

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ

Д.В. Степаненко, В.С. Алексеев
Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

Аннотация: В статье приведены результаты анализа авторитетных литературных источников, которые в совокупности с личным опытом авторов позволили выявить наиболее вероятностные границы погрешности подсчета запасов россыпных месторождений золота. Установлено, что качество разведки и достоверность подсчитанных запасов вызывает опасения у большинства компаний, занятых в сфере недропользования, особенно при покупке новых участков. Показано, что предложенные вероятные границы погрешности согласуются с представленными примерами отработанных россыпных месторождений золота. Результаты исследований могут помочь недропользователям и инвесторам точнее оценивать свои риски при выборе участков для разработки, что создаст более благоприятную инвестиционную обстановку.

Ключевые слова: россыпное месторождение золота, достоверность геологоразведочных работ, категория запасов, отход металла, погрешность подсчета запасов.

ERROR ESTIMATION IN THE CALCULATIONS OF PLACER DEPOSITS RESERVES FOR VARIOUS CATEGORIES

D.V. Stepanenko, V.S. Alekseev
Mining Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

Abstract: The article contains the results of the analysis of authoritative literary sources, which, together with the personal experience of the authors, made it possible to identify the most probable error limits in calculating the reserves of gold placer deposits. It was found that the exploration quality and the reliability of calculated reserves is a matter of concern for most companies involved in subsoil use, especially when purchasing new mining sites. It is shown that the proposed probable error limits are consistent with the presented examples of exploited gold placer deposits. The results of the research can help subsoil users and investors to more accurately assess their risks when choosing mining sites, which will create a more favorable investment climate.

Keywords: gold placer deposit, reliability of geological exploration, reserves category, gold extraction ratio, reserves calculation error.

Золотодобывающая отрасль имеет чрезвычайно важное значение для социально-экономического развития России, особенно это касается регионов, где золотодобыча является традиционным видом деятельности. К ним можно отнести регионы Сибири и Дальнего Востока, на которые приходится более 97 % добываемого металла, в том числе до 80 т россыпного золота [1-7].

В последние годы наблюдается уменьшение значимости россыпных месторождений в общем объеме золотодобычи, связанное с истощением минерально-сырьевой базы, отсутствием подготовленных целиковых месторождений, усложнением горно-геологических условий, а также качеством геологоразведочных работ и достоверностью подсчитанных запасов [8, 9].

Достоверность геологоразведочных данных и объективность в оценке ресурсного потенциала природных и техногенных россыпных месторождений золота — важная часть планирования перспективного развития экономики регионов России [1].

Объект исследований

На месторождениях подсчитанные запасы утверждаются по категориям А, В, С₁, С₂ (табл. 1). Чем выше категория за-

пасов, тем выше качество и полнота выполненных геологоразведочных работ. Разведанными считаются месторождения с утвержденными запасами по категориям А, В, С₁, а запасы по категории С₂ считаются оцененными. Разница между оцененными и разведанными запасами состоит в том, что разведанные запасы подготовлены к освоению с высокой степенью достоверности, а запасы по категории С₂ оценены для дальнейшего, более полного изучения, либо для разработки с высокими рисками.

Запасы категорий А, В и С₁ в практике геологоразведочных работ называются промышленными, запасы категории С₂ — геологическими. Эти названия отражают прежде всего назначение запасов соответствующих категорий. На базе промышленных запасов производится вложение средств в проектирование и строительство горных предприятий. На основе запасов категории С₂ можно лишь решить вопрос о целесообразности или нецелесообразности дальнейших геологоразведочных работ.

Утвержденные запасы не говорят о том, какое количество полезного ископаемого находится в недрах. Запасы — это лишь плановые показатели, а фактические становятся известны только по итогам отработки. В зависимости от катего-

Таблица 1 / Table 1

Краткое описание категорий запасов /
Brief description of reserves categories.

Категория / Category	Характер изученности и достоверности запасов / Degree of knowledge and reliability of reserves
A	Запасы действительные, всесторонне и полно изученные / Proven reserves, comprehensively and fully studied
B	Запасы вероятные, изученные до степени, обеспечивающей решение вопросов их промышленного использования / Probable reserves, studied enough to resolve the issues of industrial use
C ₁	Запасы возможные, но предполагаемые с высокой степенью достоверности, слабо изученные в качественном отношении / Possible reserves, expected with a high degree of certainty, poorly studied in qualitative terms
C ₂	Запасы возможные, весьма приблизительно определенные количественно и не изученные качественно / Possible reserves, very approximately quantified and not studied qualitatively

рии подсчитанных запасов можно предполагать о достоверность плановых показателей добычи, а также возможную погрешность подсчитанных запасов, влияющую на отход полезного ископаемого.

Отход — это отношение количества фактически добытого полезного ископаемого к разведанному. Переотход — количество добытого полезного ископаемого выше разведанного, коэффициент отхода выше 1; неотход — количество добытого полезного ископаемого ниже разведанного, коэффициент отхода от 0 до 1. О полном отходе говорить не приходится, так как это практически нереально.

Следует отметить, что в советское время запасы по категории C₂ не допускались в разработку. После распада СССР месторождения начали разрабатывать частные компании с собственным капиталом, тогда и было разрешено вести разработку на таких месторождениях на условиях предпринимательского риска. Риск действительно остался только предпринимательский. Даже при очень значительном неотходе, риски несет только предприниматель [10].

В последнее время все чаще говорится о неотходе подсчитанных запасов. Связано это, в первую очередь, с качеством разведки, выполненной в 80-е и 90-е годы прошлого века, вне зависимости от категории подсчитанных запасов. Дело в том, что в эти годы, геологоразведочным партиям платили не за объем выполненных работ, а за количество разведанных запасов. Это привело к тому, что запасы просто искусственно завышали. Чаще всего неотход связан при разработке месторождений с запасами, подсчитанными по категории C₂.

Чтобы минимизировать свои затраты и повышать экономическую эффективность своего производства, предпринимателям и инвесторам необходимо было представлять данные о возможной погрешности подсчитанных запасов в зависимости от категории.

Методика исследований

Расхождение между действительными и подсчитанными запасами полезного ископаемого в недрах обуславливается, в первую очередь, степенью геологической изученности месторождения и категорией утвержденных запасов [11, 12].

Также всегда присутствуют погрешности, неизбежные при выполнении разведочных работ. Как правило, такие погрешности связаны с применяемыми методиками проведения работ, используемыми измерительными приборами

и техникой, участвующей в разведке, а также с квалификацией специалистов. Погрешности подразделяются на две группы: неизбежные технические погрешности и методические [13–15].

Технические погрешности делятся на случайные и систематические; они происходят при замере расстояний, мощностей и площадей, при проведении опробования.

Методические погрешности делятся на геологические и, так называемые, погрешности аналогий. Наиболее существенную роль играют геологические погрешности. Они в большей степени вызваны ошибками в расшифровке геологического строения месторождения. Погрешности аналогий обусловлены применением интерполяционных и экстраполяционных методов определения закономерностей изменений форм и свойств месторождения между разведочными выработками.

К сожалению, имеет место и преднамеренное искусственное завышение запасов. И если в случае низкой степени изученности и высокой погрешности разведочных работ наряду с неотходом возможен переотход, то в случае преднамеренного завышения запасов, золотодобытчики сталкиваются только с неотходом [16, 17].

При оценке погрешности подсчета запасов россыпных месторождений в Советское время склонялись к мнению В.М. Кретеера. исходя из опыта разведочных работ, на основании сравнения данных разведки с результатами проектирования и эксплуатации, им были определены величины допустимой погрешности определения запасов для различных категорий в следующих размерах [13, 18]: для категории А — 15–20 %; для категории В — 20–30 %; для категории C₁ — 30–60 %; для категории C₂ — 60–90%.

Согласно [19], погрешность разведанных запасов усугубляют обычно сравнением результатов разведки и эксплуатации. В частности, по россыпям Северо-востока на основе сравнительного анализа была сделана оценка достоверности буровой разведки россыпей по блокам разработки и рекомендованы оптимальные разведочные сети, обеспечивающие наиболее приемлемые погрешности запасов в блоках. Поскольку рекомендованные в указанных работах разведочные сети в основном соответствуют фактически применяемым при детальной разведке, принимаем погрешности запасов в блоке: для категории C₁ — 45 %; для категории В — 25 %.

Авторами [18, 19] ничего не было сказано о категориях А и C₂. В Советском Союзе месторождения с запасами категории C₂ не допускались в разработку, а разведка по категории А считалась, как и в настоящее время, экономически нецелесообразной. В этом случае можно считать, что погрешность для категории А составляет менее 25 %, для категории C₂ — более 45 %.

Комитет по международным стандартам отчетности по запасам полезных ископаемых (CRIRSCO) разработал и опубликовал в 2006 году международный шаблон отчетности по результатам геологоразведочных работ, минеральным ресурсам и запасам (CRIRSCO Template) [20], согласно которому предлагается следующая оценка погрешности при подсчете запасов: для категории А — 5–10 %; для категории В — 10–15 %; для категории C₁ — 15–25 %; для категории C₂ — 25–50 %.

Как можно видеть, все три источника имеют значительные расхождения, вследствие чего крайне сложно выявить

общие границы возможной погрешности. Более того, по мнению авторов, применение данных комитета Cirsco и данных В.М. Крейтера неуместны для России и в наши дни, т.к. до сих пор не удается в полной мере сопоставить нашу ГКЗ с кодексами отчетности, входящими в семейство Cirsco, а данные Крейтера являются уже устаревшими, так как им более 60 лет.

Таким образом, предлагается установить следующие вероятностные границы возможной погрешности при подсчете запасов (рис. 1): для категории А – 10-15 %; для категории В – 15-25 %; для категории С₁ – 25-45 %; для категории С₂ – 45-70 %.

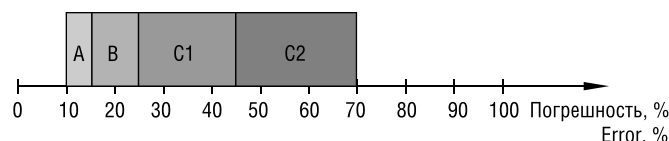


Рис. 1. Диапазон погрешности при подсчете запасов /
Fig. 1. Error range of reserves calculating.

С целью определения реальных погрешностей при подсчете запасов авторами проанализированы данные о запасах и объемах добычи золота ряда месторождений Хабаровского края (табл. 2). Предложенные вероятные границы погрешности согласуются с представленными примерами. Хочется отметить, что в предложенные границы погрешности попало бы гораздо больше участков, если бы не человеческий фактор, обусловленный преднамеренной или случайной ошибкой.

Заключение

Полнота и качество извлечения запасов полезного ископаемого зависят не только от технологических факторов, но и от достоверности подсчета запасов при разведке, что в свою очередь приводит к вовлечению в эксплуатацию месторождений с низкими качественными характеристиками.

В целом, когда разведка и подсчет запасов проводятся без отклонений от методики, то на погрешность запасов влияют

Таблица 2 / Table 2
Количество разведанного и добытого золота на россыпных месторождениях / The amount of explored and extracted gold in placer deposits.

Месторождение / Placer deposit	Категория запасов / Category of reserves	Подсчитанные запасы в отработанном контуре, кг / Calculated reserves in exploited zone, kg	Погашено с учетом потерь, кг / Extracted with losses, kg	Погрешность, % + - переотход, % - - неотход / Error, % + - more than calculated - - less than calculated
«Болотистый» / Bolotistyy	C ₁	810	1013,7	+ 25
«Бешеная» / Beshenaya	C ₁	150	82,6	- 45
«Пони Большие-Тудур» / Poni Bol'shiye-Tudur	C ₁	15,6	7,4	- 53
«Уенга-Дмитриевский» / Uyenga-Dmitriyevskiy	C ₁	282	197	- 31
«Болотный» / Bolotnyy	C ₁	73,8	40,6	- 45
«Нижний Моксин» / Nizhniy Moksin	C ₁	113,3	63,3	- 44
«Пони Большие» / Poni Bol'shiye	C ₁	254	201	- 21

только технические и методические погрешности. В таком случае, предложенные границы соответствуют фактическим показателям.

Полученные границы вероятной погрешности запасов позволят компаниям и инвесторам точнее оценивать свои риски при выборе участков для разработки, что благоприятно скажется на инвестиционной обстановке. ■

ЛИТЕРАТУРА

- Мирзеханов Г.С., Мирзеханова З.Г. Прогнозная оценка ресурсного потенциала гале-эфельных отвалов россыпных месторождений золота Дальнего Востока России // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2020. № 2. С. 111-120. DOI: 10.15372/FTPRP120200213.
- Mirzekhanov G., Mirzekhanova Z. From Placer Deposits to Technogenic Mineral Formations: Resource and Historical Perspective (a Study of Amur Region) // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 192. P. 01033. DOI: 10.1051/e3sconf/202019201032.
- Иванов А.И., Алексеев Я.В., Черных А.И. и др. Российские золоторудные месторождения – аспекты открытия // Отечественная геология. 2022. № 3. С. 3-21. DOI: 10.47765/0869-7175-2022-10012.
- Алексеев В.С. Обоснование рациональной технологии формирования продуктивной зоны при открытой разработке техногенных россыпей Приамурья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Хабаровск, 2012. – 22 с.
- Litvitsev V., Alexeev V., Kradenykh I. The technology of development of residue objects of precious metals placer deposits // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 56. DOI: 10.1051/e3sconf/20185601005.
- Мамаев Ю.А., Литвинцев В.С., Алексеев В.С. Закономерности процесса формирования техногенных россыпей благородных металлов в современных условиях // Горный журнал. Известия ВУЗов. 2011. №8. С.135-145.
- Литвинцев В.С., Алексеев В.С., Краденых И.А. Ресурсный потенциал техногенных золотороссыпных месторождений и стратегия их масштабного освоения // Маркшейдерия и недропользование. 2017. № 5. С. 21-29.
- Иванов А.И., Черных А.И., Вартанян С.С. Состояние, перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации // Отечественная геология. 2018. № 1. С. 18-28.
- Шило Н.А. Учение о россыпях. Изд. 2-ое, перераб. и доп. Владивосток: Дальнаука, 2002. 576 с.

10. Крюков В.А., Миляев Д.В. К вопросу о степени участия государства в геолого-разведочном процессе // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2009. № 5. С. 30-36.
11. Забайкин Ю.В., Шендеров В.И., Чистихин Д.Д., Якунин М.А. Риски оценки минерально-сырьевых ресурсов (аналитический обзор) // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт. 2017. № 7. С. 105-113.
12. Худько Е.В. Снижение риска неподтверждения запасов по предприятиям компании «Лензолото» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 5. С. 296-298.
13. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых / В. М. Крейтер. - М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по геологии и охране недр, 1961. 389 с.
14. Букринский В.А. Геометризация недр. Практический курс. - М.: Изд-во МГГУ, 2004. - 333 с.
15. Кудряшов П.И., Кузьмин В.И. Геометризация и учет запасов месторождений полезных ископаемых. - М.: Недра, 1981. - 276 с.
16. Depalma A. Bre-X: From Rags to Riches, Back to Rags // The New York Times, 1997. URL: <http://www.nytimes.com/1997/05/06/business/bre-x-from-rags-to-riches-back-to-rags.html> (дата обращения: 21.11.2022).
17. Кокушев В.И. Череда неподтверждения запасов — случайность или закономерность? // Золотодобыча. 2015. № 196. С. 16-19.
18. Крейтер В.М. Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых. Т. 1. М.: Недра, 1968. 430 с.
19. Методика разведки россыпей золота и платиноидов / [Будилин Ю. С., Вашко Н. А., Джобадзе В. А. и др.; Под ред. И. Б. Флерова, В. И. Куторгина]; Центр. н.-и. геол.-развед. ин-т цв. и благород. металлов, НТК «Геоэксперт». - М.: ЦНИГРИ : НТК «Геоэксперт», 1992. - 286 с.
20. International reporting template for the public reporting of exploration results, mineral resources and mineral reserves. Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO), 2006. 33 p.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mirzekhanov G., Mirzekhanova Z. Forward Appraisal of Potential Gold Content of Dredge and Sluice Tailings Dumps at Placers in Russia's Far East // Journal of Mining Science. 2020. Vol. 56, no 2. P. 259-267. DOI: 10.15372/FTPRPI20200213.
2. Mirzekhanov G., Mirzekhanova Z. From Placer Deposits to Technogenic Mineral Formations: Resource and Historical Perspective (a Study of Amur Region) // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 192. P. 01033. DOI: 10.1051/e3sconf/202019201032.
3. Ivanov A.I., Alekseev Ya. V., Chernykh A.I. and all. Russian Gold Ore Deposits: Aspects of The Discovery // National Geology. 2022. Vol. 3. P. 3-21. DOI: 10.47765/0869-7175-2022-10012.
4. Alekseev V. S. Substantiation of rational technology for the formation of a productive zone in the open development of technogenic placers of the Amur region: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Engineering Sciences. Khabarovsk, 2012. 22 p.
5. Litvitsev V., Alexeev V., Kradenykh I. The technology of development of residue objects of precious metals placer deposits // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 56. DOI: 10.1051/e3sconf/20185601005.
6. Mamaev Yu.A., Litvitsev V.S., Alekseev V.S. Regularities of noble metals alluvial deposits formation in modern conditions // Mining journal. News of the higher institutions. 2011. Vol. 8. P. 135-145.
7. Litvitsev V.S., Alexeev V.S., Kradenykh I.A., Usikov V.I. Resource Potential of Technogenic Gold Deposits and Strategy of Their Wide Development // Mine Surveying and Subsurface Use. 2017. Vol. 5. P. 21-29.
8. Ivanov A.I., Chernykh A.I., Vartanyan S.S. Gold Mineral Base Status and Development Prospects in the Russian Federation // National Geology. 2018. Vol. 1. P. 18-28.
9. Shilo N.A. Teaching on placers Deposits. 2nd ed., recasted and supplemented. Vladivostok: Dalnauka, 2002. 576 p.
10. Kryukov V.A., Milyayev D.V. Concerning the Level of State Participation in Geological Exploration // Mineral resources of Russia. Economics and Management. 2009. Vol. 5. P. 30-36.
11. Zabaikin Yu.V., Shenderov V.I., Chistikhin D.D., Yakunin M.A. Risks of valuation of mineral resources (analytical review) // Actual Problems and Prospects of Economic Development: Russian And Foreign Experience: Russian and foreign experience. 2017. Vol. 7. P. 105-113
12. Khudko E.V. Reducing the risk of non-confirmation of reserves at the enterprises of the company "Lenzoloto" // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2005. Vol. 5. P. 296-298.
13. Kreyter V.M. Prospecting and exploration of mineral deposits / V. M. Kreyter. Moscow: State Scientific and Technical Publishing House of Literature on Geology and Subsoil Protection. 1961. 389 p.
14. Bukrinsky V.A. Subsoil geometrization. Practical course. Moscow: Publishing House of Moscow State Mining University. 2004. 333 p.
15. Kudryashov P.I., Kuzmin V.I. Geometrization and accounting of reserves of mineral deposits. Moscow: Nedra. 1981. 276 p.
16. Depalma A. Bre-X: From Rags to Riches, Back to Rags // The New York Times, 1997. URL: <http://www.nytimes.com/1997/05/06/business/bre-x-from-rags-to-riches-back-to-rags.html> (дата обращения: 21.11.2022).
17. Kokushev V.I. A series of non-confirmation of reserves - an accident or a pattern? // Gold mining. 2015. Vol. 196. P. 16-19.
18. Kreyter V.M. Theoretical foundations of prospecting and exploration of solid minerals. Moscow: Nedra. 1968. 430 p.
19. Technique of prospecting placers of gold and platinoids / [Budilin Yu. S., Vashko N. A., Jobadze V. A. et al.; Ed. I. B. Flerova, V. I. Kutorgin]. 1992. 286 p.
20. International reporting template for the public reporting of exploration results, mineral resources and mineral reserves. Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO), 2006. 33 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Степаненко Дмитрий Витальевич:
аспирант,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Хабаровский Федеральный
исследовательский центр Дальневосточного
отделения Российской академии наук,
г. Хабаровск, Россия,
e-mail: step_17.95@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Stepanenko Dmitry Vitalievich:
graduate student,
Federal State Budgetary Institution of Science
Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern
Branch of the Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, Russia,
e-mail: step_17.95@mail.ru



Алексеев Владимир Сергеевич
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Хабаровский Федеральный
исследовательский центр Дальневосточного
отделения Российской академии наук обособленное
подразделение Институт горного дела
Дальневосточного отделения Российской академии
наук,
г. Хабаровск, Россия,
e-mail: alekseev.igd.khv@mail.ru

Alekseev Vladimir Sergeevich:
candidate of technical science,
leading researcher,
Federal State Budgetary Institution of Science Mining
Institute of the Far Eastern Branch of the Russian
Academy of Sciences,
Khabarovsk, Russia,
e-mail: alekseev.igd.khv@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

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



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет Инженерная академия специальность **Геология**

Целью обучения является подготовка квалифицированных специалистов в области геологии, способных разрабатывать инновационные методы решения производственных задач в области поиска и разведки месторождений нефти, газа и твердых полезных ископаемых.

Во время обучения студенты получают знания, формируют навыки и умения в области анализа современного состояния и актуальных проблем геологической науки, поиска и изучения геологической, геофизической, геохимической информации и космических снимков, применения методов комплексных геолого-геофизических исследований, создания трехмерных геологических моделей, приобретают опыт самостоятельной научно-исследовательской, прикладной и педагогической работы. Задачи обучения направлены на привитие навыков ориентирования в аналоговых и цифровых геологических данных, формирование представлений о назначении инновационных методов геолого-геофизических исследований и обработки информации, развитие навыков применения инновационных методов прогноза месторождений полезных ископаемых и ориентирования в специализированных программах при эффективном использовании их возможностей.

Контакты: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. Приемная комиссия (Граждане РФ) +7 (495) 433-95-88, +7 (495) 787-38-27 доп.: 1214. E-mail: priem@rudn.ru. КОНТАКТ-ЦЕНТР: +7 (499) 936-87-87. E-mail: information@rudn.ru



WWW.N-GN.RU