ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2021;(11-1):276–284
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.7.09:620.113 DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_276

СОСТАВЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОВАРНОГО БАЛАНСА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

А. С. Комлев

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация: Товарный баланс является технологическим отчетом о работе обогатительной фабрики за месяц. Правила составления товарного баланса установлены действующей нормативной документацией. Товарный баланс обогатительной фабрики характеризуется невязкой, имеющей свои знак и величину. Товарный баланс должен составляться по результатам измерения масс продуктов обогащения, массовой доли ценных компонентов и влажности продуктов обогащения. На многих обогатительных фабриках товарный баланс составляется с отступлением от действующих правил. Это может приводить к некорректному изменению величины и знака невязки, в результате чего товарный баланс теряет свой смысл как показатель состояния технологии обогащения и качества опробования. Изменения невязки носят характер систематических погрешностей. То же может происходить при выполнении корректировки массовой доли ценных компонентов в руде и отвальных хвостах, которая предусмотрена нормативной документацией в случае превышения допустимого предела невязки в 2–3% относительных. Товарный баланс должен составляться только по измеренным показателям на обогатительной фабрике. Массовые доли ценных компонентов в руде и отвальных хвостах могут не корректироваться даже в случае превышения допустимого предела, причины которого необходимо подробно изучать и устранять.

Ключевые слова: невязка товарного баланса, измерение массы, результаты опробования, масса ценного компонента, корректировка массовой доли, систематические погрешности.

Для цитирования: *Комлев А. С.* Составление и использование товарного баланса обогатительной фабрики // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 11-1. – С. 276–284. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_276.

Making-out and use of commodity balance at processing plant

A. S. Komlev

Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

Abstract: A commodity balance is a monthly report of performance of a processing plant. Making-out of a commodity balance follows standards of effective regulatory documents. The processing plant commodity balance features imbalance of certain value and sign. A commodity balancer should be made out based on the measurements of mass of processing products, mass fraction of valuable components and moisture. Many processing plants make out commodity balances not as established by regulatory documents. This results in wrong variation in the vale and sign of the imbalance, and the commodity balance loses its meaning of a quality indicator

© А. С. Комлев. 2021

of a processing technology and sampling. The variation in the imbalance is a systematic error. The same takes place in adjustment of mass fraction of valuable components in ore and in tailings. Adjustment is dictated by regulatory documents if the allowable imbalance is exceeded by 2–3%. Commodity balances are made out only using measured indices at processing plants. Mass fractions of valuable components in ore and tailings may remain unadjusted even in case when the allowable limit is exceeded. The causes of the overshoot should be studied and eliminated.

Key words: commodity imbalance, mass measurement, sampling results, valuable component mass, mass fraction adjustment, systematic errors.

For citation: Komlev A. S. Making-out and use of commodity balance at processing plant. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(11-1):276—284. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_276.

Введение

Товарный баланс представляет собой технологический отчет о работе обогатительной фабрики за месяц. Товарный баланс содержит сведения о поступлении на обогатительную фабрику руды, об отгрузке товарных концентратов и о выпуске отвальных хвостов, а также о накоплении руды и концентратов на складах и в емкостях [1 — 3].

На обогатительной фабрике составляется ежемесячный товарный баланс по извлекаемым ценным компонентам, который формируется на основе справок о поступлении руды и отгрузке товарных концентратов, а также технологического баланса обогатительной фабрики и определения масс ценного компонента в бункерах руды, сгустителях и складах на начало и конец отчетного месяца [3].

На обогатительной фабрике составляется посменно технологический баланс с накоплением масс извлекаемых ценных компонентов нарастающим итогом с получением их общего количества за месяц в руде, концентратах и отвальных хвостах [4].

При условии расчета в технологическом балансе накопленных масс ценных компонентов во всех входящих и выходящих продуктах, возможно составить полный товарный баланс с расчетом фактических невязок по всем извлекаемым ценным компонентам.

Методы исследования формы составления товарного баланса

Исходными данными для составления товарного баланса являются величины, полученные по результатам прямых измерений и опробования:

- массы продуктов обогащения;
- массовые доли ценных компонентов в продуктах обогащения;
- влажность продуктов обогащения.

На первый взгляд, очевидным является тот факт, что для обогатительной фабрики масса ценного компонента в поступившей на переработку руде должна равняться массе ценного компонента в продуктах обогащения [3, 5, 6]. Тем не менее, на практике такое равенство является практически недостижимым. Причиной являются погрешности определения указанных выше величин [7 — 9]. В результате масса поступающего на обогатительную фабрику ценного компонента с рудой не будет равна массе ценного компонента, выходящего с товарными концентратами и отвальными хвостами. Разность масс ценного компонента в поступающей руде и выходящих продуктах носит название невязки товарного баланса [2, 3, 6]. Невязка товарного баланса рассчитывается с учетом остатков продуктов

в фактических и условных емкостях обогатительной фабрики — в бункерах, сгустителях, на складах.

Основные правила составления товарного баланса устанавливаются двумя действующими нормативными документами [1, 2]:

– ПБ 07—601—03. «Правила охраны недр» (с изменениями от 30 июня 2009 г., утверждены 06.06.2003 г.);

– «Типовая инструкция по составлению товарного баланса металлов на обогатительных фабриках Министерства цветной металлургии СССР» (введена в действие в 1968 г.).

Описание исследований формы составления товарного баланса

Как правило, товарный баланс составляется по результатам работы обогатительной фабрики за один календарный месяц [3, 6].

Следует отметить, что товарный баланс является внутренним документом обогатительной фабрики, никак не связанным с поставщиками сырья и потребителями товарной продукции. По этой причине в товарный баланс не следует включать результаты измерения массы и опробования сырья и товарной продукции у поставщиков и потребителей. Сведения, связанные с определениями масс, массовых долей и влажности соответствующих продуктов поставщиками и потребителями, следует вносить и использовать в документах, не имеющих отношения к товарному балансу обогатительной фабрики и влияния на его показатели. В таких документах допускаются изменения по результатам опробования и измерений масс у поставщиков и потребителей. Но такой составленный баланс не должен быть основанием для исправления товарного баланса обогатительной фабрики. Это необходимо потому, что товарный баланс в его правильном, независимом исполнении позволяет оценить состояние работы обогатительной фабрики и качество опробования продуктов обогащения непосредственно по результатам работы самой обогатительной фабрики [10—12]. При этом бессмысленно с помощью поправок или корректировок пытаться достичь какого-либо «компромиссного» товарного баланса, так как такой товарный баланс теряет свой технологический смысл как показатель состояния технологии обогащения и показатель качества опробования.

Результаты исследований формы составления товарного баланса

По состоянию на сегодняшний день на обогатительных фабриках товарный баланс зачастую составляется с отступлениями от требований указанных нормативных документов или с прямыми их нарушениями [7, 13]. Одной из причин указанных отступлений (нарушений) являются сложившиеся современные финансово-экономические условия, в которых ведут деятельность горно-обогатительные предприятия [14, 15]. Согласно этим условиям, например, обязательным является закрытие финансовой отчетности с балансом товарно-денежных потоков, сведенным к нулю. Такой подход, в целом оправданный с экономической точки зрения для предприятия, как для пользователя недр, не учитывает особенностей независимого товарного баланса обогатительной фабрики, обусловленных погрешностями результата опробования. В сложившихся условиях товарный баланс вынужденно корректируется до приемлемых значений невязки, установленных ПБ 07—601—03 на уровне 2—3% [1, 3]. В некоторых случаях алгоритм составления товарного баланса автоматически предусматривает получение нулевой невязки, что

делает такой баланс неинформативным [16—18]. Также существует множество допущений и упрощенных подходов к составлению товарного баланса, которые исключают индивидуальные особенности и очевидные недостатки системы опробования обогатительной фабрики [19—21]. Некоторые примеры нарушения требований нормативных документов при составлении товарных балансов перечислены ниже:

– корректировка массы ценного компонента в отгруженных товарных концентратах по результатам опробования у потребителя;

– использование для товарного баланса массы переработанной руды без учета массы руды, которая поставлена на обогатительную фабрику, но не направлена в переработку на момент составления товарного баланса;

– корректировка результатов взвешивания продукта на весах по результатам взвешивания этого же продукта на других весах (например, у потребителя товарного концентрата);

– определение массы ценного компонента в отвальных хвостах путем вычитания массы ценного компонента в товарных концентратах из массы ценного компонента в исходной руде;

– использование в товарном балансе результатов опробования технологических хвостов обогатительной фабрики вместо результата опробования общих отвальных хвостов;

– определение массы продукта в емкости (в бункере или на складе) по разнице накопленных показаний весов на входе и выходе емкости;

– корректировка массы ценного компонента в продуктах в пределах погрешности аттестованной методики измерений данного компонента;

– определение массы ценного компонента в отвальных хвостах на основании анализа накопленной пробы за декаду или за месяц.

Обсуждение результатов исследований формы составления товарного баланса

Перечисленные нарушения могут приводить к систематическим погрешностям определения величины невязки товарного баланса [3, 6, 16].

Часть перечисленных пунктов не имеют характера прямых нарушений требований, но заключают в себе основу для значимого изменения показателей работы обогатительной фабрики. Это происходит за счет высоких случайных и вероятных систематических погрешностей расчетных величин [3, 16, 22]. В результате на многих обогатительных фабриках товарный баланс как технологический отчетный документ обогатительного передела приобретает исключительно формальный характер и зачастую составляется финансово-экономическими службами предприятия. Само название товарного баланса также может быть иным: «Баланс металлов», «Справка о движении продуктов по обогатительному производству», «Отчет о переработке и отгрузке» и т. п. Такой товарный баланс не позволяет выполнять объективную оценку функционирования системы опробования и технологии обогащения. Истинные значения невязок по извлекаемым ценным компонентам в существующих товарных балансах, как правило, отсутствуют по причине их целенаправленного приведения к нулевому значению.

Предложения по практическому применению рекомендуемой формы товарного баланса

В связи с изложенным возможно рекомендовать выполнение следующих мероприятий, направленных на повы-

шение технологической информативности товарного баланса и исключение систематической погрешности невязки:

– отказ от выполнения расчета масс по разности поступивших и вышедших продуктов;

– исключение каких-либо искусственных корректировок измеренных на обогатительной фабрике величин;

– исключение любых изменений в исходных документах товарного баланса, а также в самом товарном балансе, связанных с результатами приема партий товарных концентратов потребителями и результатами определения показателей по отгрузке со стороны поставщиков руды;

– составление товарного баланса на первое число каждого календарного месяца по сведенным и закрытым на первое число первичным документам;

– составление товарного баланса в форме отдельного документа с приложением всех первичных справок и актов, содержащих измеренные на обогатительной фабрике величины с расчетом невязок по всем извлекаемым ценным компонентам;

– выполнение корректировки массы ценных компонентов в руде или отвальных хвостах только после расчета невязок в соответствии с требованиями ПБ 07 — 601 — 03, после чего возможно будет предоставлять скорректированные сведения для составления общего баланса ценных компонентов по предприятию;

– поступление на обогатительную фабрику руды и отгрузку товарных концентратов фиксировать отдельными документами, прилагаемыми к товарному балансу, при этом корректировка данных документов является недопустимой;

– порядок согласования величины массовых долей ценных компонентов и масс ценных компонентов между поставщиками руды, обогатительной фабрикой и потребителями товарных концентратов должен устанавливаться договором поставки (соглашением о поставке), а также иными документами, на основании которых выполняются финансовые расчеты (например, списание потерянного после отгрузки товарного концентрата);

– для учета ненормативных потерь в невязке товарного баланса выполнять опробование общих отвальных хвостов обогатительной фабрики;

– определение массы ценных компонентов в отвальных хвостах через сухую массу отвальных хвостов и средневзвешенное значение массовой доли ценного компонента в отвальных хвостах, определенное посменным накопленным итогом в технологическом балансе обогатительной фабрики.

Корректировку товарного баланса следует проводить только по невязкам в соответствии с требованиями ПБ 07 — 601 — 03 [1]:

1. Избыток ценного компонента (положительная невязка до 2 — 3%) относится целиком на повышение его массовой доли в руде.

2. Недостаток ценного компонента (отрицательная невязка до 2 — 3%), относится пропорционально его массам на снижение массовой доли в руде и на повышение массовой доли в отвальных хвостах.

3. Корректировка товарных балансов за месяц по сведениям потребителей товарных концентратов не предусмотрена.

4. Исключить корректировку массы ценных компонентов в продуктах в пределах погрешностей методики измерения этого компонента (в таком случае накопленные значения массы за месяц, характеризующиеся сравнительно невысокой случайной погрешностью определения, корректируются в преде-

лах значительно большей по величине погрешности за смену).

Аналогичные требования содержатся в Типовой инструкции по составлению товарного баланса металлов на обогатительных фабриках Министерства цветной металлургии СССР. В указанной Типовой инструкции предел невязки, допускающий корректировку, ограничен величиной ±2%. При превышении такого предела и сохранении знака невязки в течение трех месяцев подряд и более для выявления причин ее возникновения и поиска путей устранения должна быть создана специальная комиссия. В соответствии с действующими документами товарный баланс обогатительной фабрики корректируется в пределах невязки при превышении ее установленного предела, при этом должна быть выяснена причина превышения. Таким образом, предписанная Типовой инструкцией корректировка масс и массовых долей ценных компонентов не имеет практической ценности, так как сводится по большей части только к изменению массовой доли в руде (изменение в отвальных хвостах незначительно), концентраты по массовой доле не корректируется, также не корректируются и массы ценного компонента в емкостях (эти массы могут быть определены со значительными погрешностями нескольких видов).

Отрицательная невязка может быть вызвана потерями концентрата или неучтенными механическими потерями, некачественным опробованием емкостей, а уменьшать, несмотря ни на что, приходится массовую долю в руде.

Положительная невязка, как принято считать, может появиться только случайным образом [3, 5, 6]. Тем не менее, существует достаточно причин ее неслучайного появления: недостоверный учет ценного компонента в емкостях (особенно, если масса продукта в емкостях определяется по разности показаний весов), переработка неучтенного сырья или хвостов, а также специфические погрешности опробования (вероятная систематическая и методическая), не учтенные указанными действующими нормативными документами [10, 11, 13]. В Правилах и Типовой инструкции такие отдельные позиции неслучайного появления положительной невязки не учтены: специфические погрешности опробования и измерений массы на момент составления указанных документов не были изучены в достаточной степени.

Отсюда можно сделать вывод, что корректировка массовой доли ценного компонента и массы продуктов возможна, но не должна быть обязательной вне зависимости от величины невязки. Фактически, в Типовой инструкции присутствует подтверждение данного тезиса — при превышении величины невязки ±2% следует выяснять причины превышения и устранять их, а не просто соглашаться с величиной невязки и выполнять корректировку.

Важно, что корректируются не товарный баланс и не сама величина невязки, а только массы ценного компонента в руде и отвальных хвостах с целью общей отчетности о работе предприятия, включая взаимодействие с поставщиками и потребителями. Корректировка составленного товарного баланса и величины невязки приводит к дополнительному неверному пониманию показателей процесса обогащения и качества выполнения опробования. Дополнительно может сложиться ситуация, когда необнаруженные случайные потери руды или товарного концентрата напрямую в худшую сторону будут искажать существующие приемлемые показатели работы обогатительной фабрики.

Заключение

На основании изложенного можно сделать следующие основные выводы:

1. Рекомендованный к составлению товарный баланс обогатительной фабрики следует выполнять в форме отдельного документа, включающего сводные сведения за месяц о приеме руды, отгрузке товарных концентратов, выпуске отвальных хвостов, а также справки об опробовании продуктов в бункерах руды, в сгустителях и на складах товарных концентратов. Товарный баланс составляется только по измеряемым на обогатительной фабрике показателям.

2. Учет и согласование расхождений с поставщиками руды и потребителями товарных концентратов по массам ценных компонентов должны отражаться в отдельных документах и фиксироваться в финансовой документации предприятия. Бухгалтерский учет ценных компонентов в руде и товарной продукции не может являться основанием для исправления товарного баланса обогатительной фабрики.

3. Предписанная нормативными документами корректировка масс и массовых долей ценных компонентов может не иметь практической ценности, так как она напрямую изменяет массовые доли ценных компонентов в руде и отвальных хвостах, при этом не устраняя причины, по которым невязка приобрела имеющуюся величину.

4. Корректировка массовой доли ценных компонентов и масс продуктов в общем балансе ценных компонентов по предприятию возможна, но не должна быть обязательной вне зависимости от величины невязки. Предпочтение нужно отдавать анализу причин появления большой величины невязки или ее постоянного знака и устранению указанных причин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПБ 07—601—03. Правила охраны недр (с изменениями от 30 июня 2009 г.). Утверждены 06.06.2003 г.
2. Типовая инструкция по составлению товарного баланса металлов на обогатительных фабриках Министерства цветной металлургии СССР. 1968 г.
3. *Козин В. З.* Товарный баланс обогатительных фабрик: научная монография. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. — 133 с.
4. *Козин В. З.* Технологический баланс обогатительных фабрик. Научная монография. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 150 с.
5. *Локонов М. Ф.* Опробование на обогатительных фабриках. — М.: Госгортехиздат, 1961. — 276 с.
6. *Карпенко Н. В.* К оцениванию невязки и корректировке товарного баланса металлов на обогатительных фабриках // Обогащение руд. 1992. № 1. С. 13—20.
7. *Pitard F.* Correct sampling systems and statistical tools for metallurgical prosesses // XXVII International Mineral Processing Congress. Santiago, Chile, 2014. Chap. 15. P. 1.
8. *Никитенко Е. М.*, *Евтушенко М. Б.*, *Юшина Т. И.* Совершенствование пробирного анализа руд Дегдеканского месторождения. Обогащение руд, 2019, № 1, С. 34—38.
9. *Крылов Г. В.* Упрощение обработки разведочных проб. Материалы совещания 5—7 октября 1960 г. Вопросы методики опробования рудных месторождений при разведке и эксплуатации. — М.: Госгеолтехиздат, 1962. — С. 27—35.
10. ГОСТ 14180—80. Руды и концентраты цветных металлов. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа и определения влаги. М.: Издательство стандартов. — 27 с.
11. ОСТ 48—276—86. Руды и концентраты цветных металлов с попутным содержанием благородных металлов. Отбор и подготовка проб для определения содержания благородных металлов и влаги.

12. Типовые методические указания по определению, учету, экономической оценке и нормированию потерь твердых полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов при переработке минерального сырья. М.: Отраслевой стандарт СССР. — 97 с.

13. *Даваасамбуу Д.*, *Эрдэнэцогт Д.* Оптимизация процессов флотации медно-молибденовых руд на основе оперативного анализа минерального состава // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы XX Международной научно-технической конференции. Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2015. С. 52—56.

14. *Уткина С. И.* Экономика горного предприятия. Учебное пособие для вузов. — М.: МГГУ, 2003. — 262 с.

15. *Остапенко П. Е.*, *Остапенко С. П.* Оценка качества минерального сырья. — М: Недра, 2002. — 157 с.

16. *Козин В. З.* О погрешностях измерения масс, массовых долей и масс ценных компонентов на обогатительных фабриках // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы XXI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2016. С. 3—6.

17. ГОСТ 12166—66. Руды цветных металлов. Нормы точности определения массы.

18. *Lishchuk V.*, *Lambery P.*, *Lund C.* Evaluation of sampling in geometallurgical programs through synthetic deposit model // XXVIII international Mineral Processing Congress. Quebec City, Canada. 2016. Paper ID 378.

19. *Азарян В. А.*, *Трачук А. А.* Обоснование геометрических и технологических параметров системы оперативного контроля качества исходной руды и продуктов обогащения // сб.: Стратегия качества в промышленности и образовании. — Т. 1. — Варна, 2007.

20. *Lotter N. O. Evans C. L. Engstom K.* Sampling — A key tool in modern process mineralogy/ Minerals Engineering. V. 116, 15 January 2018. p. 196—202.

21. Napier-*Munn T. J.*, *Whiten W. J.*, *Faramarzi F.* Bias in manual Sampling of rock particles. Minerals Engineering. V. 153., 1 July, 2020, article 106260.

22. *Bergh L.*, *Yianatos J.*, *Olivares J.*, *Duran J.* Expert control system of a hybrid pilot rougher flotation circuit including predictive models // XXVIII international Mineral Processing Congress. Quebec City, Canada. 2016. Paper ID 407. ГИАБ

REFERENCES

1. *PB 07—601—03*. Rules for the protection of mineral resources (as amended on June 30, 2009). Approved on 06.06.2003. [In Russ]

2. Standard instructions for compiling the commodity balance of metals at the processing plants of the Ministry of Non-ferrous Metallurgy of the USSR. 1968. [In Russ]

3. Kozin V. Z. *Tovarnyj balans obogatitel'nyh fabrik* [Commodity balance of processing plants: a scientific monograph]. Yekaterinburg: Publishing house of UGSU, 2014, 133 p. [In Russ]

4. Kozin V. Z. *Tekhnologicheskij balans obogatitel'nyh fabrik* [Technological balance of processing plants]. Scientific monograph. Yekaterinburg: Publishing house of UGSU, 2017. 150 p. [In Russ]

5. Lokonov M. F. *Oprobovanie na obogatitel'nyh fabrikah* [Testing at processing plants]. Moscow: Gosgortehizdat, 1961—276 p. [In Russ]

6. Karpenko N. V. To the estimation of the discrepancy and adjustment of the commodity balance of metals at processing plants. *Ore dressing*. 1992. no. 1. pp. 13—20.

7. Pitard F. Correct sampling systems and statistical tools for metallurgical prosesses // XXVII International Mineral Processing Congress. Santiago, Chile, 2014. Chap. 15. P. 1.

8. Nikitenko E. M., Yevtushenko M. B., Yushina T. I. Improvement of assay analysis of ores of the Degdekansky deposit. *Ore Dressing*, 2019, no. 1, pp. 34—38.

9. Krylov G. V. Simplification of processing of exploratory samples. Materials of the meeting on October 5—7, 1960. Questions of the methodology of testing ore deposits during exploration and operation. Moscow: Gosgeoltehizdat, 1962. pp. 27—35.

10. *GOST 14180—80*. Ores and concentrates of non-ferrous metals. Methods of sampling and preparation of samples for chemical analysis and determination of moisture. Moscow: Publishing House of standards. 27 p. [In Russ]

11. *OST 48—276—86*. Ores and concentrates of non-ferrous metals with an associated content of precious metals. Sampling and preparation of samples to determine the content of precious metals and moisture. [In Russ]

12. Standard methodological guidelines for the definition, accounting, economic assessment and rationing of losses of solid minerals and components contained in them during the processing of mineral raw materials. Moscow: Industry standard of the USSR. 97 p. [In Russ]

13. Davaasambu D., Erdenetsogt D. Optimization of flotation processes of copper-molybdenum ores on the basis of operational analysis of mineral composition. Scientific bases and practice of processing ores and technogenic raw materials: Materials of the XX International Scientific and Technical Conference. Yekaterinburg: Publishing house «Fort Dialog-Iset», 2015. pp. 52—56.

14. Utkina S. I. *Ekonomika gornogo predpriyatiya* [Economics of a mining enterprise]. Textbook for universities. Moscow: MGGU, 2003—262 p. [In Russ]

15. Ostapenko P. E., Ostapenko S. P. *Ocenka kachestva mineral'nogo syr'ya* [Evaluation of the quality of mineral raw materials]. Moscow: Nedra, 2002—157 p. [In Russ]

16. Kozin V. Z. On measurement errors of masses, mass fractions and mass of valuable components at processing plants. Scientific bases and practice of processing ores and technogenic raw materials: Materials of the XXI International Scientific and Technical Conference. Yekaterinburg: Publishing house «Fort Dialog-Iset», 2016. pp. 3—6.

17. *GOST 12166—66*. Ores of non-ferrous metals. Standards for the accuracy of determining the mass. [In Russ]

18. Lishchuk V., Lambery P., Lund C. Evaluation of sampling in geometallurgical programs through synthetic deposit model. XXVIII international Mineral Processing Congress. Quebec City, Canada. 2016. Paper ID 378.

19. Azaryan V. A., Trachuk A. A. Substantiation of geometric and technological parameters of the system of operational quality control of the initial ore and enrichment products. sb.: Quality strategy in industry and education. Vol. 1. Varna, 2007.

20. Lotter N. O. Evans C. L. Engstom K. Sampling A key tool in modern process mineralogy/ Minerals Engineering. V. 116, 15 January 2018. p. 196—202.

21. Napier-Munn T. J., Whiten W. J., Faramarzi F. Bias in manual Sampling of rock particles. Minerals Engineering. V. 153., 1 July, 2020, article 106260.

22. Bergh L., Yianatos J., Olivares J., Duran J. Expert control system of a hybrid pilot rougher flotation circuit including predictive models. XXVIII international Mineral Processing Congress. Quebec City, Canada. 2016. Paper ID 407.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Комлев Алексей Сергеевич — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Уральский государственный горный университет, кафедра обогащения полезных ископаемых, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Komlev A. S., Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, e-mail: tails2002@inbox.ru, Ural State Mining University, Mineral Processing Department, ul. Kuibysheva 30, Yekaterinburg, 620144 Russia.

Получена редакцией 25.05.2021; получена после рецензии 21.06.2021; принята к печати 10.10.2021.
Received by the editors 25.05.2021; received after the review 21.06.2021; accepted for printing 10.10.2021.