

Б.Л. Тальгамер, М.Е. Семенов

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ЗАПАСОВ К ДРАГИРОВАНИЮ

Аннотация. Дана оценка состояния дражной разработки россыпей в России, приведен краткий анализ сырьевой базы этого способа, изложены некоторые проблемы драгирования оставшихся запасов. Вовлечение в дражную разработку россыпей с весьма невыдержанными параметрами продуктивного пласта, а также труднодрагируемых и техногенных месторождений обуславливает необходимость предварительной подготовки запасов к выемке добычным оборудованием, в том числе с их механической переработкой и перевалкой. Последнее позволяет создавать навал продуктивных отложений с оптимальными для драги поперечными параметрами. На техногенных россыпях и вновь вовлекаемых в эксплуатацию месторождениях, как правило, отсутствует сплошной контур запасов, и вдоль хода драги часто встречаются непродуктивные участки. Одновременно встречаются и участки, где мощность продуктивных отложений превышает глубину черпания драги. В связи с этим предложено осуществлять частичную перевалку песков с таких участков на непродуктивные участки дражного полигона. Это дает возможность формировать на участках холостого перегона драги траншею с последующим заполнением ее перевозимыми продуктивными отложениями, взятыми за контурами дражного хода. Для обоснования параметров траншеи и навала песков в ней предложен алгоритм, учитывающий горнотехнические условия залегания запасов и характеристику драги. С целью повышения производительности драги при отработке сформированного навала песков предложена методика расчета его оптимальных параметров, которая позволяет, регулируя соотношение ширины и высоты подготовленного навала песков, обеспечить увеличение производительности драги на 5—7%. При этом значительно сокращаются потери и разубоживание полезного ископаемого.

Ключевые слова: разработка россыпей, повышение производительности драги.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-10-0-86-93

За последние 30 лет структура золотодобычи в России существенно изменилась: заметно увеличилась добыча благородного металла из рудных месторождений и сократилась из россыпей [1—4]. Последнее объясняется как отсутствием воспроизводства запасов, так и повышением требований к охране окружающей среды, особенно в водоохраной зоне рек, где сосредоточены россыпные месторождения [5—7]. Особенно заметно уменьшилась добыча золота дражным способом [8, 9]. Практически пропорционально (в три с лишним раза)

сократилось и количество работающих драг, которое в настоящее время составляет 70—75 единиц. Основной причиной такого резкого падения дражной золотодобычи является истощение благоприятных для эксплуатации запасов [9—11].

Оставшиеся запасы характеризуются весьма невыдержанными поперечными параметрами продуктивного пласта, прерывным характером его расположения вдоль долины, неравномерным распределением золота [5, 6, 12, 13]. Большая часть драг работает на техногенных

месторождениях, где оставшиеся запасы распределены отдельными участками (рис. 1).

Как показывает анализ горно-технических условий залегания запасов на россыпях с невыдержанными параметрами продуктивного пласта вдоль намеченного хода драги имеются как непродуктивные участки или участки шириной менее минимальной ширины забоя драги, так и участки с мощностью, превышающей возможности драги, а также участки, расположенные за контуром дражного хода.

Оставшиеся техногенные запасы на россыпях, отработанных более крупными драгами и имеющих промывистые пески, могут быть вовлечены в эксплуатацию, как правило, с использованием драг меньшей мощности, так как общее количество запасов и параметры продуктивного пласта после первичной отработки существенно уменьшилось. Так, например, после отработки россыпи р. Маракан 600-литровой драгой, дальнейшую доработку месторождения ведет 380 литровая драга, после драгирования россыпи р. Бодайбо драгой 380 л, оставшиеся в бортах разреза запасы могут успешно обрабатываться драгой 250 Д.

Вместе с тем на этих техногенных месторождениях остались участки, где мощность продуктивных отложений превышает глубину черпания менее мощной драги. Поэтому в таких условиях появляется необходимость уменьшения мощности продуктивных отложений путем перевалки песков на непродуктивные или маломощностные участки.

Драгирование продуктивного пласта с большими изменениями его поперечных параметров и чередованием продуктивных и непродуктивных участков вдоль подвигания фронта работ влечет резкое увеличение потерь и разубоживания полезного ископаемого. В таких условиях становится более актуальным управление параметрами продуктивного пласта путем предварительного его формирования с использованием землеройно-транспортного оборудования [14].

С учетом наиболее низкой себестоимости переработки песков драгами, специальная их перевалка для формирования искусственного продуктивного пласта с использованием дополнительного оборудования, окупается повышением производительности драги, снижением потерь и разубоживания полезного ископаемого.

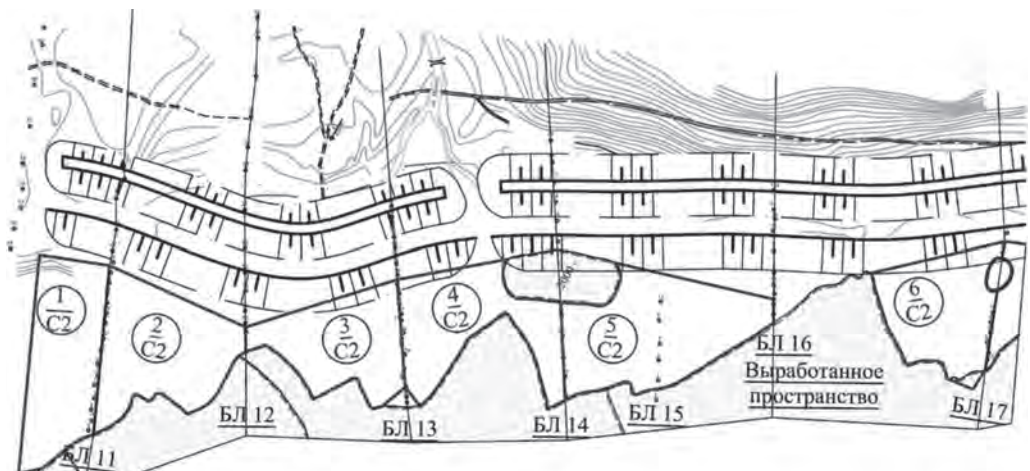


Рис. 1. Контур дражных запасов вдоль одного из бортов выработки на техногенной россыпи
Fig. 1. Dredging perimeter along a side of mining waste dump

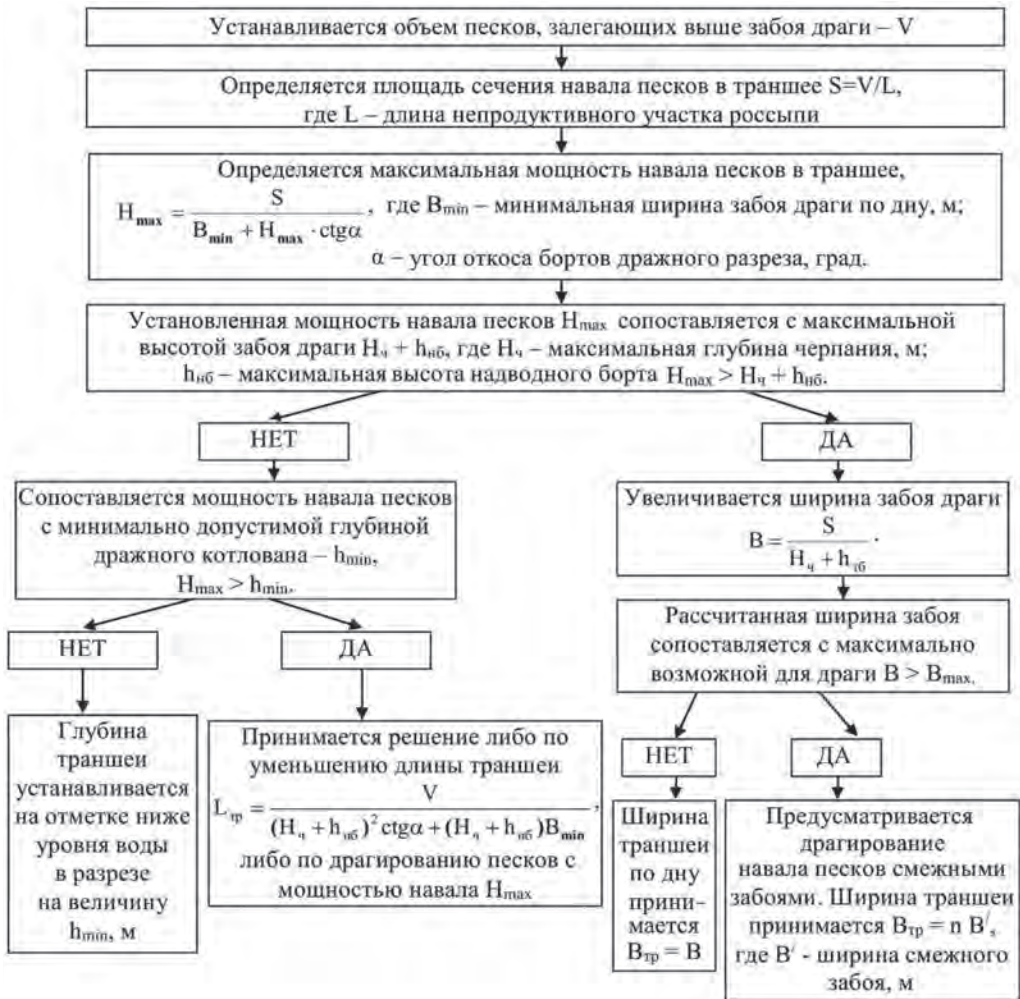


Рис. 2. Алгоритм обоснования параметров навала песков
Fig. 2. Algorithm of justification of filled pocket parameters

Нами разработано несколько технических решений по искусственному формированию продуктивных отложений, предназначенных для последующего драгирования (а.с. 1802578, а.с. 1765420, а.с. 1302774, а.с. 210764, патент 2629187).

Указанные технические решения позволяют регулировать поперечные параметры пласта драгируемых песков, и таким образом существенно повышать производительность драги.

Данные технические решения можно использовать на участках, где парамет-

ры продуктивных отложений не совсем соответствуют размерам дражного забоя, но, как правило, площадь поперечного сечения драгируемых запасов не превышает возможности драги. Там, где имеются значительное превышение параметров продуктивного пласта (в первую очередь по мощности) относительно максимальных размеров забоя драги во многих случаях необходима перевалка части песков на другие участки с меньшими параметрами пласта песков. При наличии на россыпи непродуктивных

участков, их также целесообразно использовать для складирования песков в процессе их перевалки.

Существует несколько способов перегона драги через непродуктивные участки, в т.ч. с подъемом уровня воды плотинной или каскадом дамб, путем создания сплавного канала, мелким черпанием с обеспечением минимальной глубины котлована. При этом драга может перегоняться сама, либо для ее транспортирования используются бульдозеры, а драга перемещается либо сплавом по каналу, либо по льду (в зимнее время).

Более распространен способ перегона драги по сплавному каналу, однако параметры канала оказываются немногим меньше минимальных параметров дражного разреза. Кроме того, по обеим сторонам канала необходимо сформировать трассы для тягового оборудования (бульдозеров). Поэтому, по нашему мнению, при наличии законтурных песков (с отдельных удаленных участков, с прилегающих террас с более высоким уровнем залегания, с блоков, где мощность песков превышает воз-

можности драги по глубине черпания) более целесообразно вместо канала проходить траншее, с использованием ее для складирования навала песков с последующим их драгированием.

В таких условиях появляется возможность формирования навала продуктивных отложений с оптимальными для драги параметрами. Исходя из установленных поперечных параметров навала песков рассчитываются и размеры траншеи, подготовленной для их складирования.

На рис. 2 приведен алгоритм обоснования параметров навала песков, учитывающий объем песков, предназначенных к перевалке, длину продуктивного участка, технические показатели драги, планируемый уровень воды в дражном разрезе.

Искусственное формирование продуктивных отложений позволяет создать забой драги с оптимальными параметрами. При драгировании целиковых отложений с постоянно изменяющимися параметрами россыпи производительность драги существенно колеблется (рис. 3).

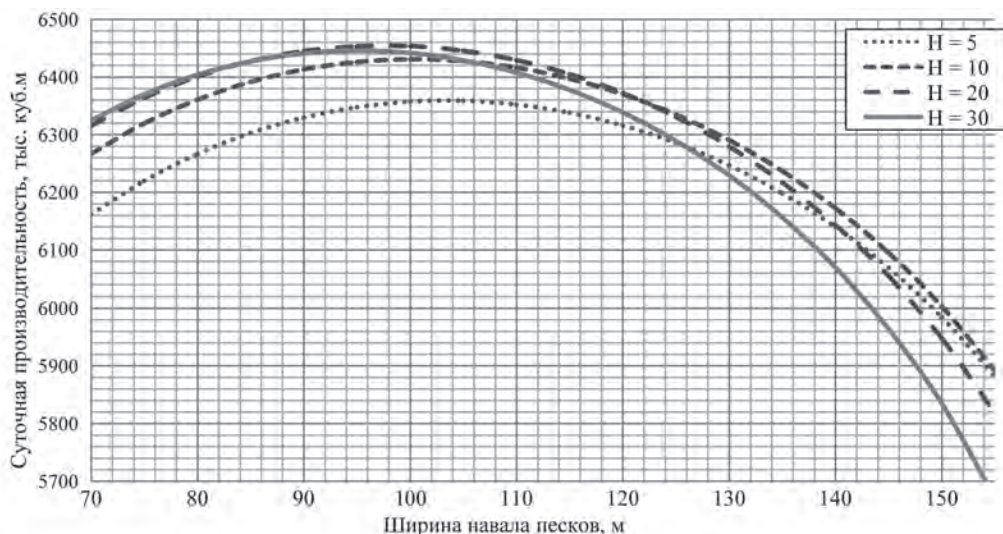


Рис. 3. Зависимость суточной производительности драги OM-431 от ширины навала песков при различной его высоте, $H = 5-30$ м

Fig. 3. Daily productivity of dredge OM-431 versus width of a filled pocket of various heights, $H = 5-30$ m

Оптимизируя поперечные параметры навала песков можно существенно (на 12–20%) увеличить производительность драги.

С целью установления оптимальных параметров навала песков, обеспечивающих максимальную производительность драги, предлагается использовать соотношение ширины B и мощности (высоты) навала песков H , выразив его как $Y = B/H$.

Первоначально, исходя из объема формируемого навала песков и длины непродуктивного участка, устанавливается поперечная площадь сечения этого навала, с учетом которой вычисляются его ширина и высота.

$$B = \sqrt{YS}, H = \sqrt{S/Y}.$$

Суточная производительность драги рассчитывается по известной зависимости [15]:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{3600v_6HaTR_c \sin \sin \frac{\beta}{2}}{0,0175 \frac{H}{h} R_c \frac{\beta}{2} + 30v_6 \left(t_1 + \frac{Ht_2}{h} \right)},$$

где v_6 – скорость бокового перемещения черпающего агрегата драги вдоль забоя, м/с; h – величина послынного опускания черпаковой рамы, м; t_1 – время одного зашагивания, ч; t_2 – время простоев драги в углах забоя при переходе к выемке нижележащего слоя песков, ч; a – шаг драги, м; T – время чистой работы драги в сутки (без учета времени простоев на зашагивание, остановки в углах забоя при отработке

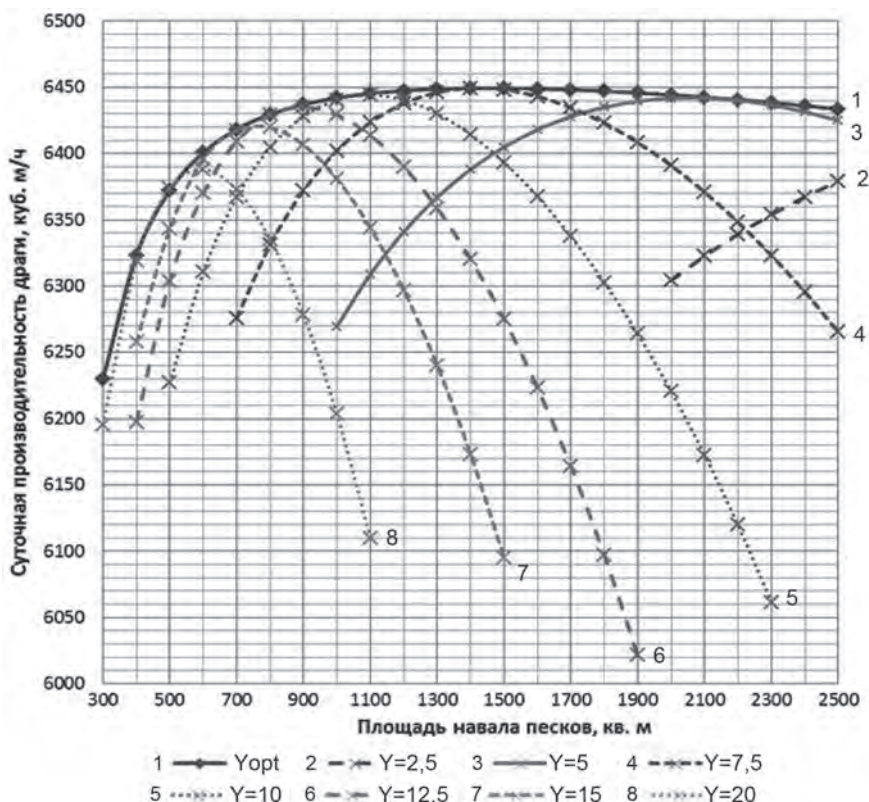


Рис. 4. Зависимость суточной производительности драги OM-431 от поперечной площади навала песков

Fig. 4. Daily productivity of dredge OM-431 versus cross area of filled pocket

очередного слоя, развороты и перевод драги в смежный забой, ч.

Радиус черпания драги на средней глубине, R_c , м, рассчитывается по формуле:

$$R_A = D + Ю - Г + \sqrt{(A+r)^2 - (B+b+H_1 - 0,5H)^2} = D + Ю - Г + \sqrt{(A+r)^2 - (B+b+H_1 - 0,5\sqrt{S/Y})^2}$$

где D — длина понтона драги, м; $Ю$ — расстояние от кормы понтона до оси свай, м; $Г$ — расстояние от носа понтона до оси верхнего черпакового барабана, м; A — длина черпаковой рамы между осями верхнего и нижнего черпаковых барабанов, м; r — радиус резания пород на нижнем черпаковом барабане, м; B — высота установки верхнего черпакового барабана над палубой понтона, м; b — высота сухого борта понтона (фриборт), м; H_1 — наибольшая подводная глубина черпания, м;

$$\beta = 2 \arcsin \left(\frac{B}{2R_A} \right) = 2 \arcsin \left(\frac{\sqrt{YS}}{2R_c} \right)$$

Согласно описанной методике были определены параметры навала и суточной производительности драги как при расчетном оптимальном угле маневрирования, так и при принятом по рекомендациям специалистов [15].

Одновременно были выполнены расчеты при произвольных значениях Y , равных 2,5÷20. Результаты расчетов искомым параметров для драги ОМ-431

(380 л) приведены на графике зависимости производительности драги от поперечной площади сечения навала и соотношения $Y = B/H$.

По результатам вычислений было установлено, что при управлении поперечными параметрами навала песков, подготовленных к драгированию, можно увеличить производительность этой драги до 7%.

Таким образом, повышение эффективности дражных работ на россыпях с весьма невыдержанными параметрами и прерывистым характером расположения продуктивного пласта может быть обеспечено путем частичного перераспределения (перевалки) песков как вкрест, так и по простиранию россыпи. На участках с мощностью отложений, превышающих максимально возможную высоту забоя, целесообразна выемка и перемещение части песков на непродуктивные участки с формированием навала песков в подготовительной траншее (сплавном канале).

Использование сплавных каналов для складирования песков, взятых за пределами дражного хода, позволяет:

- сократить потери и разубоживание полезных ископаемых;
- исключить холостые переходы драги через непродуктивные участки;
- увеличить производительность драги и производственную мощность карьера.

Оптимизация поперечных параметров сплавного канала и навала песков в ней позволяет на 3—7% повысить производительность драги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор золотодобывающей отрасли России за 2015—2016 года // Золото и технологии. — 2017. — № 3. — С. 11—41.
2. Итоги золотодобывающей отрасли в 2017 году // Золото и технологии. — 2018. — № 1(39). — С. 6—13. <http://zolteh.ru/results/itogi-dobichi-zolota-v-rossii-v-2017-godu/>
3. Костромитинов К. Н., Лысков В. М. Оценка эффективности отработки месторождений драгоценных металлов. — Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2015. — 530 с.

4. Быховский Л. З., Спорыхина Л. В. Россыпные месторождения в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 6. — С. 6–17.
5. Ван-Ван-Е А. П. Ресурсная база природно-техногенных золотороссыпных месторождений. — М.: Изд-во МГГУ, 2010. — 272 с.
6. Мамаев Ю. А., Литвинцев В. С., Пономарчук Г. П. Техногенные россыпи благородных металлов Дальневосточного региона России и их рациональное освоение. — М.: Изд-во МГГУ, 2010 — 309 с.
7. Yurgenson G. A. Geotechnogenesis problems // J. Geosci. 2004. — Vol. 7 (1). Pp. 92–96.
8. Тальгамер Б. Л., Ершов В. А., Тютрин С. Г. Состояние и перспективы развития дражной золотодобычи в Иркутской области // Золотодобыча. — 2016. — № 12(217). — С. 11–14.
9. Talgamer B. L. Enhanced recovery methods for development of technogenic placers. Innovations and prospects of development of mining machinery and electrical engineering. 23–24 March 2017, Saint-Peterburg Mining University, Saint Peterburg, Russian Federation // Mining ecology, October 2017 (042001–042029).
10. Milyuta B. I., Kuznetsov V., Sherstov V. A. Placer Deposits of Yakutia: Technical Improvements and Mechanization. Presentation at 13th Annual Alas Placer Mining, Fairbanks, Alaska, 4–7 March 1992. Fairbanks Placer Mining Conference Committee, Fairbanks, Alaska, pp. 9–11.
11. Jonson K., MacKenzie A. Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings / Annual Conference — Canadian Society for Civil Engineering 2012. No. 1. Pp. 211–220.
12. Пономарчук Г. П., Серый Р. С., Сас П. П. Повторная разборка крупномасштабных россыпей на основе реструктуризации отвального комплекса 250-литровых драг // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2007. — ОВ 16. — С. 196–203.
13. Федорова Л. Л., Соколов К. О., Куляндин Г. А. Георадиолокационные исследования горно-геологических условий дражных полигонов // Горный журнал. — 2015. — № 4. — С. 10–14.
14. Talgamer B. L., Machno D. E. The nature protection technology of dredging / 8th International IAEG Conference. 2000. Balkema, Rotterdam. 4363–4365.
15. Лешков В. Г. Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами. — М.: Недра, 1980. — 352 с. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Тальгамер Борис Леонидович — доктор технических наук, профессор, директор, Институт недропользования, Иркутский государственный технический университет, e-mail: gor@istu.edu,
Семенов Максим Евгеньевич — аспирант, младший научный сотрудник, инжиниринговый центр «Инжи Инжиниринг», e-mail: pkb@istu.edu.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 10, pp. 86–93.

Generation of productive pockets during preparation of placers for dredging

Talgamer B. L., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director, Institute of Subsurface Use, Irkutsk State Technical University, 664074, Irkutsk, Russia, e-mail: gor@istu.edu,
Semenov M. E., Graduate Student, Junior Research, Engineering Center «Engi Engineering», e-mail: pkb@istu.edu.

Abstract. The article describes situation of gold dredging in Russia, gives a brief analysis of raw materials the technology deals with, and sets forth a few problems connected with the reserves yet undredged. It is emphasized that dredging of nonpersistent productive strata, difficult placers or gold mining waste needs preparation of such material, including mechanical treatment and rehandling. The latter enables

generating productive pockets with cross dimensions optimal for dredges. Mining waste and new placers has, as a rule, discontinuous boundaries, and dredging often cuts nonproductive zones. On the other hand, there are places where thickness of productive strata exceeds dredging depth. In this regard, it is proposed to rehandle material from too thick productive strata to nonproductive zones of the dredging perimeter. As a result, a trench is made in the areas of no-load run of a dredge, and this trench is filled later on with material dug in the pay zone beyond the dredging perimeter. For justifying parameters of the trench and fill, an algorithm is proposed, including both geotechnical conditions of placer occurrence and dredge specifications. Aimed at improving efficiency of dredging such man-made productive pockets, the proposed calculation procedure of optimal parameters of the pockets allows the increase in the dredge productivity by 5–7% at almost the same cost through the adjustment of width and height of the pockets.

Key words: placer mining, dredge efficiency improvement.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-10-0-86-93

REFERENCES

1. Obzor zolotodobyvayushchey otrasli Rossii za 2015–2016 goda [Gold mining industry in Russia in 2015–2016: Review]. *Zoloto i tekhnologii*. 2017, no 3, pp. 11–41. [In Russ].
2. Itogi zolotodobyvayushchey otrasli v 2017 godu [Gold mining in 2017: Resume]. *Zoloto i tekhnologii*. 2018, no 1(39), pp. 6–13. <http://zolteh.ru/results/itogi-dobichi-zolota-v-rossii-v-2017-godu/> [In Russ].
3. Kostromitinov K. N., Lyskov V. M. *Otsenka effektivnosti otrabotki mestorozhdeniy dragotsennykh metallov* [Evaluation of precious metals mining efficiency], Irkutsk, Izd-vo BGUEP, 2015, 530 p.
4. Bykhovskiy L. Z., Sporykhina L. V. *Rosspnye mestorozhdeniya v syr'evoy baze i dobyche poleznykh iskopaemykh* [Placers in the raw material resources base and mineral mining]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*. 2013, no 6, pp. 6–17. [In Russ].
5. Van-Van-E A. P. *Resursnaya baza prirodno-tekhnogennykh zolotorosspnykh mestorozhdeniy* [Reserves of natural gold placers and gold mining waste], Moscow, Izd-vo MGGU, 2010, 272 p.
6. Mamaev Yu. A., Litvintsev V. S., Ponomarchuk G. P. *Tekhnogennye rossypi blagorodnykh metallov Dal'nevostochnogo regiona Rossii i ikh ratsional'noe osvoenie* [Precious metals mining waste and management in the Far East of Russia], Moscow, Izd-vo MGGU, 201, 309 p.
7. Yurgenson G. A. Geotechnogenesis problems. *J. Geosci.* 2004. Vol. 7 (1). Pp. 92–96.
8. Tal'gamer B. L., Ershov V. A., Tyutrin S. G. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya drazhnoy zolotodobychi v Irkutskoy oblasti* [State-of-the-art and prospects of gold dredging in the Irkutsk Region]. *Zolotodobycha*. 2016, no 12(217), pp. 11–14.
9. Talgamer B. L. Enhanced recovery methods for development of technogenic placers. Innovations and prospects of development of mining machinery and electrical engineering. 23–24 March 2017, Saint-Peterburg Mining University, Saint Peterburg, Russian Federation. *Mining ecology*, October 2017 (042001–042029).
10. Milyuta B. I., Kuznetsov V., Sherstov V. A. Placer Deposits of Yakutia: Technical Improvements and Mechanization. *Presentation at 13th Annual Alas Placer Mining*, Fairbanks, Alaska, 4–7 March 1992. Fairbanks Placer Mining Conference Committee, Fairbanks, Alaska, pp. 9–11.
11. Jonson K., MacKenzie A. Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings. *Annual Conference Canadian Society for Civil Engineering* 2012. No. 1. Pp. 211–220.
12. Ponomarchuk G. P., Sery R. S., Sas P. P. *Povtornaya razborka krupnomasshtabnykh rossypey na osnove restrukturalizatsii otval'nogo kompleksa 250-litrovyykh drag* [Re-mining of large placers based on restructuring of dumping system composed of dredges with a capacity of 250 l]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2007. Special edition 16, pp. 196–203. [In Russ].
13. Fedorova L. L., Sokolov K. O., Kulyandin G. A. *Georadiolokatsionnye issledovaniya gorno-geologicheskikh usloviy drazhnykh poligonov* [Ground-penetrating radar research of geological conditions in dredging areas]. *Gornyy zhurnal*. 2015, no 4, pp. 10–14. [In Russ].
14. Talgamer B. L., Machno D. E. The nature protection technology of dredging. *8th International IAEG Conference*. 2000. Balkema, Rotterdam. 4363–4365.
15. Leshkov V. G. *Teoriya i praktika razrabotki rossypey mnogocherpakovymi dragami* [Theory and practice of placer mining by bucket dredges], Moscow, Nedra, 1980, 352 p.

