

## СЛОЖНОСТИ И ПРОТИВОРЕЧИЯ МЕТОДОЛОГИИ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНДИЦИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РУД И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ<sup>1</sup>

### Часть I. Анализ нормативно-методической документации

*Рассмотрены значение, сущность, усовершенствование рекомендуемых принципов, методологических подходов к обоснованию основных параметров кондиций применительно к месторождениям многокомпонентных руд в процессе пересмотра официальной нормативно-методической документации Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых. Выявлены основные противоречия, недостатки документации, обусловленные, главным образом, особой сложностью проблемы и использованием закрепившихся в литературе и на практике понятий «основных» и «попутных» компонентов сырья, не имеющих строго научного обоснования и трактуемых специалистами неоднозначно. Сделан вывод о необходимости более детального широкого анализа всех имеющихся предложений специалистов по решению данной исключительно сложной проблемы. Особенно в части отнесения величины прямых и косвенных затрат на каждый из ценных компонентов сырья при определении его минимального промышленного содержания.*

**Ключевые слова:** многокомпонентное сырье, параметры кондиций, «основной» (главный) компонент, «попутный» компонент, минимальное промышленное содержание.

Рациональное использование многокомпонентного природного и техногенного минерального сырья начинается и во многом обеспечивается на стадии геологического изучения и геолого-экономической оценки выявленных ресурсов, при экономическом обосновании параметров кондиций для рационального оконтуривания и подсчета промышленных запасов природного или техногенного месторождения, а также оценки эффективности инвестиционных проектов по их эксплуатации. Изучение, геолого-экономическая оценка многокомпонентного минерального сырья предполагает необходимость дифференцированной оценки эффективности использования и учета в балансовых запасах каждого из ценных его составляющих в отдельности [1-3], что представляет собой многофакторную, многоаспектную, поэтому довольно сложную в теоретическом и практическом плане задачу, недостаточно еще научно проработанную, отдельные аспекты которой трактуются и решаются отдельными исследователями и специалистами по разному, зачастую еще на интуитивном уровне.

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) и Правительства Мурманской области по результатам совместных региональных конкурсов (проекты: № 09-02-43207а/С и № 10-02-43207а/С).

Порядок, принципы, методология и процедура обоснования, экспертизы, согласования и утверждения параметров кондиций регламентируются нормативно-методической документацией Государственной Комиссии по Запасам полезных ископаемых (ГКЗ) РФ, периодически перерабатываемой и развиваемой в соответствии с достижениями мировой науки и практики, а также изменением социально-экономической ситуации в стране [1-6], что имеет большое значение для улучшения рационального использования одного из важнейших составляющих национального достояния и богатства России – минеральных ресурсов обширных пространств страны. Значительное внимание при этом с начала 1970-х годов уделяется особенностям комплексного изучения месторождений и подсчету запасов так называемых «попутных» полезных ископаемых и компонентов. При этом применительно к оценке «попутных» компонентов многокомпонентного минерального сырья нормативно-методическая документация ГКЗ, совершенно естественно, использует, в основном, общепринятые традиционные подходы и методологию, имеющие существенные принципиальные недостатки и противоречия, которые препятствуют повышению эффективности рационального комплексного использования многокомпонентного минерального сырья и должны учитываться и постепенно устраняться. Об этом, в частности, свидетельствует обновленная редакция Методических указаний ГКЗ [6], в которой хотя и непоследовательно, как будет показано ниже, рекомендуется использовать некоторые элементы нового подхода при обосновании отдельных параметров кондиций применительно к «попутным» компонентам.

В настоящее время при обосновании параметров кондиций на любое многокомпонентное минеральное сырье в качестве наиболее значимого показателя рассчитывается минимально-промышленное содержание основного [1-6] (в более поздних Методических рекомендациях [6] - «главного основного», имеющего наиболее высокий удельный вес в товарной продукции предприятия) компонента. При этом стоимость извлекаемых «попутных» компонентов снимается с затрат на производство или, в большинстве случаев, суммы основных полезных компонентов, приведенных к главному основному, т.е. минимально-промышленное содержание условного компонента. Причем вопрос о круге полезных компонентов, включаемых в расчет содержания условного компонента по тому или иному подсчетному блоку, месторождению решается субъективно, так как экономическая целесообразность получения отдельных компонентов при этом не выявляется. Минимальное содержание «попутных» компонентов при обосновании кондиций и подсчете запасов, как правило, не устанавливается, либо рекомендуется принимать близким к их содержанию в отходах обогащения или металлургического (химического передела) [6].

К настоящему времени достаточно удовлетворительного научного определения понятия «попутной» продукции, компонента в литературе не имеется. Наиболее развернутая характеристика понятия содержится в нормативно-методических материалах Государственной комиссии по Запасам полезных ископаемых (ГКЗ) РФ [1-6]. В частности, в переработанном, последнем по времени утверждения и публикации, варианте Методических рекомендаций по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов [3] в следующей редакции (цитата из документа здесь и далее выделена курсивом):

*«К попутным полезным ископаемым относятся минеральные комплексы (горные породы, руды, подземные воды, рассолы), не имеющие самостоятельного промышленного значения, но добыча которых при разработке основного полезного ископаемого может быть экономически целесообразной.*

*К попутным компонентам относятся заключенные в полезных ископаемых минералы, металлы и другие химические элементы и их соединения, которые, как правило, не имеют определяющего значения для промышленной оценки месторождений, но при переработке полезных ископаемых могут быть рентабельно извлечены и использованы.*

*Вместе с тем, понятие «попутный компонент» достаточно условное и зависит от неравномерно меняющейся во времени рыночной конъюнктуры разных полезных ископаемых<sup>2</sup>, что особенно характерно для многих месторождений редких и цветных металлов. В связи с этим необходимо определить понятие «основной полезный компонент».*

*К **основным** полезным компонентам относятся заключенные в полезных ископаемых металлы и другие химические элементы, их соединения или минералы, **определяющие промышленную значимость месторождения, т.е. возможность его рентабельной отработки без учета стоимости прочих (попутных) компонентов.** Это могут быть компоненты, участвующие в оконтуривании рудных тел индивидуально или через коэффициенты приведения к условному компоненту, а также компоненты, не учтенные при определении контуров рудных тел, но без реализации которых разработка месторождения экономически не эффективна (их доля в суммарной стоимости товарной продукции обычно превышает 10%).*

*Попутные полезные ископаемые и компоненты в зависимости от форм нахождения, связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми и компонентами и с учетом требований, предъявляемых промышленностью к условиям их разработки (извлечения), разделяются на три группы.*

*К I группе относятся попутные (сопутствующие) полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основные полезные ископаемые...*

*...К этой же группе относятся вскрышные породы, по составу и свойствам пригодные для производства строительных материалов ... или для других целей, а также торф и почвенно-растительный слой...*

*...Ко II группе относятся попутные компоненты (минералы), не образующие самостоятельных залежей, но которые при обогащении могут быть выделены в*

---

<sup>2</sup> Имеются примеры, когда компоненты, учтенные при разведке месторождений как попутные, в дальнейшем, при их эксплуатации, переходили в основные. Так, Ковдорское месторождение вначале разрабатывалось как железорудное, но в настоящее время в стоимости товарной продукции доля железорудного (магнетитового) концентрата составляет лишь около трети, а более 60% приходится на апатитовый и бабделейтовый концентраты.

самостоятельные концентраты или промпродукты в количествах, допускающих их последующее извлечение на экономически рациональной основе.

К этой же группе относятся попутные компоненты, заключенные в нефти и горючих газах, выделяемые при добыче (сепарации) в самостоятельные продукты, а также метан, содержащийся в угольных пластах...

...К III группе относятся различного рода примеси в минералах основных и попутных компонентов (изоморфные, механические, микровключения собственных минералов и др.), а также органические, металлические или металлоорганические соединения в углях и углистых породах. Преобладающую часть попутных компонентов III группы составляют так называемые рассеянные элементы, широко распространенные в различных твердых полезных ископаемых при весьма низких содержаниях. К этой же группе относятся примеси в рудных минералах золота, серебра, МПГ, тантала, редких земель, стронция, молибдена и др. При обогащении полезных ископаемых эти компоненты накапливаются в концентратах основных компонентов, а при переработке концентратов или непосредственном использовании полезных ископаемых в металлургическом, химическом, энергетическом и других производствах - концентрируются в товарных продуктах или отходах.

К этой же группе относятся попутные компоненты, присутствующие в нефти и газе и выделяемые лишь при их переработке, а также заключенные в подземных минерализованных водах и рассолах...

**...Изучение попутных полезных ископаемых проводится в границах разведки основных полезных ископаемых...».**

По существу приведенных в цитате положений нового переработанного нормативно-методического документа ГКЗ (как и к ранее изданным), являющегося обязательным к применению при любых геолого-разведочных работах, можно высказать ряд существенных замечаний, сомнений в научной обоснованности отдельных понятий, принципов, рекомендаций, иногда допускающих различные толкования, следовательно неоднозначность решения конкретных вопросов:

1. Если **понятие «попутный компонент» достаточно условное**, то и все последующие, взаимосвязанные с ним понятия (в частности «основной», «основные», «главный» компоненты), рассуждения, рекомендации логически являются условными. Зачем сложную проблему дополнительно усложнять условными понятиями?

2. Не ясно, как быть в тех случаях, когда рентабельность **отработки месторождения** обеспечивается только в случае **учета стоимости прочих (попутных) компонентов?** Это не промышленное месторождение? Или все-таки промышленное, поскольку рентабельная отработка обеспечивается?

В предложенном ГКЗ определении понятия «попутных компонентов» остается неясным, как быть в тех, достаточно многочисленных на практике, случаях, когда каждый попутный компонент сырья в отдельности экономически менее значим, чем основной, но **в совокупности попутные компоненты имеют «определяющее значение для**

промышленной оценки месторождения», т.е. без их учета и использования разработка оказывается нерентабельной?

3. Если теоретически предположить, что в полезном ископаемом (например, в полиметаллической руде) содержится 11-15 ценных компонентов с примерно равной извлекаемой ценностью, но менее 10% от итога по каждому из них, то в такой руде нет основного компонента? Все попутные?

4. Если доля каждого из 3-х, 4-х компонентов сырья существенно превышает 10% общей извлекаемой ценности, но себестоимость одного (или более) из них выше рыночной цены, такой компонент является «основным»? И подлежит учету в промышленных запасах месторождения?

5. Из анализа цитируемой части документа логически следует, что основное полезное ископаемое и компонент обязательно должны быть представлены на конкретном месторождении самостоятельным минералом и пластом, залежью или рудным телом. Но если максимальную долю в извлекаемой ценности будет иметь редкий или редкоземельный элемент, не образующий собственных минералов, он все равно будет считаться «попутным»?

6. В качестве основы группировки попутных полезных ископаемых и компонентов принята форма нахождения каждого конкретного ценного компонента в горной массе месторождения в широком смысле (включая кроме промышленной залежи весь комплекс покрывающих и часть вмещающих пород) и взаимосвязанный с ней технологический принцип последующего выделения компонентов в самостоятельные готовые конечные продукты. Безусловно, это обстоятельство является весьма важным и необходимым для геологоразведочных работ и рационального использования ресурсов месторождения. Но заявленный принцип не облегчает решения сложной проблемы определения себестоимости каждого из вырабатываемых компонентов (продуктов) и дифференцированной оценки экономической эффективности производства каждого из них в отдельности, обоснования рационального перечня полезных компонентов, подлежащих извлечению и учету в промышленных запасах.

7. Зачастую и основные компоненты представлены в сырье, как самостоятельными минералами (извлекаемыми, либо не извлекаемыми по имеющимся технологиям), так и различными неструктурными механическими или изоморфными примесями в рудных и нерудных минералах. Т.е. необходимость изучения форм нахождения в сырье должна распространяться на все без исключения как полезно используемые, так и удаляемые в отходы компоненты, особенно экологически опасные. Кроме того, не решается проблема дифференцированной оценки экономической эффективности извлечения и использования

каждого из основных полезных компонентов в тех случаях, когда их в перерабатываемом сырье больше одного. Например, медь и никель в медно-никелевом; медь и цинк в медно-цинковом; медь, свинец и цинк в полиметаллическом сырье. Предлагается лишь выделять условный основной или «главный» [6] из основных компонентов, который имеет наибольший удельный вес в товарной продукции. Но содержания ценных компонентов в пределах месторождения (залежи, выемочного блока) в большинстве случаев варьируют в широких диапазонах, а уровень извлечения отдельных компонентов при переработке сырья может существенно меняться, особенно при изменении технологии, так что удельный вес основных компонентов в стоимости товарной продукции не является постоянным.

8. «Попутные компоненты» в Методических рекомендациях [1-6], как и во многих публикациях наделяются некоторыми свойствами живых разумных существ, способных «накапливаться», «концентрироваться» в продуктах обогащения и переработки (химической, металлургической, энергетической и т.п.) сырья при извлечении основных компонентов и иметь «характер поведения» в процессе обогащения и последующего передела. В то же время в большинстве работ обоснованно отмечается зависимость распределения «основных» и «сопутствующих» компонентов в процессах обогащения и последующей переработки от их форм нахождения в исходном сырье и физико-химических свойств этих компонентов или их минералов-носителей в соответствии с законами геохимии. Очевидно, что вместо используемых применительно к «сопутствующим» компонентам упомянутых терминов «накапливаются» и «концентрируются» целесообразно подобрать другой, более подходящий термин, например, «повышается содержание» «сопутствующих» компонентов, а вместо термина «поведение» лучше использовать «распределение».

9. При существенных изменениях конъюнктуры, либо при реализации крупных технологических нововведений (изобретений, открытий) значимость «основных» и «сопутствующих» полезных ископаемых и компонентов конкретных месторождений для экономики предприятия и страны может измениться коренным образом, причем неоднократно в течение относительно короткого периода. Значит ли это, что в соответствии с рекомендациями [3,6], надо каждый раз менять границы разведки, контуры месторождения и т.д.??? В [3] приводится неоднократно отмечавшийся в наших публикациях [7-9] наглядный в этом отношении пример ОАО «Ковдорский ГОК». Более того, необходимо отметить, что после прекращения производства бадделеита в Южной Африке (месторождение Полабора), ОАО «Ковдорский ГОК» является единственным в мире продуцентом этого уникального высокоценного «попутного» продукта,

используемого в производстве особо тонкой высокотемпературной керамики и наиболее ответственных огнеупорных изделий, поэтому выявление и расширение промышленных запасов этого компонента, количественное обоснование экономических параметров его производства, его рыночной цены и т.п. имеют важное самостоятельное значение для предприятия и страны, несмотря на незначительный его удельный вес в общей стоимости извлекаемых из сырья ценных компонентов.

10. Применительно к многокомпонентным месторождениям определение минимально-промышленного содержания основного компонента по сравнению с определением минимально-промышленного содержания условного компонента с учетом не только основных, но и всей совокупности промышленно значимых «попутных» компонентов, кроме того, имеет следующий недостаток.

Отдельные части месторождений (геологические блоки, обособленные залежи, линзы, мощные прослои и т.п. в контуре промышленных запасов и непосредственно прилегающие к ним) с относительно низким содержанием «основных» компонентов, могут иметь повышенные содержания высокоценных «сопутствующих» компонентов, обеспечивающих высокорентабельную их отработку. Поэтому ограничение изучения «сопутствующих» полезных ископаемых и компонентов границами разведки «основных» полезных ископаемых [2,3,6] может привести к снижению потенциальной ценности месторождения и утрате значительной части рентабельных конкурентоспособных ресурсов. Кроме того, на стадиях поисковых, оценочных работ и даже разведки месторождений еще не вполне выявляется общая и, особенно, относительная промышленная и коммерческая значимость отдельных ценных компонентов многокомпонентного сырья, соответственно обоснованное выявление попутных, основных компонентов и главного из основных, соответственно рациональных границ разведочных работ на их основе, весьма проблематично.

В соответствии с этим, с экономической точки зрения, нецелесообразно выделять не только «попутные», но и ограничивать разведку рамками «основного» полезного ископаемого или компонента [2,3,6]: все без исключения полезные компоненты комплексного сырья целесообразно рассматривать равноправными, а границы разведки устанавливать на основе других геологических и экономических принципов.

11. Удачно подобранная краткая и достаточно емкая фраза о целесообразности извлечения (и учета в промышленных запасах) отдельных ценных попутных компонентов и комплексного использования сырья в целом на экономически рациональной основе, использованная в требованиях ГКЗ 1973, 1982 и 2007 гг. [1-3] и всей последующей

нормативно-методической документации не подкреплена соответствующей методикой и требует хотя бы краткой расшифровки и конкретизации.

Только в новом документе ГКЗ [6, стр. 43] содержится, без какого-либо обоснования, рекомендация об определении минимального промышленного содержания попутного компонента (только II и III групп, но не I –ой!) *«исходя из прямых затрат, связанных с получением конечной товарной продукции по оцениваемому компоненту»*. Но такая рекомендация содержит явные противоречия. В том же документе на стр. 31-32 дано определение *«минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке – это такое содержание, при котором достигается равенство извлекаемой ценности минерального сырья эксплуатационным затратам на получение товарной продукции»*. Причем ниже разъясняется, что эксплуатационные затраты включают затраты на добычу и обогащение руды, т. е. прямые и косвенные затраты. Следовательно, содержание компонента, определяемого на основе только прямых затрат, без учета косвенных, заведомо не может покрыть извлекаемой ценностью эксплуатационные затраты, включающие кроме прямых хотя бы часть косвенных, к которым безусловно относятся затраты на добычу многокомпонентного сырья. В этой связи необходимо детально проанализировать различные предложения исследователей по проблемам оценки промышленной значимости отдельных ценных компонентов в многокомпонентном минеральном сырье и, соответственно, определения минимального их содержания, при превышении которого ценный компонент признается промышленно значимым и должен учитываться в промышленных запасах конкретных месторождений.

#### Библиографический список

1. Временные требования к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья. – М.: ГКЗ СССР, 1973.
2. Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных компонентов. – М.: ГКЗ СССР, 1982. – 21с.
3. Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов. Рекомендованы к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 г. №11-17/0044-пр. – М.: ФГУ «ГКЗ», 2007. – 16 с.
4. Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций на минеральное сырье. – М.: ГКЗ Минприроды РФ, 1997. – 38с.
5. Методические рекомендации по геолого-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). - М.: ГКЗ Минприроды РФ, 1999. – 75с.
6. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. – М.: НП НАЭН, 2007. – 60 с.



7. Ларичкин Ф.Д. Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. – Апатиты: КНЦ РАН, 2004. – 252 с.
8. Ларичкин Ф.Д. Оценка экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. Учебное пособие для Вузов. – Апатиты: КНЦ РАН, 2005. – 143 с.
9. Ларичкин Ф.Д. Теория и практика стоимостной оценки полезных компонентов в минеральном сырье и продуктах его комплексной переработки. - М.: ИП НАЭН, 2008.

## DIFFICULTIES AND CONTRADICTIONS OF THE SUBSTANTIATION METHODOLOGY FOR STANDARDS' PARAMETERS AT THE POLYCOMPONENT ORES DEPOSITS AND THE WAYS OF THEIR OVERCOMING

**F. D. Larichkin, A. G. Vorobyov, Yu. G. Glushchenko, V. N. Perein, B. S. Khamzin**

### PART I. ANALYSIS OF NORMATIVE-METHODICAL DOCUMENTATION

Importance, essence, improvement of the recommended principles, methodological approaches to substantiation of the basic standards' parameters are considered as applied to the polycomponent ores deposits in the process of revision of the official normative-methodical documentation at the Government minerals reserves committee (GMRC). The main contradictions, documentation shortcomings are exposed which is mainly stipulated by the specific problem complication and by using consolidated in literature and in practice the concept of the "basic" and "passing" raw material components which haven't strictly scientific substantiation and which lack of uniquely interpreted by specialists. The conclusion about necessity of the more detailed broad analysis of the specialists' all available proposals in deciding of the exceptionally complicated problem is drawn. Especially this analysis is necessary for defining of the direct and indirect costs value for the each of valuable raw material components in determination of its minimum industrial content.

**Key words:** *polycomponent raw material, standards' parameters, "basic" component, "passing" component, minimum industrial content.*

## СЛОЖНОСТИ И ПРОТИВОРЕЧИЯ МЕТОДОЛОГИИ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНДИЦИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РУД И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

### Часть II. Учет специфики комплексного использования сырья при обосновании параметров кондиций

*Выполнен сравнительный анализ предложений различных исследователей и специалистов по проблемам определения минимального промышленного содержания компонентов, относимых к категории «попутных», в многокомпонентном сырье при условии его последующей комплексной переработки. Введено понятие и дано определение предельного (браковочного) содержания каждого «основного» и «попутного» ценного компонента в многокомпонентном сырье, определяемого из условия окупаемости только прямых дополнительных затрат, возникающих при организации его производства. Предельные (браковочные) содержания используются в дополнение к минимально-промышленному содержанию условного (основного) компонента и по своей сути и определению соответствуют рекомендуемому ГКЗ подходу по аналитическому расчету бортового содержания компонентов. При определении минимально-промышленного содержания условного компонента необходимо включать в расчет только те ценные составляющие многокомпонентного сырья, содержания которых выше соответствующего предельного (браковочного). Приведены примеры определения предельных (браковочных) содержаний ценных компонентов для месторождений различных отраслей, в том числе, на основании которых ГКЗ утвердило подсчет промышленных запасов с высокой оценкой.*

**Ключевые слова:** многокомпонентное сырье, комплексная переработка, «попутный» компонент, минимальное промышленное содержание, предельное (браковочное) содержание, бортовое содержание, промышленные запасы.

Впервые методику определения минимального промышленного содержания рассеянных элементов в комплексном сырье на экономической основе предложил В.Н. Виноградов [1]. Он отметил условность понятия «минимальное промышленное содержание» применительно к отдельному полезному компоненту комплексного сырья, а в основу методики положил принцип окупаемости затрат, относимых на получение каждого рассеянного элемента. По существу, при этом используется подход, аналогичный применяемому в индивидуальных, т.е. не комплексных, производствах, хотя определение себестоимости рассеянных элементов имеет некоторые особенности. В частности, затраты на добычу и первые стадии переработки комплексного сырья В.Н. Виноградов рекомендует не учитывать в себестоимости рассеянных элементов. Вместе с тем, кроме прямых затрат в себестоимость рассеянных элементов им включается часть косвенных

расходов по операциям комплексной переработки полупродуктов металлургического передела, содержащих несколько рассеянных (а также и других) ценных элементов. Таким образом, используется методика калькулирования себестоимости рассеянных элементов, предложенная ранее в работе [2]. Однако, авторами работ [2,3] исключение сырьевой составляющей при калькулировании рассеянных элементов рекомендуется ввиду, как правило, небольшой ее доли в полной их себестоимости, т.е. из практических, а не теоретических, соображений.

Позднее аналогичную методику определения предельных содержаний рассеянных элементов в комплексном сырье предложили А.М. Быбочкин и А.М. Сечевица [4,5]. Однако, ранее указанных авторов Ф.Д. Ларичкиным [6] введен использованный ими термин, кроме того, дано понятие и предложена принципиально иная методика определения количественной величины предельных (браковочных) содержаний каждого из ценных компонентов (включая все без исключения «основные» и «сопутствующие») в полиметаллическом (комплексном вообще) сырье, ниже которых их получение, следовательно, учет в промышленных запасах, экономически не оправдано, обоснованность которой подтверждена результатами последующих исследований [7-9] и практической ее реализацией на ряде казахстанских полиметаллических месторождений и предприятий свинцово-цинковой промышленности.

В соответствии с [7-9] *под предельным (браковочным) понимается такое минимальное содержание ценного компонента в комплексном сырье, ниже которого его извлечение, при условии комбинированной комплексной переработки сырья, экономически неэффективно на конкретном этапе развития производства.*

Предельные (или браковочные) содержания ценных компонентов *определяются в дополнение к минимально-промышленному содержанию условного металла* («основного», «профилирующего», «ведущего», «главного» *компонента*) из условия окупаемости только прямых затрат, непосредственно и неизбежно связанных с организацией получения именно данного компонента из комплексного сырья без учета какой-либо части косвенных расходов, необходимых для производства двух и более (или всех) извлекаемых компонентов [6-9].

По своей сути и определению предельные браковочные содержания каждого из ценных компонентов многокомпонентного минерального сырья соответствуют рекомендуемому ГКЗ подходу по аналитическому расчету бортового содержания компонентов (см. [10] пункт 78 на стр. 29).

В работах [6-9] **дополнительно уточнено**, что минимально-промышленное содержание условного компонента, рассчитываемое по Методическим указаниям ГКЗ [10]

должно определяться из условия окупаемости общей суммы прямых и косвенных затрат на добычу и многопродуктовую комплексную переработку многокомпонентного сырья **при учете только тех ценных компонентов (как «основных», так и «сопутствующих»!), содержания которых в данном сырье не ниже их предельного (браковочного).** Запасы многокомпонентного сырья и отдельных ценных компонентов в нем относятся к промышленным только при условии одновременного выполнения следующих условий: содержания каждого ценного компонента («основных» и «сопутствующих») не ниже соответствующих предельных браковочных, а их суммарное содержание в переводе на условный компонент не ниже минимального промышленного содержания условного компонента.

Таким образом, вместо интуитивного субъективного подхода, впервые предложена экономически обоснованная и проверенная на практике методика количественного расчета главных параметров кондиций для оконтуривания и подсчета промышленных запасов многокомпонентного минерального сырья и каждого из ценных компонентов в нем, обеспечивающая максимальную экономическую эффективность комбинированного комплексного использования многокомпонентного сырья в целом с учетом рационального перечня его ценных составляющих, подлежащих извлечению при комбинированной переработке.

Необходимо подчеркнуть, что изложенный подход распространяется на все без исключения «основные» и «попутные» ценные компоненты минерального сырья (а не только рассеянные элементы) и позволяет существенно расширить промышленные запасы комплексных месторождений и повысить экономическую эффективность их эксплуатации. Кроме того, понятие и методика количественного определения предельных (браковочных) содержаний ценных компонентов в многокомпонентном минеральном сырье и разнообразных продуктах его переработки на разных стадиях производства позволяет существенно облегчить и упростить решение таких важных практических вопросов, как разбраковка отдельных залежей, промежуточных продуктов разных стадий производства, определение рациональных границ валовой и селективной выемки и переработки, шихтовки сырья различного (переменного) состава, отключения технологической ветви получения отдельных компонентов при снижении их содержаний в сырье ниже браковочного и т.п.

По предложенной методике определены предельные содержания всех «основных» («профилирующих») и «сопутствующих» компонентов, всего по 17 элементам (табл. 1), в полиметаллическом сырье обогатительного и металлургического переделов для типичных (средних) условий свинцово-цинковой подотрасли цветной металлургии в ценах и

условиях по состоянию на начало 1970-х годов [6]. Указанный подход был развит и подтвержден новыми аргументами в последующих работах [7-9], одобрен рядом предприятий и организаций и использован Казгипроцветметом при обосновании кондиций и подсчете промышленных запасов полиметаллических руд и отдельных ценных компонентов в них по ряду казахстанских месторождений, утвержденных ГКЗ СССР с высокой оценкой.

**Таблица 1. Предельные (браковочные) содержания ценных компонентов в полиметаллическом сырье [6]**

Компонент	Ед. измер.	Обогатительный передел	Металлургический передел
Свинец	%	0,15	-
Цинк	%	0,30	-
Медь	%	0,12	-
Барит	%	8,0	-
Олово	%	0,08	-
Сера	%	5,0	17
Мышьяк	%	-	0,9
Кадмий	г/т	30	300
Висмут	г/т	15	200
Индий	г/т	5	30
Теллурий	г/т	8	70
Селен	г/т	20	100
Таллий	г/т	10	75
Ртуть	г/т	4	20
Галлий	г/т	-	100
Германий	г/т	-	50
Сурьма	г/т	300	3500

Применительно к горно-обогатительным предприятиям в прямые затраты (Зп) включаются расходы: на обогатительные доводочные, контрольные операции, сгущение, фильтрацию, сушку, складирование и хранение концентрата, коммерческие расходы, включая затаривание, погрузо-разгрузочные операции, транспорт до пункта отправления, погрузку в вагон (судно) и другие, имеющие место, прямые затраты по конкретному концентрату (например, связанные с оформлением документов, почтово-телеграфные расходы, в том числе по экспортным операциям, включая таможенные платежи). Ресурсные платежи (Р) включают фактически уплачиваемые налоги на добычу полезных ископаемых (НДПИ) и (до 2002г.) на воспроизводство минерально-сырьевой базы, акцизы (по соответствующим полезным ископаемым) [7-9].

В соответствии с введенными условными обозначениями предельные (браковочные) содержания ( $\alpha_{i\text{ пр}}$ ) рассчитываются по формуле:

- в добытой руде, полуфабрикате, концентрате ( $\alpha_{i\text{ пр}}^1$ ):

$$\alpha_{i \text{ пр}}^1 = \frac{(Z_n + P)_i}{\varepsilon_i \times C_i} \times 100, \% \quad (1)$$

- в руде геологической (в недрах,  $\alpha_{i \text{ пр}}$ ):

$$\alpha_{i \text{ пр}} = \frac{(Z_n + P)_i}{\varepsilon_i \times C_i (1 - R)} \times 100, \% \quad (2)$$

где  $i$  – номер ценного компонента, концентрата;

$\varepsilon_i$  – извлечение  $i$ -го ценного компонента в готовую продукцию, доли единицы;

$C_i$  – рыночная цена 1т  $i$ -го ценного компонента в готовой продукции, руб.;

$R$  – коэффициент разубоживания руды при добыче, доли единицы.

В частности, разработанная методика реализована Центрально-Казахстанским территориальным геологическим Управлением (совместно с ВНИИЦВЕТМЕТОм и Казгипроцветметом) для оконтуривания и подсчета промышленных запасов крупного Жайремского свинцово-цинково-баритового месторождения в 1975 г.

На стадии детальной разведки в рудах различных участков месторождения и мономинеральных фракциях (свинцовом, цинковом и пиритном концентратах) были выявлены относительно высокие концентрации серебра, кадмия, ртути, сурьмы, мышьяка, галлия, индия, таллия и германия. В соответствии с утвержденными к тому моменту ГКЗ СССР в 1973 г. «Временными требованиями к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья» необходимо было оценить целесообразность промышленного использования каждого из перечисленных выше ценных компонентов и подсчитать их промышленные запасы.

В качестве исходных технологических данных для определения предельных (браковочных) содержаний ценных компонентов в рудах и концентратах различных технологических сортов и участков Жайремского месторождения приняты данные детальной разведки и результаты полупромышленных испытаний по обогащению и металлургической переработке<sup>3</sup>, выполненные ВНИИЦВЕТМЕТОм, а прямые затраты на производство отдельных компонентов рассчитаны на основе отчетных данных предприятий-аналогов совместно экономистами этих предприятий и Института. Ожидаемые средние потери и разубоживание руд при добыче приняты по проектным данным Казгипроцветмета.

<sup>3</sup> Извлечения ценных компонентов при расчете браковочных содержаний приняты в среднем на 10% ниже полученных при полупромышленных испытаниях рядового сырья с фактическим (средним) содержанием.

Результаты расчетов (с округлением в большую сторону) представлены в табл. 2 и 3.

Промышленная оценка и определение предельных (браковочных) содержаний галлия и германия не осуществлялась из-за низкого их содержания в концентратах Жайремского месторождения и в связи с прекращением их производства в свинцово-цинковой подотрасли, ввиду нерентабельности.

**Таблица 2. Рекомендованные предельные (браковочные) содержания ценных компонентов в рудах Жайремского месторождения (в недрах), %**

Тип руд	Ценные компоненты		
	свинец	цинк	барит
Коренные	0,30	0,45	5,0
Выветрелые	0,45	0,30	8,0

**Таблица 3. Рекомендованные предельные (браковочные) содержания ценных компонентов в концентратах из руд Жайремского месторождения, г/т**

Ценные компоненты	Свинцовый концентрат	Цинковый концентрат
Кадмий	300	330
Сера	13%	15%
Ртуть	5	10
Индий	6	10
Селен	450	60
Таллий	80	15
Серебро	20	20 <sup>1)</sup>
Теллур	50	-
Сурьма	3100	-

Примечание: 1) Принято ориентировочно на уровне, рассчитанном для свинцового концентрата, поскольку серебросодержащие полупродукты цинкового производства передаются на переработку в свинцовое и медное производства.

В результате сопоставления рекомендованных величин предельных (браковочных) содержаний сопутствующих компонентов с их средними содержаниями в концентратах Жайремского месторождения по данным полупромышленных технологических испытаний для учета и подсчета промышленных запасов кроме свинца, цинка и барита были рекомендованы следующие компоненты:

- в свинцовом концентрате – серебро, кадмий, ртуть, сера, а по Восточному Жайрему кроме того сурьма;
- в цинковом концентрате - серебро, кадмий, ртуть, сера, а по Западному и Восточному Жайрему также таллий;
- мышьяк подлежит учету в рудах всех участков как экологически опасная примесь;
- сера пиритная не подлежит учету, поскольку ни из одного сорта руд и участка месторождения кондиционного пиритного концентрата не получено;

- учет остальных ценных компонентов жайремских руд (со средним содержанием ниже соответствующих браковочных) в промышленных запасах экономически не целесообразен, поскольку не окупает даже прямых затрат, связанных с их извлечением в комплексных металлургических производствах;
- ввиду высокого содержания и больших запасов ртути в рудах Жайремского месторождения рекомендовано с привлечением специализированных организаций провести дополнительные исследования по изысканию возможностей наиболее полного и рационального ее извлечения с проработкой вопросов охраны внешней среды, персонала, и техники безопасности.

Техническая возможность извлечения компонентов в кондиционные концентраты при их содержании в руде, близком к полученным браковочным, подтверждается промышленной практикой предприятий свинцово-цинковой подотрасли, в частности Зырянского комбината (табл. 4).

**Таблица 4. Технологические показатели обогащения некондиционных руд на Зырянском комбинате, %**

Год	Продукты обогащения	Содержание			Извлечение		
		свинец	цинк	медь	свинец	цинк	медь
1974	Руда	0,37	0,65	0,10	100	100	100
	Свинцовый к-т	73,4	3,1	2,7	68,2	1,6	8,9
	Цинковый к-т	1,1	57,6	0,5	1,9	58,3	2,9
	Медный к-т	3,6	6,1	26,1	2,3	2,2	59,0
1975	Руда	0,19	0,28	0,03	100	100	100
	Свинцовый к-т	73,0	3,3	2,3	50,0	1,5	11,3
	Цинковый к-т	1,1	57,0	0,5	1,4	50,0	4,5
	Медный к-т	3,6	5,1	26,0	0,6	0,6	30,0

За счет исключения части дорогостоящих анализов на редкие рассеянные элементы, фактические содержания которых ниже установленных браковочных, снижаются затраты на детальную разведку комплексных месторождений.

На базе Жайремского месторождения в 1975-1999 гг. велись горные работы открытым способом (без строительства собственной обогатительной фабрики) с транспортировкой руды на действующие в регионе обогатительные фабрики (Текелийскую и Ачисайскую). Годовая добыча составляла 900 тыс. т, всего добыто 23,7 млн. т руды. Затем горные работы на месторождении были временно приостановлены, в связи с переориентацией предприятия на добычу более дефицитных марганцевых руд.

В настоящее время планируется возобновить эксплуатацию месторождения, однако в связи с существенным изменением цен на готовую продукцию и используемые ресурсы, принципов и параметров налогообложения и т.п., в современных рыночных условиях



необходима коренная комплексная его геолого-экономическая переоценка, уточнение параметров кондиций, промышленных запасов руд и каждого из ценных компонентов в них на основе изложенных выше методологических принципов. В соответствии с этим, учитывая важность проблемы, Институтом экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук и Центрально-Казахстанским межрегиональным территориальным департаментом геологии и недропользования Министерства энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан подготовлен проект Технико-экономического обоснования Государственного заказа по решению проблемы «Совершенствование методологии и практики обоснования параметров кондиций при подсчете промышленных запасов ценных компонентов месторождений полезных ископаемых Казахстана и эколого-экономической эффективности их комплексного использования». Проект Госзаказа на базе Жайремского месторождения находится в стадии доработки и согласования с предполагаемыми соисполнителями и Заказчиком. Однако, финансово-экономический кризис и снижение мировых цен на многие сырьевые ресурсы, сдерживает решение о финансировании проекта.

В табл. 5 представлены рассчитанные предельные (браковочные) содержания ценных компонентов для условий ОАО «Апатит» и ОАО «Ковдорский ГОК» в ценах и условиях 2002 г. [11] по рекомендуемой и традиционной методике, не учитывающей особенности экономики комплексной переработки сырья, изложенной в работах [1,4,5]. комплексного использования сырья для производства только оцениваемого компонента.

**Таблица 5. Предельные (браковочные) и минимально-промышленные содержания ценных компонентов в рудах Мурманской области (2002 г.)**

Предприятие, ценный компонент	Предельное (браковочное) содержание		Минимально- промышленное содержание	Среднее содержание в добытой руде
	по предлагае- мой методике	по традицион- ной методике [1,4,5]		
ОАО «Апатит»				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,1	9,0	9,5	13,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,4	10,8	22,9	14,6
ОАО «Ковдорский ГОК»				
Fe, общ.	2,0	27,8	34,7	24,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,1	6,2	13,1	7,0
ZrO <sub>2</sub>	0,016	0,08	1,1	0,15

Для наглядности, полученные предельные (браковочные) содержания сопоставляются с фактическими средними содержаниями ценных компонентов в добытых рудах, а также их минимально-промышленными содержаниями при условии

одностороннего не комплексного использования сырья для производства только оцениваемого компонента.

условии одностороннего монопродуктового, не комплексного использования руд.

Полученные данные свидетельствуют о том, что рентабельная отработка Ковдорского месторождения может быть обеспечена только при условии комбинированной многопродуктовой переработки добываемой руды, одностороннее ее использование для производства любого из ценных составляющих убыточно. Предельные содержания компонентов, определенные по традиционной методологии в соответствии с положениями работ [1,4,5] мало отличаются от их минимально-промышленных содержаний при монопродуктовой переработке руд и существенно не влияют на выводы о сравнительной эффективности комбинированного комплексного производства. Это связано с тем (как показано в работах [7-9]), что учет какой-либо части косвенных затрат, не меняющихся при расширении (изменении вообще) номенклатуры извлекаемых компонентов, завышает величину расходов необходимых и неизбежных для организации производства оцениваемого компонента и существенно сужает экономически эффективные границы комбинированного комплексного использования минерального сырья.

Соответственно, методика определения предельных (браковочных) содержаний ценных компонентов в многокомпонентном сырье из условия окупаемости только прямых затрат на их производство учитывает специфические особенности комбинированных многопродуктовых комплексных производств и позволяет более обоснованно оконтуривать месторождения многокомпонентных руд, способствует более рациональному использованию и охране недр.

Техническая возможность извлечения ценных компонентов из руд даже краевых зон с содержаниями, близкими к предельным (фактически перерабатывается усредненная шихта из руд разных добычных участков) подтверждается результатами исследований [12] по обогащению нескольких проб вмещающих пород Партомчоррского месторождения (табл. 6).

**Таблица 6. Показатели извлечения  $P_2O_5$  из вмещающих пород Партомчоррского месторождения [12]**

№ проб	Наименование	Содержание $P_2O_5$ , %		Извлечение $P_2O_5$ , %
		в пробе	в концентрате	
3	Бедная апатитонефелиновая руда в контуре проектной выемки	2,72	38,0	91,7
8	Сфено-титаномагнетитовые ийолит-уртиты (висячий бок)	2,90	37,0	97,0
9	Апатитовые уртиты (лежащий бок)	2,24	35,0	93,8

10	Трахитоидные ийолит-уртиты (покрывающие породы)	0,90	34,7	76,0
11	Массивные уртиты (подстилающие породы)	0,40	39,4	62,0

Следует отметить, что основной целью работы [12] было получение кондиционного нефелинового концентрата при комбинированной переработке сырья. При этом из всех пяти проб получено по пять стандартных концентратов (апатитовый, нефелиновый, титаномагнетитовый, эгириновый и сфеновый).

Изложенное свидетельствует о принципиальной возможности существенного снижения содержания ценных компонентов в промышленных запасах многокомпонентных руд и расширения сырьевой базы без дополнительных вложений при условии развития комбинированного комплексного использования ресурсов недр. Рекомендуемая методика учитывает особенности комплексных многономенклатурных производств, повышает обоснованность и существенно облегчает процедуру оконтуривания месторождений многокомпонентных руд, разбраковку отдельных участков, залежей, многообразных промежуточных продуктов комплексной переработки сырья, включая горнопромышленные отходы разных стадий производства. При этом необходимо учитывать, что ресурсные налоги на отходы не распространяются.

#### Библиографический список

1. Виноградов В.Н. Экономическая оценка комплексного минерального сырья. - М.: Недра, 1978. - 223с.
2. Лексин В.Н., Токарева А.Г. Экономика комплексного использования полиметаллического сырья. - М.: Metallurgy, 1968. - 211с.
3. Лексин В.Н., Токарева А.Г. Экономика комплексного использования сырья в цветной металлургии. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Metallurgy, 1976. - 224с.
4. Сечевица А.М. Геолого-промышленная оценка попутных полезных ископаемых в комплексных рудных месторождениях. - М.: Недра, 1987. - 128с.
5. Принципы определения предельных содержаний рассеянных элементов для подсчета их запасов в комплексных рудах /Быбочкин А.М., Сечевица А.М., Буриков Е.В.//Разведка и охрана недр, 1975, №11. – С. 16-22.
6. Ларичкин Ф.Д. Исследование эффективности комплексного использования сырья (на примере обогатительных фабрик свинцово-цинковой промышленности). Автореф. дисс... канд. экон. наук. - Свердловск, 1974. - 31с.
7. Ларичкин Ф.Д. Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. – Апатиты: КНЦ РАН, 2004. – 252 с.
8. Ларичкин Ф.Д. Оценка экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. Учебное пособие для Вузов. – Апатиты: КНЦ РАН, 2005. – 143 с.
9. Ларичкин Ф.Д. Теория и практика стоимостной оценки полезных компонентов в минеральном сырье и продуктах его комплексной переработки. - М.: НП НАЭН, 2008.
10. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. – М.: НП НАЭН, 2007. – 60 с.

11. Особенности экономической оценки ресурсов комплексного сырья /Ларичкин Ф.Д., Мотлохов В.Н., Каретников Е.В., Ивакин А.Н., Пушенко Н.А., Комольцев В.В. //Социально-экономическое, духовное и культурное возрождение России». – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003.
12. Комплексное обогащение нефелинового сырья Хибин /Ратобылская Л.Д., Лыгач В.Н., Машьянова А.В. и др. //Комплексное обогащение фосфорсодержащего сырья. – Апатиты: КФ АН СССР, 1977. С. 77-86.

#### DIFFICULTIES AND CONTRADICTIONS OF THE SUBSTANTIATION METHODOLOGY FOR STANDARDS' PARAMETERS AT THE POLYCOMPONENT ORES DEPOSITS AND THE WAYS OF THEIR OVERCOMING

**F. D. Larichkin, A. G. Vorobyov, Yu. G. Glushchenko, V. N. Perein, B. S. Khamzin**

##### PART II. ACCOUNT OF THE COMPLEX RAW MATERIALS USE SPECIFICITY IN THE SUBSTANTIATION OF STANDARDS' PARAMETERS

The comparative proposals analysis of the different researchers and specialists in the problems of defining the minimum industrial components content related to the “passing” category in the polycomponent raw material providing its sequential complex processing is fulfilled. Into conception of the maximum (rejective) content of each “basic” and “passing” valuable component in the polycomponent raw material defined from the recoupment condition by only direct additional costs appeared in its production organization is introduced and its definition is given. The maximum (rejective) contents are used in addition to the minimum-industrial content of the conditional (“basic”) component and in the essence and definition correspond to the recommended GMRC approach in the analytical calculation of the board components content. When defining the minimum-industrial content of conditional component it is necessary to include in the calculation only those valuable components of polycomponent raw material the content of that is higher of corresponding maximum (rejective) content. Examples of defining the maximum (rejective) contents of valuable components for the deposits of different industries are given including those on the grounds of which GMRC approved the calculation of commercial reserves with a high estimate.

**Key words:** *polycomponent raw material, complex processing, “passing” component, minimum industrial content, maximum (rejective) content, board content, commercial reserves.*