

УДК 533.068.5

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ МЕЛКИХ И БЕДНЫХ РОССЫПЕЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

**Харитонов М.Ю.<sup>1</sup>, Мацко Н.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт химии и химической технологии СО РАН (ИХХТ СО РАН), к.т.н., н.с., e-mail: [ritau@icct.ru](mailto:ritau@icct.ru)*

<sup>2</sup> *Институт проблем комплексного освоения недр РАН (ИПКОН РАН), д.т.н., в.н.с., e-mail: [info@ipkonran.ru](mailto:info@ipkonran.ru)*

**На основе разработанного авторами метода определения вероятности вовлечения месторождений в разработку установлены ограничения на включение запасов близко расположенных россыпных месторождений в совместную разработку. Приведен пример расчета эффективности совместной разработки россыпей долин реки Удерей.**

Ключевые слова: россыпи, месторождения, совместная разработка.

## **RESEARCH OF CAPABILITY OF INCREASE OF AVAILABILITY OF SMALL AND POOR PLACERS OF KRASNOYARSK REGION**

**Kharitonova M.J.<sup>1</sup>, Matsko N.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Chemistry and Chemical Technology of SB RAS, Russia, e-mail: [ritau@icct.ru](mailto:ritau@icct.ru)*

<sup>2</sup> *Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources (IPKON RAN), Russia, e-mail: [info@ipkonran.ru](mailto:info@ipkonran.ru)*

**On the basis of the method developed by the authors for estimation of probability of involving deposits in development the restrictions on inclusion of mineral reserves of close located placer deposits in joint development are established. Example of efficiency calculations for joint development of placer deposits of river Uderey are given.**

Key words: placer, deposits, joint development.

### **Введение**

В настоящее время основное количество россыпного золота и в Красноярском крае, и в России добывается из мелких россыпей с запасами менее 500 кг. Также большое количество мелких россыпей имеется в резерве. Однако, по предварительным оценкам, разработка их будет находиться или на грани приемлемой рентабельности, или экономически неэффективна. Низкая доступность запасов россыпей края объясняется отчасти тем, что находятся они, как правило, в отдаленных местах, где нет ни дорог, ни электричества. Золотодобывающим предприятиям зачастую приходится строить и поддерживать инфраструктуру, что значительно ухудшает их положение и не позволяет достичь приемлемой рентабельности даже на достаточно богатых месторождениях. В связи с этим целью данной работы было установление возможности повышения доступности мелких и бедных россыпей.

## **Обоснование возможности повышения доступности россыпей при совместном освоении близко расположенных залежей**

В пределах одной речной долины обычно расположен ряд россыпей с различным содержанием, условиями разработки и, следовательно, различными уровнями доступности. Наиболее привлекательные россыпи вовлекаются в разработку в первую очередь и в настоящий момент осваиваются. Существуют также россыпи, эффективность которых выше граничной, однако освоение их не происходит. Существующая система налогообложения и экономический кризис привели к тому, что разрабатываются в основном только самые лучшие, высокорентабельные россыпи. Причиной этому являются отсутствие гибкой системы налогообложения для малых предприятий, несовершенство законодательства по лицензированию недропользования, в части соглашения о разделе продукции, старательской деятельности, неразвитость механизмов привлечения инвестиций: банки, как правило, стремятся предоставить кредиты крупным компаниям. Поэтому мелкие и средние предприятия зачастую не имеют средств для реализации инвестиционных проектов.

Поскольку россыпи отрабатываются обычно быстро и сроки существования бульдозерных и гидравлических разрезов небольшие, совместная разработка близко расположенных россыпей при последовательном их вовлечении в эксплуатацию облегчит обслуживание и позволит сократить общие расходы. При такой организации работ объекты инфраструктуры, такие как топливная база, транспортная структура, ремонтные службы, созданные при освоении одной россыпи, могут быть использованы при освоении других. Так, при последовательной разработке россыпей одного района могут использоваться одни поселки, линии электропередач, ремонтные мастерские, дороги и другие сооружения общего назначения. При совместной разработке россыпей положительное влияние на доступность осуществляется за счет того, что будет уменьшено число мелких предприятий, для которых, как правило, свойственны более низкая производительность труда и более высокая себестоимость добычи. В настоящее время, как показывает практика, россыпи, расположенные в пределах одной речной долины, лицензируются одним добывающим предприятием. Основанием для этого служит именно понимание экономических преимуществ освоения близко расположенных месторождений. Тем более, что, как правило, россыпи одной речной долины являются участками единого крупного месторождения, приуроченного к развитию гидросети, и по своему ранговому положению адекватны коренным месторождениям с большим числом рудных тел. Нередко мелкие объекты представляют собой фрагменты ранее отработанных крупных россыпей [2].

Считая россыпи одной речной долины за одну организационную структуру, необходимо планировать совместную отработку россыпей: как высоко доступных, разрабаты-

ваемых, так и мало доступных, неразрабатываемых. Это положение соответствует утверждениям С.М. Шорохова [5], что при бульдозерно-скреперном способе разработке бульдозеры, скреперы могут быть легко переведены на близлежащие россыпи. Применение экскаваторных способов разработки также позволяет разрабатывать близко расположенные россыпи последовательно. При наличии в районе отдельных небольших россыпей они могут быть разработаны последовательно с перемещением оборудования с одной россыпи на другую по мере отработки каждой из них [3]. Поэтому сроки отработки близко расположенных россыпей могут быть резко сокращены, особенно если можно создать общие жилые поселки для нескольких наиболее близко расположенных россыпей с общими производственно-техническими сооружениями, общим хозяйством и управлением.

### Теоретическая модель

Мы рассмотрели ситуацию, когда это же предприятие, которое ведет разработку базовой россыпи, возьмется за разработку всей долины, с производительностью, большей на коэффициент прироста производительности  $K_Q$ :

$$K_Q = \left( \frac{R_\Sigma}{R_\delta} \right)^{\frac{3}{4}}, \text{ д.е.} \quad (1)$$

где:  $R_\Sigma$  – балансовые запасы россыпей всей долины, т;  $R_\delta$  – балансовые запасы базовой россыпи, т.

При совместной отработке россыпей производственная мощность комплекса должна быть увеличена по сравнению с индивидуальной отработкой, и за счет этого резко сокращены сроки отработки. После отработки россыпи оборудование перемещается на другие объекты. При этом срок отработки всей долины увеличится на коэффициент  $K_T$  по сравнению с базовой россыпью:

$$K_T = \frac{T_\Sigma}{T_\delta} = \sqrt[4]{\frac{R_\Sigma}{R_\delta}}, \text{ д.е.,} \quad (2)$$

где:  $T_\Sigma$  – срок отработки всей долины, лет;  $T_\delta$  – срок отработки базовой россыпи, лет.

Коэффициенты получены из формулы Тейлора, которая в зарубежной практике проектирования является наиболее известным соотношением между величиной запасов полезного ископаемого и сроком их отработки. Она справедлива для месторождений различного масштаба, обеспечивает приемлемые результаты для установления производственной мощности горного предприятия на предварительной стадии оценки месторождения и может быть применима к россыпным месторождениям.

При этом мы исходили из достаточно хорошо изученных закономерностей, установленных академиком М.И. Агошковым, между производственной мощностью предприятия и его эффективностью. В его исследованиях установлено, что с ростом производ-

ственной мощности горного предприятия себестоимость 1 т полезного ископаемого сначала снижается за счет сокращения удельных условно-постоянных расходов, а затем начинает возрастать за счет превышения темпов роста удельных величин амортизационных отчислений над темпами снижения удельных условно-постоянных расходов. Оптимальная экономически целесообразная производственная мощность горного предприятия должна находиться в диапазоне значений, при которых снижение удельных условно-постоянных расходов компенсирует рост удельных амортизационных отчислений [1].

За базовую россыпь следует принимать месторождение, запасы и горнотехнические условия которого обеспечивают возможность эффективного освоения. Из месторождений речной долины эта россыпь или лучшая по содержанию, или с наибольшими запасами. Базовая россыпь, как правило, уже осваивается или будет осваиваться в ближайшее время. Использование в расчетах базового месторождения и применение реальных значений производительности, которые используются в ТЭО или проекте, позволяют учесть существующее положение и закономерности в золотодобыче конкретного региона.

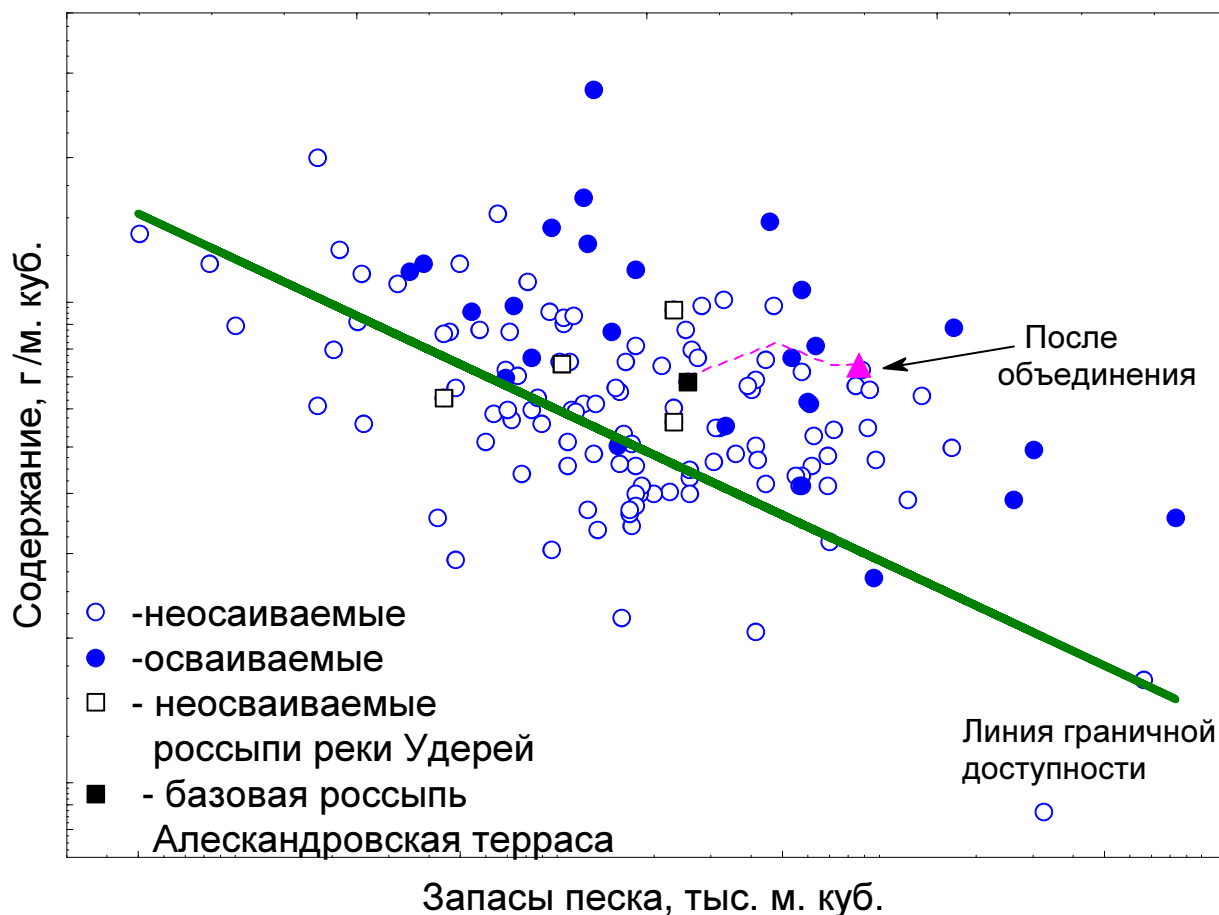
Зачастую при таком объединении происходит ухудшение качества песков. Для того чтобы учесть, как это повлияет на эффективность, выявлена зависимость, отражающая условие неубывания эффективности при ухудшении качества песков. При обосновании зависимости использовался подход, предложенный авторами ранее и подробно изложенный в [4].

Основная суть его сводится к следующему. Информация о запасах руды и среднем содержании полезных компонентов наносится на диаграмму, пример которой приведен на рис. 1. Выделяются разрабатываемые и резервные месторождения. Затем с помощью логит-регрессионных математических моделей определяют для каждого месторождения вероятность их вовлечения в разработку (доступность):

$$P = \frac{\exp(b_0 + b_1 \lg \alpha + b_2 \lg S + b_3 \lg K)}{(1 + \exp(b_0 + b_1 \lg \alpha + b_2 \lg S + b_3 \lg K))}, \quad (3)$$

где  $b_i$  – коэффициенты модели,  $\alpha$  – содержание полезного компонента в руде, д.е.,  $S$  – запасы песка, тыс. м<sup>3</sup>,  $K$  – коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т.

Группа с самой низкой вероятностью освоения, но в которой присутствуют разрабатываемые месторождения, рассматривается как группа замыкающих предприятий в данной совокупности месторождений. На диаграмме группу предприятий с доходностью ниже предельной разделяет линия граничной доступности.



**Рис. 1. Диаграмма «Содержание-запас золотосодержащих россыпей Красноярского края, с выделением россыпей долины р. Удереи, пригодных для совместной отработки»**

Изложенный выше подход был использован для установления ограничения на включение россыпных месторождений в совместную разработку.

Обозначим через  $K_V$  – коэффициент прироста запасов золота:

$$K_V = \frac{V_\Sigma}{V_б},$$

где:  $V_\Sigma$  – запасы золота при объединении россыпей, кг;  $V_б$  – запасы золота базовой россыпи, кг. А через  $K_\alpha$  – коэффициент падения качества песков:

$$K_\alpha = \frac{\alpha_б}{\alpha_\Sigma}$$

где:  $\alpha_\Sigma$  – среднее содержание полезного компонента при объединении, г/т;  $\alpha_б$  – содержание полезного компонента в базовой россыпи, г/т.

Получим формулу, отражающую условие для не убывания эффективности при ухудшении качества песков для общего случая:

$$K_V > K_\alpha^{\frac{b_1}{b_2}-1}, \quad (4)$$

Данное уравнение отражает ограничение на качество песков присоединяемых месторождений. Единственным ограничением применимости формулы (4) является предел корректности регрессионной модели (3). То есть на основании формулы (4) можно делать вывод об эффективности объединения только для объектов, качество которых попадает в интервалы, на которых построена модель.

Таким образом, алгоритм целесообразности включения россыпей в совместную разработку выглядит следующим образом.

1. Выбирается базовая россыпь из тех, которые или уже осваиваются, или принято решение об ее разработке. Как правило, это месторождение или лучшее по качеству, или с наибольшими запасами.

2. Определяется вероятность его освоения и удельные эксплуатационные затраты.

3. Суммируются запасы базовой россыпи и запасы расположенной рядом россыпи, определяется накопленное содержание суммарных запасов.

4. Определяются вероятность освоения и удельные эксплуатационные затраты суммарных запасов, как если бы они представляли одно месторождение, последовательно отрабатываемое участками.

5. Проверяется условие не убывания эффективности (формула 4) и алгоритм повторяется для всех россыпей, включаемых в разработку. Таким образом, выявляются россыпи, пригодные для совместной отработки.

6. Устанавливается производительность и срок разработки суммарных запасов (формулы 1, 2).

### Результаты исследований

С использованием предложенного подхода исследовали доступность россыпей долин рек Б. Пит, Удерей, Тея, Б. Мурожная, с рекомендуемым способом разработки бульдозерно-скреперным. В таблице 1 приведен результат расчета для объединения россыпей реки Удерей.

**Таблица 1 – Показатели, характеризующие совместную отработку недоступных и доступных россыпей речных долин р. Удерей**

Россыпи долины среднего течения	Расчетный	Годовая произ-	Прирост запас-	Удельные эксплуатационные затра-	Рентабельность, д.е.	Доступность, д.е.
---------------------------------	-----------	----------------	----------------	----------------------------------	----------------------	-------------------

реки УдереЙ:	срок отра- ботки	извод- вод- ствен ная мощ- ность	сов ме- талла, %	ты, \$/г					
				Ин- диви- дуаль аль- ные	После объ- еди- нения	Инди диви виду- ду- аль- ная	После объ- еди- нения	Инди- виду- аль- ная	После объ- еди- нения
Алексан- дровская терраса	1,61		0	7,49	7,49	0,38	0,38	0,19	0,19
Р. Бол. Ша- лакон	1,45		125	5,61	5,12	0,66	0,74	0,36	0,42
Р. Шалакон	1,44		197	9,59	5,11	0,16	0,75	0,10	0,43
Кл. Василь- евский	0,65		241	9,32	4,89	0,19	0,80	0,11	0,46
Руч. Евгень- евский	0,28	158,36	256	14,29	4,85	-0,14	0,81	0,032	0,47

Совместная отработка при увеличении годовой производственной мощности в 2,49 раза позволяет повысить индивидуальные вероятности их освоения до 0,47, что значительно выше средней доступности по краю (0,35). При совместном освоении все включенные в комплекс россыпи повышают свою доступность выше среднерегионального уровня. Экономические показатели отработки базовой россыпи при этом не ухудшатся, произойдет снижение эксплуатационных издержек с 7,49\$/г до 4,85\$/г и повышение доходности с 0,38 до 0,81. Увеличение количества запасов металла перекроет падение качества песков ( $K_V > K_\alpha^{\frac{b_1}{b_2}-1}$ ), не произойдет снижение эффективности отработки базовой россыпи Александровская терраса.

Были рассмотрены и другие варианты объединения россыпей. На основании этого мы доказали, что для условий Красноярского края: 1) доступность суммарных запасов определяется в основном доступностью базовой россыпи и практически не изменяется при вовлечении в разработку мелких и бедных россыпей (на диаграмме «Содержание-запас...» точка, соответствующая базовой россыпи, смещается вправо и вниз, и это перемещение параллельно изолиниям вероятности); 2) удельные эксплуатационные расходы существенно не увеличиваются по сравнению с базовой россыпью и значительно умень-

шатся по сравнению с удельными эксплуатационными расходами при индивидуальной отработке. Все включенные в комплекс россыпи повышают свою доступность.

Выявленные закономерности соответствуют положениям, существующим в практике современной золотодобычи. Для того чтобы не снижать объемы добычи, компании, как правило, стремятся приобретать лицензии на разработку нескольких месторождений, которые могут быть рентабельно отработаны. Установлено, что совместное освоение россыпей долины позволит эффективно обрабатывать даже первоначально недоступные россыпи, которые при их индивидуальной отработке, скорее всего, не будут вовлечены в освоение. При этом не происходит ухудшение основных экономических показателей добычи.

Если вблизи разрабатываемого месторождения имеются россыпи, на которых может быть в дальнейшем использовано оборудование, то эффективно могут быть отработаны площади с запасами 0,3–1 год работы. Последовательность ввода в эксплуатацию россыпей комплекса может устанавливаться по усмотрению недропользователя и не влияет на конечный результат освоения.

### **Заключение**

Полученные результаты свидетельствуют о возможности повышения доступности запасов россыпного золота малых и бедных месторождений до среднерегионального уровня за счет эффекта влияния близко расположенных крупных россыпей при условии их совместного освоения и значительного повышения производительности горного предприятия.

В дальнейшем все россыпи долины должны лицензироваться только вместе. То есть вслед за базовой россыпью необходимо принимать решение о разработке всех россыпей в этой долине и рассматривать долину как одно месторождение, последовательно разрабатываемое участками. Механизм повышения доступности россыпей за счет их совместной разработки основан на снижении затрат с увеличением производственной мощности горного предприятия.

### **Список литературы**

- 
1. Агошков М.И, Гольдман Е.Л., Кривенков Н.А. Экономика горнорудной промышленности. – М. : Недра, 1986. – 264 с.
  2. Беневольский Б.И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. – М. : ЗАО «Геоинформмарк», 2002. – 464 с.
  3. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений : учебник для техникумов. – М. : Недра, 1985. – 568 с.
  4. Пешкова М.Х, Мацко Н.А., Харитонов М.Ю. Система показателей для оценки региональной минерально-сырьевой базы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 9. – С. 162–169.



---

5. Шорохов С.М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. – М. : Недра, 1973. – 765 с.

**Рецензенты:**

Гилев А.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Горные машины и комплексы», Институт горного дела, геологии и геотехнологий, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.

Брагин В.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Обогащение полезных ископаемых», Институт цветных металлов и материаловедения, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.

**Работа получена 30.09.2011**