

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ЯКУТИИ

А.М. Бураков¹, И.С. Касанов¹

¹ Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения РАН, Якутск, Россия
e-mail: ambur@igds.ysn.ru

Аннотация: Ухудшение качества минерально-сырьевой базы россыпных месторождений в Республике Саха (Якутия) вызывает повышенный интерес к такому важному горнопромышленному ресурсу россыпного золота, как техногенные россыпи. Обзором методических материалов установлено, что наиболее перспективным в оценке прогнозных ресурсов техногенных россыпей представляется метод, основанный на анализе потерь при первичной разработке месторождения. На основе анализа геологических, технологических и эксплуатационных данных предложена методика оценки прогнозных ресурсов техногенных россыпей золота. За ее основу приняты методические материалы Иргиредмета, ВНИИ-1, авторские методики Г.С. Мирзеханова, А.П. Ван-Ван-Е, В.В. Чемезова. Составлен программный модуль расчета, проведена оценка значимости влияющих факторов и их взаимодействия посредством статистических показателей и теории многофакторного эксперимента. Выбраны критерии (факторные коэффициенты) для использования в предлагаемой методике. Определены и уточнены значения коэффициентов применительно к условиям россыпных месторождений Якутии. Предложена формула расчета суммарных прогнозных ресурсов техногенных россыпей. На примере отдельных техногенных россыпей выполнены аналитические расчеты их ресурсной базы. Отличительной особенностью методики является использование коэффициента соответствия технологии промывки, коэффициента мерзлого состояния пород, коэффициента намыва и коэффициента морфологии, характеризующего уплощенность золотин.

Ключевые слова: россыпи, потери металла, техногенные образования, методики расчета, прогнозные ресурсы.

Для цитирования: Бураков А. М., Касанов И. С. Обоснование методики оценки прогнозных ресурсов техногенных россыпей Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 9. – С. 168–183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-168-183.

Appraisal procedure for probable resources of mining-generated placers in Yakutia

A.M. Burakov¹, I.S. Kasanov¹

¹ Chersky Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, e-mail: ambur@igds.ysn.ru

Abstract: Degradation of mineral quality in placers in the Republic of Sakha (Yakutia) enhances interest in gold production from waste or mining-generated placers. The review of methodological literature shows that the best promising approach to the appraisal of resources contained in the mining-generated placers is the method based on the analysis of loss of the primary production.

Considering geology, technology and field data, the procedure is proposed to evaluate probable gold resources in mining-generated placers. The procedure is based on the methods of Irgiredmet, VNII-1, author's procedures by G.S. Mirzekhanov, A.P. Van-Van-E and V.V. Chemezov. The analysis program is developed, as well as the values of influencing factors and their interaction are estimated using statistics and theory of multiple factor experiment. The criteria (factors) are selected for application in the proposed procedure. The values of the factors are determined and refined with regard to conditions of placers in Yakutia. The formula of cumulative probable resources of mining-generated placers is offered. Probable resources are calculated for some specific mining-generated placers. The feature of the proposed procedure is the conformity factor of washing technology, factor of frozen condition of rocks, sluicing factor and morphology factor characterizing flattening of gold particles.

Key words: placers, metal losses, mining waste, analysis procedures, probable resources.

For citation: Burakov A. M., Kasanov I. S. Appraisal procedure for probable resources of mining-generated placers in Yakutia. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(9):168-183. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-168-183.

Введение

Республика Саха (Якутия) занимает значимое место в Российской Федерации по добыче золота из россыпных месторождений и относится к важнейшим минерально-сырьевым и горнопромышленным регионам. Опережающими темпами развивается рудная золотодобыча [1], однако из россыпных месторождений по-прежнему добывается около половины всего золота. В силу различных причин полное извлечение металла из россыпей невозможно, часть его теряется в процессах добычи и переработки. Недоизвлеченное и оставленное в недрах золото образует новую категорию месторождений — техногенные.

Исследовательскими и опытно-методическими работами подтверждается наличие в отработанных россыпных месторождениях достаточного количества золота, позволяющего в большинстве случаев рассматривать их как перспективный резерв восполнения минерально-сырьевой базы [2–4].

Однако причины и факторы, обуславливающие потери и высокие содержания полезных компонентов в техногенных россыпях, изучены недостаточно полно. Имеющиеся публикации [5–8] касаются отдельных моментов и этапов освоения

россыпных месторождений. На протяжении многих лет расчет технологических потерь производится с использованием данных только по гранулометрии золота. К примеру, за всю историю россыпной золотодобычи в Якутии извлечено около 1300 т золота [9], и количество золота в техногенных россыпях согласно нормативам расчетов потерь, могло составить не менее 10% (130–150 т). В работах последних лет [3] прогнозные ресурсы техногенной россыпи считались тем же расчетным способом по допустимому уровню технологических потерь, однако опытное опробование, пусть даже только в двух точках отбора, показало значительную разницу в результатах.

Особенности территориального расположения и климата Якутии (длительный период отрицательных температур, наличие многолетнемерзлых пород) в совокупности с традиционными проблемами россыпной золотодобычи (морфологические особенности полезного компонента, наличие мелкого и тонкого золота, высокая исходная глинистость песков) приводят к выводу, что технологические потери золота, как единственный фактор, не полностью характеризуют величину прогнозных ресурсов техногенных россыпей. Это определяет необходимость

разработки методики оценки прогнозных ресурсов техногенных россыпей Якутии на основе изучения их геологических, технологических и эксплуатационных особенностей.

Обзор методических материалов

По анализу зарубежных источников, касающихся вопросов извлечения золота и других ценных минералов из техногенных отложений, в том числе и рудной золотодобычи, можно отметить следующие.

В [10–11] рассмотрены вопросы утилизации отходов и рационального использования земель на территориях хвостохранилищ золотоизвлекательных фабрик. Для вторичной отработки техногенных отложений, в том числе хвостохранилищ, находящихся в обводненном состоянии, предлагается использовать широкий спектр оборудования, в том числе для промывки и классификации песков [12]. Исследование эффективности шлюзового метода извлечения мелких фракций золота, проведенное на аллювиальных россыпях Гвианы и Южной Америки, описано в [13]. В [14] выбраны параметры сети опробования для морской россыпи золота, так как такое опробование в разы дороже, чем на материковых россыпях. Авторы публикации [15] отметили высокую изменчивость структуры отложений золота и связанных с ним тяжелых минералов в зависимости от среды осадконакопления.

Из недавних отечественных работ, посвященных технологиям и обогащению комплексам для переработки песков с различными условиями залегания продуктивных пластов, размерами и морфологией золотин, можно отметить [16], где рассмотрены горно-геологические особенности золотороссыпных месторождений Забайкалья и предложены новые технологические решения, обеспечивающие повышение эффективности

освоения таких россыпей. Доктор геолого-минералогических наук Владимир Наумов в [17] излагает результаты исследований, выполненных в Пермском государственном национальном исследовательском университете, и касающихся так называемых техногенных минеральных образований (ТМО). Иргиредметом предложены обогатительные комплексы для переработки техногенных песков мелкозернистых фракций с низким и неустойчивым содержанием золота [18]. Комплексы эксплуатируются на предприятиях Бурятии и Монголии. Прослеживается тенденция внедрения метода винтовой сепарации [19], в том числе при переработке песков техногенных месторождений. Метод позволяет эффективно извлекать золото крупностью до 20 мкм, имеет высокую удельную производительность. Также на одном из предприятий Магаданской области [20] смонтированы и введены в работу промывочные комплексы с использованием в качестве основного улавливающего устройства отсадочных машин. Извлечение золота составило от 82,7 до 93,9% при отработке смешанных целиково-техногенных песков.

Авторские методические материалы оценки прогнозных ресурсов техногенных россыпей по принципиальному подходу к решению проблемы можно подразделить на несколько основных групп:

- оценка прогнозных ресурсов через ожидаемую продуктивность россыпи — В.И. Емельянов [21];
- оценка прогнозных ресурсов геологическим методом, путем переразведки и подсчета запасов линейным методом и методом геологических блоков — А.С. Власов [22], В.В. Чемезов [23];
- оценка прогнозных ресурсов, исходя из анализа потерь при первичной отработке, в том числе с учетом гранулометрического состава, соотношения раз-

веданного и добытого золота, способа отработки — Ю.А. Мамаев [7], Г.С. Мирзеханов [24, 25], Ю.А. Павлова [26], В.Е. Кисляков [27], В.А. Макаров [28], М.В. Костромин [29].

В авторских методических материалах [21–29] использовано 15 различных геолого-технологических критериев (факторов) для оценки перспективности повторной разработки техногенных россыпей. По частоте встречаемости в методиках факторы располагаются в следующем порядке: объем горной массы (10); содержание золота (8); потери и разубоживание (8); способ разработки (7); запасы золота (6); гранулометрический состав и морфология золота (6); качество разведки (6); оборудование при промывке (5); гранулометрический состав песков (5); коэффициент намыва (5); количество тяжелых минералов (3); особенности плотика (3); литология песков (3); климатический фактор (3); оборудование при доводке (1).

Очевидно, что часть из названных факторов носит универсальный характер и заложена в основу как геологоразведочных, так и производственных опера-

ций. К ним относятся: геометрические параметры (длина, ширина, мощность россыпи); объем золотоносных песков и вскрышных пород; первичное содержание золота, установленное в ходе разведки и подсчета запасов; гранулометрический состав золота и рыхлых отложений (продуктивной толщи, и вскрышного комплекса); способ разработки.

Основа методики

За основу механизма расчета предлагаемой методики приняты данные методических материалов ВНИИ-1, Ирриредмет и трех авторских методик из проведенного литературного обзора.

- Методические материалы ВНИИ-1 (табл. 1).

- Ирриредметом для мелкозалегающих дражных полигонов разработан метод ускоренного подсчета запасов с ограниченным объемом заверочных работ. Метод является основой «Временных методических указаний по оценке запасов техногенных россыпей дражных полигонов» и предусматривает поблочный подсчет запасов отдельно по всем элементам строения техногенной россыпи

Таблица 1

Нормативные коэффициенты извлечения золота на промывочных установках по классам крупности
Standard coefficients of extraction of gold on flushing installations on sizes

Класс крупности золота, мм	Гидроэлеваторные		Скрубберные		Бочечно-шлюзовые	Вашгердно-шлюзовые	На базе гидромеханического грохота ГГМ-3
	ПГШ	ПГБ	без самородко-уловителя	с самородко-уловителем			
-50+30	0,950	0,950	0,400	0,893	—	0,950	0,800
-30+20	0,980	0,980	0,800	0,962	0,700	0,980	0,950
-20+10	0,991	0,991	0,970	0,989	0,970	0,985	0,991
-10+5	0,995	0,996	0,997	0,997	0,995	0,980	0,995
-5+2	0,994	0,996	0,997	0,997	0,995	0,960	0,997
-2+1	0,964	0,989	0,986	0,986	0,980	0,955	0,996
-1+0,5	0,905	0,967	0,954	0,954	0,931	0,807	0,986
-0,5+0,2	0,700	0,855	0,855	0,855	0,800	0,407	0,637
-0,2+0	0,350	0,500	0,603	0,603	0,500	0,189	0,197

Таблица 2

Элементы расчета прогнозных ресурсов по Г.С. Мирзеханову
Elements of calculation of expected resources for G.S. Mirzekhanov

Ресурсы в галечных отвалах $P_{\text{гал.отв.}} (K_5, K_9)$	$P_r = ((Q \times T_p / 100) \times 0,2 \times K_5 \times K_9)$
Содержание золота $C_{\text{гал.отв.}}$	$C_r = P_r / V_r$
Ресурсы в эфельных отвалах $P_{\text{эф.отв.}} (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_7)$	$P_3 = 0,8((Q \times T_p / 100) \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_7)$
Содержание золота $C_{\text{эф.отв.}}$	$C_3 = P_3 / V_3$
Ресурсы в бортовые и внеконтурных целиках $P_{\text{борт.ц.}} (K_{10})$	$P_{\text{общ}} = 3 \times K_{10}$
Ресурсы в плотике $P_{\text{плотик}} (K_6)$	$P_{\text{оп}} = ((Q \times T_p / 100) \times K_6)$
Ресурсы в хвостах шлиховых доводок $P_{\text{х.ш.д.}}$	$P_{\text{хд}} = (Q \times T_p / 100) \times K_8$
Ресурсы в иловых отстойниках $P_{\text{ил.отс.}} (K_1)$	$P_{\text{иг}} = Q \times 0,01 \times K_1$
Содержание золота, $C_{\text{ил.отс.}}$	$C_{\text{иг}} = P_{\text{иг}} / V_{\text{иг}}$
Суммарный ресурсный потенциал $P_{\text{общий}}$	$P_{\text{общ}} = P_r + P_3 + P_{\text{общ}} + P_{\text{оп}} + P_{\text{хд}} + P_{\text{иг}}$

(отвальные образования на отработанной площади, бортовые и внутрикарьерные целики). Для оценки достоверности подсчитанных в соответствии с методикой запасов проводится ограниченный объем заверочных работ.

- Методика аналитической оценки прогнозных ресурсов техногенных россыпей Г.С. Мирзеханова. По данной методике рассчитывают прогнозные ресурсы по каждому виду процессов горных работ (галечные, эфельные отвалы, илоотстойники, обогащение, разведка и т.д.) с использованием коэффициентов погрешностей, в зависимости от конкретных условий (табл. 2).

- Методика А.П. Ван-Ван-Е (открытый отдельный способ).

По методике Ван-Ван-Е [30] рассчитывают прогнозные ресурсы в зависимости от конкретных условий месторождения, также с использованием коэффициентов погрешностей. В методике учитываются коэффициент намыва, коэффициент потери промышленного золота в зависимости от погрешности геологоразведочных работ и коэффициент содержания мелкой ($-0,1$ мм) фракции золота $K_{\text{мф}}$. Данная методика использует показатель практического значения, а именно K_n , который можно определить двумя путями: отношением добытого и

Таблица 3

Элементы расчета прогнозных ресурсов по А.П. Ван-Ван-Е
Elements of calculation of expected resources for A.P. Van-Van-E

Обозначение	Наименование
$Q_{\text{геол}}$	геологические запасы золота, кг
$C_{\text{геол}}$	геологическое содержание золота, г/м ³
$V_{\text{блок}}$	геологический объем блока, тыс. м ³
K_n	коэффициент намыва
$Q_{\text{доб}}$	количество добытого золота, кг
K_p	коэффициент потери промышленного золота в зависимости от погрешности геологоразведочных работ
$K_{\text{мф}}$	коэффициент содержания мелкой фракции золота ($-0,1$ мм)

промышленного золота либо использованием фактических данных эксплуатационных работ (табл. 3).

Прогнозные ресурсы после отработки россыпи определяются по формуле

$$Q_T = Q_{\text{геол}} (K_H + K_p + K_{\text{мф}}) - Q_{\text{доб}}$$

- Теоретические основы определения потерь при разработке россыпей дражным способом (табл. 4). Данная методика [23] предназначена для оценки прогнозных ресурсов и перспективности дражных работ (Чемезов, Константинов).

Разработка методики

По результатам проведенного анализа за методических материалов за основу принята методика Г.С. Мирзеханова (см. табл. 2). Составлен программный модуль расчета прогнозных ресурсов техногенных россыпей Якутии (рисунок).

Для последующего анализа и определения значимости приняты 10 расчет-

ных факторов: гранулометрический состав золота и его морфология, качество разведки, оборудование при промывке, гранулометрический состав песков, первичные содержания драгметалла в песках, количество тяжелых минералов, особенности плотика, литология песков, климатический фактор, оборудование при доводке.

Проведена авторская экспертная оценка значимости влияющих факторов в литературных источниках по критерию частоты упоминаний с числом более 3 (табл. 5). Из 10 рассмотренных факторов на стадии авторской оценки может быть исключен фактор оборудования, используемого при доводке.

Помимо авторской экспертной оценки, было проведено определение значимости факторов и их взаимодействия посредством статистических показателей и теории многофакторного эксперимента.

Таблица 4

Расчет прогнозных ресурсов по Чемезову-Константинову
Calculation of expected resources for Chemezov-Konstantinov

Исходные показатели для расчета	
Q_p	геологические запасы золота (по данным разведки), кг
$C_{\text{геол}}$	геологическое содержание золота, г/м ³
$V_{\text{блок}}$	геологический объем блока, тыс. м ³
$Q_{\text{доб}}$	количество добытого золота, кг
$Q_{\text{техн.}}$	потери технологические, кг
$Q_{\text{плот.}}$	потери в плотике, кг
$Q_{\text{просып}}$	потери от просыпи при завалке в люк, кг
$Q_{\text{межход}}$	потери межходовые, кг
$Q_{\text{борт}}$	потери бортовые, кг
Расчетные формулы	
Вероятностные запасы металла в россыпи Q_v	$Q_v = K_n \times Q_p - Q_{\text{доб}}$
Поправочный коэффициент K_n	$K_n = (Q_{\text{доб}} + Q_n) / Q_p$
Потерянное количество металла, Q_n	$Q_n = Q_{\text{техн}} + Q_{\text{плот}} + Q_{\text{просып}} + Q_{\text{межход}} + Q_{\text{борт}}$
Остаточные запасы металла в россыпи Q_o	$Q_o = Q_p ((Q_{\text{доб}} + (Q_{\text{техн}} + Q_{\text{плот}} + Q_{\text{просып}} + Q_{\text{межход}} + Q_{\text{борт}}) / Q_p) - Q_{\text{доб}}$

Касанов И.С. Программа сравнения способов расчета

Таблица с результатами

По формуле Мирзеханова

Гранулометрический состав золота и его морфология

тонкое пластинчатое (-0,5 мкм) 3,5] 3,5

Первичное состояние драгметалла в песках

россыпи, содержания золота близки к минимально-промышленным (в зависимости от экономики) 1

Количество тяжелых минералов в шлихе исходных песков

менее 1,0% 0,5-0,9] 0,5

Гранулометрический состав исходных песков (в зависимости от эфелности песков)

фракция эфельной размерности составляет 10-40% 0,8] 0,8

Литологический состав песков (наличие глинистого материала)

до 10% 1,5] 1,5

Особенности плотика россыпей

разрушенные, легко вовлекаемые в отработку породы 1] 1

Оборудование используемое при промывке

ваггерды, понурно-шлюзовые и другие приборы с одностадийной дезинтеграцией 1] 1

Оборудование, используемое при доводке шлихов

отдельные концентрационные столы 0,01] 0,01

Период времени промывки с отрицательными температурами

северные районы 1,2] 1,2

Качество разведки

Параметры (ширина, длина) долины в 3 и более раз превышает таковые разведанной (отработка) 2

Сохранить результат

Сохранить переменные 2 ой формулы

Расчет

Геологические запасы золота (Qz) 100

Объем галечного отвала (Vr) 2000

Объем эфельного отвала (Vel) 7000

Технологические потери (Tr) 10

Содержание золота (C) 0,5

Объем илового отвала (Vig) 1000

Сравнить по формуле Кислякова

Программный модуль расчета прогнозных ресурсов
Program module of calculation of expected resources

С помощью приведенной матрицы планирования (табл. 6) многофакторного эксперимента, основанного на дисперсионном анализе, проведено определение значимости каждого применяемого фактора, как в обособленном порядке (табл. 7), так и при факторном взаимодействии, при усредненных значениях

рассматриваемых факторов (табл. 8). Степень влияния отдельного коэффициента на итоговую величину потерь в зависимости от комбинации вариантов показана в табл. 8 (рассматривались парные вариации, то есть максимальные и минимальные значения придавались любой паре коэффициентов).

Таблица 5

Авторская оценка значимости влияющих факторов
Author's assessment of a significance of the influencing factors

№ п/п	Влияющий фактор	Количество упоминаний в литературе
1	Гранулометрический состав золота и его морфология	6
2	Качество разведки	6
3	Оборудование, используемое при промывке	5
4	Гранулометрический состав песков	5
5	Коэффициент намыва	5
6	Количество тяжелых минералов	3
7	Особенности плотика	3
8	Литология песков	3
9	Климатический фактор	3
10	Оборудование, используемое при доводке	1

Таблица 6

Матрица планирования при минимизации числа факторов (дробная реплика)
Scheduling matrix at minimization of number of factors (a fractional remark)

Номер опыта (комбинация условий)	X_0	X_1	X_3	$(X_1 X_2)$	X_n	Y
1	+	+	+		Y_1	
2	—	+	—		Y_2	
3	+	—	—		Y_3	
4	—	—	+		Y_4	
...	
n					Y_n	

Таблица 7

Степень влияния отдельного коэффициента на итоговую величину потерь
Extent of influence of separate coefficient at a total size of losses

№ п/п	Наименование фактора	Диапазон значений, %			
		более 50	50—25	25—10	менее 10
1	Гранулометрический состав золота и его морфология	+			
2	Качество разведки			+	
3	Оборудование при промывке		+		
4	Гранулометрический состав песков				
5	Коэффициент намыва			+	
6	Количество тяжелых минералов		+		
7	Особенности плотика				+
8	Литология песков			+	
9	Климатический фактор				+
10	Оборудование при доводке				+

Таблица 8

Парные вариации коэффициентов
Pair variations of coefficients

№ п/п	Наименование фактора	Диапазон значений, %			
		более 50	50—25	25—10	менее 10
1	Гранулометрический состав золота и его морфология	+	+		
2	Качество разведки				
3	Оборудование при промывке	+	+		
4	Гранулометрический состав песков	+		+	
5	Коэффициент намыва		+	+	
6	Количество тяжелых минералов	+	+		
7	Особенности плотика		+		+
8	Литология песков	+		+	
9	Климатический фактор		+	+	
10	Оборудование при доводке		+		+

Содержание методики

По результатам проведенного анализа для использования в методике расчета прогнозных ресурсов техногенных россыпей Якутии применены следующие критерии (факторные коэффициенты): K_1 — литология песков (наличие глинистого материала); K_2 — коэффициент мерзлого состояния пород; K_3 — коэффициент намыва; K_4 — коэффициент морфологии; K_5 — количество тяжелых минералов в шлихе исходных песков; K_6 — эфельность песков (доля фракции менее 0,1 мм); K_7 — коэффициент соответствия технологии промывки (оптимальность компоновочной цепи обогатительных аппаратов на основе фактических данных медианной крупности гранулометрического состава полезного компонента).

Предлагаемые значения коэффициента литологии песков K_1 определены с использованием материалов ВНИИ-1, ЦНИГРИ и Иргиредмета (табл. 9). Климатический фактор K_2 (наличие многолетней мерзлоты) принят на основе сравнения данных работы золотодобывающих предприятий Якутии и Хабаровского края (табл. 9).

Только по некоторым россыпным месторождениям в отчетных документах приводятся данные по коэффициентам намыва K_n . В связи с этим в ряде случаев приходится при расчетах прогнозных ресурсов техногенных россыпей принимать усредненные значения коэффициентов. Так, K_n изменяется от 0,8 до 1,4–1,6. Это связано с тем, что при разведке применяются стандартные разведочные сети, далеко не всегда учитывающие резко дискретный характер распределения золота в россыпи, вследствие чего объем реальных запасов золота может быть занижен, а в некоторых случаях и завышен ($K_n \leq 1$). При расчетах прогнозных ресурсов россыпей Якутии усредненные значения K_n (K_3) приняты в размере разбежки от 0,7 до 1,3 (табл. 10).

Для уточнения значений коэффициента морфологии золота K_4 проведены сравнительные расчеты теоретических и практических потерь полезного компонента на некоторых россыпных месторождениях Якутии (Иенгра-Окурдан, Тит, Дорожный, Тимптон-Усть-Орогоччу, Ольчан-Омега, Вилка, Рудный, Лазо, Удар-

Таблица 9

Факторные коэффициенты K_1 и K_2 Factorial coefficients of K_1 and K_2

Литологический состав песков K_1 (наличие глинистого материала)		
№ п/п	Наличие глинистого материала, %	Значения для условий Якутии
1	менее 1	1
2	до 10	1,3
3	до 20	1,5
4	21–30 и более	2
Климатический фактор K_2 (наличие многолетней мерзлоты)		
№ п/п	Наименование	Значения для условий Якутии
1	Период с постоянными пониженными температурами (весна)	1,2
2	Период с переменными температурами (лето)	1
3	Период с временными пониженными температурами (осень)	1,15

Таблица 10

Факторные коэффициенты K_3, K_4
Factorial coefficients of K_3 and K_4

Коэффициент намыва K_3 (качество разведки)			
№ п/п	Наименование		Значения для условий Якутии
1	$Q_{\text{развед.}}$	меньше $Q_{\text{добыт.}}$ на 20% и более	0,7
2	$Q_{\text{развед.}}$	меньше $Q_{\text{добыт.}}$ на 10–20%	0,85
3	$Q_{\text{развед.}}$	$= Q_{\text{добыт.}}$ $K_n = 1$	1
4	$Q_{\text{развед.}}$	больше $Q_{\text{добыт.}}$ на 10–20%	1,15
5	$Q_{\text{развед.}}$	больше $Q_{\text{добыт.}}$ на 20% и более	1,3
Коэффициент морфологии золота K_4			
№ п/п	Гранулометрическая крупность золота и морфология		Значения для условий Якутии
1	тонкое пластинчатое (–0,5 мм)		2,0
2	мелкое уплощенное (+0,5–1,0)		1,5
3	среднее уплощенное (+1–2,0)		1,0
4	крупное уплощенное (+2,0–8,0)		0,7

ник, Игорь, Сентачан), а также расчет некоторых гранулометрических характеристик золота (медианная крупность M_e , сортированность золота S , уплощенность золотин U). Сравнительный расчет потерь проводился по значениям извлечения прибора типа ПГШ (значения коэффициентов приняты согласно методике ВНИИ-1). Сравнивались проектные (геологическая ситовая характеристика) потери и расчетные фактические потери (по данным фактического намыва металла за разные периоды работ – фактическая ситовая характеристика) с учетом влияния на конечную величину морфологических показателей. Итоговые показатели значений коэффициента приведены в табл. 10.

Диапазон и значения коэффициента K_5 приняты без изменения по данным литературных источников в связи с незначительным объемом фактических данных применительно к россыпям Якутии (табл. 11).

Оценка параметра эфельности песков K_6 проведена по величине процентного содержания класса крупности

песков менее 0,2 мм, подразумевая, что требуемый класс крупности менее 0,1 мм входит в эту величину. Рассмотрены гранулометрические характеристики и построены обобщенные диаграммы распределения продуктивных песков и полезного компонента по классам крупности группы россыпных месторождений для Алданского, Оймяконского и Нерюнгринского районов (49 месторождений, 55 характеристик песков и 41 характеристика золота). Итоговые показатели значений коэффициента K_6 приведены в табл. 11.

Коэффициент соответствия технологии промывки K_7 оценивается посредством сравнения теоретической оптимальной цепи обогащательных аппаратов с применяющимися обогащательными устройствами. Для группы месторождений Алданского, Нерюнгринского и Оймяконского районов выполнены практические расчеты медианной крупности металла, рекомендованы технологические схемы оборудования и проведено сравнение с типами промывочного оборудования, применявшегося предприятиями при пе-

Таблица 11

Коэффициент количества тяжелых минералов
Coefficient of amount of heavy minerals

Коэффициент K_5 количества тяжелых минералов в шлихе исходных песков		
№ п/п	Наименование	Значения для условий Якутии
1	менее 1,0%	0,5–0,9
2	1–10%	1
3	11–20%	1,2
4	21–30%	1,7
5	31–50%	2
6	более 51% — требует изменения технологии промывки	3
Эфельность песков K_6 (доля фракции менее 1 мм)		
№ п/п	Наименование	Значения для условий Якутии
1	фракция эфельной размерности 10–40%	0,8
2	41–65%, в среднем 55%	0,9
3	66–75% (оптимальная)	1
4	76–96% (повышенная)	1,3

реработке золотосодержащих песков. Итоговые значения коэффициента K_7 представлены в табл. 12.

Для расчета прогнозных ресурсов техногенных россыпей, в соответствии с содержанием методики, предложена формула:

$$P_{\text{общий}} = \left(V_{\text{галеч}} \times \left(\left(\frac{Q \times T_n}{100} \right) \times k_1, k_2, k_3 \right) \right) + \left(V_{\text{эфель}} \times \left(\left(\frac{Q \times T_n}{100} \right) \times k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7 \right) \right) + \left(T_n^m \times k_3, k_4, k_6 \right)$$

где $V_{\text{галеч}}$ — объем галечной фракции, м³; Q — запасы золота в россыпи, кг; T_n — технологические потери, кг; $V_{\text{эфель}}$ — объем эфельной фракции, м³; $T_{\text{плл}}$ — потери в плотике, кг; k_1 — литология песков (наличие глинистого материала); k_2 — коэффициент мерзлого состояния песков; k_3 — коэффициент намыва; k_4 — коэффициент морфологии; k_5 — количество тяжелых минералов в шлихе исходных песков; k_6 — эфельность песков (доля фракции < 0,1 мм); k_7 — коэффициент соответствия технологии промывки (медианная крупность гранулометрического состава золота).

Таблица 12

Коэффициент соответствия технологии промывки K_7
Coefficient of compliance of technology of washing of K_7

	Соответствие технологии промывки	Литературные данные	Значения для условий Якутии
1	Вашгерды, понурно-шлюзовые и другие приборы с одностадийной дезинтеграцией	1	1,5
2	Гидроэлеваторы и другие приборы с двустадийной дезинтеграцией	0,7–0,9	0,8
3	Промывочные приборы с развитой схемой обогащения	0,5	0,5

Таблица 13

Оценка прогнозных ресурсов на примере некоторых техногенных россыпей РС (Я)
 Assessment of expected resources on the example of some technogenic scatterings of RS (Ya)

Место-рождение	Пески, тыс. м ³	Золото, кг	Ср сод., г/м ³	Способ разра-ботки	Мерзл.	Промы-вистость песков	Потери, % кг	Мед. крупн. Au (Ме), мм/Доля класса, %	Хар-ка по Ме	Схема оборуд.	Тип пром-прибора	Расчетн. ресурсн. потенц., кг
Агинок	493,5	457,0	0,93	бульдоз	СП	легк.	4,16/19,0	1,0–2,0/33,4	среднее	ШГН+ШМН	ПГШ-И-50	27,4
Антагачан	1250,2	1116,1	0,89	комб.	СП	ср., легк.	6,7/74,8	1,0–2,0/30,2	среднее	ШГН+ШМН	ГГМ-3	85,8
Антагачан-Торбыкин (низ)	2333,0	1486,0	0,64	комб.	СП	легк.	6,19/92,0	0,5–1,0/27,3	мелкое	ШГН+ШМН+ +Развитая технология	ГГМ-3	156,8
Арга-Мой	1234,0	1195,0	0,97	комб.	СП	ср., легк.	10,42/119,5	1,0–2,0/26,8	среднее	ШГН+ШМН	ГГМ-3	136,9
Аринда	58,6	38,1	0,65	бульдоз	СП	легк.	8,5/3,23	1,0–2,0	среднее	ШГН+ШМН	ПГШ-И-50	4,2
Безлесный-Голубой	412,15	659,0	1,60	комб.	СП	легк.	8,62/56,8	0,5–1,0/34,8	мелкое	ШГН+ШМН+ +Развитая технология	ГГМ-3	79,6
Бергенях-Низовье	1077,3	1779,7	1,65	комб.	–	ср.	4,32/76,85	2,0–5,0/45,4	крупн.	ШГН	ПГШ-И-50	53,6
Березовый	157,0	67,2	0,43	бульдоз	СП	легк.	10,5/7,04	2,0–5,0/25	крупн.	ШГН	ПГШ-И-50	7,5
Берендей	820,6	571,5	0,70	комб.	СП	легк.	4,3/24,5	0,5–1,0/22,5	мелкое	ШГН+ШМН+ +Развитая технология	ГГМ-3	36,5
Бертинский	849,6	467,1	0,55	бульдоз	СП	ср.	14,3/66,7	0,5–1,0/24,3	мелкое	ШГН+ШМН+ +Развитая технология	ГГМ-3	100,8

На примере отдельных техногенных россыпей Республики Саха (Якутия) выполнены аналитические расчеты и проведена оценка перспективности ресурсной базы (табл. 13). Показано, что прогнозные ресурсы могут превышать расчетные технологические потери от 10% (крупное золото) до 25% (среднее золото) и 50% (мелкое золото). При практических расчетах, на месторождениях с крупным (2,0–5,0 мм) золотом в качестве величины прогнозных ресурсов возможно принимать технологические потери, рассчитанные по методике ВНИИ-1.

Заключение

В результате проведенных исследований разработана методика расчета прогнозных ресурсов техногенных россыпей Якутии, учитывающая горно-геологические характеристики месторождений, технологические и морфологиче-

ские свойства металла, особенности процессов добычи и переработки продуктивных песков. Методика базируется на совокупности геолого-технологических данных, полученных в процессе геологоразведочных и эксплуатационных работ при разработке россыпного месторождения, и позволяет с допустимой достоверностью выполнить оценку прогнозных ресурсов золотоносных техногенных россыпей. Отличительной особенностью методики является использование коэффициента соответствия технологии промывки, определяемого по медианной крупности гранулометрического состава золота; коэффициента мерзлого состояния, определяемого как соотношение объемов мерзлых и талых песков в процессе добычи; коэффициента намыва как показателя погрешности геологоразведочных работ; коэффициента морфологии, характеризующего уплощенность золотин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Vladislav Vorochnicov*. Russia Consolidated Growth in Gold Mining Industry // Engineering and Mining Journal (Горная промышленность и техника США). October 2014. pp. 68–73.
2. *Таракановский В. И.* К вопросу сохранения и увеличения россыпной золотодобычи в России // Горный журнал. — 2006. — № 10. — С. 35–39.
3. *Прудников С. Г., Хертек Ч. М.* Оценка ресурсов техногенных образований отработанной россыпи золота малый Алгияк (Тува) // Успехи современного естествознания. — 2018. — № 2. — С. 129–133.
4. *Мирзеханов Г. С., Мирзеханова З. Г.* Перспективы техногенных россыпей Дальневосточного региона для повторной обработки // Маркшейдерия и недропользование. — 2017. — № 5(91). — С. 14–20.
5. *Кавчик Б. К.* Техногенные россыпи золота // Золотодобыча. Информационно-рекламный бюллетень. — 2002. — № 41. — С. 7–11.
6. *Макаров В. А.* Золото техногенных минеральных объектов — ресурсы и проблемы геолого-технологической оценки // Золото и технологии. — 2011. — № 3(13). — С. 42–49.
7. *Мамаев Ю. А.* Техногенные россыпи благородных металлов Дальневосточного региона России и их рациональное освоение. — М.: Изд-во «Горная книга», 2010. — 309 с.
8. *Беневольский Б. И.* Золото России: Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. — 464 с.
9. *Волков А. В.* Золотое сердце Сибири // Золото и технологии. 2016. — № 2(32). — С. 42–48.
10. *Todd Smith*. Providing solutions. A custom approach to providing miners with environmental solutions // Canadian mining journal. September 2016. pp. 24–30.
11. *Leon C. Botham*. Treating Tailings. A look at ways of controlling tailings to avoid future liability // Canadian mining journal. 2015, no 12, pp. 22–23.
12. *Zach Ments*. Safety washing classifying. Best practices for personnel and equipment // Pit Quarry Magazine. March 2019, pp. 50–54.

13. Benjamin Teschner, Nicole M. Smith, etc. How efficient are they really. A simple testing method of small-scale gold miners' gravity separation systems // *Minerals Engineering*. 2017. No. 105, pp. 44–51.

14. Saravanakumar P., Brown G. J., G. van Eck. Sample support size and spacing determination for resource development of a marine placer gold deposit // *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. No. 114, January 2014, pp. 7–18.

15. Eden K., Grosz A. E., etc. Gold and associated industrial heavy minerals in the Icy Cape District: White River to Icy Cape, Alaska, USA // *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. May 2017, pp. 423–428.

16. Опарин В. Н., Секисов А. Г. и др. Перспективные технологии разработки золотороссыпных месторождений Забайкальского края // ФТПРПИ. — 2017. — № 3. — С. 70–78.

17. Наумов В. Российские приоритеты в добыче золота // *Коммерсантъ Наука*. — № 7 от 30.11.2015. — С. 25, <https://kommersant.ru/nauka/96869>.

18. Маньков В. М., Кушниренко М. В. Обоганительные комплексы для переработки техногенных песков с усовершенствованной шлюзовой схемой обогащения // *Золотодобыча. Информационно-рекламный бюллетень*. — 2014. — № 189.

19. Прокопьев Е. С. Винтовая сепарация на золотодобывающих предприятиях России // *Золотодобыча. Информационно-рекламный бюллетень*. — 2019. — № 243.

20. Пятаков В. Г., Гущенко В. В., Соколов А. С. Результаты применения отсадочной технологической схемы промывочных установок для техногенной россыпи // *Золотодобыча. Информационно-рекламный бюллетень*. — 2015. — № 200.

21. Емельянов В. И. Открытая разработка россыпных месторождений. — М.: Недра, 1985. — 175 с.

22. Власов А. С. К вопросу повторной разработки многолетнемерзлых россыпных месторождений / *Труды ВНИИ-1*. — Магадан, 1984. — С. 14–21.

23. Чемезов В. В. Оценка остаточных запасов дражных техногенных россыпей // *Колыма*. — 2001. — № 1. — С. 20–24.

24. Мирзеханов Г. С., Мирзеханова З. Г. Ресурсный потенциал техногенных образований отработанных золотоносных россыпей // *Горный журнал*. — 2005. — № 1. — С. 37–42.

25. Мирзеханов Г. С. Методика автоматизированной оценки технологических потерь золота и остаточного ресурса золотосодержащих техногенных образований // *Горный журнал*. — 2004. — № 5. — С. 69–72.

26. Павлова Ю. А. Интегральная оценка влияния различных факторов и технологий на полноту и качество извлечения запасов золота из техногенных россыпей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.16. — М., 2008. — 24 с.

27. Кисляков В. Е. Разработка технологии оборотного водоснабжения в сложных горнотехнических условиях освоения золотосодержащих россыпей, дисс. д.т.н. — М., 1999. — 369 с.

28. Макаров В. А. Условия формирования техногенных золотосодержащих объектов и особенности методики их геолого-технологической оценки: автореферат дисс. ... доктора геолого-минералогических наук: 25.00.11. — Красноярск: Том. политехн. ун-т, 2001. — 47 с.

29. Костромин М. В., Грешилов Д. М. Методика, техника и технология определения снижения и ликвидации эксплуатационных потерь в межшаговых и межходовых целиках при дражной разработке россыпей // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. — 2014. — № 12. — С. 68–75.

30. Ван-Ван-Е А. П. Методика аналитической оценки ресурсной базы техногенных золотороссыпных месторождений Дальнего Востока / *Проблемы освоения техногенного комплекса месторождений золота: материалы межрегиональной научной конференции (Магадан, 15–17 июля 2010 г.)*. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2010. — С. 118–120. **PLAS**

REFERENCES

1. Vladislav Vorotnicov. Russia Consolidated Growth in Gold Mining Industry. *Engineering and Mining Journal*. October 2014. pp. 68–73.

2. Tarakanovskiy V. I. To a question of preservation and increase in gravel gold mining in Russia. *Gornyy zhurnal*. 2006, no 10, pp. 35–39. [In Russ].

3. Prudnikov S. G., Khertek Ch. M. Estimation of resources of technogenic formations of processed gold placer Malyi Algiyak (Tuva). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2018, no 2, pp. 129–133. [In Russ].

4. Mirzekhanov G.S., Mirzekhanova Z.G. Prospects of technological placers of the far East region for the repeated mining. *Marksheyderiya i nedropol'zovanie*. 2017, no 5(91), pp. 14–20. [In Russ].
5. Kavchik B.K. Technogenic gravel of gold. *Zolotodobycha. Informatsionno-reklamnyy byulleten'*. 2002, no 41, pp. 7–11. [In Russ].
6. Makarov V.A. Gold of technogenic mineral objects – resources and problems of geology-technological assessment. *Zoloto i tekhnologii*. 2011, no 3(13), pp. 42–49. [In Russ].
7. Mamaev Yu.A. *Tekhnogennye rossypi blagorodnykh metallov Dal'nevostochnogo regiona Rossii i ikh ratsional'noe osvoenie* [Technogenic gravel of precious metals of the Far East region of Russia and their rational development], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2010, 309 p.
8. Benevol'skiy B.I. *Zoloto Rossii: Problemy ispol'zovaniya i vosproizvodstva mineral'no-syr'evoy bazy* [Gold of Russia: Problems of use and reproduction of mineral resources], Moscow, ZAO «Geoinformmark», 2002, 464 p.
9. Volkov A.V. Heart of gold of Siberia. *Zoloto i tekhnologii*. 2016, no 2(32), pp. 42–48. [In Russ].
10. Todd Smith. Providing solutions. A custom approach to providing miners with environmental solutions. *Canadian mining journal*. September 2016. pp. 24–30.
11. Leon C. Botham. Treating Tailings. A look at ways of controlling tailings to avoid future liability. *Canadian mining journal*. 2015, no 12, pp. 22–23.
12. Zach Ments. Safety washing classifying. Best practices for personnel and equipment. *Pit Quarry Magazine*. March 2019, pp. 50–54.
13. Benjamin Teschner, Nicole M. Smith, etc. How efficient are they really. A simple testing method of small-scale gold miners' gravity separation systems. *Minerals Engineering*. 2017. No. 105, pp. 44–51.
14. Saravanakumar P., Brown G.J., G. van Eck. Sample support size and spacing determination for resource development of a marine placer gold deposit. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. No. 114, January 2014, pp. 7–18.
15. Eden K., Grosz A. E., etc. Gold and associated industrial heavy minerals in the Icy Cape District: White River to Icy Cape, Alaska, USA. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. May 2017, pp. 423–428.
16. Oparin V.N., Sekisov A.G. Promising technologies for the development of gold deposits of the Trans-Baikal territory. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2017, no 3, pp. 70–78. [In Russ].
17. Naumov V. Russian gold mining priorities. *Kommersant' Nauka*, no 7, 30.11.2015, pp. 25, <https://kommersant.ru/nauka/96869>. [In Russ].
18. Man'kov V.M., Kushnirenko M.V. Concentrating complexes for processing technogenic sand with an improved gateway scheme enrichment. *Zolotodobycha. Informatsionno-reklamnyy byulleten'*. 2014, no 189. [In Russ].
19. Prokop'ev E.S. Spiral separation on gold mining enterprises in Russia. *Zolotodobycha. Informatsionno-reklamnyy byulleten'*. 2019, no 243. [In Russ].
20. Pyatakov V.G., Gushchenko V.V., Sokolov A.S. Results of application of jigging washing process scheme of technological installations from technogenic gravel deposit. *Zolotodobycha. Informatsionno-reklamnyy byulleten'*. 2015, no 200. [In Russ].
21. Emel'yanov V.I. *Otkrytaya razrabotka rossypanykh mestorozhdeniy* [Open-cast mining of gravel deposits], Moscow, Nedra, 1985, 175 p.
22. Vlasov A.S. К вопросу повторной разработки многолетнемерзлых россыпных месторождений. *Trudy VNIИ-1* [Collection of scientific papers of All-Union Research Institute-1], Magadan, 1984, pp. 14–21. [In Russ].
23. Chemezov V.V. Assessment of residual stocks dredges of technogenic gravel deposits. *Kolyma*. 2001, no 1, pp. 20–24. [In Russ].
24. Mirzekhanov G.S., Mirzekhanova Z.G. Resource potential of technogenic formations of waste gold-bearing gravel deposits. *Gornyy zhurnal*. 2005, no 1, pp. 37–42. [In Russ].
25. Mirzekhanov G.S. A technique of the automated assessment of technological losses of gold and a residual resource of gold-bearing technogenic deposits. *Gornyy zhurnal*. 2004, no 5, pp. 69–72. [In Russ].
26. Pavlova Yu.A. *Integral'naya otsenka vliyaniya razlichnykh faktorov i tekhnologiy na polnotu i kachestvo izvlecheniya zapasov zolota iz tekhnogennykh rossypey* [Integrated assessment

of the impact of various factors and technologies on completeness and quality of extraction of reserves of gold from technogenic gravel deposits], Candidate's thesis, Moscow, 2008, 24 p.

27. Kislyakov V.E. *Razrabotka tekhnologii oborotnogo vodosnabzheniya v slozhnykh gor-notekhnicheskikh usloviyakh osvoeniya zolotosoderzhashchikh rossypey* [Development of technology of reverse water supply in the difficult mining conditions of development of gold-bearing gravel deposits], Doctor's thesis, Moscow, 1999, 369 p.

28. Makarov V.A. *Usloviya formirovaniya tekhnogennykh zolotosoderzhashchikh ob'ektov i osobennosti metodiki ikh geologo-tekhnologicheskoy otsenki* [Conditions of formation of technogenic gold-bearing objects and feature of a technique of their geological and technological assessment], Doctor's thesis, Krasnoyarsk, 2001, 47 p.

29. Kostromin M.V., Greshilov D.M. A method, technique and technology of definition of decrease and elimination of operational losses in interstep and interrunning untouched part at dredges development of gravel deposits. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 12, pp. 68–75. [In Russ].

30. Van-Van-E A.P. Methodology of analytical assessment of the resource base of technogenic gold-gravel deposits Far East. *Problemy osvoeniya tekhnogenogo kompleksa mestorozhdeniy zolota: materials of the interregional scientific conference* (Magadan, July 15–17, 2010). Magadan, SVKNII DVO RAN, 2010, pp. 118–120. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Бураков Александр Михайлович*¹ — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: ambur@igds.ysn.ru,
*Касанов Иван Сергеевич*¹ — старший инженер, e-mail: Ivan.Kasanov@mechel.com,

¹ Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения РАН.

Для контактов: Бураков А.М., e-mail: ambur@igds.ysn.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*A.M. Burakov*¹, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, e-mail: ambur@igds.ysn.ru,
*I.S. Kasanov*¹, Senior Engineer, e-mail: Ivan.Kasanov@mechel.com,

¹ Chersky Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 677980, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia.

Corresponding author: A.M. Burakov, e-mail: ambur@igds.ysn.ru.



ОТ РЕДАКЦИИ

В Горном информационно-аналитическом бюллетене № 11 2018 г. на с. 17 в разделе «Рукописи, депонированные в издательстве «Горная книга» допущена техническая ошибка:

№ стр.	Опубликовано	Должно быть
17	<i>Хакулов Виктор Алексеевич</i> ¹ — доктор технических наук, зав. кафедрой, директор НОЦ Автоматизации геотехнологических систем ИГД СО РАН, e-mail: vkh21@ya.ru, <i>Шаповалов Виталий Александрович</i> ¹ — кандидат физико-математических наук, доцент, e-mail: vityalforit@yandex.ru, <i>Шогенова Залина Асланбековна</i> ¹ — старший преподаватель, e-mail: shogenova.88@mail.ru, ¹ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова.	<i>Хакулов Виктор Алексеевич</i> ¹ — доктор технических наук, зав. кафедрой, директор НОЦ Автоматизации геотехнологических систем ИГД СО РАН, e-mail: vkh21@ya.ru, <i>Шаповалов Виталий Александрович</i> ¹ — кандидат физико-математических наук, доцент, e-mail: vityalforit@yandex.ru, <i>Карпова Жанна Викторовна</i> — инженер, ООО «АльИнТех», e-mail: z.karpovaspb@gmail.com, <i>Шогенова Залина Асланбековна</i> ¹ — старший преподаватель, e-mail: shogenova.88@mail.ru, ¹ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова.