

ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ УРОВНЯ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПЕЙ

Рославцева Ю.Г., Тальгамер Б.Л., Снетков В.И., Мешков И.А.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия

Ключевые слова: россыпи, запасы, добыча полезных ископаемых, открытые горные работы, проектирование, отклонение уровня добычи.

Аннотация. За последние десятилетия качество геологического изучения россыпных месторождений снизилось, поэтому при их разработке все чаще имеют место значительные отступления от установленного проектом уровня добычи. В связи с этим в проектную документацию вносятся неоднократные изменения. Вместе с тем нормативно-технической документацией допускается в проектах на разработку месторождений устанавливать некоторое допустимое отклонение от запланированного уровня добычи. При этом величина отклонения должна быть обоснована. Из всех причин фактического отклонения от установленного проектом уровня добычи, наиболее прогнозируемой является зависимость величины возможного отклонения от степени изменчивости параметров месторождения и объемов разрабатываемых блоков. Допустимое отклонение уровня добычи предлагается устанавливать через ошибки аналогии, за меру ошибки аналогии показателей рекомендуется принимать среднеквадратичную величину случайной изменчивости, для определения которой используется метод последовательных разностей. Данная методика была апробирована на нескольких россыпях, с установлением допустимых отклонений в пределах 20-35% для песков и 30-45% для торфов, что в целом соответствует опыту работы горных предприятий при разработке анализируемых россыпей.

JUSTIFICATION OF ALLOWABLE DEVIATIONS IN THE LEVEL OF MINING OF MINERAL RESOURCES IN THE DEVELOPMENT OF PLACERS

Roslavtseva Yu.G., Talgamer B.L., Snetkov V.I., Meshkov I.A.

Irkutsk National Research Technical University, Russia

Keywords: placers, reserves, mining, open pit mining, design, production rate deviation.

Abstract. Over the past decades, the quality of geological studies of placer deposits has declined, so their development increasingly involves significant deviations from the project-established production level. In this regard, repeated changes are made to the design documentation. At the same time, regulatory and technical documentation allows for some permissible deviation from the planned production level in field development projects. In this case, the deviation value must be justified. Of all the reasons for the actual deviation from the project-established production level, the most predictable is the dependence of the value of the possible deviation on the degree of variability of the field parameters and the volumes of the developed blocks. It is proposed to establish the permissible deviation of the production level through analogy errors; it is recommended to take the root-mean-square value of random variability as a measure of the analogy error of indicators, for the determination of which the method of successive differences is used. This method was tested on several placers, with the establishment of permissible deviations within 20-35% for sands and 30-45% for peat, which generally corresponds to the experience of mining enterprises in the development of the analyzed placers.

Введение

При добыче полезных ископаемых сложно не выходить за рамки установленных объемов выемки горной массы, указанных в лицензии на право пользования недрами или определенных проектом разработки. Сказывается спрос на сырье, сезонность горных работ, технологические особенности отработки и др.

Изменение объемов добычи обосновывается в годовом плане развития горных работ. Пунктом 8.8 Приказа Ростехнадзора от 29 сентября 2017 года № 401 «Об утверждении Требований к планам и схемам развития горных работ в части подготовки, содержания и оформления графической части и пояснительной записки с табличными материалами по видам полезных ископаемых, графику рассмотрения планов и схем развития горных работ, решению о согласовании либо отказе в согласовании планов и схем развития горных работ,

форме заявления пользователя недр о согласовании планов и схем развития горных работ» установлено: планы должны обеспечивать показатели уровня (объёма) добычи полезных ископаемых с допустимыми отклонениями при обеспечении требований безопасного недропользования, объёмов потерь при их переработке (подготовке), учёт извлекаемых и оставляемых в недрах запасов полезных ископаемых.

Пунктом 34 данного приказа установлено, что в случаях отклонения от установленных лицензией на пользование недрами, проектной документацией и (или) нормативными правовыми актами уровней добычи полезных ископаемых, корректировки технических и технологических решений, параметров и показателей горных разработок, решений по составу технологического оборудования, технических устройств пояснительная записка планов (схем) должна включать сведения о причинах таких отклонений и соответствующее обоснование соблюдения условий безопасного недропользования на предстоящий период.

Таким образом, в плане развития можно обосновать изменение уровня добычи полезных ископаемых, установленных лицензией и проектной документацией. При этом уровень отклонений добычи не регламентирован действующими федеральными нормативными документами, а рекомендаций по обоснованию допустимых отклонений уровня добычи и каких-либо методик расчета величины этих отклонений в настоящее время нет.

В связи с этим была изучена возможность обоснование допустимых отклонений уровня добычи полезных ископаемых применительно к разработке россыпных месторождений.

Материалы и методы исследований

В некоторых областях существует порядок пользования участками недр местного значения, например, на территории Республики Татарстан, утвержденный 04.11.2011 г. №917, который устанавливает величину предельного отклонения без внесения изменений в согласованный технический проект и условия пользования, при годовой добыче общераспространенных полезных ископаемых:

- до 50 тыс. м³ в размере 30%;
- от 50 тыс. м³ и выше в размере 20%.

Есть мнение специалистов Горного департамента АО «Центральный НИИ металлургии и материалов», что величина допустимых отклонений по добыче полезного ископаемого без внесения изменений в утвержденный технический проект и условия пользования недрами, зависит от необходимости изменения класса опасности производственного объекта, установленного Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ, а именно:

II класс опасности – для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет 1 миллион кубических метров в год и более;

III класс опасности – для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет от 100 тысяч до 1 миллиона кубических метров в год;

IV класс опасности – для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет менее чем 100 тысяч кубических метров в год.

Если при изменении объема добычи меняется класс опасности объекта, то требуется корректировка проектной документации, если не изменяется, то изменение объемов полезного ископаемого обосновывается в годовом плане развития горных работ в рамках величины допустимых отклонений (возможное изменение объемов при добыче от 0 до 100 тыс. м³, от 100 тыс. м³ до 1,0 млн м³, от 1,0 млн м³ и выше).

Определением погрешности подсчета запасов в отдельных геологических блоках в СССР занимался В.М. Крейтер [1] и по его исследованиям погрешность подсчета запасов по категориям: А составляет 15÷20%, В – 20÷30%, С₁ – 30÷60%, С₂ – 60÷90%.

С целью разработки методики применительно к условиям эксплуатации россыпных месторождений было выполнено сопоставление проектных и фактических показателей работы горных предприятий за последнюю четверть века на 172 объектах россыпной

золотодобычи (участках недр) преимущественно в Иркутской области. Все рассматриваемые объекты (участки недр) разрабатывались открытым способом 41 предприятием с производственной мощностью по добыче полезного ископаемого от 10 до 800 тыс.м³/год.

По результатам анализа было установлено, что за последние 20 лет величина запасов на вновь вводимых в эксплуатацию объектах постепенно снижается, как и срок их отработки (рис. 1).

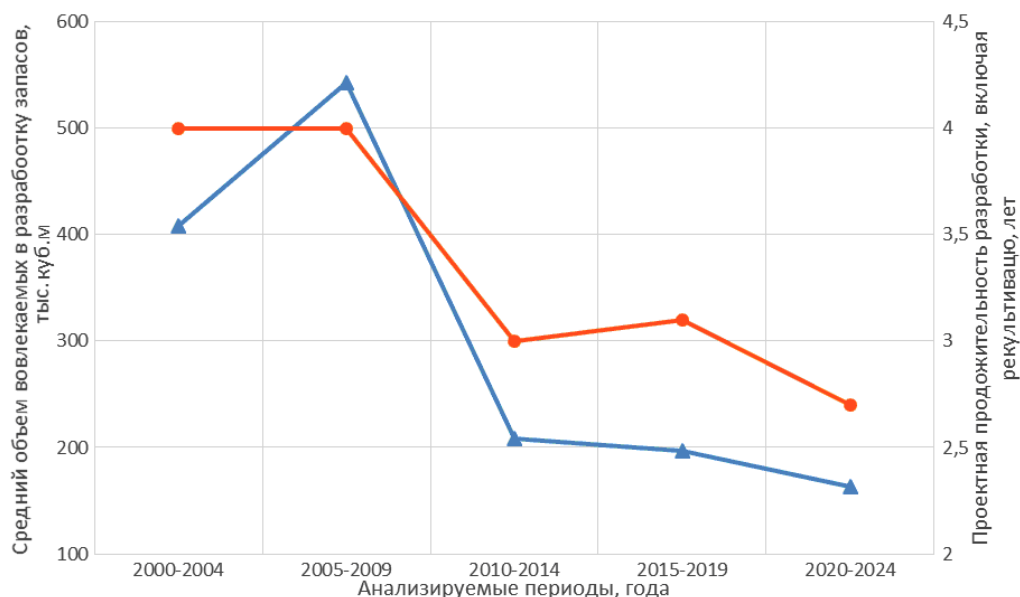


Рис.1. Динамика объемов вовлекаемых в эксплуатацию запасов (—▲—) и продолжительности их разработки (—●—) для условий освоения россыпей Восточной Сибири за последнюю четверть века

Сокращение сроков освоения запасов позволяет более точно прогнозировать показатели их ежегодной добычи. Однако, как показало сопоставление проектных и фактических данных за анализируемый период, этого не происходит. За этот период значительно увеличилось количество дополнений, изменений, корректировок проектной документации (рис. 2), выполненных в связи с отступлением фактического уровня добычи полезного ископаемого от календарного плана.

Внесение изменений в проектную документацию чаще объясняется невыполнением установленных проектом показателей, в первую очередь годовой производительности объектов. В среднем продолжительность освоения анализируемых участков недр увеличивается в 1,3-1,5 раза по сравнению с первоначально запланированной. При этом разница проектных и фактических показателей за последние годы растет (рис. 3).

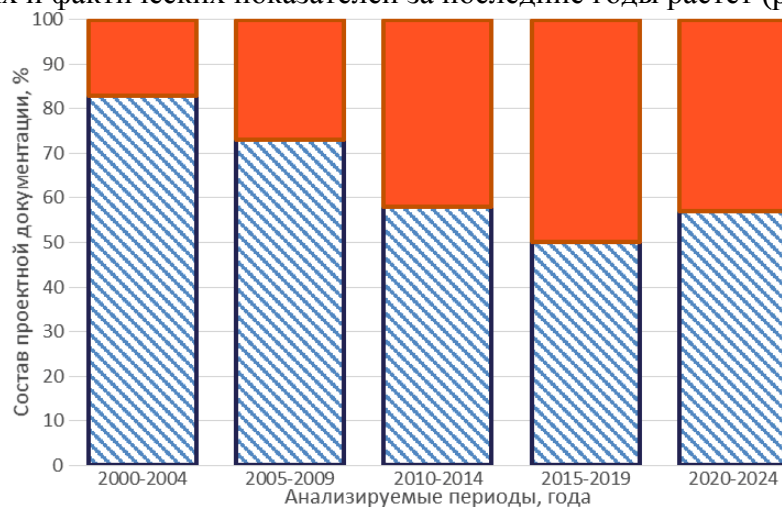


Рис. 2. Структура проектной документации на разработку россыпей Восточной Сибири за последние 25 лет: ■ — новые технические проекты; ■ — изменения проектной документации, в т.ч. дополнения, коррективы, техническое перевооружение

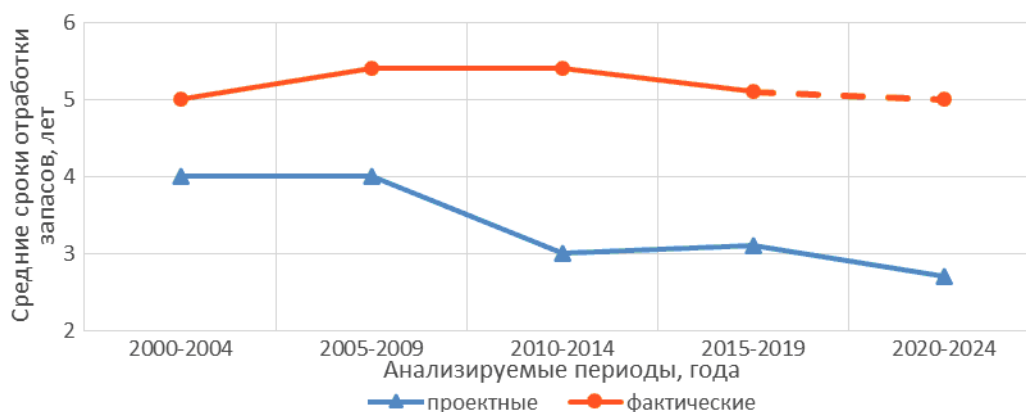


Рис. 3. Динамика сроков отработки запасов россыпей по проектам и фактически

Причин отставания фактической добычи от проектной достаточно много. Основные из них следующие:

- природно-геологические (в т.ч. усложнение горнотехнических условий залегания запасов [2, 3], снижение качества геологического изучения недр [4, 5], увеличение доли техногенных образований [6-8], ухудшение промывистости и обогатимости песков [9];
- финансово-экономические (в т.ч. изменение цены на золото, повышение стоимости оборудования и топлива, сложность реализации продукции, инфляция);
- социально-политические (в т.ч. пандемия, СВО, переход на вахтовый метод работ и сокращение численности местного населения в районах горных работ, уменьшение притока рабочей силы из-за рубежа, снижение уровня профессиональной подготовки работающих, нехватка горных инженеров);
- климатические (в т.ч. засухи с недостатком воды для водоснабжения горных работ; наводнения с размывом автодорог, гидротехнических сооружений, затоплением выработок; сокращение продолжительности промывочного сезона из-за низких температур весной или осенью);
- экологические (в т.ч. невозможность водоотведения, превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и предельно допустимого сброса сточных вод);
- организационно-производственные (в т.ч. необходимость доразведки россыпи, пересчета запасов, получения дополнительных лицензий; неподготовленность запасов и оборудования).

Выделить из перечисленных причин основные не представляется возможным, так как в большинстве случаев источников снижения уровня добычи может быть больше одного. Прогнозировать возможность появления указанных причин довольно сложно, так как все они зависят от очень большого количества факторов. При проектировании горных работ в той или иной степени прогнозируется изменение климатических факторов, с обоснованием вероятности превышения расчетных расходов воды в естественных водотоках и количества простоев оборудования из-за низких температур. Для этих случаев имеется соответствующая нормативно-техническая документация и методические указания.

Многолетняя практика ведения добычных работ подтверждает доминирующее влияние природно-геологических факторов на отклонение фактических показателей добычи от проектных. Наиболее изменчивым показателем месторождения является содержание полезного компонента, производными которого являются такие параметры как мощность тел, ширина и протяженность россыпи. Очевидно, что чем больше изменчивость параметров россыпи (ширины промышленного контура, мощности торфов и песков, количества пропластков, продольных и поперечных уклонов поверхности и плотика), тем выше вероятность отступлений от проектных показателей при выемке и переработке запасов. Чтобы каким-либо образом учесть изменения горнотехнических условий залегания запасов, необходима более детальная их разведка, то есть повышение степени изученности

месторождения. Чем выше степень геологической изученности россыпи, тем с большей точностью можно устанавливать показатели работы горнотранспортного оборудования, однако этот подход имеет свои ограничения по чисто экономическим причинам. Кроме того, в связи с сокращением государственного финансирования геологоразведочных работ [5, 10] качество изучения запасов на россыпных месторождениях постепенно снижается (рис.4), одновременно растет доля забалансовых запасов, что влечет ухудшение технико-экономических показателей разработки россыпей.



Рис. 4. Структура запасов россыпей, вовлекаемых в эксплуатацию

Таким образом, прогнозировать величину допустимых отклонений уровня добычи полезных ископаемых следует с учетом геологической изученности месторождения и изменчивости (вариативности) параметров россыпи.

Обоснование допустимых отклонений уровня добычи

Согласно [11] на отклонение объемов добычных и вскрышных работ от плановых значений будет влиять два рода ошибок: технические и аналогии. Однако, как показал опыт, технические ошибки весьма малы и характеризуются постоянством (обычно они в 5-20 раз меньше ошибок аналогии), поэтому ими можно пренебречь, а за ошибки определения размеров любого показателя принимать соответствующие ошибки аналогии.

За меру ошибки аналогии показателей следует принимать среднеквадратическую величину случайной изменчивости, для определения которой можно использовать метод последовательных разностей [11]. Основное условие применения данного метода – данные должны представлять временной, желательно, равноинтервальный ряд. В противном случае для оценки погрешности среднего значения следует использовать обычное среднее квадратическое отклонение по выборке.

Сущность его состоит в следующем: при независимых значениях показателя – Y для выявления случайной погрешности его определения можно использовать ряд средних квадратичных величин $\delta_i(Y)$:

$$\delta_1(Y) = \pm \sqrt{\frac{\sum(\Delta^I)^2}{2n}}; \quad \delta_2(Y) = \pm \sqrt{\frac{\sum(\Delta^{II})^2}{6n}}; \quad \delta_k(Y) = \pm \sqrt{\frac{\sum(\Delta^k)^2}{C_{2k}^k n}},$$

где $\delta_1(Y)$, $\delta_2(Y)$, $\delta_k(Y)$ – стандарт случайной изменчивости (среднее квадратическое отклонение фактических данных от линии закономерного изменения) соответственно по первым, вторым и k -м разностям; $\sum(\Delta^I)^2$, $\sum(\Delta^{II})^2$, $\sum(\Delta^k)^2$ – сумма квадратов последовательных разностей между основными значениями показателя; n – число последовательных разностей; $C_{2k}^k = (2k)! / (k!)^2$ – биномиальные коэффициенты.

При случайном (стационарном) характере изменения показателя (Y) значения $\delta_i(Y)$ близки или равными между собой и по определению равны среднему квадратическому

отклонению по выборке. При наличии закономерной изменчивости показателя они до некоторого определенного порядка разностей образуют убывающий ряд. Из сравнения значений $\delta_i(Y)$ можно установить порядок разностей, при котором значения уже не обнаруживают тенденции к убыванию. Для определения ошибки аналогии любого показателя обычно оказывается достаточным ограничиваться первыми или вторыми разностями [12].

Таким образом, использование ошибки аналогии для определения допустимого отклонения уровня добычи возможно с учетом следующих рекомендаций.

1. Если значения $\delta_i(Y)$ равны между собой, то это означает чисто случайный стационарный процесс. В этом случае для расчетов применяется обычное среднеквадратическое отклонение по выборке (общий стандарт).

2. При наличии закономерной изменчивости стандарты случайной изменчивости по k -м разностям образуют убывающий порядок. Исследователь самостоятельно оценивает, на каком порядке разностей остановиться исходя из значимости их изменения.

3. Последовательные разности рассчитываются до определенного порядка, чтобы убедиться в выделении именно случайной составляющей изменчивости изучаемого показателя.

4. Для определения ошибки аналогии любого показателя обычно оказывается достаточным ограничиваться первыми или вторыми разностями.

При этом относительная погрешность определения объема песков (руды) или вскрышных пород вычисляется по формуле:

$$m_v = \pm \frac{tV_c}{\sqrt{m}} 100,$$

где t – коэффициент для разной вероятности; $t = 1, P = 0,68$; $t = 2, P = 0,95$; $t = 3, P = 0,997$; V_c – среднее значение объемов, используемых для определения величины, m^3 :

$$V_c = \delta_c / \bar{X};$$

δ_c – среднеквадратическое отклонение площади сечений от среднего его значения (среднеквадратическое отклонение частных значений показателя от среднего его значения) по первым или чаще вторым разностям; $\bar{X}$ – среднее арифметическое по исследуемому ряду X_i ; m – число данных (число частных значений объемов вскрыши по горизонтам (блокам) работ).

Приведенная выше методика была использована для обоснования отклонений объемов добычных и вскрышных работ при проектировании разработки нескольких россыпных месторождений. Пример расчета допустимого отклонения выполнен для россыпного месторождения с категорией запасов C_2 , разрабатываемого в течение 4-х лет.

Календарный план отработки блоков приведен в таблице 1.

Табл. 1. Календарный план разработки россыпного месторождения

Год	Номер блока, категория запасов	Добыча песков, тыс. m^3	Вскрышные работы, тыс. m^3
			Всего
1	7п-С2	2,37	80,2
	7т-С2	9,22	137,0
	Итого	11,6	217,2
2	8т-С2	11,13	187,6
	9т-С2	7,72	59,6
	Итого	18,85	247,2
3	10т-С2	8,79	39,6
	Итого	8,79	39,6
4	10т-С2	3,22	13,2
	Итого	3,22	13,2
	Всего	42,45	517,19
В среднем		8,49	103,44

Исходя из данных таблицы 1, рассчитывается сумма квадратов первой и второй разностей объемов песков и торфов по блокам, последовательно вовлекаемых в разработку. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Табл. 2. Расчет суммы квадратов первой и второй разностей объемов песков и торфов по блокам

№	Блок	Полезное ископаемое (пески)			Вскрышные породы (торфа)		
		Объем, тыс. м ³	Первая разность	Вторая разность	Объем, тыс. м ³	Первая разность	Вторая разность
1	7П-С2	2,370	-6,850	-4,94	80,200	-56,800	-6,2
2	7Т-С2	9,220	-1,91	-5,32	137,000	-50,6	-178,6
3	8Т-С2	11,130	3,41	4,48	187,600	128	108
4	9Т-С2	7,720	-1,070	-6,64	59,600	20,000	-6,4
5	10Т-С2	8,790	5,570		39,600	26,400	
6	10Т-С2	3,220			13,200		
Итого		42,5			517,2		
Среднее ($\bar{V}$)		7,075			86,200		
Стандартное отклонение по выборке σ		3,504			64,972		

Сумма квадратов последовательных разностей между основными значениями показателей (объемов извлекаемых пород), $\sum(\Delta^n)^2$ составит:

- для песков: 116,866;
- для торфов: 43 641,36.

Стандарт случайной изменчивости (ошибка аналогии):

- для песков $\delta_2 = \pm \sqrt{\frac{116,866}{6 \cdot 4}} = 2,207$;
- для торфов $\delta_2 = \pm \sqrt{\frac{43641,36}{6 \cdot 4}} = 42,642$.

Коэффициент вариации:

- для песков $K_{var} = \frac{\sigma}{\bar{V}} \cdot 100\% = \frac{3,504}{7,075} \cdot 100\% = 49,5\%$;
- для торфов $K_{var} = \frac{\sigma}{\bar{V}} \cdot 100\% = \frac{64,972}{86,200} \cdot 100\% = 75,4\%$.

Коэффициент случайной вариации:

- для песков $m_v = \frac{\delta_2}{\bar{V}} \cdot 100\% = \frac{2,207}{7,075} \cdot 100\% = 31,2\%$;
- для торфов $m_v = \frac{\delta_2}{\bar{V}} \cdot 100\% = \frac{42,642}{86,200} \cdot 100\% = 49,5\%$.

Доля закономерной изменчивости (квадрат корреляционного отношения), определится по формуле:

- для песков $\eta = 1 - \left(\frac{\delta_2}{\sigma} \right)^2 \cdot 100\% = 1 - \left(\frac{2,207}{3,504} \right)^2 \cdot 100\% = 60,3\%$;
- для торфов $\eta = 1 - \left(\frac{\delta_2}{\sigma} \right)^2 \cdot 100\% = 1 - \left(\frac{42,642}{64,972} \right)^2 \cdot 100\% = 56,9\%$.

Допустимое отклонение при вероятности $P = 0,95$:

– для песков $m_v = \pm \frac{t \cdot K_{\text{вар}}}{\sqrt{m}} \cdot 100 = \pm \frac{2 \cdot 31,2}{\sqrt{6}} = 25,5\%$;

– для торфов $m_v = \pm \frac{t \cdot K_{\text{вар}}}{\sqrt{m}} \cdot 100 = \pm \frac{2 \cdot 49,5}{\sqrt{6}} = 40,4\%$.

Результаты расчетов по данной методике показывают, что для данного месторождения с запасами категории C_2 допустимое отклонение составит: 25,5 % для песков и 40,4 % для торфов, что связано с высокой случайной изменчивостью содержаний золота и, как следствие, значительной изменчивостью параметров выемочных блоков.

Полученные значения вполне сопоставляемы с фактическими значениями отклонений при разработке анализируемых россыпей, поэтому описанная методика расчета величины отклонений может быть рекомендована к использованию.

При наличии в изменении показателя (Y) комбинации закономерного и случайного факторов данный метод, как и многие другие, не дает абсолютно точного результата, а только наиболее вероятный и не исключает применение других, более сложных методов.

В качестве альтернативы также можно предложить способ оценки ошибки аналогии с помощью полиномов определенного порядка. На рисунке 5 показано изменение объемов песков по данным таблицы 2.

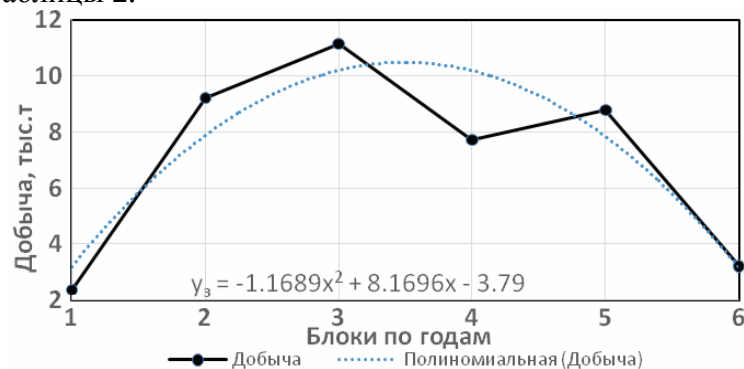


Рис. 5. Изменение добычи по годам

Совершенно очевидно, что на фоне определенного закономерного изменения имеются отклонения. Предварительно можно определить начальный порядок полинома как 2 (количество точек перегиба плюс 1). Уравнение закономерного изменения

$$Y_3 = -1,1689 \cdot x^2 + 8,1696 \cdot x - 3,79.$$

Оценка отклонений фактических данных (Y) от закономерной кривой приведена в таблице 3.

Табл. 3. Расчет случайной изменчивости с использование полиномиальной регрессии

№ блока	Объем, тыс.м ³ (Y)	Закономерная кривая Y_3	Отклонения $Y_3 - Y$	Квадрат отклонений
1	2,37	3,2106	-0,8406	0,70660836
2	9,22	7,8732	1,3468	1,81387024
3	11,13	10,1978	0,9322	0,86899684
4	7,72	10,1844	-2,4644	6,07326736
5	8,79	7,833	0,957	0,915849
6	3,22	3,1436	0,0764	0,00583696
Сумма				10,38443

Стандарт отклонений определится по известной формуле:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_3)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10,38443}{5}} = 1,44.$$

Полученное значение стандарта и будет являться оценкой случайной изменчивости. Дальнейшие расчеты ничем не будут отличаться от вышеприведенных.

Полученный результат отличается от ранее полученного – 2,207. Такое расхождение считается нормальным, поскольку как уже отмечалось, не существует абсолютно точных расчетов ошибки аналогии в силу действия вероятностных причин.

При этом закономерно возникает вопрос: а почему второй порядок полинома, а не третий или четвертый? Данный вопрос решается просто. Необходимо в этом случае произвести расчет полинома третьего порядка и выполнить дисперсионный анализ типа ANOVA [13]. Если проверка по критерию Фишера покажет, что вклад нового члена третьей степени незначителен, то расчеты останавливаются на втором порядке. Если вклад существенный, то порядок полинома увеличивается на единицу и анализ повторяется.

Выводы

1. За последнюю четверть века по отдельным объектам россыпной золотодобычи существенно уменьшилось количество вовлекаемых в эксплуатацию запасов (в 2-3 раза), а также срок их освоения (в среднем на 35%). Одновременно понизилось качество геологического изучения недр с увеличением доли запасов категории С₂.

2. За анализируемый период, несмотря на сокращение сроков разработки россыпей, разница между проектными фактическими показателями добычи полезного ископаемого увеличилась в среднем с 25% до 60-70 %, что обусловлено вовлечением в отработку более низких категорий запасов по изученности и повышением изменчивости горнотехнических условий залегания.

3. Для обоснования допустимых отклонений уровня добычи полезных ископаемых и объемов вскрышных работ за намеченный период разработки на россыпях рекомендуется использовать методики расчета ошибок аналогии, основанных на разностных или иных методах анализа временных рядов.

Список литературы

1. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980. – 336 с.
2. Бураков А.М., Ермаков С.А., Касанов И.С. Особенности горнотехнических условий разработки россыпных месторождений Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – №7. – С. 190-198.
3. Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л. Анализ минерально-сырьевой базы золотодобычи в Ленском золотоносном районе и обоснование направлений развития способов разработки россыпей // Науки о земле и недропользование. – 2022. – Т. 45, №3. – С. 222-234.
4. Чернявский А.Г. О состоянии геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы (твердые полезные ископаемые) // Аналитический вестник. – 2014. – №16(534). – С. 58-79.
5. Лаломов А.В., Владимирцева О.В., Бочнева А.А. Роль россыпных месторождений золота в РФ // Золото и технологии. – 2022. – № 4(58). – С. 36-45.
6. Литвинцев В.С. Проблемы рационального освоения техногенных россыпных месторождений благородных металлов в восточных районах России // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 1. – С. 97-104.
7. Мурзин Н.В., Тальгамер Б.Л. Анализ структуры техногенных россыпей и оценка опыта их разработки // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, №2. – С. 147-153.
8. Макаров А.Б., Талалай А.Г., Гуман О.М., Хасанова Г.Г. Техногенные месторождения и особенности их воздействия на природную окружающую среду // Известия вузов. Горный журнал. – 2022. – №3. – С. 120-129.
9. Мязин В.П., Никоненко Т.В. Технологическая оценка обогатимости и комплексности использования глинистых золотосодержащих песков (на примере россыпей Енисея, Якутии, Забайкалья) // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2019. – Т. 25, № 5. – С. 28-36.
10. Батугина Н.С., Ефимов А.П. Состояние и перспективы развития золотодобывающей промышленности Республики Саха (Якутия) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – №2. – С. 45-50.
11. Типовые методические указания по определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь твердых полезных ископаемых при их добыче, утверждены Госгортехнадзором СССР в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 5 ноября 1970 г. N 899.
12. Попов Е.И. К оценке точности изображения залежи полезного ископаемого по данным разведки // Записки Горного института. – 1959. – Т. 36, №2. – С. 178-189.

13. Дэвис Дж. Статистический анализ данных в геологии. В 2 кн. / Пер. с англ. В.А. Голубевой; под ред. Д.А. Родионова. – М.: Недра, 1990. – Кн. 1, 318 с. – Кн. 2, 426 с.

References

1. Khokhryakov V.S. Design of quarries. – 2nd ed., revised and enlarged. – M.: Nedra, 1980. – 336 p.
2. Burakov A.M., Ermakov S.A., Kasanov I.S. Features of mining and technical conditions for the development of placer deposits in Yakutia // Mining information and analytical bulletin. 2012, no. 7, pp.190-198.
3. Dorosh E.A., Talgamer B.L. Analysis of the mineral resource base of gold mining in the Lensky gold-bearing region and justification of the directions for the development of placer development methods // Earth Sciences and Subsoil Use. 2022, vol. 45, no. 3, pp. 222-234.
4. Chernyavskiy A.G. On the state of geological study of the subsoil and reproduction of the mineral resource base (solid minerals) // Analytical Bulletin. 2014, no. 16(534), pp. 58-79.
5. Lalomov A.V., Vladimirtseva O.V., Bochnova A.A. The role of placer gold deposits in the Russian Federation // Gold and Technology. 2022, no. 4(58), pp. 36-45.
6. Litvintsev V.S. Problems of rational development of technogenic placer deposits of precious metals in the eastern regions of Russia // Physical and technical problems of mineral development. 2015, no. 1, pp. 97-104.
7. Murzin N.V., Talgamer B.L. Analysis of the structure of technogenic placers and assessment of the experience of their development // Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources. 2023, vol. 334, no. 2, pp. 147-153.
8. Makarov A.B., Talalay A.G., Guman O.M., Khasanova G.G. Technogenic deposits and features of their impact on the natural environment // Bulletin of universities. Mining journal. 2022, no. 3, pp. 120-129.
9. Myazin V. P., Nikonenko T. V. Technological assessment of the enrichability and complexity of the use of clayey gold-bearing sands (on the example of placers of Yenisei, Yakutia, Transbaikalia) // Bulletin of the Transbaikal State University. 2019, vol. 25, no. 5, pp. 28-36.
10. Batugina N.S., Efimov A.P. The state and prospects for the development of the gold mining industry of the Republic of Sakha (Yakutia) // Mineral resources of Russia. Economy and management. 2013, no. 2, pp. 45-50.
11. Standard guidelines for the definition, standardization, accounting and economic assessment of losses of solid minerals during their extraction, approved by the USSR Gosgortekhnadzor in accordance with the Resolution of the Council of Ministers of the USSR dated November 5, 1970 N 899.
12. Popov E.I. On the assessment of the accuracy of the image of a mineral deposit based on exploration data // Journal of Mining Institute. 1959, vol. 36, no. 2, pp. 178-189.
13. Davis J. Statistical analysis of data in geology. In 2 books / Trans. from English by V.A. Golubeva; ed. by D.A. Rodionov. – M.: Nedra, 1990. – Book 1, 318p. – Book 2, 426 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Рославцева Юлия Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых	Roslavtseva Yuliya Gennadievna – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of mineral deposits development
Тальгамер Борис Леонидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых	Talgamer Boris Leonidovich – doctor of technical sciences, professor, head of the Department of mineral deposits development
Снетков Вячеслав Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых	Snetkov Vyacheslav Ivanovich – doctor of technical sciences, professor of the Department of mineral deposits development
Мешков Иван Анатольевич – аспирант roslavtseva@mail.ru	Meshkov Ivan Anatolyevich – postgraduate student

Получена 10.02.2025