

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗУБОЖИВАНИЯ ПЕСКОВ В ЗАБОЕ ЭФЕЛЬНЫМИ ОТВАЛАМИ ПРИ ДРАЖНОЙ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*В.Е. Кисляков, Д.А. Дорожкин, П.А. Zubov, Н.А. Цимбалюк
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия*

Аннотация: В статье приведены результаты моделирования эфельных отвалов в дражном разрезе в динамике, в зависимости от глубины дражного разреза и разности гранулометрического состава песков, который стал основой для построения математической модели. Установлено, что самый распространенный способ отвалообразования – кормовой. Определено, что разубоживание хвостами эфельных отвалов песков в забое драги оказывает одно из наибольших влияний на качественные показатели добычи. Показано, что 3D модель эфельного отвала позволяет одновременно учитывать множество вводных параметров, при этом каждый предыдущий отсыпaeмый отвал поднимает по высоте последующие отвалы, что ведет к резкому увеличению объема песков, попадающих в забой драги. Выявлено, что при увеличении глубины драгирования резко увеличивается объем разубоживающих песков. Результаты исследований могут быть полезными при разработке технологических решений, которые могут позволить снизить влияние разубоживания песками эфельных отвалов в стадиях проектирования и освоения месторождения.

Ключевые слова: россыпные месторождения золота, дражный способ разработки, драга, разубоживание, потери, математическая модель, отвалообразование, эфельный отвал.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE DILUTION OF SANDS IN THE BOTTOM OF THE DREDGING WASTE DURING THE DREDGING DEVELOPMENT OF PLACER DEPOSITS

*V.I. Kislyakov, D.A. Dorozhkin, P.A. Zubov, N.A. Tsimbalyuk
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation*

Abstract: The article presents the results of modeling of dredging waste in the dredge section in dynamics, depending on the depth of the dredge section and the difference in the granulometric composition of the sands, which became the basis for constructing a mathematical model. It has been established that the most common method of dumping is after-part of dredge. It is determined that the dilution of the tails of the dredging waste of sand in the bottom of the dredge has one of the greatest effects on the quality indicators of production. It is shown that the 3D model of the dredging waste allows you to simultaneously take into account many input parameters, while each previous filled dredging waste raises the subsequent dredging waste in height, which leads to a sharp increase in the volume of sands entering the dredge face. It was revealed that with an increase in the depth of dredging, the volume of diluting sands sharply increases. The results of the research can be useful in the development of technological solutions that can reduce the impact of dilution of the sands of dredging waste at the stages of field design and development.

Keywords: dredging method of development, dredge, placer deposits, dilution, losses, mathematical model, stacking, dredging waste.

Добыча россыпного золота в России превышает 50-70 тонн в год, а по добыче россыпного золота Россия в течении многих лет удерживает лидирующие позиции. Дражный способ разработки россыпных месторождений способен показывать высокую экономическую эффективность при добыче золота. Небольшая численность работающих, минимальное расстояние транспортирования горной массы, минимальные затраты на обслуживание техники, минимальное энергопотребление, что обеспечивает высокую выработку на одного рабочего и низкую себестоимость добычи золота [1-3]. Однако доля

россыпного золота в общем производстве металла постепенно снижается [4-7]. Связано это, как правило, с истощением минерально-сырьевой базы россыпных месторождений, а также ухудшением горно-геологических условий [8-12].

Однако дражный способ имеет крупный недостаток – разубоживание. Известно большое количество видов разубоживания [13-17]. Разубоживание хвостами эфельных отвалов песков в забое драги оказывает одно из наибольших влияний на качественные показатели добычи. Такое разубоживание применимо к современному состоянию россыпных место-

рождений, так как к разработке привлекаются глубоко залегаемые пески [18].

Целью данной работы является определение величины разубоживания песков хвостами эфельных отвалов в зависимости от изменения параметров дражного разреза и гранулометрического состава песков, для того, чтобы предприятия на стадии разработки, либо изменении технологии могли в динамике отслеживать влияние разубоживания эфельными отвалами.

Самый распространенный способ отвалообразования – кормовой. При данном способе отвалы отсыпаются в выработанное пространство. Из-за того, что отвалы находятся под водой полностью или частично, крайне сложно определить поверхность отвала.

Процесс разубоживания песков эфельными отвалами следует рассматривать в динамических условиях, так как необходимо учитывать изменения параметров отвалов из-за того, что отвалы каждой следующей заходки укладываются на предыдущие отвалы.

Методы и материалы исследований

Известна методика построения профиля эфельного отвала, разработанная Кисляковым В.Е., Цимбалюком Н.А. и Деннером В.И. [19]. Данная методика позволяет отстроить профиль отвала с учетом гранулометрического состава песков. Наличие компьютерных технологий позволяют выполнить моделирование, что дает возможность провести анализ разубоживания хвостами эфельных отвалов, попадающих в призабойную зону.

Для получения значений, сопоставимых с реальными геометрическими параметрами отвалов и разрезов необходимо задаться исходными данными. Изначально, по методике Ялтанца [20–21] были рассчитаны все необходимые параметры разреза, задаваясь постоянными данными:

- ✧ драга – 250 Д;
- ✧ уклон долины – 0;
- ✧ глубина задиры плотика – 0 м;
- ✧ величина зашагивания драги – 4 м;
- ✧ геометрический объем дражной заходки за одно зашагивание – 2009,4 м³;
- ✧ коэффициент пористости песков в целике – 0,32;
- ✧ объем песков просыпаемых из черпаков – 0;
- ✧ объем песков, пропускающих подчерпаковый уловитель – 0;
- ✧ объем мелкозернистых песков недогрозоченных в бочке – 0;
- ✧ объем выносимых пород из разреза водным потоком – 0;
- ✧ объем песков, уходящих в виде глинистых окатышей на стакер – 5,53 м³;

Для изменяемых параметров были выбраны такие значения:

- ✧ отрабатываемая мощность россыпи от 10, 11 и 12 м;
- ✧ коэффициент разрыхления песков 1,5; 2 и 2,7;

Отвал размещается на плоском основании. Профиль эфельного отвала был определен, пользуясь методикой определения профиля эфельного отвала.

Построение 3D модели позволяет одновременно учитывать большое количество исходных данных, приведенных выше. Также цифровая модель позволяет выполнить все необходимые измерения и получить базу данных для проверки модели.

Для осуществления данной задачи использовалась студенческая версия программы AutoCAD из пакета программ CAD. Первым этапом стало построение 3D модели дражных разрезов с эфельными отвалами, пример модели представлен на *рис. 1*. В свою очередь необходимо было также учесть тот факт, что отвалы каждой следующей заходки ложились на отвалы предыдущей.

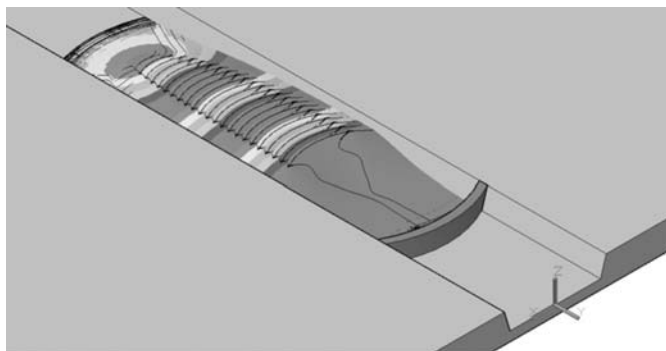


Рис. 1. Пример 3D модели эфельных отвалов в дражном разрезе / Fig. 1. An example of a 3D model of ephel dumps in a dredge section.

Также было учтено, что борта дражного разреза не позволяют разместить весь объем отвала в выработанное пространство и в случаях, когда ширина основания отвала больше ширины основания дражного забоя необходимо отсекал боковые части.

Следующим шагом в работе стал процесс формирования базы данных для составления зависимости и модели. В результате было построено 9 моделей разрезов с отвалами, которые позволили в дальнейшем проверить уже готовую формулу расчета объема. База формировалась следующим образом: поочередно брался каждый из изменяемых параметров, изменялся на один шаг, описанный выше, строилась модель в AutoCAD, и необходимые параметры.

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные данные по моделям отвалов позволяют вывести математическую модель, позволяющую определить значения CD (расстояние от оси *n*-ого отвала до конца *n*-ого отвала) и DA (расстояние от *n*-ого забоя до конца *n*-ого отвала), через которые в свою очередь можно определить величину разубоживания каждым отсыпаемым отвалом с учетом ширины дражного разреза и коэффициента разрыхления.

На *рис. 2* в качестве примера графически отражены зависимости CD и DA от порядкового номера слоя отвала при коэффициенте разрыхления $K_p = 1,5$ и глубины драгирования $h = 10$ м.

Для всех зависимостей выражение принимает общий вид:

$$CD(DA) = A \times \ln(n) + B, \text{ м.} \quad (1)$$

где *A* и *B* – эмпирические коэффициенты уравнения (*табл. 1–3*); *n* – порядковый номер слоя отвала.

На *рис. 3*, в качестве примера, графически отражены зависимости эмпирических коэффициентов *A* и *B* от глубины драгирования при $K_p = 1,5$ для CD.

На *рис. 4* наглядно продемонстрирована зависимость эмпирического коэффициента *A* от глубины драгирования при $K_p = 1,5$ для DA.

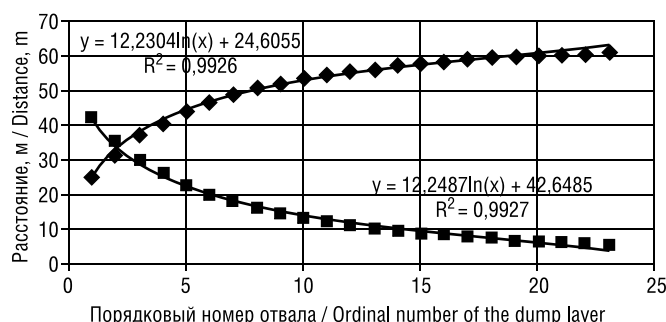


Рис. 2. Графики зависимостей CD и DA от порядкового номера слоя отвала при $K_p = 1,5$ и $h = 10$ м /

Fig. 2. Graphs of dependences of CD and DA on the ordinal number of the dump layer at $K_p = 1,5$ and $h = 10$ m.

Таблица 1 / Table 1

Эмпирические коэффициенты уравнения при коэффициенте разрыхления $K_p = 1,5$ /

Empirical coefficients of the equation for the coefficient of loosening $K_p = 1,5$.

Глубина драгирования h , м / Dredging depth h , m	Расстояние от оси n -ого отвала до конца n -ого отвала CD / Distance from the axis of the n -th dump to the end of the n -th dump CD		Расстояние от n -ого забоя до конца n -ого отвала DA / Distance from the axis of the n -th dump to the end of the n -th dump DA	
	A	B	A	B
10	12,2304	24,6055	-12,2487	42,6485
11	13,1757	24,3106	-13,1785	42,9131
12	14,0588	24,0815	-14,0638	43,1254

Таблица 2 / Table 2

Эмпирические коэффициенты уравнения при коэффициенте разрыхления $K_p = 2$ /

Empirical coefficients of the equation for the coefficient of loosening $K_p = 2$.

Глубина драгирования h , м / Dredging depth h , m	Расстояние от оси n -ого отвала до конца n -ого отвала CD / Distance from the axis of the n -th dump to the end of the n -th dump CD		Расстояние от n -ого забоя до конца n -ого отвала DA / Distance from the axis of the n -th dump to the end of the n -th dump DA	
	A	B	A	B
10	16,4296	25,1923	-16,4277	41,9774
11	17,7094	24,8772	-17,7107	42,3256
12	18,9365	24,589	-19,206	42,8417

Таблица 3 / Table 3

Эмпирические коэффициенты уравнения при коэффициенте разрыхления $K_p = 2,7$ /

Empirical coefficients of the equation for the coefficient of loosening $K_p = 2,7$.

Глубина драгирования h , м / Dredging depth h , m	Расстояние от оси n -ого отвала до конца n -ого отвала CD / Distance from the axis of the n -th dump to the end of the n -th dump CD		Расстояние от n -ого забоя до конца n -ого отвала DA / Distance from the axis of the n -th dump to the end of the n -th dump DA	
	A	B	A	B
10	25,387	29,2332	-25,3823	37,9389
11	27,0153	29,2013	-27,0153	37,9987
12	28,5758	29,052	-28,5592	38,0672

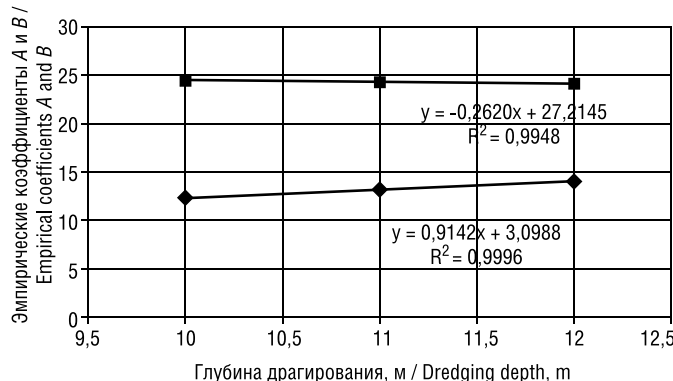


Рис. 3. Графики зависимостей эмпирических коэффициентов A и B от глубины драгирования при $K_p = 1,5$ для CD /

Fig. 3. Graphs of dependences of empirical coefficients A and B on the depth of dredging at $K_p = 1,5$ for CD .

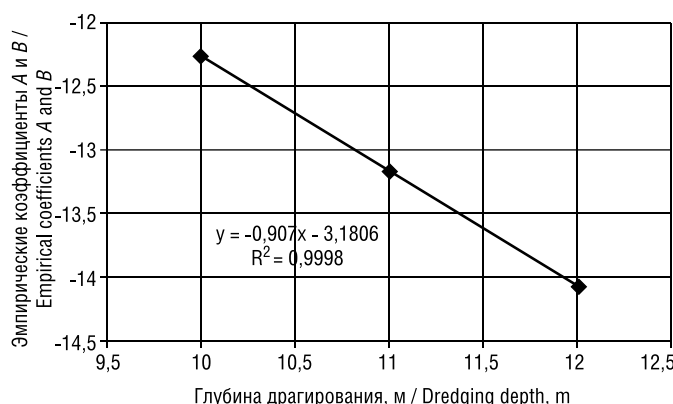


Рис. 4. График зависимости эмпирического коэффициента A от глубины драгирования при $K_p = 1,5$ для DA /

Fig. 4. Graph of the dependence of the empirical coefficient A on the depth of dredging at $K_p = 1,5$ for DA .

Для всех зависимостей эмпирических коэффициентов выражение принимает общий вид:

$$A(B) = a \times h + b, \quad (2)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты уравнения (табл. 4-5).

Таблица 4 / Table 4

Эмпирические коэффициенты уравнений A и B для определения CD / Empirical coefficients of equations A and B for determining CD .

Коэффициент разрыхления K_p / Loosening coefficient K_p	Эмпирические коэффициенты уравнения A / Empirical coefficients of equation A		Эмпирические коэффициенты уравнения B / Empirical coefficients of equation B	
	a(A)	b(A)	a(A)	b(A)
1,5	0,9142	3,0988	-0,2620	27,2145
2,0	1,2535	3,9039	-0,3017	28,2043
2,7	1,5944	9,4543	-0,0906	30,1588

Таблица 5 / Table 5

Эмпирические коэффициенты уравнений А и В для определения DA / Empirical coefficients of equations A and B for determining DA.

Коэффициент разрыхления K_p / Loosening coefficient K_p	Эмпирические коэффициенты уравнения А / Empirical coefficients of equation A		Эмпирические коэффициенты уравнения В / Empirical coefficients of equation B	
	a(A)	b(A)	a(A)	b(A)
1,5	-0,9075	-3,1806	0,2384	40,2727
2,0	-1,3891	-2,5008	0,4322	37,6279
2,7	-1,5885	-9,5126	0,0641	37,2960

На рис. 5 приведена зависимость эмпирического коэффициента a(A) от коэффициента разрыхления для CD.

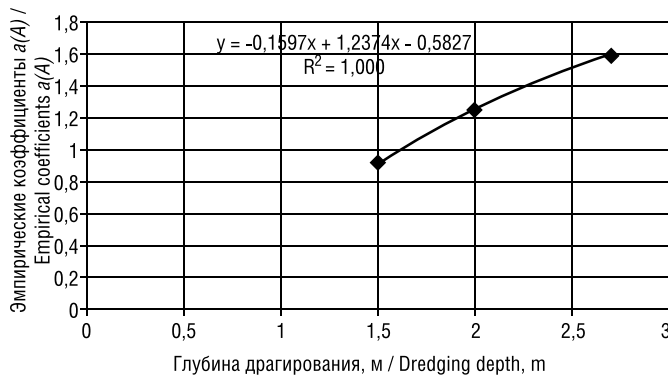


Рис. 5. График зависимости эмпирического коэффициента a(A) от коэффициента разрыхления для CD / Fig. 5. Graph of the dependence of the empirical coefficient a(A) on the loosening coefficient for CD.

Для всех зависимостей эмпирических коэффициентов выражение принимает общий вид:

$$a(A) = c \times K_p^2 + d \times K_p \times f, \quad (3)$$

$$b(A) = c \times K_p^2 + d \times K_p \times f, \quad (4)$$

$$a(B) = c \times K_p^2 + d \times K_p \times f, \quad (5)$$

$$b(B) = c \times K_p^2 + d \times K_p \times f, \quad (6)$$

где c, d, f – эмпирические коэффициенты уравнения (табл. 6-7).

Таблица 6 / Table 6

Эмпирические коэффициенты для a(A), b(A), a(B), b(B) для расчета CD / Empirical coefficients for a(A), b(A), a(B), b(B) to calculate CD.

Коэффициент разрыхления K_p / Loosening coefficient K_p	Расчет коэффициентов: / Calculation of coefficients:			
	a(A)	b(A)	a(B)	b(B)
c	-0,1597	5,2658	0,3175	0,6771
d	1,2374	-16,8201	-1,1906	-0,3903
f	-0,5827	16,4809	0,8095	26,2765

Таблица 7 / Table 7

Эмпирические коэффициенты для a(A), b(A), a(B), b(B) для расчета DA / Empirical coefficients for a(A), b(A), a(B), b(B) to calculate DA.

Коэффициент разрыхления K_p / Loosening coefficient K_p	Расчет коэффициентов: / Calculation of coefficients:			
	a(A)	b(A)	a(B)	b(B)
c	0,5653	-9,4804	-0,7612	4,0129
d	-2,9417	34,5409	3,0518	-19,3347
f	2,2332	-33,6611	-2,6266	60,2457

Исходя из полученных данных, расширенные уравнения расчета коэффициентов принимают вид:

$$a(A) = (c[a(A)] \times K_p^2 + d[a(A)] \times K_p \times f[a(A)]) \times h + c[a(A)] \times K_p^2 + d[a(A)] \times K_p \times f[a(A)], \quad (7)$$

$$b(A) = (c[b(A)] \times K_p^2 + d[b(A)] \times K_p \times f[b(A)]) \times h + c[b(A)] \times K_p^2 + d[b(A)] \times K_p \times f[b(A)], \quad (8)$$

$$a(B) = (c[a(B)] \times K_p^2 + d[a(B)] \times K_p \times f[a(B)]) \times h + c[a(B)] \times K_p^2 + d[a(B)] \times K_p \times f[a(B)], \quad (9)$$

$$b(B) = (c[b(B)] \times K_p^2 + d[b(B)] \times K_p \times f[b(B)]) \times h + c[b(B)] \times K_p^2 + d[b(B)] \times K_p \times f[b(B)], \quad (10)$$

$$A = a(A) \times h + b(A), \quad (11)$$

$$B = a(B) \times h + b(B). \quad (12)$$

Уравнение для вычисления CD и DA:

$$CD(DA) = (a(A) \times h + b(A)) \times \ln(n) + a(B) \times h + b(B). \quad (13)$$

Объем разубоживающих песков определяется как произведение площади на ширину забоя.

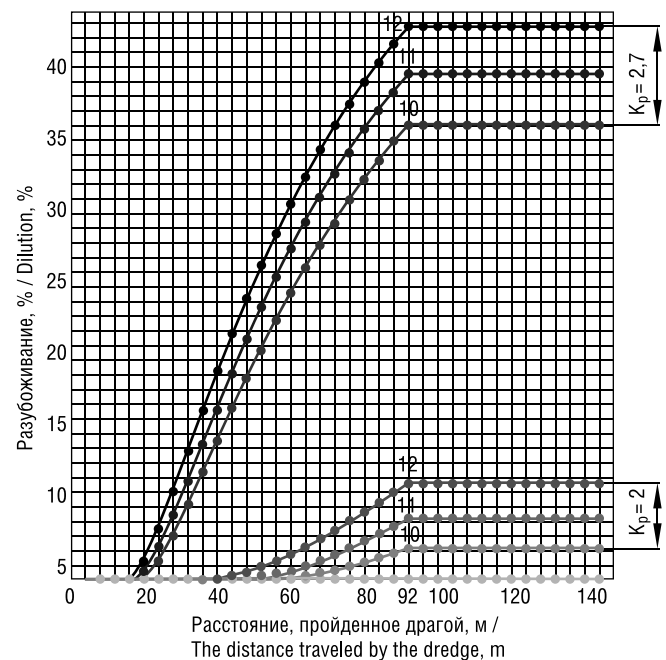


Рис. 6. Номограмма разубоживания / Fig. 6. Dilution nomogram.

Для визуализации и упрощения определения разубоживания в будущем, была разработана номограмма, по которой можно было бы определить разубоживание в зависимости от коэффициента разрыхления и глубины драгирования (рис. 6).

На графике линии, показанные при коэффициенте разрыхления 1,5 при глубине драгирования 10, 11 и 12 метров лежат на нулевом значении разубоживания, так как при данных показателях разубоживание не было выявлено. Значения возле линий (10, 11 и 12) показывают глубину разреза. Размерными линиями указаны области с определенными коэффициентами разрыхления. Для упрощения ось абсцисс представлена расстоянием пройденным драгой, которое определяется как произведение порядкового номера отвала и величины зашагивания драги (4 метра). Также можно заметить, что начиная с 92 метров ($n=23$), пройденных драгой, разубоживание принимает постоянное значение. В результате моделирования была выявлена практически такая же закономерность.

Резкое возрастание разубоживания можно объяснить тем, что каждый предыдущий отсыпaeмый отвал поднимает по высоте последующие отвалы, что ведет к резкому увеличению объема песков, попадающих в забой драги.

Таким образом, разработана модель расчета разубоживания хвостами эфельных отвалов в забое драги в зависимости от глубины дражного разреза и коэффициента разрыхления, которая имеет практическую ценность в части определения параметров разреза, отталкиваясь от величины разубоживания.

Выводы

Данная модель показала, что при увеличении глубины драгирования резко увеличивается объем разубоживающих песков. Также, пользуясь данной методикой возможно определить влияние других параметров на объемы разубоживания. Полученные данные позволяют разработать технологические решения, которые могут позволить снизить влияние разубоживания песками эфельных отвалов. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотодобыча [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/616> (дата обращения: 24.07.2022).
2. Bibiana Betancur-Corredor, Juan Carlos Loaiza-Usuga, Manfred Denich, Christian Borgemeister. Gold mining as a potential driver of development in Colombia: Challenges and opportunities // *Journal of Cleaner Production*. 2018. V. 199. P. 538-553.
3. Тальгамер Б.Л., Тютрин С.Г., Ершов В.А. Состояние и перспективы дражной золотодобычи в Иркутской области // *Золотодобыча*. 2016. № 12 (217). С. 11-14.
4. Золотодобыча [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/10922> (дата обращения: 27.07.2022).
5. Jonson K., MacKenzie A. (2012). Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings. Annual Conference. Canadian Society for Civil Engineering, 1, pp. 211-220.
6. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. (2011) Study of the Integrated Enviromental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis. *Procedia Engineering*; 21, pp. 267-272. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2014>.
7. Пятаков В.Г., Тальгамер Б.Л. Перспективы развития дражного способа разработки россыпных месторождений // *Горный журнал*. 2019. №12. С. 35-38.
8. Золото и технологии [Электронный ресурс]. - <https://zolteh.ru/results/obzor-osnovnykh-sobytiy-v-zolotodobyvayushchey-otrasli-po-itogam-aprelya-iyunya-2021-goda> (дата обращения: 07.12.2021).
9. Garnett R. H. T. Graphical representation of production results versus estimates in placer mining. *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. Section B // Applied Earth Science*. 2015. Vol. 124. No. 3. P. 175-190.
10. Brown L., Vearncombe J. Critical analysis of successful gold exploration methods. *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. Section B // Applied Earth Science*. 2014. Vol. 123, No. 1. P. 18-24.
11. Stanaway K. J. Ten placer deposit models from five sedimentary environments. *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. Section B // Applied Earth Science*. 2012. Vol. 121. No. 1. P. 43-51.
12. Ершов В.А. Целенаправленное преобразование россыпных месторождений при дражной разработке // *Горная промышленность*, № 5, 2010, С. 70-72.
13. Лешков В.Г. Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами. М.: Недра, 1980. 352 с.
14. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений. М.: Изд-во МГГУ, 2007. 906 с.
15. Лешков В.Г. Справочник дражника. М.: Недра, 1968. 496 с
16. Шорохов С.М. Разработка россыпных месторождений и основы проектирования. М.: Госгортехиздат, 1963. 764 с.
17. Шорохов С.М. Материалы по теории разработки россыпей. Магадан: Типография Северо-Восточного совнархоза, 1963. 72 с.
18. Костромин М.В. (2016). Проблемы дражной разработки россыпных месторождений Забайкалья. V Международная научно-техническая конференция: Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений. Екатеринбург: Уральский Государственный Горный Университет, с. 113-116.
19. Кисляков В.Е., Цимбалюк Н.А., Деннер В.И. Фракционирование хвостов эфельного отвала при дражной разработке россыпей // *Маркшейдерия и недропользование*. 2020. № 1 (105). С. 51-54.
20. Ялтаец И. М. Проектирование открытых гидромеханизированных и дражных разработок месторождений: учебник для вузов. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. 758 с.
21. Ялтаец И.М., Шадов М.И. Практикум по открытым горным работам: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. 429 с.

REFERENCES

1. Efficient mining of placers by dredging. Gold mining. URL: <https://zolotodb.ru/article/616> (date of treatment 07/24/2022).
2. Bibiana Betancur-Corredor, Juan Carlos Loaiza-Usuga, Manfred Denich, Christian Borgemeister. Gold mining as a potential driver of development in Colombia: Challenges and opportunities // Journal of Cleaner Production. 2018. V. 199. P. 538-553.
3. Talgamer B. L., Tyutrin S. G., Yershov V. A. The state and prospects of drazhnaya gold mining in the Irkutsk region. 2016. No. 12 (217). pp. 11-14.
4. Gold production in Russia. Gold mining. URL: <https://zolotodb.ru/article/10922> (date of treatment 07/27/2022).
5. Jonson K., MacKenzie A. (2012). Gold dredging in the Klondike and number 4 Proceedings. Annual Conference. Canadian Society for Civil Engineering, 1, pp. 211-220.
6. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. (2011) Study of the Integrated Enviromental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis. Procedia Engineering; 21, pp. 267-272. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2014>.
7. Pyatakov V. G., Talgamer B. L. Prospects for the development of a drazhny method for the development of placer deposits. 2019. No. 12. P. 35-38.
8. Overview of the main events in the gold mining industry. Gold and technology. . URL: <https://zolteh.ru/results/obzor-osnovnykh-sobytiy-v-zolotodobyvayushchey-otrasli-po-itogam-aprelya-iyunya-2021-goda> (date of treatment 12/07/2022).
9. Garnett R. H. T. Graphical representation of production results versus estimates in placer mining. Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. Section B // Applied Earth Science. 2015. Vol. 124. No. 3. P. 175-190.
10. Brown L., Vearncombe J. Critical analysis of successful gold exploration methods. Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. Section B // Applied Earth Science. 2014. Vol. 123, No. 1. P. 18-24.
11. Stanaway K. J. Ten placer deposit models from five sedimentary environments. Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. Section B // Applied Earth Science. 2012. Vol. 121. No. 1. P. 43-51.
12. Ershov V.A. Purposeful transformation of alluvial deposits in dredge design // Mining industry Journal. 2010. №. 5. P. 70-72.
13. Leshkov V.G. (1980). Theory and practice of placer development by multi-pack dredges. Moscow: Nedra, p. 352. (In Russ.)
14. Leshkov V.G. (2007). Development of alluvial deposits. Moscow: Publishing House of Moscow State University for the Humanities, p. 906. (In Russ.)
15. Leshkov V.G. (1968). Dragnet's Handbook. Moscow: Nedra, p. 496. (In Russ.)
16. Shorokhov S.M. (1963). Development of alluvial deposits and the basics of design. Moscow: State Mining Publishing House, p. 764.
17. Shorokhov S.M. (1963). Materials on the theory of development of placers. Magadan: Printing house of the North-Eastern Economic Council, p.72.
18. Kostromin M.V. (2016). Problems of dredging development of alluvial deposits in Transbaikalia. V International Scientific and Technical Conference: Innovative geotechnologies in the development of ore and non-metallic deposits. Yekaterinburg: Ural State Mining University, p. 113-116.
19. Kislyakov V.E., Tsimbalyuk N.A., Denner V.I. (2020). Distribution of the dredging tailings in the dredged mining of alluvial deposits. Mine surveying and subsurface use, 1 (105), pp. 51-54.
20. Yaltanets I.M. (2003). Design of open hydromechanized and dredging field developments, a textbook for universities. Moscow: Publishing House of the Moscow State Mining University, p. 758.
21. Yaltanets I.M., Shchadov M.I. (2003). Workshop on open pit mining, a textbook for universities. Moscow: Publishing House of the Moscow State Mining University, p. 429.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Кисляков Виктор Евгеньевич:
доктор технических наук,
профессор кафедры Открытых горных работ,
член-корреспондент РАН,
Сибирский Федеральный Университет,
Институт Горного Дела, Геологии и Геотехнологий,
г. Красноярск, Россия

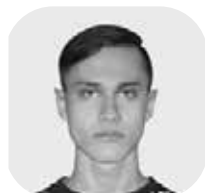
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kislyakov Viktor Evgenievich:
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Opencast Mining,
Corresponding Member of the Russian Academy
of Natural Sciences,
Siberian Federal University,
School of Mining, Geology and Geotechnology,
Krasnoyarsk, Russia



Дорожкин Денис Александрович:
лаборант,
Сибирский Федеральный Университет,
Институт Горного Дела, Геологии и Геотехнологий,
г. Красноярск, Россия,
e-mail: drozhkin99@mail.ru

Dorozhkin Denis Aleksandrovich:
laboratory assistant,
Siberian Federal University,
School of Mining, Geology and Geotechnology,
Krasnoyarsk, Russia,
e-mail: drozhkin99@mail.ru



Зубов Павел Андреевич:
лаборант,
Сибирский Федеральный Университет,
Институт Горного Дела, Геологии и Геотехнологий,
г. Красноярск, Россия,
e-mail: pasha07101999@gmail.com

Zubov Pavel Andreevich:
laboratory assistant,
Siberian Federal University,
School of Mining, Geology and Geotechnology,
Krasnoyarsk, Russia,
e-mail: pasha07101999@gmail.com



Цимбалюк Николай Александрович:
аспирант,
Сибирский Федеральный Университет,
Институт Горного Дела, Геологии и Геотехнологий,
г. Красноярск, Россия

Tsimbalyuk Nikolay Aleksandrovich:
graduate student,
Siberian Federal University,
School of Mining, Geology and Geotechnology,
Krasnoyarsk, Russia

ДОЛЯ УЧАСТИЯ АВТОРОВ / SHARE OF PARTICIPATION OF THE AUTHORS

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР
ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Аккредитованная Лаборатория ЭКОН в составе Отдела теории проектирования освоения недр ИПКОН РАН проводит НИР с подготовкой Заключений для предприятий России об опасности взрыва (воспламенения) серной или сульфидной пыли при отработке месторождений колчеданных, антимонитовых и полиметаллических руд.

Направления деятельности:

- ✦ анализ исходных данных и горно-технических условий разработки месторождений;
- ✦ анализ химического состав руд и пород;
- ✦ исследование текстурно-структурного строения керна (или крупнообломочного материала);
- ✦ изучение процессов выделения/поглощения тепла при взаимодействии пыли с нагретыми поверхностями и контакте с ВВ;
- ✦ оценка риска опасности взрыва сульфидной пыли в горных выработках рудника при ведении подземных горных работ
- ✦ разработка технологических мероприятий и рекомендаций для предотвращения взрывов сульфидной пыли и возгорания колчеданных руд и пород.



Подготовленные ранее аналогичные Заключение в составе Отчетов о НИР успешно принимаются в составе проектной документации Главгосэкспертизой.

Контакты:

Адрес: 111020, г. Москва,
Крюковский туп., д.4.
E-mail: geo-science@mail.ru
Тел: +7 (916)087-54-44
Сайт: <https://ипконран.рф/>
<http://labecomine.com/>

