

УДК 338.4:553.411.071

DOI [10.17150/2072-0904.2015.6\(2\).16](https://doi.org/10.17150/2072-0904.2015.6(2).16)**В. И. Буньковский***Национальный исследовательский
Иркутский государственный технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация***Т. Ю. Панина***Национальный исследовательский
Иркутский государственный технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Аннотация. Предложена методика комплексной оценки экономической эффективности разработки месторождений россыпного золота, основанная на сопоставлении условий эксплуатации, возможностей горного предприятия, планируемых результатов его деятельности с передовыми показателями в отрасли. Для сопоставления используются методы многомерного анализа. Методика позволяет рассчитать комплексную оценку условий, возможностей и результатов работы горнодобывающих предприятий, отклонение от которой показывает «ранг» данного предприятия в ряду предприятий, разрабатывающих россыпные месторождения, или его «ранг» по отношению к внутриотраслевому значению. Методика также дает возможность осуществить сравнительное технико-экономическое обоснование разработки россыпных месторождений золота и определить целесообразность инвестирования как в строительство новых, так и в кредитование действующих золотодобывающих предприятий. Проведенные расчеты, выполненные на примере месторождений россыпного золота Забайкальского края, показали хорошую сходимость теоретических и эмпирических результатов.

Ключевые слова. Месторождение россыпного золота; комплексная оценка; многомерный анализ; инвестиционная привлекательность; условия эксплуатации; возможности предприятия; экономические результаты.

Информация о статье. Дата поступления 31 января 2015 г.; дата принятия к печати 2 марта 2015 г.; дата онлайн-размещения 31 марта 2015 г.

V. I. Bunkovsky*National Research Irkutsk State Technical University,
Irkutsk, Russian Federation***T. Yu. Panina***National Research Irkutsk State Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

USE OF MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS METHODS IN ASSESSING ECONOMIC EFFICIENCY IN DEVELOPING PLACER GOLD DEPOSITS

Abstract. The article offers methods of a complex assessment of economic efficiency in developing placer gold deposits based on comparing service conditions, opportunities of mining plants, planned results of their performance to the advanced indicators in the industry. For comparison, methods of the multidimensional analysis are used. The methods allow to calculate a complex assessment of conditions, opportunities and results of the mining enterprise performance the deviation from which shows the «rank» of this enterprise

among the enterprises developing placer fields or its «rank» in relation to the intra-branch value. The methods also gives an opportunity of carrying out a comparative feasibility study on developing placer gold deposits and to determine the expediency of investments both in construction of new gold mining plants and in crediting the operating ones. The calculations, performed with use of data on of placer gold deposits of the Zabaykalsky Territory, show good convergence of the theoretical and empirical results.

Keywords. Deposit of placer gold; complex assessment; multivariate analysis; investment attractiveness; operating conditions; plant capacity; economic results.

Article info. Received January 31, 2015; accepted March 2, 2015; available online March 31, 2015.

Минерально-сырьевая база россыпного золота Забайкальского края в настоящее время представлена 327 месторождениями, из них 19 предназначено для дражного, 301 — для открытого, раздельного и 7 — для подземного способа отработки [6, с. 6]. Спрос на разработку россыпных месторождений золота в крае продолжает сохраняться на довольно высоком уровне. Ежегодно Управление по недропользованию Забайкальского края объявляет более 10 аукционов по предоставлению прав на разработку золотороссыпных объектов.

В связи с этим актуальным является определение целесообразности инвестирования в разработку месторождений, предусматривающего, как строительство новых, так и кредитование действующих горнодобывающих предприятий. При этом вероятность инвестора «потерять» вложенные средства очень высока. Это связано с тем, что россыпные месторождения золота отличаются высокой изменчивостью горно-геологических и горно-технических условий эксплуатации.

Сопоставляя условия эксплуатации Ry , возможности Rz и планируемые результаты деятельности Rp с передовыми предприятиями или среднеотраслевым значением [3, с. 323], можно оценить экономическую эффективность разработки месторождений. Для сопоставления используются методы многомерного анализа, кластерного анализа, многомерного шкалирования [7].

Специфика горнодобывающих предприятий заключается в индивидуальности разрабатываемых месторождений и непрерывном изменении условий эксплуатации на каждом из них. Индивидуальность обуславливается разнообразием природных условий (географо-климатических, горно-геологических), технологических условий (способов вскрытия, систем разработки, способов отвалообразования, схем и режима горных работ), организационно-экономических условий, структуры предприятий, режима работы во времени, систем оплаты труда. Информация характеризуется также значительным размахом вариации (от индивидуальности месторождений) и постоянной динамикой (от изменения условий эксплуатации) значений рассматриваемых характеристик.

Объектами оценки являются результаты работы предприятий, а также расчетные показатели, принятые по технико-экономическому обоснованию целесообразности отработки конкретных месторождений.

Изучение различий имеет ввиду объяснение их объективно-неизбежной величины в условиях эффективности отдельных хозяйственных единиц, в основе которых лежат одинаковые, в некоторых случаях независимые от предприятий условия их деятельности. Измерение различий экономических показателей работы предприятий включает определение критериев, на основе которых оцениваются эти различия, решение вопроса о применяемых методах их оценки, проведение экономического анализа причин, обусловивших различия.

Для расчета выделены следующие характеризующие параметры условий эксплуатации, в которые вошли: расстояние до пристанционной базы $L_{жд.ст.}$;

объем песков полезного ископаемого V_{ni} ; коэффициент вскрыши $K_{вск}$; запасы золота Z_{Au} ; содержание золота в 1 м^3 песков C ; объем пустых пород $V_{вск}$; ширина россыпи B_p ; длина россыпи L_p ; мощность торфов M_t ; пораженность многолетней мерзлотой M ; мощность полезного ископаемого M_{ni} ; коэффициент износа основных фондов $K_{изн}$; коэффициент использования основных фондов K_u ; коэффициент резерва K_p ; удельные капитальные вложения K_{yd} ; оборотные средства $Об.ср.$; производительность участка по добыче и промывке песков за сезон Q_{ni} ; производительность участка по объему вскрыши торфов за сезон $Q_{вск}$. К результатам работы отнесем чистый дисконтированный доход (ЧДД), себестоимость C/cm , годовую прибыль $\Pi_{год}$ и другие показатели (всего 21), причем состав их не является окончательным и может в последующем корректироваться [4, с. 83]. Последовательность технолого-экономической оценки приведена на рис. 1 [1, с. 154].

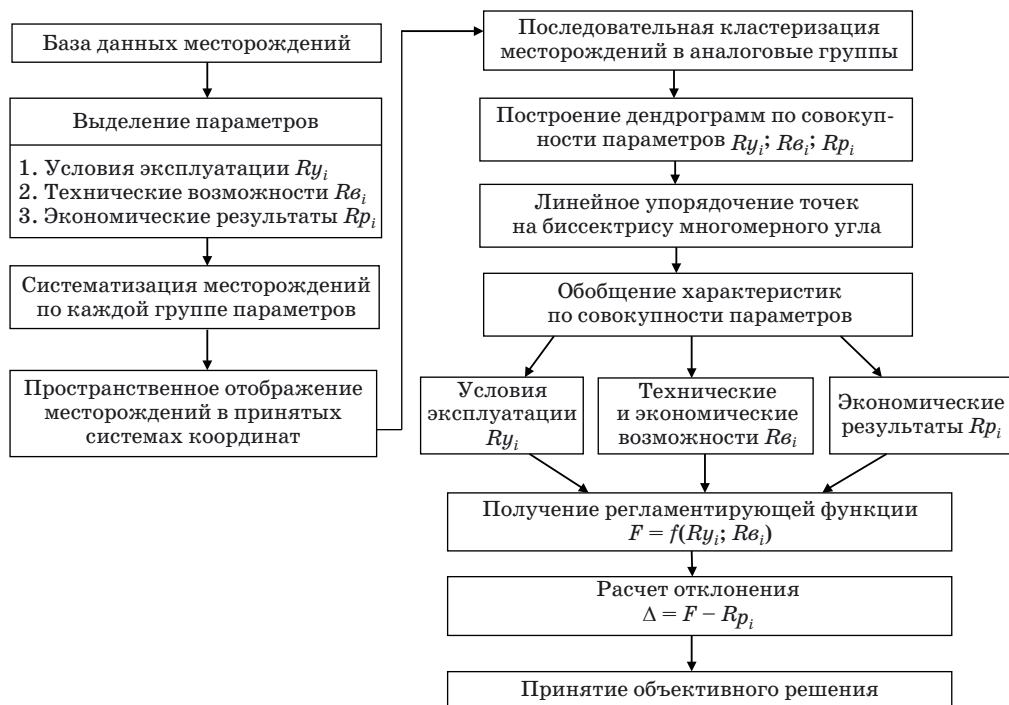


Рис. 1. Комплексная технолого-экономическая оценка месторождений

Необходимо отметить, что результаты исследований будут достаточно корректными, когда в комплекс учитываемых признаков включены относительно независимые, слабо коррелируемые величины. Если же значения параметров с высоким коэффициентом корреляции, то они будут искажать объективность комплексной оценки, так как влияние этих факторов доминирующее. Это определяет соответствующие требования к отбору анализируемой информации и составу показателей, по которым сравниваются месторождения.

С целью апробации предлагаемой методики технолого-экономической оценки месторождений были выполнены расчеты на примере месторождений россыпного золота Забайкальского края. Всего была собрана информация по 37 месторождениям россыпного золота. Данные по 7 месторождениям в процессе логико-профессионального анализа и недостаточности данных были отбракованы. Сравнивались объекты одного уровня, одного содержания, одной размерности, рассчитанных в одно время показателей кондиций.

По всем параметрам рассчитали общестатистические характеристики (средняя арифметическая, гармоническая, геометрическая, мода, медиана, коэффициенты асимметрии и эксцесса и другие показатели), а также осуществили проверку на соответствие нормальному закону распределения (выборочно гистограммы распределения приведены на рис. 2 и 3).

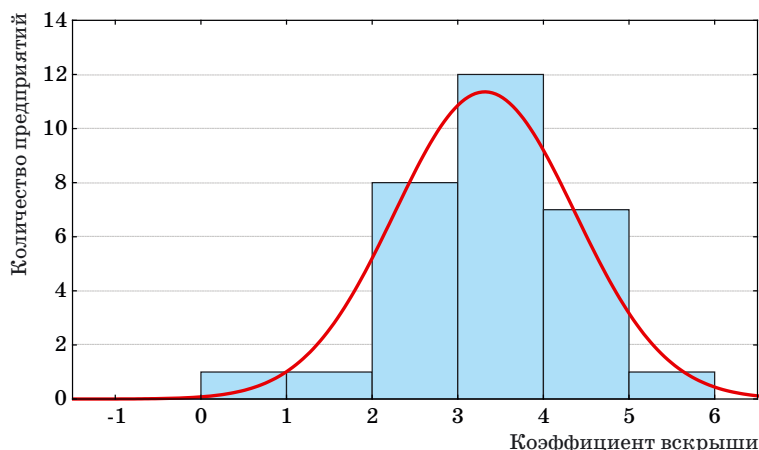


Рис. 2. Гистограмма распределения по коэффициенту вскрыши, $\text{м}^3/\text{м}^3$

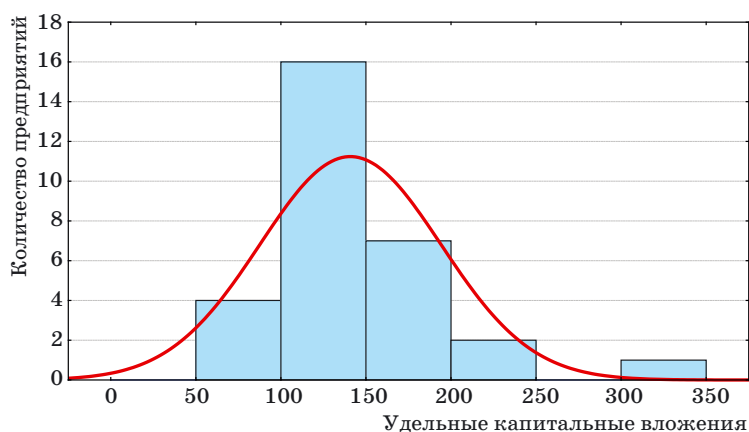


Рис. 3. Гистограмма распределения по удельным капитальным вложениям, р./м^3

Расчетные результаты работы предприятия будут соответствовать реальной картине, если существует взаимосвязь между конечными технико-экономическими показателями деятельности предприятия и параметрами, характеризующими условия и возможности.

В качестве примера приведем некоторые зависимости результатов работы от условий и возможностей (рис. 4 и 5):

- зависимость между ЧДД и коэффициентом использования оборудования

$$y = -28\,883,414\,6 + 46\,235,282\,7x,$$

при этом $r^2 = 0,387\,2$; $r = 0,622\,3$; $p = 0,000\,2$;

- зависимость между ЧДД и коэффициентом износа оборудования

$$y = 12\,347,891\,9 - 15\,020,15x,$$

при этом $r^2 = 0,412\,1$; $r = -0,641\,9$; $p = 0,000\,1$.

Аналогичные зависимости рассчитаны по всем параметрам.

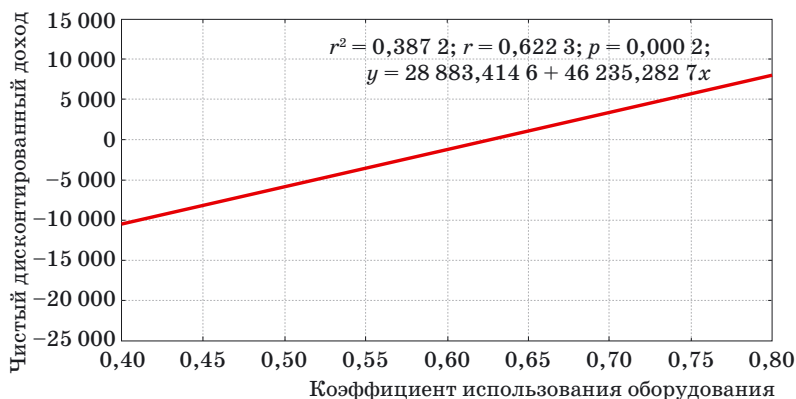


Рис. 4. Зависимость между чистым дисконтированным доходом и коэффициентом использования оборудования, тыс. р.

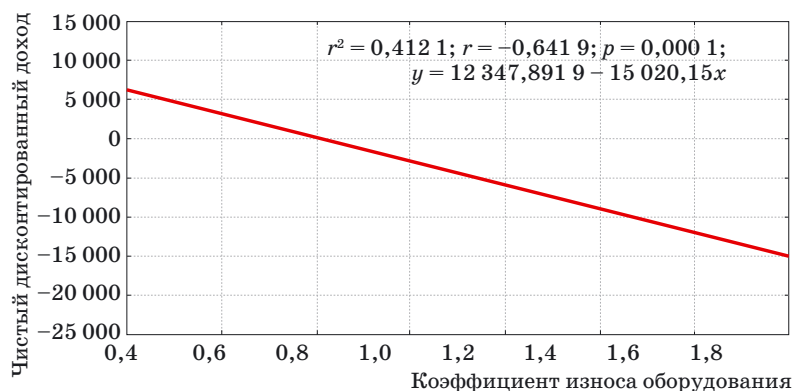


Рис. 5. Зависимость между чистым дисконтированным доходом и коэффициентом износа оборудования, тыс. р.

Наиболее целесообразным представляется использовать систему кодирования (индексирования) исходных показателей [5, с. 409] с последующим математическим нормированием, чтобы привести все показатели в сопоставимый вид. Здесь необходимо соблюсти следующие принципы:

1. Индексы должны соответствовать интервалам статистической группировки, приведенной для показателей в натуральных единицах измерения. Только в этом случае индексы будут соответствовать и отражать истинные данные характеристик предприятия, а также использоваться для последующего расчета функциональных зависимостей.

2. Необходимость соблюдения направленности индексов предполагает проводить кодирование таким образом, чтобы они отражали качественную характеристику исследуемого параметра.

Принцип, положенный в основу системы кодов показателей, характеризующих условия эксплуатации, предполагает присвоение индекса (кода) 1 предприятиям, находящимся в более лучших условиях, а предприятиям с ухудшением условий присваиваются соответственно коды 2, 3, 4, 5 и наоборот (табл. 1).

Комплексно оценить предприятие по совокупностям параметров можно, используя методы многомерных исследований. Для этого необходимо сначала отобразить предприятия точками в многомерных пространствах.

Таблица 1

Запасы золота в кодированном (индексированном) виде

Присваиваемый индекс (код)	Запасы золота Z_{Au} , кг	
	«от»	«до»
7	0	200
6	200	400
5	400	600
4	600	800
3	800	1 000
2	1 000	1 200
1	1 200	1 400

Иными словами, как в пространстве «совокупности параметров, условий работы» с координатными осями $L_{жд.ст.} - V_{ни} - V_{вск} - K_e - Z_{Au} - C$, так и в пространстве «совокупности параметров, характеризующих возможности» с координатными осями $Q_{ни} - Q_{вск} - K_{изн} - K_u - K_p - K_{уд} - Об.ср.$, и совокупности параметров, характеризующих «результаты работы предприятия» ЧДД, — $C/ст$, каждое предприятие может быть отображено точкой X_i , имеющей соответственно шесть, семь и две координаты. Значения координат — это значения параметров, одноименных координатным осям. Например, россыпь Маревастая в первом условном пространстве имеет координаты $L_{жд.ст.} = 1; V_{ни} = 5; V_{вск} = 1; K_e = 1; Z_{Au} = 7; C = 4$, а во-втором, — $Q_{ни} = 6; Q_{вск} = 1; K_{изн} = 2; K_u = 2; K_p = 3; K_{уд} = 3; Об.ср. = 5; ЧДД = 3; C/ст = 1$. Графическое отображение взаимосвязей по совокупностям параметров «возможности эксплуатации» отображаются в виде иерархической дендрограммы (рис. 6).

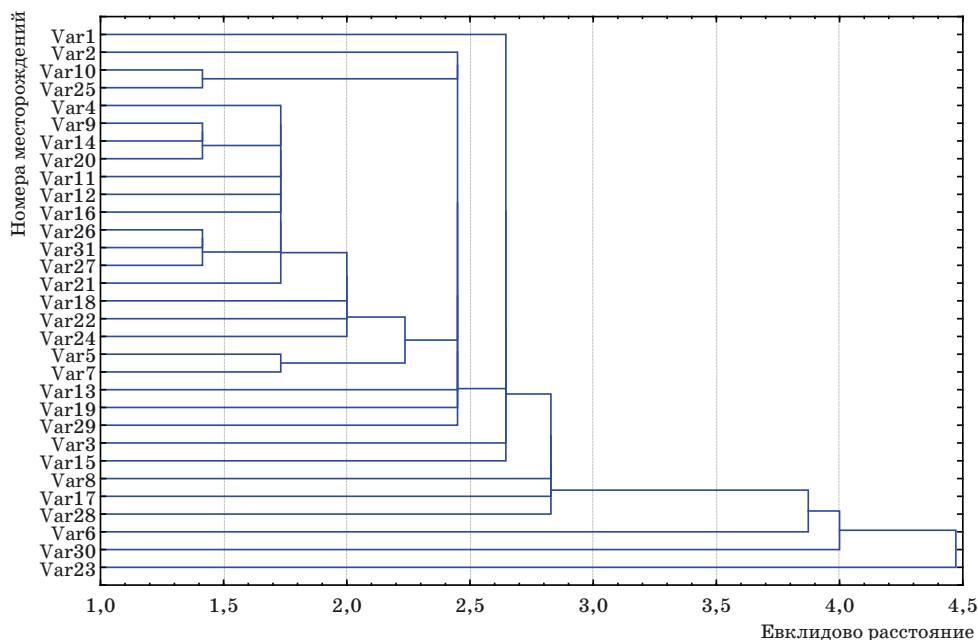


Рис. 6. Дендрограмма по возможностям работы предприятия

Количественное сходство или различие рассмотренных технико-экономических показателей предприятий измеряется в кластерном анализе метрикой. Метрик в настоящее время много и число их возрастает. Выбор одной из них зависит от содержания и цели решаемой задачи. В данном случае (с учетом графической интерпретации) в качестве метрики может быть взято расстоя-

ние $d(x_i, x_j)$, где x_i и x_j — точки, отображающие расположение предприятий в пространстве. Такая метрика или функция расстояний должна отвечать следующим условиям:

1. $(x_i, x_j) \geq 0$ для всех x_i и x_j , рассматриваемой (сравниваемой) совокупности предприятий.

2. $(x_i, x_j) = 0$ тогда и только тогда, когда $x_i = x_j$.

3. $d(x_i, x_j) = (x_j, x_i)$.

Наиболее употребительной функцией расстояний является евклидово расстояние [2]. В общем виде оно может быть выражено формулой

$$d(x_i, x_j) = \left[\sum_{k=1}^h (x_{ki} - x_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{2}},$$

где x_{ki} и x_{kj} — количественные значения k -го признака, соответственно, для i -го и j -го предприятий; h — количество признаков.

Необходимо отметить, что евклидово расстояние сохраняет содержательный смысл только в случае, когда все параметры имеют одинаковые единицы измерения. Если это не так (в примере M_m измеряется в мг/м³, а $Q_{вск}$ — тыс. м³), то, чтобы использовать выбранную метрику, следует провести нормирование количественных значений всех признаков по формулам:

$$X_{HK} = \frac{X_K - X_{OK}}{S_K};$$

$$S_K = \left[\sum_{i=1}^m \frac{(X_{ki} - X_{ok})^2}{m-1} \right]^{\frac{1}{2}},$$

где x_{HK} — нормированное значение; x_K — значение k -го признака; x_{OK} — внутриотраслевое значение; s_K — среднее квадратическое отклонение k -го признака; m — количество сравниваемых месторождений (в примере $m = 30$).

После кодирования и последующего нормирования все признаки получают безразмерные значения, колеблющиеся примерно в одинаковых границах, поэтому масштаб для всех осей координат можно принять один и тот же. Нормированные или кодированные значения признаков больше внутриотраслевого уровня являются положительными, а меньше — отрицательными.

Используемое в качестве метрики евклидово расстояние не отражает ни координаты объектов, ни размерности их признакового пространства. Требуется на основании известных данных восстановить неизвестную размерность, поэтому предлагается использовать многомерное шкалирование — совокупность методов, позволяющих по заданной информации о мерах различия (близости) между объектами рассматриваемой совокупности приписывать каждому из этих объектов вектор характеризующих его количественных показателей; при этом размерность искомого координатного пространства задается заранее, а «погружение» в него анализируемых объектов производится таким образом, чтобы структура взаимных различий (близостей) между ними, измеренных с помощью приписываемых им вспомогательных координат, в среднем наименее отличалась бы от заданной в смысле того или иного функционала качества [8]. Процедуры многомерного шкалирования применяются, когда данные заданы в виде матрицы попарных расстояний между объектами, удаленностей, их порядковых отношений, т. е. в виде матрицы евклидовых расстояний [2].

Полученные данные многомерного шкалирования дают возможность получить комплексную оценку условий, возможностей и результатов работы предприятий (Ry , Rv , Rp) и на их основании рассчитать регламентирующую функцию

$$F = f(Ry; R\theta);$$

$$F = 2,217 + 0,635Ry - 0,441R\theta.$$

Расчет отклонений $\Delta = F - Rp$ показывает «ранг» данного предприятия в ряду золотодобывающих предприятий Забайкальского края или его «ранг» по отношению к внутриотраслевому значению. При отклонении с положительным значением можно судить о том, что предприятие работает не эффективно, не использует внутренних резервов и благоприятных условий эксплуатации, причем, чем меньше абсолютное значение отклонения Δ_1 , тем предприятие работает с более низкими показателями. Отрицательное значение Δ говорит о том, что предприятие полностью использует собственные возможности и благоприятные условия эксплуатации.

Так, например, месторождение россыпи Шилка–Ареда имеет отклонение $\Delta = -1,371$, а месторождение россыпи Сарбактуй $\Delta = 0,789$ (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Условия эксплуатации объекта

Россыпь	$L_{жд.ст.}$, км	$V_{п.л.}$, тыс. м ³	$V_{вск.}$, тыс. м ³	L_p , м	B_p , м	M_t , м	K_v , м ³ /м ³	$M_{п.л.}$, м	Z_{Au} , кг	C , мг/м ³	M , %
Шилка–Ареда	22	269	1 049	2 135	42	3	3,9	0,9	672	2 498	61
Сарбактуй	55	1 260	5 544	12 000	35	3	4,4	0,7	235	187	53

Таблица 3

Возможности работы объекта

Россыпь	$Q_{п.л.}$, тыс. м ³	$Q_{вск.}$, тыс. м ³	$K_{изн}$	K_u	K_p	$K_{уд.}$, р./м ³	Об.ср., тыс. р.
Шилка–Ареда	190,1	741,4	0,54	0,69	1,20	123,6	5 781,9
Сарбактуй	201,6	813,8	0,50	0,46	0,79	109,8	5 573,5

Проведенные расчеты показали хорошую сходимость теоретических и эмпирических результатов по всем месторождениям, что позволяет осуществить сравнительное технико-экономическое обоснование их отработки и определить целесообразность инвестирования строящихся и кредитования действующих золотодобывающих предприятий.

Список использованной литературы

1. Максимов В. Комплексная географо-экономическая оценка месторождений россыпного золота / В. Максимов, Т. Панина // Проблемы развития экономики и предпринимательства : материалы Шестой Всерос. науч.-практ. конф. — Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2008. — С. 152–154.
2. Орлов А. И. Прикладная статистика / А. И. Орлов. — М. : Экзамен, 2004. — 482 с.
3. Панина Т. Многомерное шкалирование в оценке инвестиционной привлекательности месторождений россыпного золота / Т. Панина // Проблемы современной экономики. — 2009. — № 3 (31). — С. 322–328.
4. Панина Т. Формирование информационной базы для комплексной технико-экономической оценки месторождений / Т. Панина // Вестник Забайкальского горного колледжа. — 2008. — № 1. — С. 82–86.
5. Панина Т. Формализованный поиск аналогов при проектировании горных предприятий / Т. Панина // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 4. — С. 408–414.
6. Поляков О. Состояние и основные проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы россыпной золотодобычи в Забайкальском крае / О. Поляков, В. Акулов // XIII Международная научно-практическая конференция «Кулагинские чтения». — Чита : ЗабГУ, 2013. — Ч. II. — С. 5–11.
7. Симчера В. М. Методы многомерного анализа статистических данных / В. М. Симчера. — М. : Финансы и статистика, 2008. — 400 с.
8. Терехина А. Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования / А. Ю. Терехина. — М. : Наука, 1986. — 168 с.

References

1. Maksimov V., Panina T. Complex geographic and economic assessment of placer gold deposits. *Problemy razvitiya ekonomiki i predprinimatel'stva. Materialy Shestoi Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Problems of Development of Economy and Business. Materials of VI All-Russian Science and Practice Conference]. Irkutsk, Baikal State University of Economics and Law Publ., 2008, pp. 152–154. (In Russian).
2. Orlov A. I. *Prikladnaya statistika* [Applied Statistics]. Moscow, Ekzamen Publ., 2004. 482 p.
3. Panina T. Multidimensional scaling in assessing investment attractiveness of placer gold deposits. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economy*, 2009, no. 3 (31), pp. 322–328. (In Russian).
4. Panina T. Formation of information base for complex technical and economic assessment of deposits. *Vestnik Zabaikal'skogo gornogo kolledzha = Bulletin of Transbaikalian Mining College*, 2008, no. 1, pp. 82–86. (In Russian).
5. Panina T. Formalized search for analogues in designing mining plants. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' = The Mining Information and Analytical Bulletin*, 2014, no. 4, pp. 408–414 (In Russian).
6. Polyakov O. The state and main problems of reproduction of mineral resources of placer gold mining in the Zabaykalye Territory. *XIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Kulaginskie chteniya»* [XIII International Science and Practice Conference «Kulaginsky Readings»]. Chita, Zabaykalye State University Publ., 2013. Pt. II, pp. 5–11. (In Russian).
7. Simchera V. M. *Metody mnogomernogo analiza statisticheskikh dannykh* [Methods of multidimensional analysis of statistical data]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2008. 400 p.
8. Terekhina A. Yu. *Analiz dannykh metodami mnogomernogo shkalirovaniya* [Analysis of data by methods of multidimensional scaling]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 168 p.

Информация об авторах

Буньковский Владимир Иосифович — доктор экономических наук, профессор, кафедра управления промышленными предприятиями, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, e-mail: bunker59@mail.ru.

Панина Татьяна Юрьевна — соискатель, кафедра управления промышленными предприятиями, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, e-mail: panirais@mail.ru.

Библиографическое описание статьи

Буньковский В. И. Использование методов многомерного анализа при определении экономической эффективности разработки россыпных месторождений золота / В. И. Буньковский, Т. Ю. Панина // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). — 2015. — Т. 6, № 2. — URL : <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=20028>. — DOI: [10.17150/2072-0904.2015.6\(2\).16](https://doi.org/10.17150/2072-0904.2015.6(2).16).

Authors

Vladimir I. Bunkovsky — Doctor habil. (Economics), Professor, Chair of Production Plant Management, Irkutsk Research State Technical University, 83 Lermontov St., 664074, Irkutsk, Russian Federation; e-mail: bunker59@mail.ru.

Tatyana Yu. Panina — PhD Student, Chair of Production Plant Management, Irkutsk Research State Technical University, 83 Lermontov St., 664074, Irkutsk, Russian Federation; e-mail: panirais@mail.ru.

Reference to article

Bunkovsky V. I., Panina T. Yu. Use of multidimensional analysis methods in assessing economic efficiency in developing placer gold deposits. *Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii (Baykalskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki i prava) = Izvestiya of Irkutsk State Economics Academy (Baikal State University of Economics and Law)*, 2015, vol. 6, no. 2. Available at: <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=20028>. DOI: [10.17150/2072-0904.2015.6\(2\).16](https://doi.org/10.17150/2072-0904.2015.6(2).16). (In Russian).