., MacKenzie A. Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings // Annual Conference Canadian Society for Civil Engineering. 2012. No. 1. P. 211–220.
15. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. Study of the Integrated Enviromental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis // Procedia Engineering. 2011. Vol. 21. P. 267–272.
16. Prach K., Karesova P., Jirova A., Dvokova H., Konvalinkova P., Ehounkova K. Do no neglect surroundings in restoration of disturbed sites. Restoration Ecology. 2015. Vol. 23(3). P. 310–314. DOI: 10.1111/rec. 12189
17. Лешков В. Г. Дражные работы на россыпях глубокого залегания М.: Недра, 1964. 308 с.
18. Чemezov В. В. Рациональная эксплуатация россыпных месторождений. М.: Недра, 1980. 223 с.

Поступила в редакцию 3 апреля 2019 года

Сведения об авторах:

Дудинский Федор Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Иркутского национального исследовательского технического университета. E-mail: go_gor@istu.edu

Тальгамер Борис Леонидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых Иркутского национального исследовательского технического университета. E-mail: talgamer@istu.edu

Мурзин Николай Владимирович – инженер научно-исследовательской части Иркутского национального исследовательского технического университета. E-mail: murzinnv@istu.edu

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-5-14

Justifying the parameters of dredging in various types of stopes and massive productive strata

Fedor V. Dudinskiy¹, Boris L. Talgamer¹, Nikolai V. Murzin¹

¹ Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.

Abstract

Introduction. Due to a wide variety of placer dredging conditions, traditional methods of dredging parameters calculation do not always take into account all aspects of productive strata mining. It is first of all true for deep placers operation and mining with side cuts.

Research aim is to improve the methods of calculating dredging parameters and the capacity of pile-supported bucket chain dredgers.

Methodology. Existing methods of calculating dredging parameters and dredgers capacity do not take into account the applied mining method, stope type, and upper stope cave-in conditions. The indicated factors greatly influence the parameters of productive strata excavation and washery refuse disposal. Taking these

factors into account makes it possible to forecast the indicators of the pile-support dredgers more accurately.

Results. Investigation of some aspects of dredging trenches and side cuts has made it possible to establish the dependence of dredger maneuvering angle in pit face and capacity on cutting depth when mining massive productive strata; spoil dumps parameters dependence on the type of stoping; the interrelation between the daily capacity and the width of the front bank under various vertical distribution of rock. The indicated dependences allow to determine dredging parameters and indicators for particular conditions.

Summary. The proposed approach, which calculates dredging parameters when using side cuts and when mining deep placers with non-uniform thickness of sands, makes it possible to calculate the chips size, buckets filling ratio and sand fragmentation ratio in a more substantiated way; it makes it possible to more effectively manage the process of sand mining, thus increasing the capacity of dredges.

Key words: placers; dredging; dredging parameters; capacity.

REFERENCES

1. Leshkov V. G. *Alluvial deposits development*. Moscow: Gornaia kniga–MGGU Publishing; 2007. (In Russ.)
2. Kudriashov V. A., Potemkin S. V. *Fundamentals of placer mining design*. Moscow: Nedra Publishing; 1988. (In Russ.)
3. Kostromin M. V. et al. Problems of dredging development of continental placers. Novosibirsk: Nauka Publishing; 2007. (In Russ.)
4. Kostromin M. V., Greshilov D. M. Technique, technics and technology of definition, decrease and liquidations in interstep-by-step and interrunning sights at dragged to development of looses. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2014; 12: 68–75. (In Russ.)
5. Talgamer B. L., Snetkov V. I., Dudinskiy F. V. Ways of reducing commercial deposits loss with stroking and travel banks during alluvial dredging. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 194 (10).
6. Rashkin A. V., Avdeev P. B., Subbotin Iu. V. *Thermal and water preparation of rocks in the development of frozen alluvial deposits*. Moscow: Gornaia kniga Publishing; 2004. (In Russ.)
7. Nafikov R. Z., Kisliakov V. E. Extension of the working season of dredge. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; 138: 393–399. (In Russ.)
8. Litvintsev V. S. The main directions of the strategy for the development of technogenic ore and placer of precious metals. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2013; 10: 38–41. (In Russ.)
9. Chemezov V. V., Talgamer B. L. *Technogenic placers (formation, evaluation and operation): monograph*. Irkutsk: IRSTU Publishing; 2013. (In Russ.)
10. Talgamer B. L., Tiutrin S. G., Ershov V. A. The state and prospects of dredging gold mining on the Irkutsk region. *Zolotodobycha = Gold Mining*. 2016; 12 (217): 11–15. (In Russ.)
11. Popov S. V. Large-capacity dredge 400 L No. 1 is ready for operation. *Zolotodobycha = Gold Mining*. 2015; 203: 12–14. (In Russ.)
12. Sas P. P. Comparative efficiency of the use of block mini-dredge for the development of technogenic placers. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal). Otd. vyp. Dalnii vostok-1 = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. Sp. Ed. The Far East-1. 2009; OB 4: 80–87. (In Russ.)
13. Dobretsov V. B., Kuleshov A. A., Ligotskii D. N., Opryshko D. S. Means of mechanization and technology for the development of small watered gold placers. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2006; 2: 32–36. (In Russ.)
14. Jonson K., MacKenzie A. Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings. *Annual Conference – Canadian Society for Civil Engineering*. 2012; 1: 211–220.
15. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. Study of the Integrated Environmental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis. *Procedia Engineering*. 2011; 21: 267–272.
16. Prach K., Karesova P., Jirova A., Dvokova H., Konvalinkova P., Ehounkova K. Do no neglect surroundings in restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology*. 2015; 23(3): 310–314. DOI: 10.1111/rec. 12189
17. Leshkov V. G. *Dredging works on placers of deep occurrence*. Moscow: Nedra Publishing; 1964. (In Russ.)
18. Chemezov V. V. *Rational exploration of placer deposits*. Moscow: Nedra Publishing; 1980. (In Russ.)

Received 3 April 2019

Information about authors:

Fedor V. Dudinskii – DSc (Engineering), professor of the Department of Mineral Deposits Development, National Research Irkutsk State Technical University. E-mail: go_gor@istu.edu

Boris L. Talgamer – DSc (Engineering), Professor, Head of Department of Mineral Deposits Development, National Research Irkutsk State Technical University. E-mail: talgamer@istu.edu

Nikolai V. Murzin – engineer of the Research Department, National Research Irkutsk State Technical University. E-mail: murzinnv@istu.edu

Для цитирования: Дудинский Ф. В., Тальгамер Б. Л., Мурзин Н. В. Обоснование параметров драгирования при разных типах заходок и большой мощности продуктивных отложений // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 3. С. 5–14. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-5-14

For citation: Dudinskii F. V., Talgamer B. L., Murzin N. V. Justifying the parameters of dredging under various types of stopes and massive productive strata. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 3: 5–14 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-5-14