

Оценка простоев при расчете производительности свайных драг

Н.В. Мурзин✉, Ф.В. Дудинский, Б.Л. Тальгамер

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

✉murzinnv@istu.edu

Резюме: Оценены сырьевая база и перспективы дражного способа разработки россыпей, обоснована актуальность повышения его эффективности, в том числе за счёт сокращения непроизводительных простоев выемочного оборудования. Приведены особенности драгирования по сравнению с работой экскаваторов непрерывного действия, которые обуславливают технологические простои драги. Для анализа и оценки влияния простоев на производительность драги предложено все затраты времени разделить на группы, выделив потери рабочего времени, связанные непосредственно с отработкой забоя, на выполнение межзабойных операций и прочие простои, необходимые для технического сопровождения работы драги. Приведены основные виды работ, включаемые в технологический цикл при драгировании и определяющие простои по этой причине, а также в группы вспомогательных и организационных работ. Оценена возможность совмещения простоев, связанных с выполнением некоторых вспомогательных работ, с простоями по организационным причинам. Предложена формула для определения коэффициента забоя, используемого для расчета технической производительности драг. Организационные потери времени предложено учитывать через коэффициент использования драги, в том числе в течение суток, месяца, года. Отмечены особенности формирования простоев при разработке пород, содержащих негабаритные валуны. Для принятых условий работы драги и параметров забоя установлена структура потерь времени по видам работ и сделана их количественная оценка, по результатам которой установлена зависимость коэффициента забоя от ширины хода и мощности продуктивных отложений. Приведены результаты сопоставления расчетных значений коэффициента забоя с данными производства и специалистов.

Ключевые слова: разработка россыпей, производительность драг, прогнозирование простоев, коэффициент забоя

Для цитирования: Мурзин Н.В., Дудинский Ф.В., Тальгамер Б.Л. Оценка простоев при расчете производительности свайных драг. Горная промышленность. 2021;(2):120–126. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-2-120-126.

Evaluation of non-productive time when calculating pile-type dredge performance

N.V. Murzin✉, F.V. Dudinskiy, B.L. Talgamer

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

✉murzinnv@istu.edu

Abstract: The paper assesses the raw material base and prospects of the dredging method to develop placer deposits and justifies the necessity to enhance its efficiency, including the reduction of non-productive time of mining equipment. Specific features of dredging that cause technological non-productive time of the dredge are described and compared to mining with continuous bucket excavators. In order to analyze and assess the impact of non-productive time on the dredge performance, it is proposed to divide all time consumed into groups, identifying time losses associated directly with working on the front bank, time spent on operations between the dredging cycles and other downtime required for technical support of the dredge operation. The main types of work are described that are part of the technological cycle in dredging and therefore define non-productive time, as well as those classified as auxiliary and organizational work. The possibility of combining non-productive time related to some auxiliary work with non-productive time due to organizational reasons is assessed. A formula is proposed for determining the front bank coefficient which is used in calculation of the dredge's technical capacity. Organizational time losses are proposed to be taken into account as the dredge utilization factors, including those per day, month and year. Specific features that cause non-productive time in mining of formations that contain oversized boulders are highlighted. For the accepted operating conditions of the dredge and the front bank parameters, a structure of time losses was determined by type of work and their quantitative assessment was made. The results of this assessment showed the dependence of the front bank coefficient on the width and the thickness of the pay zone. The results of comparing the calculated values of the front bank coefficient with production and specialist data are provided.

Keywords: placer mining, dredge production capacity, forecasting of non-productive time, front bank coefficient

For citation: Murzin N.V., Dudinskiy F.V., Talgamer B.L. Evaluation of non-productive time when calculating pile-type dredge performance. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(2):120–126. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-2-120-126.

Введение

Вопросы становления и развития дражных разработок, условия применения, опыт работы драг, теоретические положения, методики расчета параметров драгирования нашли отражение в трудах Л.Е. Зубрилова [1], А.П. Свиридова [2], С.М. Шорохова [3], В.Г. Лешкова [4; 5], В.А. Кудряшова [6], М.И. Ялтанца [7], а также других ученых и специалистов.

Дражный способ разработки россыпей получил в России наибольшее развитие в 60–80-х годах прошлого века, когда драгами перерабатывалось около 2/3 объемов добываемых в стране песков. В годы проходивших в стране преобразований с изменением юридического статуса многих горных предприятий и их разукрупнением, а также проблемами в машиностроительной отрасли (с практически полным разрушением драгостроения) доля дражного способа в добыче песков стала заметно сокращаться и в настоящее время в стране работают около 70 драг, многие из которых прошли модернизацию при переносе на новые месторождения.

Вместе с тем следует отметить, что дражный способ разработки россыпей благодаря поточности технологии обеспечивает наиболее высокую производительность труда и наименьшие затраты на добычу полезных ископаемых. Драги являются наиболее перспективным оборудованием для освоения техногенных россыпей, имеющих огромные запасы полезных ископаемых при относительно небольшом содержании ценных компонентов, в том числе платины, золота и алмазов.

Несмотря на изменение сырьевой базы россыпной золотодобычи в сторону усложнения горно-геологических и горнотехнических условий (в том числе и за рубежом) при росте техногенных ресурсов [8–11] и снижение доли дражного способа разработки в структуре россыпной золотодобычи, в целом определены основные направления дальнейшего совершенствования дражных работ. Современные технологии ориентированы на вовлечение в отработку техногенных ресурсов, снижение потерь полезного ископаемого, улучшение экологической чистоты дражных работ при использовании различных типов драг [12–20]. Как и ранее, уделяется внимание оценке воздействия горно-геологических и горнотехнических факторов, а также климатических условий на работу драг, в том числе на их производительность и использование во времени [21–25].

Существующие проблемы и особенности использования драг в современных условиях разработки россыпей, значительное количество работ, посвященных развитию техники, технологии дражных разработок, в том числе по установлению влияния свойств пород на драгирование, а также наличие сырьевой базы и изменение ее структуры с увеличением техногенных ресурсов говорят об актуальности исследований по повышению эффективности дражных работ.

Основные методические положения по оценке времени простоев драг

Терминологическое и методическое толкование в вопросах определения производительности горных машин отражено в работах академиков В.В. Ржевского и К.Н. Трубецкого [26; 27]. Исходя из этого при определении технической производительности выемочных машин непрерывного действия в конкретных горно-геологических, горнотехнических и технологических условиях влияние последних на результат экскавации устанавливается через различные

коэффициенты, в том числе коэффициент забоя, который учитывает тип забоя (высоту, ширину и длину забойного блока), способ отработки забоя, а также потери времени на вспомогательные операции, сопутствующие отработке забоя (забойного блока) [26; 27].

Таким образом, при использовании оборудования непрерывного действия влияние условий работы учитывают в технической производительности через потери забойного времени на сопровождающие экскавацию (драгирование) операции и передвижку машин.

Использование для расчета технической производительности драг коэффициентов, учитывающих состав пород и характеристику забоя, отражено в книге М.И. Варийчука [25]. Однако конкретных характеристик коэффициента забоя, в том числе его взаимосвязи с параметрами забоев и свойствами пород для условий дражной отработки, не приводится.

Несмотря на схожесть отработки забойных блоков и состав затрат времени на выемочные и вспомогательные работы, сопровождающие использование оборудования непрерывного действия (роторные и цепные экскаваторы), с разработкой пород драгами, в последнем случае имеется ряд особенностей, которые присущи только технологическим процессам дражных работ.

Оценка временных факторов при работе драг

Отметим основные виды работ, выполняемых при отработке дражных ходов, которые приводят к перерывам в черпании, и разделим их на группы в общих потерях времени.

При отработке забоя драгой могут использоваться разные способы выемки песков: слоевая, поддором, в том числе на промежуточных горизонтах, черпание естественно обрушившихся пород.

Так, при послышной выемке песков сверху вниз движение черпаковой цепи осуществляется по окружности до угла забоя. Затем черпаковая цепь заглубляется на толщину следующего слоя драгируемой породы и снова перемещается в обратном направлении. В случае драгирования мощных пластов в углах заходки вынимаются породы от обрушений забоя и бортов формируемой выработки. Далее по окончании отработки забоя выполняется зачистка плотика, включающая операции по выемке разрушенной части подстилающих пород и песков в различных углублениях подошвы забоя. В ряде случаев зачистку затрудняют скопившиеся на плотике в основании забоя валуны, что ведет к потере производительности драги и иногда при-





водит к невозможности выемочных работ. После зачистки плотика для контроля качества его отработки необходимо еще какое-то время продолжать черпание и следить за заполнением черпаков, и только после этого отработка забоя завершается.

Перемещение драги на следующий забой может выполняться различными способами. Затраты времени в этом случае обуславливаются системой разработки и включают перерывы в драгировании для зашагивания на следующий забой при одинарных системах разработки или перевод драги из одного забоя в другой при смежных ходах. При смежных системах разработки это включает возвратные перемещения драги в ранее отработанный забой, а иногда и смещение оси хода. Также при зашагивании может отрабатываться не следующий забой, а участки расширения, изменяющие контур дражного разреза, что опять же требует выполнения отдельных работ по маневрированию драги.

Трудоемкие операции управления драгой появляются при поперечных системах разработки, когда необходимы повороты и развороты драги.

Описанные выше операции предлагается выделить в группу технологических потерь времени.

Следующий вид работ, условно вспомогательных, требующих остановки драгирования, обуславливает группу потерь времени, не связанных непосредственно с выемкой пород, но сопутствующих отработке забоя.

При драгировании песков, в которых содержатся валуны значительной крупности, последние необходимо удалять из черпаков, останавливая процесс выемки. Иногда наличие валунов приводит к аварийным остановкам из-за поломок черпающего и обогатительного оборудования драги (поломки продольного и поперечного набора в барабанном грохоте, обрыв транспортной ленты на стакере и поломка роликов). Таким образом, при разработке валунистых россыпей, кроме потерь времени на удаление негабаритных валунов из черпаков драги, возникает необходимость ремонта транспортера и бочки. При значительной валунистости затраты времени на уборку валунов и ремонт иногда превышают время драгирования.

При глубоком драгировании значительное время тратится на выполнение работ по устранению причин подфеливания кормы понтона. На глинистых россыпях остановка драг связана с образованием окатышей в бочке и их удалением. На техногенных отложениях простои обусловлены появлением в забое крепи и другого лесоматериала.

Кроме этого, простои возникают при переносе маневровых канатов и электрического кабеля, которые хотя и выполняются не на каждый шаг передвижки драги, однако их продолжительность сказывается на времени использования драги.

Таким образом, эти простои, имеющие вероятностный характер (аварийные остановки, незначительные поломки механизмов), не являющиеся обязательным элементом для выполнения работ при отработке каждого забоя, можно выделить в группу вспомогательных простоев.

Кроме технологических и вспомогательных простоев, существуют обязательные и нормативные перерывы работы драги, не связанные напрямую с процессом драгирования и не влияющие на ее техническую производительность, т.е. условно организационные. Как правило, к таким простоям в течение суток относятся затраты времени на обслуживание и осмотр механизмов, которые требуют остановки драги (например, смазка нижнего черпакового барабана, которую можно производить после зашагивания). Также к таким простоям можно отнести остановки драги для сплюска шлюзов, в осенне-зимний период непроизводительные затраты времени присущи очистке котлована от шуги, льда и устранению обмерзания драги, подачи топлива и материалов.

С учетом вышеизложенного для анализа работы драги можно выделить следующие группы затрат времени, влекущих простои:

- технологические $T_{пз}$, связанные непосредственно с отработкой дражного забоя;
- вспомогательные $T_{вс}$, обеспечивающие выполнение основных операций и не входящие в каждый цикл работ в забое $T_{пз}$;
- организационные $T_{орп}$, обусловленные необходимостью выполнения работ по обслуживанию механизмов и других, требующих остановки черпающего оборудования. Так, технологические простои драги при отработке одного забоя $T_{пз}$, ч, составят

$$T_{пз} = T_{уэл} + T_{пл} + T_{заш},$$

где $T_{уэл}$ – общие простои в углах при отработке одного забоя, ч;

$T_{пл}$ – простои при окончании зачистки плотика, ч;

$T_{заш}$ – время зашагивания драги на следующий забой, перевод драги в смежный забой (при смежных системах разработки), повороты, развороты и другие операции маневрирования, ч;

Потери времени на вспомогательные операции $T_{вс}$, ч:

$$T_{вс} = K_c \cdot (T_{кан} + T_{каб}) + T_{неп},$$

где $T_{кан}$ – время на перенос канатов между береговыми якорями, приходящееся на один забой, ч;

$T_{каб}$ – время на перенос электрокабеля (переключение драги), приходящееся на один забой, ч;

$T_{неп}$ – непредвиденные (непрогнозируемые) потери времени, ч;

K_c – коэффициент, учитывающий совмещение вспомогательных работ по переносу канатов и кабеля с простоями по организационным причинам, $K_c = 0-1$.

Так как работы по переносу канатов и кабеля можно планировать заранее, их целесообразно совмещать с проведением планово-предупредительных ремонтов и другими организационными простоями драги. Однако полностью совместить эти работы удастся не всегда, поэтому в среднем $K_c = 0,4-0,7$.

Непредвиденные потери времени связаны с удалением валунов, крепи, льда, окатышей и т.д., а также ремонтом, вызванным авариями и поломками. Их величина зависит от конкретных условий разработки россыпи и может изменяться в широком диапазоне.

Отмеченные простои можно отнести к отработке забоя, т.е. на один шаг драги.

Организационные простои, связанные с обслуживанием драги и требующие ее остановки, определяются за суточный период с использованием нормативов на обслуживающие механизмы и по фактическим затратам времени:

$$T_{op} = T_{обсл} + T_{пр},$$

где $T_{обсл}$ – время на осмотр и обслуживание механизмов, требующих остановки драги, ч;

$T_{пр}$ – прочие неучтенные простои, например, из-за доставки грузов на драгу, удаление льда и т.д., ч.

С учетом распределения простоев при отработке забоя по временным группам выражение для определения коэффициента забоя $K_{оз}$ можно записать как

$$K_{оз} = \frac{\sum T_{чз}}{\sum T_{чз} + \sum T_{оп} + \sum T_{пр}},$$

где $T_{чз}$ – время чистой работы драги в одном забое, ч.

Чистое время на драгирование в забое $T_{чз}$, ч:

$$T_{чз} = \frac{V_3 K_{сп}}{60 E K_{сн} n_{щ}},$$

где V_3 – объем полезного ископаемого, драгируемого при одном зашагивании, м³;

$n_{щ}$ – скорость движения черпаковой цепи, черп/мин;

E – вместимость черпака, м³;

$K_{сн}$ – средневзвешенный коэффициент наполнения черпака;

$K_{сп}$ – средневзвешенный коэффициент разрыхления пород в черпаке.

При работе в различных условиях объем породы, подлежащей выемке, определяется из выражения:

$$V_3 = V_{дрз} + V_{рз} + V_{рб},$$

где $V_{дрз}$ – объем драгирования в забое без учета обрушений пород, м³;

$V_{рз}$ – объем обрушений пород в забое, м³;

$V_{рб}$ – объем обрушений бортов, м³.

Организационные потери времени, связанные с ведением дражных работ, выражаются через коэффициент использования драги в сутки $K_{ис}$:

$$K_{ис} = \frac{24 - T_{оп}}{24}.$$

Отсюда суточная эксплуатационная производительность драги будет устанавливаться с учетом коэффициента забоя $K_{оз}$ и коэффициента использования драги $K_{ис}$.

Остальное время простоев на планово-предупредительные ремонты (1-2 дня) в месяц, перегон через участки, не подлежащие отработке, зимний отстой драги (межсезонный ремонт) – будет учитываться уже при определении ее эксплуатационной месячной и сезонной производительности.

С учетом влияния на потери рабочего времени горно-геологических, климатических и ряда других факторов уровень простоев из-за ремонта оборудования на дражных

разработках в условиях Восточной Сибири колеблется в диапазоне 0,20–0,22 ч на час работы (ч/ч) [28]. Так, при продолжительности эксплуатации драги 5 лет с учетом полученного в приведенной работе тренда простоев их величина составит 0,17 ч/ч, при этом пофакторно их влияние не устанавливается.

Значительные отличия в простоях проявляются при разработке валунистых россыпей драгами. В этом случае на работу драги влияют как отдельные негабаритные куски (оценка по ширине режущей части черпака), так и в целом их присутствие в забое. Обрушившиеся из забоя и бортов разреза валуны зачастую не позволяют доработать россыпь до плотика, и потери песков в этом случае достигают 30% и более. Производительность 380-литровой драги при изменении среднего диаметра валунов с 0,23 до 0,43 м уменьшается в 1,5 раза. Значимым пределом, по которому оценивается влияние валунистости россыпи на работу драги, является фракция валунов +0,5 м, при наличии которой более 4–6 % целесообразно изменять технологию разработки россыпи.

В случае драгирования валунистых песков остановки драги связаны с необходимостью их удаления из технологической цепочки. Оценка специалистов показывает, что при разработке валунистой россыпи простои драги ОМ 431 доходят до 0,8 ч/ч, при этом удельный вес времени, связанного с удалением негабаритов с черпаковой цепи и транспортера стакера, составил 51% от общего времени простоев [29].

Для выявления структуры потерь рабочего времени при определении производительности 380-литровой драги с использованием известных методик [5; 7; 25] выполнены расчеты при разработке россыпи, представленной породами III–V категории (по ЦНИГРИ) с мощностью пласта 10–18 м, с разной шириной забоев. Анализ расчетных затрат времени на технологический цикл работы драги показывает, что преобладающее значение для рассматриваемых условий драгирования имеют потери времени на технологические операции (рис. 1), которые достигают примерно 9–12% от времени отработки забоя.

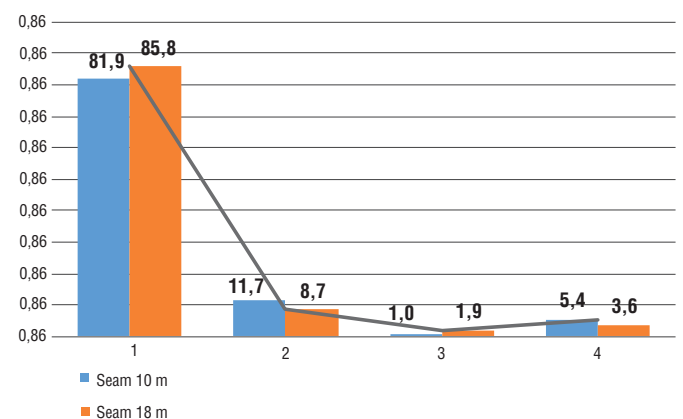


Рис. 1
Структура затрат времени (в процентах) на один технологический цикл (отработка забоя драгой) на пластах разной мощности:
1 – время драгирования;
2 – технологические простои;
3 – время вспомогательных операций; 4 – организационные простои

Fig. 1
The structure of time expenditures (in percent) for one technological cycle (dredging) on formation of different capacities:
1 – dredging time;
2 – technological downtime;
3 – auxiliary operations time;
4 – organizational downtime

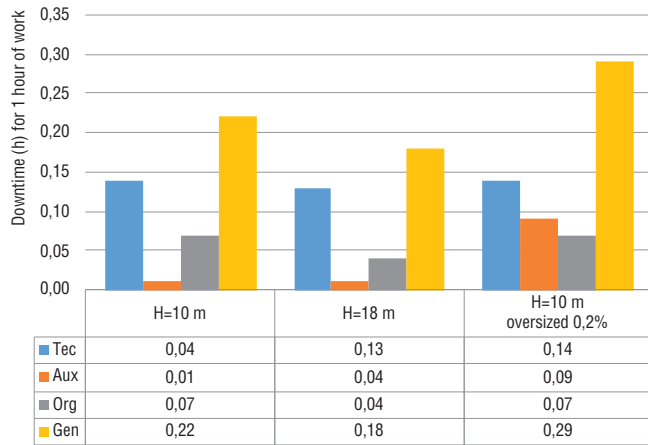


Рис. 2
Структура простоев драги при выполнении одного технологического цикла работы (система разработки одинарно-продольная, драга 380 л, ширина забоя 75 м, мощность песков 10–18 м)

Fig. 2
The structure of dredges downtime when performing one technological cycle of work (single-longitudinal development system, dredge 380-l, bottom width 75 m, sand thickness 10–18 m)

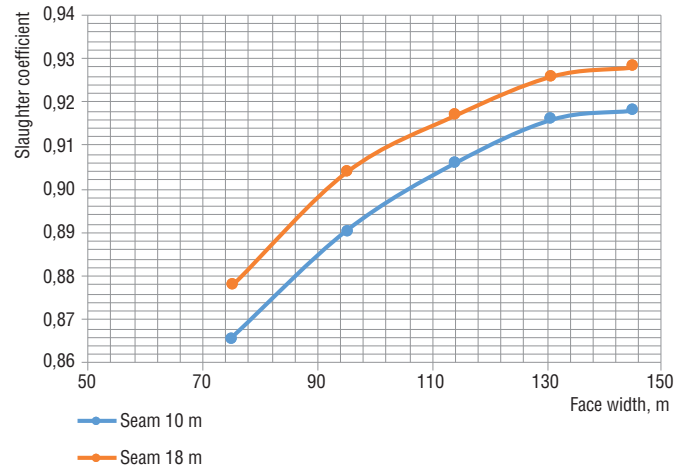


Рис. 3
Зависимость коэффициента забоя от его ширины (система разработки одинарно-продольная, драга 380 л)

Fig. 3
Dependence of the front bank coefficient on its width (single-longitudinal development system, dredge 380-l)

Распределение затрат времени на непроизводительные работы по отдельным операциям (рис. 2) отражает их характер изменения во взаимосвязи с продолжительностью отработки забоя. С увеличением глубины разреза и ширины забоя (рис. 3) общие простои, приходящиеся на 1 ч чистого времени драгирования, снижаются.

При различных категориях драгируемых пород изменение потерь рабочего времени на все операции, сопутствующие отработке забоев, в целом незначительно, за исключением случая драгирования валунистых пород.

Практика разработки валунистых россыпей Ленского золотоносного района показала, что в данном районе в рыхлых отложениях в значительном количестве присутствуют валуны размером 0,7–1,4 м, а наиболее крупные из них превышают 3 м. При оценке простоев для условий валунистой россыпи их продолжительность учитывали согласно данным исследований [29], при этом был принят во внимание вероятностный характер прекращения черпания для выполнения ремонтных работ. Расчеты показывают, что при содержании в драгируемых песках негабаритных валунов в количестве 0,2% с 10%-ной вероятностью остановок драги на ремонтные работы потери рабочего времени на вспомогательные операции при удалении половины негабаритов составят 0,09 ч/ч, т.е. увеличатся в 9 раз по сравнению с драгированием невалунистых отложений. Таким образом, при драгировании валунистых отложений потери времени на вспомогательные работы будут значимыми и это следует учитывать при обосновании технологии разработки.

Расчетный коэффициент забоя для принятых категорий пород и параметров заходки составил 0,88–0,94, а при драгировании валунистых пород (0,2% негабаритов) – 0,81, что соответствует установленному специалистами диапазону изменения коэффициента забоя, который составляет $K_{оз} = 0,7–1,0$ [25]. По обобщенным данным среднесуточный коэффициент использования рабочего времени драги составляет в среднем 0,77–0,85, а в летний период 0,8–0,92 [30].

Выводы

1. Распределение потерь рабочего времени по группам делает более удобным и наглядным анализ продолжительности использования драг и позволяет установить степень влияния отдельных факторов на основные и сопутствующие операции технологического цикла во взаимосвязи с горнотехническими условиями и организационными решениями.
2. Увеличение мощности песков и ширины хода приводит к снижению затрат времени на все сопутствующие черпанию операции, повышает коэффициент забоя и производительность драги.
3. Количественная оценка уровня простоев драг, коэффициентов забоя и среднесуточного использования рабочего времени драги для принятых горнотехнических условий залегания россыпи показала их приемлемую сходимость с данными практики и аналогичными показателями, приводимыми в литературных источниках.

Список литературы

1. Зубрилов Л.Е. *Основы драгирования россыпей*. Свердловск: Металлургиздат; 1944. 116 с.
2. Свиридов А.П. *Драги и драгирование*. М.: Металлургиздат; 1952. 476 с.
3. Шорохов С.М. *Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений*. М.: Недра; 1973. 795 с.
4. Лешков В.Г. *Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами*. М.: Недра; 1980. 352 с.
5. Лешков В.Г. *Разработка россыпных месторождений*. М.: Горная книга; 2007. 906 с.
6. Кудряшов В.А., Потемкин С.В. *Основы проектирования разработки россыпных месторождений*. М.: Недра; 1988. 199 с.
7. Ялтанец И.М. *Гидромеханизированные и подводные горные работы*. М.: Центр инновационных технологий; 2012. 717 с.

8. Добрецов В.Б., Сендек С.В., Опрышко Д.С. Минеральные ресурсы России и перспективы освоения малых россыпных месторождений золота. *Известия вузов. Горный журнал*. 2005;(2):15–24.
9. Салаев А.В. О состоянии, проблемах и перспективах минерально-сырьевой базы золота Иркутской области. *Золото и технологии*. 2017;(4):92–93.
10. Снегков В.И., Тальгамер Б.Л. Проблемы оценки и разработки техногенных запасов дражных полигонов. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2014;(1):111–118.
11. Тальгамер Б.Л., Тютрин С.Г., Ершов В.А. Состояние и перспективы дражной золотодобычи в Иркутской области. *Золотодобыча*. 2016;(12):11–15. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/11656>
12. Костромин М.В., Грешилов Д.М. Методика, техника и технология снижения и ликвидации эксплуатационных потерь в межходовых и межшаговых целиках при дражной разработке россыпей. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014;(12):68–75. Режим доступа: https://giab-online.ru/files/Data/2014/12/11_68-75_Kostromin.pdf
13. Костромин М.В. Современные проблемы разработки россыпных месторождений в восточных районах России. В: *Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: материалы 14-й Междунар. науч.-практ. конф., Чита, 30 ноября – 2 декабря 2015 г.* Чита: Заб. гос. ун-т; 2014. С. 14–24.
14. Литвинцев В.С. Проблемы рационального освоения техногенных россыпных месторождений благородных металлов в Восточных регионах России. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2015;(1):97–104. Режим доступа: <https://www.sibran.ru/upload/iblock/90a/90a712636e0ec8411a7831320040785a.pdf>
15. Литвинцев В.С. Основные направления стратегии освоения техногенных рудных и россыпных месторождений благородных металлов. *Горный журнал*. 2013;(10):38–41. Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/journal/1240/article/21047/>
16. Prach K., Karesova P., Jirova A., Dvokova N., Konvalinkova P., Ehoukova K. Do no neglect surroundings in restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology*. 2015;23(3):310–314. DOI: 10.1111/rec. 12189.
17. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. Study of the Integrated Environmental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis. *Procedia Engineering*. 2011;21:267–272.
18. Jonson K., MacKenzie A. Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings. *Annual Conference Canadian Society for Civil Engineering*. 2012;(1):211–220.
19. 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*. 2018;194(10):102003. DOI: 10.1088/1755-1315/194/10/102003.
20. Сас П.П. Сравнительная эффективность использования блочной минидраги для разработки техногенных россыпей. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2010;(4):257–266.
21. Ермаков С. А., Бураков А. М., Батугина Н. С. Поточная технология разработки и обогащения запасов погребенного россыпного месторождения золота в долине реки Большой Куранах (Якутия). *Горный журнал*. 2016;(1):40–45. DOI: 10.17580/gzh.2016.01.09.
22. 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):32–36.
23. Секисов Г.В., Герасимов В.М., Нижегородцев Е.И. Гидросистемный комплекс при разработке золотоносных россыпей. *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2017;(7):29–38.
24. Попов С.В. Крупнолитражная драга 400 л №1 готова к эксплуатации. *Золотодобыча*. 2015;(203):12–14.
25. Варийчук М.И., Натогинский В.И. *Оптимизация параметров открытой разработки россыпей*. М.: Недра; 1985. 197 с.
26. Ржевский В.В. *Процессы открытых горных работ*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра; 1978. 543 с.
27. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др. *Справочник. Открытые горные работы*. М.: Горное бюро; 1994. 590 с. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/1747>
28. Костромитинов К.Н., Лысков В.М. *Оценка эффективности отработки месторождений драгоценных металлов*. Иркутск: Изд-во БГУЭП; 2015. 530 с.
29. Кудряшов Е.В. *Изыскания эффективной технологии дражной разработки валунистых россыпей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.03*. Иркутск; 1996. 19 с.
30. Лешков В.Г. *Справочник дражника*. М.: Недра; 1968. 496 с.

References

1. Zubrilov L.E. *Basics of Placer Dredging*. Sverdlovsk: Metallurgizdat; 1944. 116 p. (In Russ.)
2. Sviridov A.P. *Dredges and Dredging*. Moscow: Metallurgizdat; 1952. 476 p. (In Russ.)
3. Shorokhov S.M. *Technology and Overall Mechanisation of Placer Mining*. Moscow: Nedra; 1973. 756 p. (In Russ.)
4. Leshkov V.G. *Theory and Practice of Placer Mining with Continuous-Bucket Dredges*. Moscow: Nedra; 1980. 352 p. (In Russ.)
5. Leshkov V.G. *Development of Placer Deposits*. Moscow: Gornaya kniga; 2007. 906 p. (In Russ.)
6. Kudryashov V.A., Potemkin S.V. *Basics of Designing Development of Placer Deposits*. Moscow: Nedra; 1988. 199 p. (In Russ.)
7. Yaltanets I.M. *Hydromechanized and Underwater Mining Operations*. Moscow: Tsentr innovatsionnykh tekhnologii; 2012. 717 p. (In Russ.)
8. Dobretsov V.B., Sendek S.V., Opryshko D.S. Mineral Resources of Russia and Prospects of Mining Small-Scale Placer Gold Deposits. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2005;(2):15–24. (In Russ.)
9. Salaev A.V. On Current Status, Challenges and Prospects of Gold Mineral Resource Base in the Irkutsk Region. *Zoloto i tekhnologii*. 2017;(4):92–93. (In Russ.)
10. Snetkov V.I., Talgamer B.L. Appraisal and exploitation of mining and dressing waste at dredge sites. *Journal of Mining Science*. 2014;50(1):108–114. DOI: 10.1134/S1062739114010165.
11. Talgamer B.L., Tyutrin S.G., Ershov V.A. Current Status and Prospects of Dredging Gold in the Irkutsk Region. *Zolotodobycha*. 2016;(12):11–15. Available at: <https://zolotodb.ru/article/11656> (In Russ.)
12. 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. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2014;(12):68–75. (In Russ.) Available at: https://giab-online.ru/files/Data/2014/12/11_68-75_Kostromin.pdf

13. Kostromin M.V. Modern Challenges of Mining Placer Deposits in Eastern Russia. In: *Kulagin Readings: Engineering and Process Technology: Proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference, Chita, November 30 – December 2, 2015*. Chita: Transbaikal State University; 2014, pp. 14–24. (In Russ.)
14. Litvintsev V.S. Rational development of noble metal placer mining waste in the east of Russia. *Journal of Mining Science*. 2015;51(1):118–123. DOI: 10.1134/S1062739115010159.
15. Litvintsev V.S. Basic directions of the strategy of mastering of anthropogenic ore and placer deposits of noble metals. *Gornyi Zhurnal*. 2013;(10):38–41. (In Russ.) Available at: <https://www.rudmet.ru/journal/1239/article/21022/>
16. Prach K., Karesova P., Jirova A., Dvokova H., Konvalinkova P., Ehoukova K. Do no neglect surroundings in restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology*. 2015;23(3):310–314. DOI: 10.1111/rec. 12189.
17. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. Study of the Integrated Environmental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis. *Procedia Engineering*. 2011;21:267–272.
18. Jonson K., MacKenzie A. Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings. *Annual Conference Canadian Society for Civil Engineering*. 2012;(1):211–220.
19. 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*. 2018;194(10):102003. DOI: 10.1088/1755-1315/194/10/102003.
20. Sas P.P. Comparative Efficiency of Block Mini-Dredge Utilization for Mining of Man-Made Placer Deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2010;(4):257–266. (In Russ.)
21. Ermakov S.A., Burakov A.M., Batugina N.S. Continuous flow process technology for gold extraction and beneficiation at the buried placer in the Bolshoi Kuranakh River valley (Yakutia). *Gornyi Zhurnal*. 2016;(1):40–45. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2016.01.09.
22. Dobretsov V.B., Kuleshov A.A., Ligotskii D.N., Opryshko D.S. Means of Mechanization and Technology for Development of Small-Scale Flooded Gold Placers. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2006;(2):32–36. (In Russ.)
23. Sekisov G.V., Gerasimov V.M., Nizhegorodtsev E.I. Hydrosystem complex in the development of gold-bearing placers. *Bulletin of ZabGU = Transbaikal State University Journal*. 2017;(7):29–38. (In Russ.)
24. Popov S.V. Large-capacity 400-Litre Dredge No. 1 is Ready for Operation. *Zolotodobycha*. 2015;(203):12–14. (In Russ.)
25. Variichuk M.I., Natotsinsky V.I. *Optimizing Parameters of Placer Surface Mining*. Moscow: Nedra; 1985. 197 p. (In Russ.)
26. Rzhhevsky V.V. *Surface Mining Processes*. 3rd ed. Moscow: Nedra; 1978. 543 p. (In Russ.)
27. Trubetskoy K.N., Potapov M.G., Vinitzky K.E. et al. *Reference Book. Surface Mining Operations*. Moscow: Gornoe byuro; 1994. 590 p. Available at: <https://www.geokniga.org/books/1747> (In Russ.)
28. Kostromitinov K.N., Lyskov V.M. *Assessment of Efficiency of Mining Precious Metals Deposits*. Irkutsk: Baikal State University; 2015. 530 p. (In Russ.)
29. Kudryashov E.V. *Searching for Effective Technology for Dredging of Placer Deposits Containing Boulders: abstract of dissertation for the Candidate's Degree in Technical Sciences*. Irkutsk; 1996. 19 p. (In Russ.)
30. Leshkov V.G. *Dredger's Handbook*. Moscow: Nedra; 1968. 496 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Мурзин Николай Владимирович – младший научный сотрудник научно-исследовательской части, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация; e-mail: murzinnv@istu.edu. **Дудинский Федор Владимирович** – доктор технических наук, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация; e-mail: go_gor@istu.edu. **Тальгамер Борис Леонидович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация; e-mail: go_gor@istu.edu.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.02.2021
 Поступила после рецензирования: 04.03.2021
 Принята к публикации: 11.03.2021

Information about the authors

Nikolay V. Murzin – Junior researcher of the research part of National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russian Federation; e-mail: murzinnv@istu.edu. **Fedor V. Dudinskiy** – Dr. Sci. (Eng.), Professor of Department of Mineral Deposits Development of National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russian Federation; e-mail: go_gor@istu.edu **Boris L. Talgamer** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of Department of Mineral Deposits Development of National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russian Federation; e-mail: go_gor@istu.edu.

Article info

Received: 25.02.2021
 Revised: 04.03.2021
 Accepted: 11.03.2021