



РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Научная статья

<https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-11-332>

УДК 622.271.1:622.271.5



Обоснование оптимальной ширины дражного забоя

Б.Л. Тальгамер , И.А. Мешков , Н.В. Мурзин , Ю.Г. Рославцева *Иркутский национальный исследовательский технический университет,**г. Иркутск, Российская Федерация*✉ meshkovia@ex.istu.edu**Аннотация**

Снижение себестоимости готовой продукции за счет применения наиболее экономически выгодных процессов и технологий добычи и обогащения полезных ископаемых – одна из актуальных задач в горнодобывающей отрасли промышленности. Значительное влияние на себестоимость добычи полезного ископаемого россыпей оказывает ширина дражного забоя. Существующие методы расчета наивыгоднейшей ширины забоя драги основаны на обеспечении ее максимальной производительности, что оправдано при валовой разработке россыпей. С увеличением глубины залегания россыпи и мощности вскрышных пород традиционные методы расчета оптимальной ширины дражного забоя не обеспечивают минимальной себестоимости добычных работ. Целью исследований является обоснование наивыгоднейшей ширины забоя драги с учетом мощности торфов и приемлемых технологических схем вскрышных работ. Идея работы заключается в том, что оптимальная ширина забоя должна устанавливаться не только исходя из максимальной производительности драги, но и из условия обеспечения наименьшей себестоимости добычи ценных компонентов (с учетом производительности всего горного оборудования и себестоимости вскрышных работ). В исследовании проводится анализ влияния параметров россыпи (мощности торфов и продуктивного пласта, ширины забоя) на себестоимость добычи и переработки песков, а также выявление зависимостей влияния параметров горных работ на технико-экономические показатели. В рамках исследования было рассмотрено более 100 технологических схем комплексной работы вскрышного и добычного оборудования и дана экономическая оценка их эффективности. Приведены рекомендуемые значения поправочных коэффициентов к определению оптимальной ширины забоя драги. Результаты исследования служат методическим материалом для обоснования параметров дражной системы разработки россыпей.

Ключевые слова

россыпи, драгирование, ширина забоя, вскрышные работы, производительность драги, себестоимость добычных работ

Для цитированияTalgamer B.L., Meshkov I.A., Murzin N.V., Roslavl'tseva Yu.G. Justification of the optimal width of a front bank. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2025;10(2):99–108. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-11-332>

MINERAL RESOURCES EXPLOITATION

Research paper

Justification of the optimal width of a front bank

B.L. Talgamer , I.A. Meshkov , N.V. Murzin , Yu.G. Roslavl'tseva *Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation*✉ meshkovia@ex.istu.edu**Abstract**

Reducing the cost of finished products by using the most economically advantageous processes and techniques for the extraction and beneficiation of minerals is one of the most pressing tasks in mining industry. The width of front bank has a significant impact on the cost of placer deposits mining. Existing methods for calculating the most advantageous width of front bank are based on ensuring dredge maximum productivity that is justified in placer bulk mining. With increasing depth of a placer deposit occurrence and thickness of overburden, traditional methods for calculating the optimal width of a front bank do not ensure minimizing production costs. The aim of the research is to determine the most advantageous width of a front bank, taking into account a peat (overburden) thickness and acceptable stripping flow sheet. The idea behind this work is that the optimal width of a front bank should be determined not only based on the maximum productivity of



a dredge, but also on the condition of ensuring the lowest cost of extraction of valuable components (taking into account the productivity of all mining equipment and the stripping costs). The study analyzes the impact of placer parameters (peat thickness and productive layer thickness, front bank width) on the cost of sand extraction and processing, and identifies the dependencies of mining parameters on technical and economic performance. The study examined more than 100 process flow sheets for the integrated operation of stripping and mining equipment and provided an economic assessment of their effectiveness. Recommended values for correction factors for determining the optimum front bank width are given. The study findings serve as methodological material for substantiating the parameters of a placer mining system.

Keywords:

placer deposits, dredging, front bank width, stripping, dredge productivity, mining costs

For citation

Talgamer B.L., Meshkov I.A., Murzin N.V., Roslavtseva Yu.G. Justification of the optimal width of a front bank. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2025;10(2):99–108. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-11-332>

Введение

Дражный способ разработки россыпей благодаря поточной технологии минимизирует себестоимость добычи ценных компонентов из россыпных месторождений [1]. Только этим способом могут успешно обрабатываться глубокие обводненные и крупные техногенные россыпные месторождения с низким содержанием полезных компонентов [2, 3], доля которых в нераспределенном фонде запасов россыпей наиболее высока [4]. Дальнейшее повышение конкурентоспособности этого способа в значительной степени зависит от возможностей увеличения производительности драг, в том числе за счет продления добычного сезона, уменьшения технологических простоев, повышения качества подготовки запасов к выемке, оптимизации технологических параметров драгирования [1, 5]. При разработке достаточно широких россыпей повышение производительности обеспечивается оптимизацией ширины её забоя.

Оптимальная наиболее выгодная ширина забоя драги устанавливается с учетом обеспечения её максимальной суточной производительности [6]. При относительно благоприятных условиях драгирования и валовой разработке запасов, что имело место во второй половине XX века, данный метод расчета обеспечивает наиболее высокие технико-экономические показатели работы драги. Вместе с тем ввиду постоянно усложняющихся условий эксплуатации месторождений в сторону увеличения объемов горноподготовительных работ определение оптимальной ширины забоя драги исходя из условия обеспечения её максимальной производительности будет не совсем верным, так как эффективность работы драги зависит не только от её производительности, но и от объемов и стоимости горноподготовительных работ, величины потерь и разубоживания полезного ископаемого, извлечения ценных компонентов и экономических показателей разработки месторождения.

Увеличение ширины дражного забоя приводит к росту затрат на вскрышные работы, а также на работы по удалению шуги (осенью) и льда (весной) и, как правило, на рекультивацию. При уменьшении ширины забоя растут потери песков (в том числе межшаговые и межходовые) или их разубоживание, увеличивается концентрация взвесей в технологической воде, что в ряде случаев может привести к снижению

извлечения ценных компонентов, а также, как показывают исследования, к существенному негативному воздействию на водные объекты [7–9], усложняется разворот драги.

Таким образом, оптимальная ширина забоя драги должна устанавливаться из условия обеспечения наименьшей себестоимости добычи ценных компонентов, а не только с учетом реализации её максимальной производительности. При этом наибольшее влияние на экономические показатели дражной разработки оказывают вскрышные работы, объем которых в последние годы неуклонно растет [10].

Несмотря на то что дражный способ разработки оказывает значительное воздействие на различные компоненты окружающей среды [11, 12], особенно на водные объекты [13, 14], он по-прежнему остается одним из наиболее экономически эффективных [15] и активно используется в настоящее время при разработке россыпных месторождений как в России [10, 16], так и за рубежом [17, 18], что свидетельствует о достаточной актуальности задачи по обоснованию оптимальной ширины дражного забоя.

Теория вопроса

При проектировании горных работ для выемочно-погрузочного оборудования обосновывается оптимальная ширина заходки, которая в большинстве случаев обусловлена рабочими параметрами горных машин. При использовании экскаваторов ширина заходки в основном определяется исходя из радиусов черпания и разгрузки, иногда в расчет принимается вид используемого транспорта. При дражной разработке россыпей рациональная ширина дражного хода устанавливается с использованием более сложной зависимости, которая учитывает не только рабочие параметры драги, но и условия ее работы и характеристику россыпи.

Известно несколько методов расчета оптимальной ширины забоя (или оптимального угла маневрирования) драги¹ [6, 19]. Все они учитывают характеристику россыпи и параметры драги и предусматривают обеспечение её максимальной суточной производи-

¹ Кудряшев В. А. Некоторые вопросы теории и технологии разработки глубоких россыпей дражным способом. [Автореф. дис. ... д-ра техн. наук]. М: Изд-во МГРИ; 1975. 42 с.

тельности. Значения, полученные по результатам расчетов по данным методикам, несколько отличаются, однако в целом указывают на то, что оптимальная ширина забоя драги ближе к её минимально возможной величине и существенно меньше максимальной ширины. Зависимости производительности 380 л драги от ширины забоя применительно к условиям разработки одной из россыпей Саха (Якутия) приведены на рис. 1.

Средняя мощность продуктивного пласта рассматриваемой россыпи – 10 м, мощность торфов – 2–6 м (средняя 4 м), средняя ширина россыпи – 560 м.

Из рис. 1 следует, что максимальная производительность 380 л драги соответствует ширине забоя от 65 до 105 м.

Для дальнейшего исследования влияния вскрышных работ на оптимальную ширину забоя драги используется наиболее известная и широко применяемая в проектировании методика В.Г. Лешкова [6], в которой суточная производительность драги устанавливается из выражения:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{3600v_6HaTR \sin \beta_1}{0,0175K_c R_c \beta_1 + 30v_6(t_1 + K_c t_2)}, \quad (1)$$

где v_6 – скорость бокового перемещения драги вдоль забоя, м/с; H – мощность россыпи, срабатываемая черпаками, м; a – величина ухода (шага) драги на один забой, м; T – время работы драги в сутки, ч; R_c – средний радиус черпания драги при отработке россыпи мощностью H , м; β_1 – половина угла маневрирования драги, град; $K_c = H/h$ – число слоев породы, срабатываемых черпаками при послонной отработке одного забоя; t_1 – затраты времени на одно зашагивание, мин; t_2 – простой драги в узлах забоя при проходке к выемке нижележащего слоя породы, мин; 0,0175 – цифровой коэффициент перевода градусов в радианы.

В трудах В.Г. Лешкова [6] описывается метод расчета оптимальной ширины забоя драги, который учитывает мощность драгируемых песков и конструкционные параметры добычного оборудования. Наивыгоднейшая ширина одинарного забоя драги устанавливается из условий наивысшей производительности драги по горной массе и определяется наивыгоднейшим углом маневрирования. Формула для расчета имеет вид:

$$\beta_n = 47,8 \sqrt{1000 \frac{v_6 h}{HR_c} \left(t_1 + \frac{H}{h} t_2 \right)}. \quad (2)$$

Наивыгоднейшую ширину одинарного забоя, м, рассчитывают по уравнению:

$$B_n = 2R_c \sin \frac{\beta_n}{2}. \quad (3)$$

Предложенная В.Г. Лешковым методика расчета наивыгоднейшей ширины дражного забоя учитывает основные параметры работы оборудования и характер продуктивного пласта, однако не предполагает наличия и объема вскрышных пород. Поэтому необходимо спрогнозировать, как изменится наивыгоднейшая (оптимальная) ширина забоя, если учесть работы по выемке и транспортированию торфов.

Цели и задачи исследований

Основной целью исследований является обоснование оптимальной ширины дражного забоя в зависимости от мощности полезного ископаемого и вскрышных пород. Для достижения поставленной цели необходимо установить влияние мощности торфов на себестоимость добычи полезного ископаемого, определить параметры дражного забоя, обеспечивающие минимальные затраты на разработку россыпи, и усовершенствовать метод расчета наивыгоднейшей ширины хода драги при разработке широких россыпей.

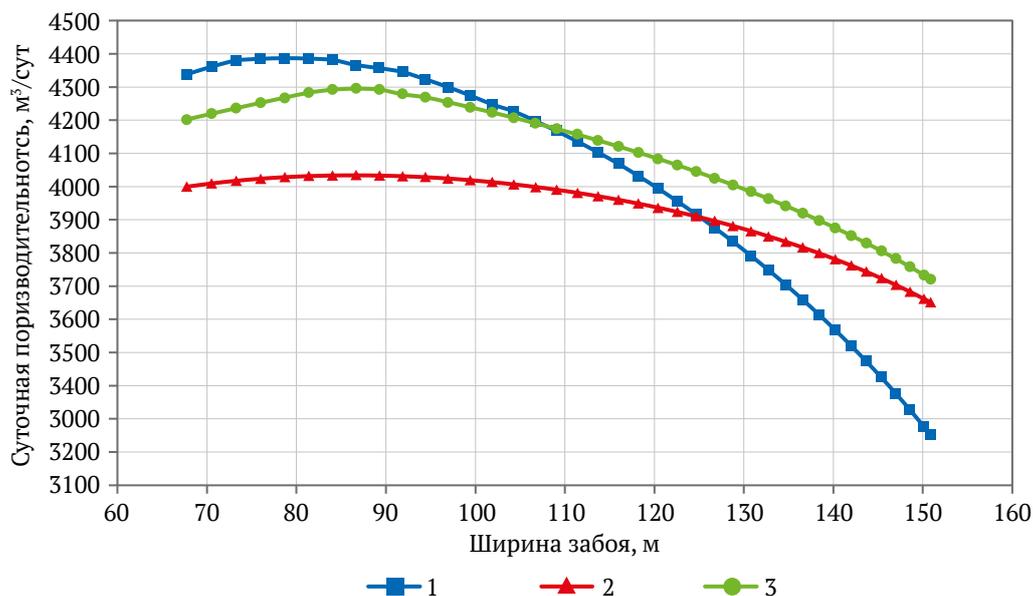


Рис. 1. Зависимости суточной производительности 380 л драги от ширины забоя: 1 – по методике В.А. Кудряшева; 2 – по методике В.Г. Лешкова; 3 – по методике С.М. Шорохова

Методика исследований

Для решения поставленных задач использовались графоаналитические и технико-экономические методы расчета.

Оценка влияния вскрышных работ на оптимальную ширину дражного забоя выполнялась на основе расчета себестоимости добычи полезного ископаемого в зависимости от параметров забоя драги, мощности торфов, технологии их выемки и складирования.

При мощности торфов до 6 м расчет осуществлялся для бульдозерного способа выполнения вскрышных работ, при мощности более 6 м – для бестранспортного с использованием драглайнов. Согласно принятым технологическим схемам вскрышных работ размещение отвалов торфов осуществляется на один борт россыпи или в выработанное пространство предыдущей дражной заходки. Транспортная технология вскрышных работ с использованием комплекса экскаватор–автосамосвал не рассматривалась, так как из-за ее высокой себестоимости (в 2–3 раза больше, чем бестранспортная и бульдозерная) при дражной разработке она практически не применяется.

Для определения себестоимости вскрышных и добычных работ при разных горнотехнических параметрах россыпи и используемых технологических схемах устанавливались зависимости производительности горного оборудования и объема земляных работ от ширины хода драги. Производительность бульдозеров определялась исходя из длины транспортирования и высоты отвалов, объем экскаваторных работ рассчитывался с учетом изменения коэффициента переэкскавации. Себестоимость вскрышных и добычных работ определялась исходя из стоимости машино-часа работы используемого оборудования, его производительности и объемов вскрышных работ.

Результаты

Оценка влияния технологии вскрышных работ на оптимальную ширину забоя драги выполнялась посредством расчета себестоимости вскрышных работ (в рублях за один кубический метр добываемых песков) и себестоимости драгирования. Минимум затрат на вскрышные и добычные работы достигается при максимальной производительности используемого оборудования.

Исходя из производительности драги был произведен расчет себестоимости добычи и переработки одного кубометра песков. На рис. 2 представлен график зависимости себестоимости добычи песков от ширины забоя при мощности продуктивного пласта 10, 20 и 28 м.

Как видно из рис. 2, минимальные значения себестоимости достигаются при ширине забоя 70–100 м.

С целью оценки влияния вскрышных работ на общую себестоимость добычи одного кубометра песков был произведен расчет производительности бульдозеров при работе с шириной дражного забоя 50–155 м с различной мощностью песков (от 6 до 28 м). Мощность песков также влияет на ширину забоя, так как разбортовка увеличивает его ширину поверху. Для мощности торфов 2–6 м были установлены зависимости производительности и себестоимости вскрышных работ с использованием бульдозеров (мощностью 350–400 кВт) от ширины дражного забоя.

Производительность бульдозера для каждого случая определялась исходя из длины транспортирования торфов. При увеличении ширины забоя драги растут длина транспортирования и параметры отсыпаемого бульдозерного отвала (высота, необходимая вместимость), при этом снижается производительность вскрышного оборудования и, как следствие, увеличивается себестоимость добычи песков.

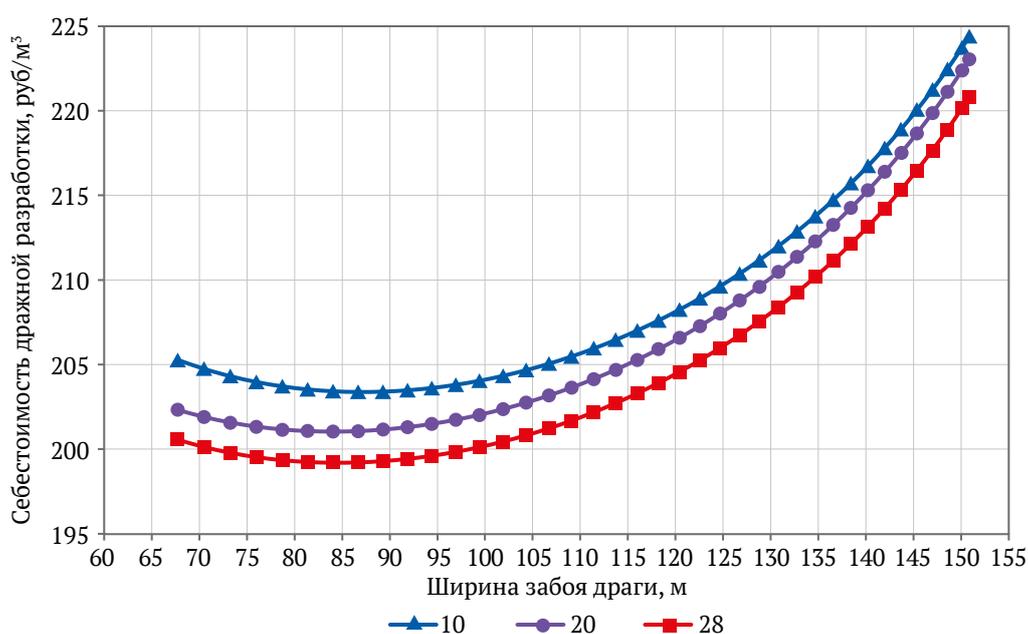


Рис. 2. Зависимости себестоимости драгирования от ширины забоя для 380 л драги при мощности продуктивного пласта 10, 20, 28 м

Зависимости себестоимости добычи и переработки одного кубометра песков (с учетом затрат на вскрышные работы бульдозерами) от ширины забоя драги представлены на рис. 3–5. В табл. 1 приведены результаты расчета себестоимости добычных работ при различных значениях мощностей торфов, песков и ширины забоя.

Из рис. 3–5 следует, что при увеличении ширины забоя драги свыше 95 м происходит резкое увеличение себестоимости добычи полезного ископаемого. Это подтверждает то, что при проектировании дражных работ и выявлении оптимальной ширины забоя драги необходимо учитывать параметры вскрышных работ.

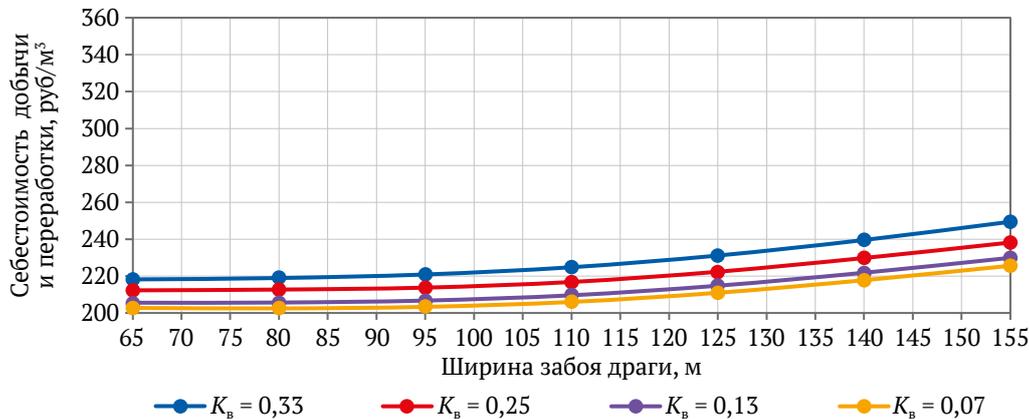


Рис. 3. Зависимости себестоимости добычи и переработки полезного ископаемого от ширины дражного забоя при мощности торфов 2 м и коэффициенте вскрыши $K_b = 0,07–0,33$

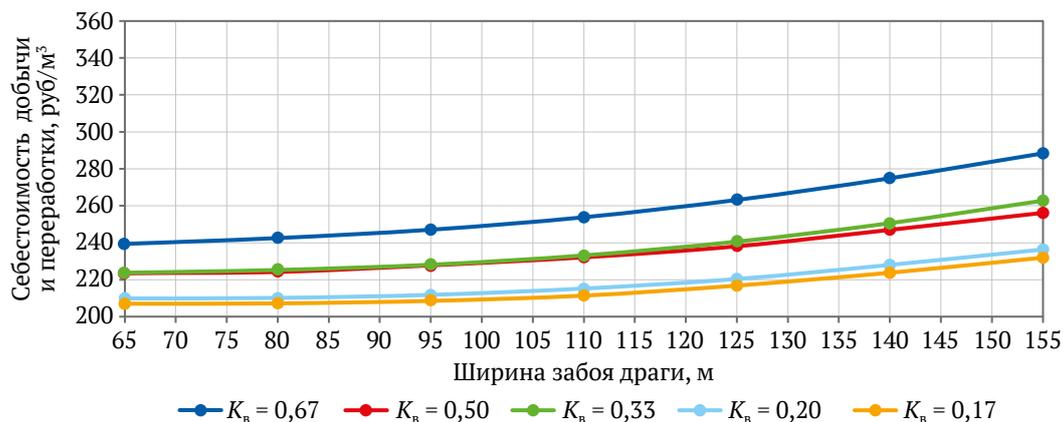


Рис. 4. Зависимости себестоимости добычи и переработки полезного ископаемого от ширины дражного забоя при мощности торфов 4 м и коэффициенте вскрыши $K_b = 0,17–0,67$

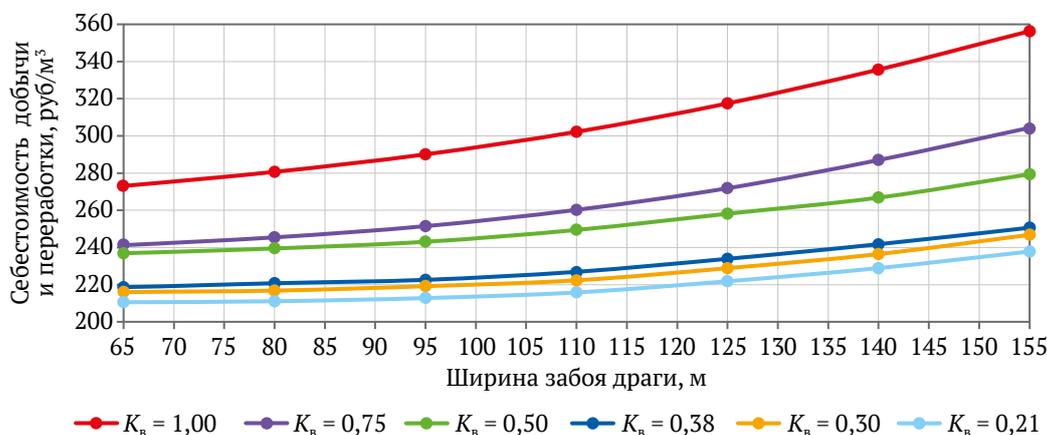


Рис. 5. Зависимости себестоимости добычи и переработки полезного ископаемого от ширины дражного забоя при мощности торфов 6 м и коэффициенте вскрыши $K_b = 0,21–1,00$



В табл. 2 приведены данные расчета оптимальной ширины забоя по формуле (2) и показатели, выявленные с учетом ведения вскрышных работ. Рассчитан поправочный коэффициент, который предлагается использовать в формуле (2) при расчете оптимальной ширины забоя 380 л драги при аналогичных параметрах россыпи.

По мере увеличения мощности торфов себестоимость добычи полезного ископаемого возрастает, а оптимальная ширина дражного разреза постепенно сокращается. Как видно из табл. 2, разница между рассчитанными значениями оптимальной ширины забоя драги без учета и с учетом ведения вскрышных работ бульдозерами составляет от 0 до 35,6 %. Графически изменение поправочного коэффициента в зависимости от некоторых параметров россыпи (мощность торфов и коэффициент вскрыши) отображено на рис. 6.

При разработке россыпей дражным способом с мощностью торфов более 5–6 м целесообразность использования бульдозеров для производства вскрышных работ снижается и применяется бестранспортная технология.

При исследовании влияния ширины хода драги на себестоимость драгирования с использованием бестранспортной технологии были проанализированы 140 технологических схем ведения вскрышных работ экскаватором-драглайном ЭШ 20/90, в которых

изменялись мощности вскрышных пород (5–20 м), песков (6–28 м) и ширина забоя (50–140 м). Для каждой схемы графоаналитическим способом были посчитаны коэффициенты переэкскавации, которые приведены в табл. 3.

Из данных табл. 3 следует, что при наибольших значениях ширины забоя драги коэффициент переэкскавации вскрышного экскаватора максимален, следовательно, и себестоимость вскрышных работ в таких условиях будет выше.

Для каждого варианта рассчитаны себестоимости вскрышных работ и драгирования. В табл. 4 приведены результаты расчета себестоимости добычи при использовании бестранспортной технологии ведения вскрышных работ.

По аналогии с анализом бульдозерного способа выемки торфов (см. выше) сравниваются показатели, рассчитанные без учета вскрышных работ и с их учетом при бестранспортной технологии (табл. 5).

Как видно из табл. 5, разница между двумя вариантами расчетов варьируется от 1,3 до 50,5 %. При большой мощности торфов учет вскрышных работ при расчете оптимальной ширины забоя имеет более существенное влияние.

Графически зависимости поправочного коэффициента от параметров россыпи при использовании бестранспортной технологии вскрышных работ представлены на рис. 7.

Таблица 1

Себестоимость добычи и переработки песков драгой с учетом ведения вскрышных работ бульдозерами, руб/м³

Мощность, м		Себестоимость добычи и переработки полезного ископаемого при ширине забоя драги, м							
торфов	песков								
H_t	H_n	50	65	80	95	110	125	140	155
2	6	217,8	218,2	218,9	220,5	227,1	231,1	239,6	249,5
	8	211,9	212,3	212,7	213,4	219,1	222,4	229,8	238,2
	12	212,1	211,9	211,9	212,7	218,5	221,6	229,1	238,0
	16	205,8	205,6	205,7	206,3	212,0	214,8	221,9	230,0
	20	205,2	204,9	204,7	205,4	211,1	213,6	220,5	228,9
	24	203,1	202,7	202,4	202,9	208,4	210,9	217,8	225,6
	28	202,7	202,3	202,1	202,5	207,8	210,3	217,1	225,0
4	6	236,8	239,4	242,6	246,8	256,1	263,2	274,9	288,4
	8	222,1	223,5	224,2	227,5	234,4	238,1	247,0	256,2
	12	222,7	223,8	225,3	227,9	235,5	240,7	250,6	262,8
	16	211,5	211,5	211,9	213,3	219,7	223,3	230,4	239,7
	20	209,6	209,9	210,2	211,4	217,7	220,4	228,0	236,4
	24	206,9	207,0	207,2	208,2	213,8	216,8	223,8	231,9
	28	206,2	206,0	206,1	206,9	212,5	215,4	222,3	230,9
6	6	266,5	273,1	280,7	289,8	304,5	317,4	335,6	356,3
	8	235,1	237,0	239,5	242,8	251,8	258,2	266,8	279,4
	12	237,7	241,2	245,4	251,2	262,5	271,8	287,0	304,4
	16	217,8	218,6	220,7	222,1	229,3	233,8	241,7	250,6
	20	214,7	216,0	216,8	218,7	224,7	228,8	236,4	246,8
	24	211,9	212,4	213,1	213,9	220,5	223,4	231,5	240,6
	28	210,3	210,6	211,1	212,4	218,2	221,8	228,9	237,7

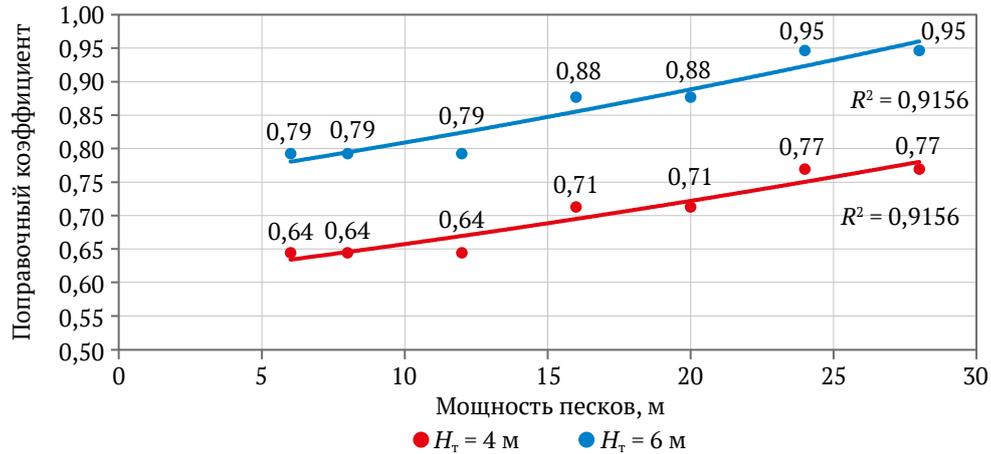


Рис. 6. Зависимости поправочного коэффициента от параметров россыпи при бульдозерном способе производства вскрышных пород при мощности торфов 4 и 6 м

Таблица 2

Оптимальная ширина забоя драги без учета V_p и с учетом V вскрышных работ с использованием бульдозеров

H_t	H_n	K_v	V_p	V	Разница, %	Рекомендуемый поправочный коэффициент		
2	6	0,33	100,9	100,0	0,9	1,00		
	8	0,25						
	12	0,17						
	4	16	0,13	91,2	95,0	-	1,00	
		20	0,10					
		6	24	0,08	84,5	95,0	-	1,00
			28	0,07				
4	6	0,67	100,9	80,0	20,7	0,79		
	8	0,50						
	12	0,33						
	6	16	0,25	91,2	80,0	12,3	0,88	
		20	0,20					
	8	24	0,17	84,5	80,0	5,3	0,95	
		28	0,14					
6	6	1,00	100,9	65,0	35,6	0,64		
	8	0,75						
	12	0,50						
	6	16	0,38	91,2	65,0	28,7	0,71	
		20	0,30					
	8	24	0,25	84,5	65,0	23,1	0,77	
		28	0,21					

Примечания: H_t – мощность торфов, м; H_n – мощность песков, м; K_v – коэффициент вскрыши, м³/м³; V – оптимальная ширина забоя с учетом вскрышных работ, м; V_p – оптимальная ширина забоя без учета производства вскрышных работ, м.

Таблица 3

Коэффициенты переэкскавации, м³/м³, для схем работы экскаватора-драглайна ЭШ20/90

Мощность вскрыши, м	Мощность песков, м	Коэффициент переэкскавации при ширине забоя драги, м				
		50	65	90	120	140
5	6	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0,08
	12	0	0	0	0	0,14
	16	0	0	0	0,05	0,24
	20	0	0	0	0,13	0,29
	24	0	0	0	0,29	0,37
	28	0	0	0	0,33	0,4
10	6	0	0	0	0	0,17
	8	0	0	0	0	0,23
	12	0	0	0	0,08	0,27
	16	0	0	0	0,23	0,37
	20	0	0	0	0,32	0,43
	24	0	0,08	0,17	0,41	0,49
15	6	0	0	0	0,05	0,2
	8	0	0	0,05	0,1	0,25
	12	0	0	0,06	0,14	0,31
	16	0	0	0,12	0,25	0,46
	20	0	0,04	0,2	0,36	0,58
	24	0,04	0,09	0,37	0,48	0,76
20	6	0	0	0,13	0,19	0,36
	8	0	0	0,19	0,26	0,43
	12	0	0,09	0,3	0,31	0,47
	16	0,08	0,13	0,32	0,48	0,57
	20	0,11	0,19	0,43	0,51	0,69
	24	0,15	0,21	0,54	0,56	1,08
28	6	0	0	0,13	0,19	0,36
	8	0	0	0,19	0,26	0,43
	12	0	0,09	0,3	0,31	0,47



Таблица 4

Себестоимость добычи и переработки песков при использовании бестранспортной технологии вскрышных работ, руб/м³

Мощность торфов, м	Мощность песков, м	Ширина забоя драги, м				
		50	65	90	120	140
5	6	221,9	221,0	220,1	229,1	237,6
	8	217,8	216,8	216,0	223,9	233,2
	12	213,6	212,6	211,8	218,7	228,1
	16	208,6	207,8	207,5	214,6	224,4
	20	207,3	206,6	206,3	213,4	222,8
	24	204,7	204,0	204,6	210,8	219,7
	28	204,1	203,4	203,9	210,0	218,8
	10	6	238,6	237,6	236,8	249,9
8		230,3	229,3	228,5	239,5	252,9
12		221,9	221,0	224,3	230,2	241,4
16		214,8	217,2	216,9	224,6	234,9
20		212,3	214,1	213,8	221,8	231,5
24		210,7	211,1	211,5	217,9	227,1
28		209,3	209,6	209,9	216,2	225,2
15		6	255,3	254,3	266,0	272,9
	8	242,8	241,8	251,9	258,3	271,6
	12	235,8	235,6	238,8	242,5	254,6
	16	225,7	225,0	226,6	234,0	246,1
	20	221,1	220,8	222,6	229,9	241,4
	24	216,6	216,4	219,0	225,3	236,9
	28	214,7	214,2	216,5	223,4	234,3
	20	6	271,9	287,6	294,2	302,3
8		255,3	266,8	274,1	281,8	297,5
12		246,9	248,5	253,6	258,7	271,7
16		235,3	235,6	239,3	248,0	258,7
20		229,2	229,8	233,6	240,2	252,0
24		223,5	223,6	227,9	233,3	249,3
28		220,0	220,4	224,3	230,8	249,4

Таблица 5

Оптимальная ширина забоя драги без учета V_p и с учетом ведения вскрышных работ B с применением бестранспортной технологии

H_t	H_n	K_b	V_p	B	Разница, %	Поправочный коэффициент
5	6	0,83	100,9	100,0	0,9	0,99
	8	0,63				
	12	0,42				
	16	0,31	91,2	90,0	1,3	0,99
	20	0,25				
	24	0,21	84,5	85,0	0,0	1,01
	28	0,18				
	10	6	1,67	100,9	90,0	10,8
8		1,25				
12		0,83				
16		0,63	91,2	90,0	1,3	0,99
20		0,50				
24		0,42	84,5	85,0	-0,6	1,01
28		0,36				
15		6	2,50	100,9	65,0	35,6
	8	1,88				
	12	1,25				
	16	0,94	91,2	65,0	28,7	0,71
	20	0,75				
	24	0,63	84,5	65,0	23,1	0,77
	28	0,54				
	20	6	3,33	100,9	50,0	50,5
8		2,50				
12		1,67				
16		1,25	91,2	50,0	45,2	0,55
20		1,00				
24		0,83	84,5	50,0	40,8	0,59
28		0,71				

Примечания: H_t – мощность торфов, м; H_n – мощность песков, м; K_b – коэффициент вскрыши, м³/м³; B – оптимальная ширина забоя с учетом вскрышных работ, м; V_p – оптимальная ширина забоя без учета производства вскрышных работ, м.

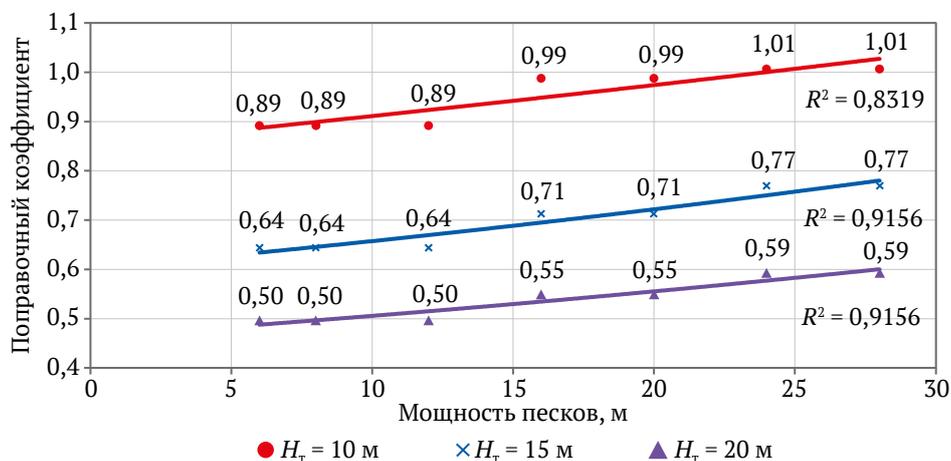


Рис. 7. Зависимости поправочного коэффициента от параметров россыпи при бестранспортном способе производства вскрышных пород и мощности торфов 10, 15, 20 м



Таким образом, предлагается при расчете оптимальной ширины дражного забоя учитывать поправочный коэффициент, значения которого приведены в табл. 2 (при бульдозерной вскрыше) и табл. 5 (при бестранспортной вскрыше). Формула будет иметь вид:

$$B_n = K_n \left[2R \sin \frac{\beta_n}{2} \right], \quad (4)$$

где K_n – поправочный коэффициент, учитывающий параметры россыпи и применяемое оборудование на вскрышных работах.

Выводы

1. Наличие вскрышных пород на дражных полигонах оказывает существенное влияние на наименьшую ширину забоя драги, которая в зависимости от мощности торфов сокращается в 1,05–1,5 раза (на 5–50 %), относительно рекомендуемых значений.

2. Наиболее важно учитывать вскрышные работы при определении оптимальной ширины забоя для 380 л драги при мощности торфов более 2 м (при использовании бульдозеров) и мощности торфов более 5 м (при бестранспортной технологии с использованием ЭШ 10/70, ЭШ 20/90).

3. С увеличением мощности торфов и коэффициента вскрыши оптимальная ширина дражного забоя существенно сокращается и должна приниматься равной минимально возможному значению при бульдозерном способе выемки торфов с мощностью более 6 м, а при бестранспортной технологии – более 15 м.

4. Расчет оптимальной ширины дражного забоя рекомендуется производить по формуле В.Г. Лешкова с использованием предложенного поправочного коэффициента. При использовании на вскрышных работах менее мощного оборудования, например, бульдозеров мощностью 200–250 кВт или экскаваторов ЭШ 6/45 предложенные поправочные коэффициенты существенно уменьшаются.

Список литературы / References

1. Нафиков Р.З., Кисляков В.Е. *Технология дражной разработки россыпных месторождений в условиях Крайнего Севера*. Красноярск: Сибирский федеральный университет; 2021. 184 с.
Nafikov R.Z., Kislyakov V.E. *Technology of dredging development of placer deposits in the conditions of the Far North*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University Publ.; 2021. 184 p. (In Russ.)
2. Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л. Анализ минерально-сырьевой базы золотодобычи в Ленском золотодобывающем районе и обоснование направлений развития способов разработки россыпей. *Науки о Земле и недропользование*. 2022;45(3):222–234. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-3-222-234>
Dorosh E.A., Talgamer B.L. Analysis of the mineral resource base of gold mining in the Lena gold-bearing district and substantiation of the development directions of placer mining methods. *Earth sciences and subsoil use*. 2022;45(3):222–234. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-3-222-234>
3. Ван-Ван-Е А.П. *Ресурсная база природно-техногенных золотороссыпных месторождений*. М.: Горная книга; 2010. 268 с.
Van-Van-E A.P. *Resource base of natural and man-made gold placer deposits*. Moscow: Gornaya Kniga Publ.; 2010. 268 p. (In Russ.)
4. Бортников Н.С., Волков А.В., Лаломов А.В. и др. Роль россыпных месторождений в обеспечении воспроизводства минерально-сырьевой базы дефицитных видов стратегического минерального сырья России на современном этапе. *Russian Journal of Earth Sciences*. 2024;(1):1–16. <https://doi.org/10.2205/2024ES000897>
Bortnikov N.S., Volkov A.V., Lalomov A.V. et al. The role of placer deposits in ensuring the reproduction of the mineral resource base of scarce types of strategic mineral raw materials in Russia at the present stage. *Russian Journal of Earth Sciences*. 2024;(1):1–16. (In Russ.) <https://doi.org/10.2205/2024ES000897>
5. Дудинский Ф.В., Нечаев К.Б., Костромитинов К.Н. Эффективность комбинированной разработки глубоких россыпей. *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. 2012;(5):4–9.
Dudinsky F.V., Nechaev K.B., Kostromitinov K.N. The effectiveness of the combined development of deep alluvial deposits. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2012;(5):4–9. (In Russ.)
6. Лешков В.Г. *Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами*. М.: Недра; 1980. 352 с.
Leshkov V.G. *Theory and practice of placer mining using multi-bucket dredges*. Moscow: Nedra Publ.; 1980. 352 p. (In Russ.)
7. Okoyen E., Raimi M.O., Omidiji A.O., Ebuete A.W. Governing the environmental impact of dredging: Consequences for marine biodiversity in the Niger delta region of Nigeria. *Insights Mining Science and Technology*. 2020;2(3):76–84. <https://doi.org/10.19080/IMST.2020.02.555586>
8. Marrugo-Negrete J., Pinedo-Hernandez J., Marrugo-Madrid S. et al. Evaluating ecological risks and metal bioavailability in post-dredging sediments of a wetland affected by artisanal gold mining. *Science of the Total Environment*. 2024;955:176309. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176309>
9. Mantey J., Nyarko K. B., Owusu-Nimo F. et al. Influence of illegal artisanal small-scale gold mining operations (galamsey) on oil and grease (O/G) concentrations in three hotspot assemblies of Western Region, Ghana. *Environmental Pollution*. 2020;263(Part B):114251. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114251>
10. Talgamer B.L., Dudinskiy F.V., Murzin N.V. Assessment of conditions and experience of technogenic placer dredging. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 408, 2nd International Scientific*



- Conference “Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and Natural Resources”. 16–20 September 2019, Irkutsk Region, Russian Federation. 2020;408(1):012065. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/408/1/012065>
11. Timsina S., Hardy N.G., Woodbury D.J. et al. Tropical surface gold mining: A review of ecological impacts and restoration strategies. *Land Degradation & Development*. 2022;33(18):3661–3674. <https://doi.org/10.1002/ldr.4430>
 12. Queiroz J., Gasparinetti P., Bakker L.B. et al. Socioeconomic cost of dredge boat gold mining in the Tapajós basin, eastern Amazon. *Resources Policy*. 2022;79(2):103102 <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103102>
 13. Cano-Londoño N.A., Capaz R.S., Hasenstab C. et al. Life cycle impacts assessment of two gold extraction systems in Colombia: open-pit and alluvial mining. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2023;28(4):380–397. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02141-5>
 14. Davies P., Lawrence S., Turnbull J. et al. Mining modification of river systems: A case study from the Australian gold rush. *Geoarchaeology*. 2019;1–16. <https://doi.org/10.1002/gea.21775>
 15. Мурзин Н.В., Дудинский Ф.В., Тальгамер Б.Л. Оценка простоев при расчете производительности свайных драг. *Горная промышленность*. 2021;(2):120–126. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-2-120-126>
 16. Murzin N.V., Dudinskiy F.V., Talgamer B.L. Evaluation of non-productive time when calculating pile-type dredge performance. *Russian Mining Industry*. 2021;(2):120–126. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-2-120-126>
 17. Mirzekhanov G.S., Mirzekhanova Z.G. Forward appraisal of potential gold content of dredge and sluice tailings dumps at placers in Russia’s Far East. *Journal of Mining Science*. 2020;56(2):259–267. <https://doi.org/10.1134/S1062739120026733>
 18. Helmons R., de Wit L., de Stigter H., Spearman J. Dispersion of benthic plumes in deep-sea mining: What lessons can be learned from dredging? *Frontiers in Earth Science*. 2022;10. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.868701>
 19. Torres C., Verschoor G. Re-imagining environmental governance: Gold dredge mining vs Territorial Health in the Colombian Amazon. *Geoforum*. 2020;117(4):124–133. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.09.013>
 19. Шорохов С.М. *Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений*. М.: Недра; 1973. 795 с.
Shorokhov S.M. *Technology and complex mechanization of development of placer deposits*. Moscow: Nedra Publ.; 1973. 795 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Борис Леонидович Тальгамер – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация; ORCID [0000-0003-1201-2693](https://orcid.org/0000-0003-1201-2693), Scopus ID [57196258850](https://scopus.com/authorid/57196258850); e-mail talgamer@ex.istu.edu

Иван Анатольевич Мешков – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, инженер научно-исследовательской части, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация; ORCID [0009-0006-5298-7929](https://orcid.org/0009-0006-5298-7929); e-mail meshkovia@ex.istu.edu

Николай Владимирович Мурзин – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация; ORCID [0000-0002-6833-7860](https://orcid.org/0000-0002-6833-7860), Scopus ID [57217845755](https://scopus.com/authorid/57217845755); e-mail murzinnv@ex.istu.edu

Юлия Геннадьевна Рославцева – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация; ORCID [0000-0001-8799-7269](https://orcid.org/0000-0001-8799-7269), Scopus ID [57208126909](https://scopus.com/authorid/57208126909); e-mail ryg@ex.istu.edu

Information about the authors

Boris L. Talgamer – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Mineral Deposit Development, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation; ORCID [0000-0003-1201-2693](https://orcid.org/0000-0003-1201-2693), Scopus ID [57196258850](https://scopus.com/authorid/57196258850); e-mail talgamer@ex.istu.edu

Ivan A. Meshkov – PhD-Student, Department of Mineral Deposit Development, Research Engineer, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation; ORCID [0009-0006-5298-7929](https://orcid.org/0009-0006-5298-7929); e-mail meshkovia@ex.istu.edu

Nikolay V. Murzin – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Mineral Deposit Development, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation; ORCID [0000-0002-6833-7860](https://orcid.org/0000-0002-6833-7860), Scopus ID [57217845755](https://scopus.com/authorid/57217845755); e-mail murzinnv@ex.istu.edu

Yulia G. Roslavl'tseva – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Mineral Deposit Development, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation; ORCID [0000-0001-8799-7269](https://orcid.org/0000-0001-8799-7269), Scopus ID [57208126909](https://scopus.com/authorid/57208126909); e-mail ryg@ex.istu.edu

Поступила в редакцию	15.11.2024	Received	15.11.2024
Поступила после рецензирования	15.01.2025	Revised	15.01.2025
Принята к публикации	20.03.2025	Accepted	20.03.2025