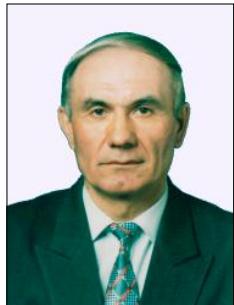


# Науки о Земле

УДК 622.271.1:553.4  
DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-4-4-12

## КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

## COMPLEX TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT IN THE DEVELOPMENT AND DESIGN OF ALLUVIAL GOLD DEPOSITS



**M. V. Костромин,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
*kostrmv@yandex.ru*

**M. Kostromin,**  
Transbaikal State  
University, Chita



**T. Ю. Панина,**  
Забайкальский  
аграрный институт,  
г. Чита  
*panirais@mail.ru*

**T. Panina,**  
Transbaikal Agrarian  
Institute, Chita

Выявлено, что золотой запас России постоянно увеличивается и в настоящее время она вышла на пятое место в мире, немного уступая Китаю, а по темпам роста существенно опережая его. По добыче золота Россия вышла на третье – второе место. Существенная часть драгоценного металла с наименьшими затратами и меньшей трудоемкостью добывается из россыпных месторождений, расположенных на обширной территории восточной и северной части России. Для успешной работы золотодобывающих предприятий необходима методика объективной технико-экономической оценки как при разработке, так и проектировании россыпных месторождений. 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. При этом для математической обработки характеристик месторождений полезных ископаемых и проектируемых или работающих предприятий, имеющих разные единицы измерения, целесообразно использовать систему кодирования исходных данных. 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 их разработки и проектирования. Проведенные расчеты выполнены на примере месторождений россыпного золота Забайкальского края и показывают хорошую сходимость теоретических и эмпирических результатов. Выбор рациональной технологии при проектировании и разработке конкретного месторождения с учетом рекомендаций комплексной методики может дать экономический эффект

**Ключевые слова:** золотой запас; россыпные месторождения; комплексная оценка; инвестирование; расчетные отклонения; кластерный анализ; параметры; кодирование; классификация предприятий; дендрограмма; разработка; добыча

The gold reserve of Russia is constantly increasing and, at the present time, it has reached the fifth place in the world, slightly behind China. At that, in terms of growth rates, it has significantly outstripped it. In terms of gold mining, Russia has come to the third - second place. A significant part of the precious metal is extracted from alluvial deposits located on the vast territory of the eastern and northern parts of Russia with the least expenditure and less labor. To strengthen the work of gold mining enterprises, a method of objective technical and economic evaluation is necessary both in the development and design of alluvial gold deposits. A methodology for a complex assessment of the economic efficiency of alluvial gold deposits development is proposed, based on a comparison of operating conditions, capabilities of the mining enterprise, and planned results of its activities with advanced

indicators in the industry. For comparison, multidimensional analysis methods are used. At the same time, it is expedient to use the system of encoding of initial data for mathematical processing of mineral deposits characteristics and designed or operating enterprises, having different units of measurement. The methodology allows to give a complex assessment of the conditions, opportunities and results of mining enterprises, the deviation from which shows the “rank” of the enterprise in a number of enterprises developing alluvial gold deposits or its “rank” in relation to the intra-industry significance. The methodology also makes it possible to carry out a comparative feasibility study for the development of alluvial gold deposits and determine the feasibility of their development and design. The carried out calculations are based on the example of alluvial gold deposits of the Transbaikal Region and have showed good convergence of theoretical and empirical results. The choice of rational technology in the design and development of a particular field, taking into account the recommendations of a complex methodology can yield an economic effect

**Key words:** gold reserve; alluvial deposits; complex assessment; investment; estimated deviations; cluster analysis; parameters; coding; classification of enterprises; dendrogram; development; production

---

**Актуальность темы.** В настоящее время Россия по золотому запасу вышла на пятое место в мире. При этом мы почти догнали Китай, а по темпам роста существенно обогнали. В 2016 г. Центральный банк активно скапывал золото. Так, с начала года по декабрь он пополнил резервы на 156,5 т. Пополнение запасов золота продолжается и, надо полагать, такая политика Центрального банка сохранится на долгосрочный период [7].

Дело в том, что на фоне ухудшения отношений с Украиной сформировавшаяся на ее территории обстановка и реакция западных стран-партнеров, интерес к золоту повысился. Соответственно, золото в таких условиях поможет России снизить свои финансовые риски. После воссоединения Крыма и введения в отношении РФ санкций, расчеты в иностранной валюте для предприятий некоторых отраслей затруднены. На фоне увеличения долговых обязательств ведущих стран Кремль пытается снизить финансовые риски благодаря перераспределению инвестиций в золото [5].

А поскольку благополучие государства во многом зависит от уровня развития горнодобывающего комплекса – стратегически важного сектора экономики – социально-экономические задачи, которые на него возлагаются, приобретают особую актуальность [8].

С наименьшими затратами и с меньшей трудоемкостью добыча благородных металлов (в частности, мы будем говорить о зо-

лоте) может быть извлечена из россыпных месторождений [1]. В настоящее время разработки россыпей в России ведутся на обширной территории Дальнего Востока, Якутии, Забайкалья, Восточной Сибири, Алтая, Западной Сибири и на Урале [4]. Количество добываемого золота в России за последние годы постоянно увеличивается, что позволяет ей выйти на третье (а по некоторым источникам второе) место в мире.

Роль золота как высоколиквидного металла и наличие значительного числа месторождений россыпного золота в Российской Федерации обуславливает необходимость решения теоретических и прикладных задач, связанных с экономической оценкой месторождений. Для этого разработана методика комплексной технолого-экономической оценки действующих и проектируемых предприятий по эффективной разработке россыпных месторождений [6; 9].

*Сферами применения методики комплексной технолого-экономической оценки могут быть:*

1) проектная деятельность научно-исследовательских организаций – при выполнении технико-экономических расчетов по оценки стоимости месторождений россыпного золота и эффективности их разработки;

2) управленческая деятельность горнодобывающих предприятий – при проведении сравнительного анализа эффективности разработки отдельных месторождений и выборе объектов для инвестирования;

3) экспертная деятельность органов государственной и региональной власти – при обосновании целесообразности применения в отношении горнодобывающих предприятий мер стимулирующего характера, а также для актуализации исходной информации о месторождениях россыпного золота.

*Объектами комплексной технолого-экономической оценки*, на наш взгляд, должны быть расчетные показатели, принятые по технико-экономическому обоснованию целесообразности отработки конкретных месторождений, а также результаты работы горных предприятий. При этом должны сравниваться объекты одного уровня, одного содержания, одной размерности. Круг сравниваемых показателей зависит от общности объектов сравнения и возможностей обеспечения их сопоставимости.

Сопоставление достигнутых результатов деятельности решает задачу выявления передовых предприятий. В качестве базы сравнения в этом случае выбирается комплекс показателей. Анализ этого комплекса показателей позволит всесторонне изучить результаты деятельности горных предприятий и определить технико-экономические показатели, которые можно достичь при мобилизации внутрихозяйственных резервов. При этом, к любым представленным к сравнению показателям должны предъявляться следующие требования:

- единство методики определения технико-экономических показателей на сравниваемых предприятиях;
- единство натуральных измерителей;
- единство состава расходов, включаемых в отдельные статьи затрат.

Соблюдение этих требований отвечает основному условию сравнений – сопоставимости объектов.

Комплексная оценка выявляет причины различий одних и тех же показателей на аналогичных предприятиях. Значительные различия сказываются отрицательно на системе планирования и управления. Они вызывают затруднения при расчете технико-экономических показателей, определении нормативов расхода материалов и т.д.

*Решение задачи начинается со сбора информации и последующего упорядочения и объединения предприятий в однородные группы, чтобы представить первичные сведения в сжатом виде с незначительной потерей информации. Чтобы упростить сравнение по всей имеющейся информации и рекомендуются методы кластерного анализа [2].* Они предполагают, прежде всего, объединить сравниваемые предприятия в относительно однородные группы через отображение объектов в h-мерном пространстве. Здесь h – количество характеристик предприятий, их в нашем случае 22, характеризующих условия эксплуатации, технические возможности и экономические результаты.

*Информационный массив включает:*

- а) географо-климатические характеристики месторождения, такие как удаленность от пристанционной базы, степень освоенности района месторождения, данные о рельфе местности, пораженность многолетней мерзлотой;
- б) геологическая и гидрологическая характеристики – вид полезного ископаемого, запасы полезного ископаемого, содержание, глубина и условия залегания полезного ископаемого, возможные водопритоки;
- в) горно-технические параметры – глинистость, трещинноватость, мощность пласта песков и торфов;
- г) технологические – глубина отработки, производственная мощность предприятия, виды и количество применяемого оборудования по процессам горных работ, производительность оборудования, расстояние транспортирования.

В общей сложности по каждому предприятию может быть использовано до 60 параметров. Собранныя информация систематизируется и накапливается в исходный массив для последующего анализа.

Необходимо отметить, что результаты исследований будут достаточно корректны, когда в комплекс учитываемых признаков включены относительно независимые, слабокоррелируемые величины. Если же значения параметров будут с высоким ко-

эффективентом корреляции, то они будут искажать объективность комплексной оценки, т.к. влияние этих факторов будет подавляющим. Это определяет соответствующие требования к отбору анализируемой информации и составу показателей, по которым сравниваются месторождения.

Использование всех групп факторов для математической обработки в натуральных единицах измерения невозможно из-за различия единиц измерения, значительного размаха вариации. Например, расстояние до ближайшей железнодорожной станции измеряется в км, содержание золота в 1 м<sup>3</sup> песков – в мг/м<sup>3</sup>, удельные капитальные вложения – в р/м<sup>3</sup>, то есть показатели являются несопоставимыми.

Это обуславливает необходимость приведения всех параметров в сопоставимый вид. Здесь целесообразно использовать систему кодирования исходных

данных. Необходимо соблюсти следующие принципы:

1) коды должны соответствовать интервалам статистической группировки, проведенной для показателей в натуральных единицах измерения. Только в этом случае коды будут отражать истинные характеристики предприятия, а также использоваться для последующего расчета функциональных зависимостей;

2) необходимость соблюдения направленности кодов предполагает проводить кодирование таким образом, чтобы оно отражало качественную характеристику исследуемого параметра.

Принцип, положенный в его основу, предполагает присвоение кода 1 предприятиям, находящимся в более лучших условиях, с ухудшением условий присваивается код 2, 3, 4, 5 и т.д. и наоборот. Пример кодирования приведен в таблице.

**Содержание золота в кодированном виде  
Gold content in coded form**

Наименование показателя/The name of the indicator	Содержание, мг/м <sup>3</sup> / Content, mg/m <sup>3</sup>		Присваиваемый индекс (код)/ Assigned index (code)
	«от»/«from»	«до»/ «before»	
Содержание золота в 1 м <sup>3</sup> песков (CAu), мг/м <sup>3</sup> / Gold content in 1 m <sup>3</sup> of sands (CAu), mg / m <sup>3</sup>	0	600	6
	600	800	5
	800	1000	4
	1000	1200	3
	1200	1400	2
	1400	и выше 1400/and above 1400	1

После проведения кодирования исходной информации создается электронная база данных для последующей математической обработки.

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

Классификация предприятий осуществляется с использованием евклидовой метрики [3], выраженной формулой 1 (инвариантной к вращению осей координат,

но не инвариантной к масштабированию координат).

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

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 колеблются в относительно равных диапазонах. Чтобы использовать выбранную

метрику, следует провести нормирование количественных значений всех признаков по формулам 2 и 3.

$$X_{HK} = \frac{X_K - X_{OK}}{S_K}, \quad (2)$$

$$S_K = \left[ \sum_{i=1}^m \frac{(X_{ki} - X_{ok})^2}{m-1} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

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 качестве примера (двухмерное пространство) распределение и взаимосвязь предприятий при натуральном значении координат и при их нормированном значении приведены на рис. 1.

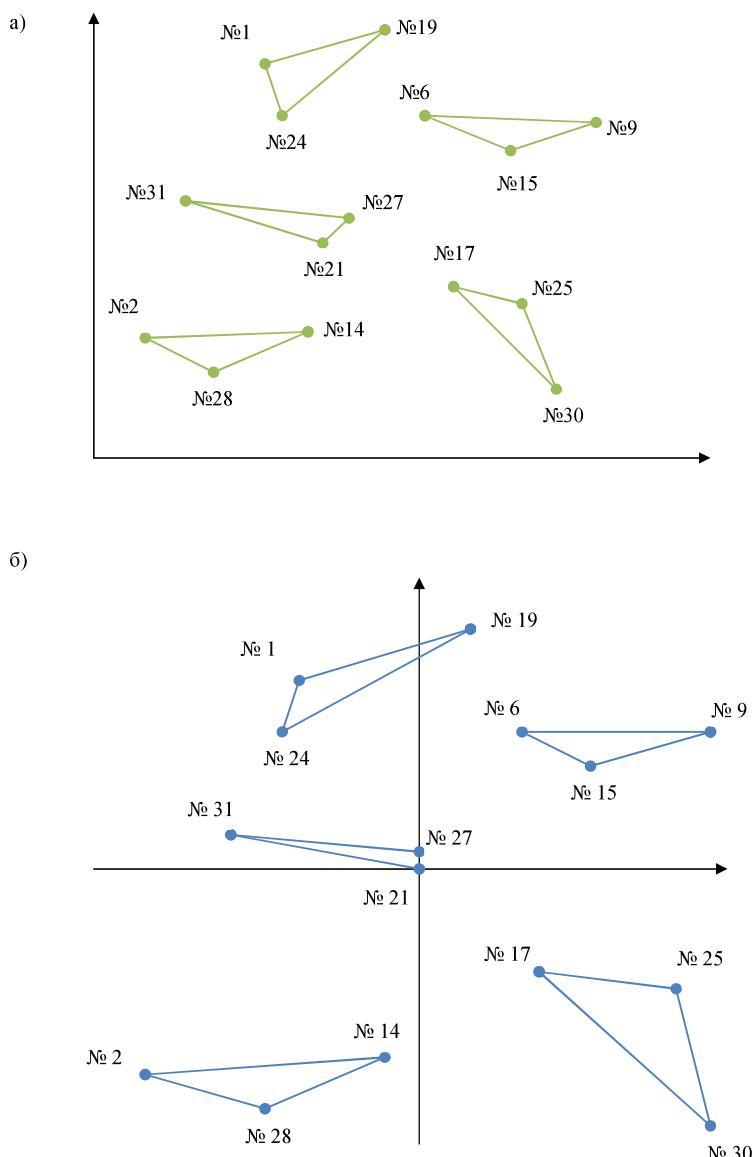


Рис. 1. Расположение предприятий в пространстве условий работы:  
 а) в кодированной системе координат; б) в нормированной системе координат

Fig. 1. Enterprises location in the framework of work conditions  
 a) in code system of coordinates; b) in a norm system of coordinates

После кодирования и последующего нормирования все признаки получают безразмерные значения, колеблющиеся примерно в одинаковых границах.

После проведения многомерных группировок проводится линейное упорядочивание точек на биссектрису многомерного угла. Таким образом, получаем обобщающую характеристику по условиям эксплуа-

тации ( $Ry_i$ ) каждого отдельного предприятия, его техническим возможностям ( $R\theta_i$ ) и экономическим результатам ( $Rp_i$ ).

Классификация предприятий выполнялась на основе парагруппового критерия группирования. Результаты группирования изображались в виде иерархической дендрограммы [2] расстояний между объектами (рис. 2).

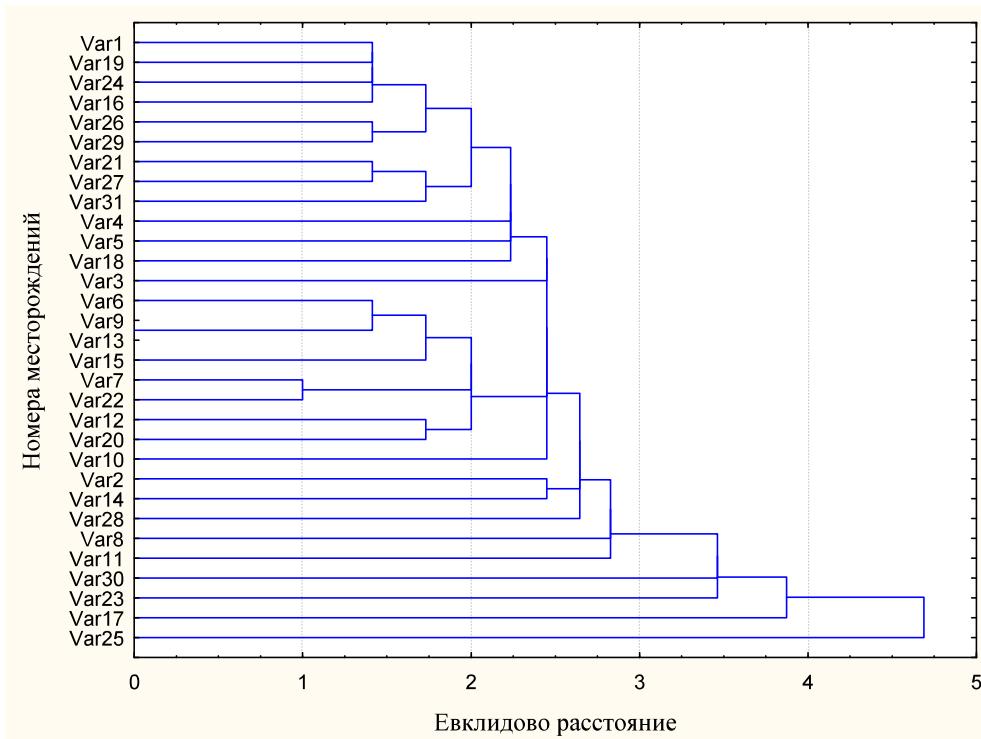


Рис. 2. Иерархическая дендрограмма объектов-аналогов

Fig. 2. Hierarchical dendrogram of analogical objects

Для проведения ранжирования определяются средние для каждого класса значения рассматриваемых характеристик. Эти значения представляют собой координаты центров тяжести классов (рис. 3). Каждый центр проецируется на ось ранжирования. Значение координаты проекции центра служит основанием для ранжирования предприятий.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенные критерии являются основой для комплексной оценки месторождений, а также для получения приемами линейной регрессии, простой ре-

гламентирующей функции, которая устанавливает взаимность между расчетным значением экономических результатов от условий и возможностей предприятия.

$$F = f(Ry_i; R\theta_i). \quad (4)$$

Отклонение ( $\Delta li$ ) расчетного значения ( $F$ ) от фактического ( $Rp_i$ ) позволяет судить, насколько эффективно (неэффективно) работает предприятие при соответствующих условиях и возможностях. Отклонение рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta li = F - Rp_i. \quad (5)$$

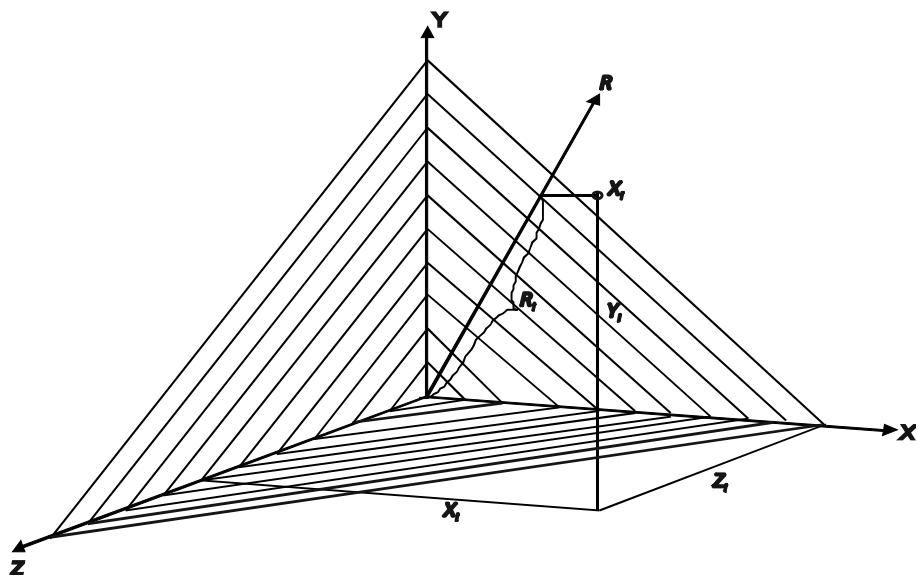


Рис. 3. Графическое отображение процедуры получения обобщающей координаты, где  $x_i, y_i, z_i$  – координаты точки

Fig. 3. Graphical representation of the procedure for obtaining the generalizing coordinate

При отклонении с положительным значением можно судить о том, что предприятие работает неэффективно, не использует внутренних резервов и благоприятных условий эксплуатации, причем, чем больше абсолютное значение отклонения ( $\Delta_{ii}$ ), тем предприятие работает с более низкими показателями.

Отрицательное значение  $\Delta_{ii}$  говорит о том, что предприятие полностью использует собственные возможности и благоприятные условия эксплуатации.

Отклонение среднего внутриотраслевого значения от фактического рассчитывается по формуле

$$\Delta_{2i} = Rp.cp. - Rp_i, \quad (6)$$

где  $\Delta_{2i}$  – отклонение среднего внутриотраслевого значения от фактического;

$Rp.cp.$  – комплексная оценка внутриотраслевого среднего значения экономических показателей (по региону).

Расчетное значение индекса отклонения результатов работы  $i$ -го предприятия ( $K_i$ ) показывает отклонение в долях единиц результатов работы среднего внутриотраслевого значения

$$K_i = \frac{R_p.cp.}{R_{Pi}}. \quad (7)$$

При значении индекса отклонения большие единицы можно судить от том, что предприятие работает с показателями ниже внутриотраслевых и наоборот.

Технико-экономические показатели по россыпи рч. Аркиль отражают благоприятные условия эксплуатации месторождения  $Ry_i = 2$ ;  $R_{e_i} = 3,87$ ;  $Rp_i = 4,41$ ,  $\Delta_{ii} = -1,821$ ;  $\Delta_{2i} = -2,602$ ;  $K_i = 0,41$ : незначительная мощность торфов, высокое содержание золота в эксплуатационных запасах, удельные капитальные вложения незначительно превышают среднеотраслевые, что говорит о неплохой обеспеченности предприятия оборудованием с небольшими сроками эксплуатации, наличие достаточных оборотных средств повлекло за собой относительно высокие технико-экономические показатели, в частности, чистая дисконтированная прибыль при норме дисконта 15 % и цене золота 310 р. в 2008 г. составила 973 тыс. р., внутренняя норма прибыльности равна 18 %, индекс прибыльности – 1,17, а срок окупаемости капитальных вложений составляет 2,47 года.

При существующей в настоящее время цене на золото 2100 р. за 1 г можно ожидать существенного улучшения при- веденных технико-экономических показателей.

### Список литературы

---

1. Галиев Ж. К., Галиева Н. В., Толмачев А. Г. Экономическое обоснование развития предприятий россыпной золотодобычи на основе формирования системы проектного финансирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № С–2–5. С. 47.
2. Дюран Б., Одэл П. Кластерный анализ. М.: Статистика, 1977. 128 с.
3. Елисеева И. И. Статистика. М.: ПРОСПЕКТ, 2014. 448 с.
4. Лешков В. Г. Разработка россыпных месторождений. М.: Горная книга, 2007. 906 с.
5. Инвестиционный портал о золоте [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zolotoexpert.ru/> (дата обращения: 29.01.2017).
6. Научно-техническая библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.SciTecLibrary.ru> (дата обращения: 10.01.2017).
7. Союз золотопромышленников России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.goldminingunion.ru/> (дата обращения: 25.01.2017).
8. Larichkin F. D., Glushchenko Yu. G., Ponomarenko T. V., Ivanova L. V. Efficiency of comprehensive ecologically balanced use of natural resources // Vykonost podniki (Bratislava), 2011, no. 3, pp. 11–20.
9. Thermie Programme: promotion of energy in Europe // OIL & GAS Tehnology, 1994, no. 13.

### References

---

1. Galiev Zh. K., Galieva N. V., Tolmachev A. G. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical bulletin), 2011, no. S–2–5, p. 47.
2. Durant B., Odel P. *Klasterny analiz* [Cluster analysis]. Moscow: Statistics, 1977. 128 p.
3. Eliseeva I. I. *Statistika* [Statistics]. Moscow: Prospect, 2014. 448 p.
4. Leshkov V. G. *Razrabotka rossypnyh mestorozhdeniy* [Development of alluvial deposits]. Moscow: Mining book, 2007. 906 p.
5. *Investitsionny portal o zolote* (Investment portal about gold) Available at: <http://www.zolotoexpert.ru/> (Date of access: 29.01.2017).
6. *Nauchno-tehnicheskaya biblioteka* (Scientific and technical library) Available at: <http://www.SciTecLibrary.ru> (Date of access: 10.01.2017).
7. *Soyuz zolotopromyshlennikov Rossii* (The Union of Gold Miners of Russia) Available at: <http://www.goldminingunion.ru/> (Date of access: 25.01.2017).
8. Larichkin F. D., Glushchenko Yu. G., Ponomarenko T. V., Ivanova L. V. *Vykonost podniki* (Vykonost podniki), 2011, no. 3, pp. 11–20.
9. *Thermie Programme: promotion of energy in Europe* (Thermie Programme: promotion of energy in Europe): OIL & GAS Tehnology, 1994, no. 13.

### Коротко об авторах

---

**Костромин Михаил Витальевич**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Открытые горные работы», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: открытые горные работы, повышение эффективности разработки россыпных месторождений  
kostrmv@yandex.ru

**Панина Татьяна Юрьевна**, канд. экон. наук, ст. преподаватель кафедры «Экономика и менеджмент», Забайкальский аграрный институт, г. Чита, Россия. Область научных интересов: определение эффективности разработки россыпных месторождений золота на основе их комплексной технолого-экономической оценки  
panirais@mail.ru

**Briefly about the authors**

---

**Mikhail Kostromin**, doctor of engineering sciences, professor, professor, Open Mining department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: open-pit mining, increasing the efficiency of alluvial deposits development

**Tatyana Panina**, candidate of economic sciences, senior teacher, Economics and Management department, Transbaikal Agrarian Institute, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: determination of the effectiveness of alluvial gold deposits development on the basis of their complex technological and economic evaluation

**Образец цитирования**

---

*Костромин М. В., Панина Т. Ю. Комплексная технолого-экономическая оценка при разработке и проектировании россыпных месторождений золота // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 4. С. 4–12. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-4-4-12.*

*Kostromin M. V., Panina T. Yu. Complex technological and economic assessment in the development and design of alluvial gold deposits // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 4, pp. 4–12. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-4-4-12.*

Дата поступления статьи: 31.03.2017 г.  
Дата опубликования статьи: 28.04.2017 г.

