

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/112EVN617.pdf>

Статья опубликована 20.12.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Шадрунова И.В., Орехова Н.Н., Чекушина Т.В., Горлова О.Е. Принципы адаптации ресурсосберегающих технологий переработки вторичного металлосодержащего сырья // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/112EVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (научный проект № 16-05-00818)*

**УДК 332.3:550.8.013**

**Шадрунова Ирина Владимировна**

ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН», Россия, Москва<sup>1</sup>  
Заведующий отделом горной экологии  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: shadrunova\_@mail.ru

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=146965](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=146965)

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508278979>

**Орехова Наталья Николаевна**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, Магнитогорск  
Доцент кафедры «Обогащения полезных ископаемых»  
ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН», Россия, Москва  
Ведущий научный сотрудник отдела горной экологии  
Доктор технических наук, доцент  
E-mail: n\_orehova@mail.ru

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=207952](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=207952)

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55830145800>

**Чекушина Татьяна Владимировна**

ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН», Россия, Москва  
Ведущий научный сотрудник отдела горной экологии  
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Россия, Москва  
Доцент департамента геологии, горного и нефтегазового дела  
Доктор экономических наук, кандидат технических наук  
E-mail: council-ras@bk.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9261-1105>

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=61549](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=61549)

SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=8848759700>

**Горлова Ольга Евгеньевна**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, Магнитогорск  
Доцент кафедры «Обогащения полезных ископаемых»  
Кандидат технических наук  
E-mail: gorlova\_o\_e@mail.ru

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=301567](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=301567)

---

<sup>1</sup> 111020, Москва, Крюковский туп., 4

## Принципы адаптации ресурсосберегающих технологий переработки вторичного металлосодержащего сырья

**Аннотация.** В статье показаны основные принципы адаптации методов и технологий обогащения к техногенному минеральному сырью. Описаны принцип материального баланса, принцип баланса ценностей, принцип технологической взаимосвязи, принцип рациональной эффективности, принцип экологичности. Показано, что использование твердых промышленных отходов является важной составной частью ресурсосбережения. Уделено внимание достижению экологического эффекта вследствие сокращения количества образующихся и увеличения доли перерабатываемых промышленных отходов. Доказано, что принцип экологичности требует обеспечения экологического равновесия и максимальной сохранности окружающей природной среды при переработке техногенного сырья. Описаны глобальные эколого-экономические проблемы рационального природопользования, с одной стороны, проблемы возможного истощения природных ресурсов, а отсюда необходимости максимального сбережения невозобновляемых ресурсов как за счет более полного и комплексного извлечения из него ценных компонентов, так и вовлечения в хозяйственный оборот накопленных отходов производства, с другой стороны – проблемы загрязнения окружающей среды всеми видами отходов производства и потребления. Адаптация рассматривается нами в совокупности с эволюцией методов и технологий обогащения, представляющей собой качественное изменение как конструктивных параметров обогатительного оборудования, так и технологических решений.

**Ключевые слова:** ресурсы; рациональное природопользование; разработка; адаптация; обогащение полезных ископаемых; техногенное сырье; принцип; эффективность; метод; режимы; технологии; геоэкология; экономика

Приоритетным направлением «Рациональное природопользование» в рамках тематической области «Технологии эффективного и рационального воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ) Российской Федерации» прирост минерально-сырьевой базы связывается не только с поиском новых месторождений полезных ископаемых, но и с более эффективной переработкой твердых полезных ископаемых, включая энергосберегающую комплексную переработку труднообогатимого природного и техногенного минерального сырья с высокой степенью концентрации минеральных комплексов; с проведением исследований по вовлечению в переработку в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых. Не менее актуальными являются поисковые и проблемно-ориентированные исследования в области экологически безопасного обращения с отходами, включая ликвидацию накопленных ранее экологических проблем в рамках тематической области «Технологии обеспечения благоприятной окружающей среды и экологического благополучия населения Российской Федерации». Это предусматривает разработку экологически безопасных ресурсосберегающих технологий переработки отходов производства с получением изделий и материалов, а также ценных компонентов (строительных изделий и материалов, смазок и паст, горючих газов, жидких топливных фракций и композиционных материалов, концентратов драгоценных и редких металлов и т. д.) [9, 10]. Эти позиции отражают две стороны глобальной проблемы рационального природопользования, с одной стороны, проблемы возможного истощения природных ресурсов, а отсюда необходимости максимального сбережения невозобновляемых ресурсов как за счет более полного и комплексного извлечения из него ценных компонентов, так и вовлечения в хозяйственный оборот накопленных отходов производства, с другой стороны – проблемы загрязнения окружающей среды всеми видами отходов производства и

потребления. Таким образом, использование твердых промышленных отходов является важной составной частью ресурсосбережения, при этом также будет достигаться и выраженный экологический эффект вследствие сокращения количества образующихся и увеличения доли перерабатываемых промышленных отходов [2].

Под адаптацией понимается способность технических систем и методов приспосабливаться к конкретным условиям, что приводит к повышению эффективности их работы. Под адаптации разделительных процессов и технологий обогащения к техногенному минеральному сырью мы понимаем возможность и необходимость для модификации, то есть для приспособления методов и технологий обогащения к конкретным горно-геологическим условиям техногенного месторождения и применительно к наличию большого числа признаков и свойств минералов, оказывающих существенное влияние на их поведение в процессе разделения, таких как специфично измененные технологические свойства техногенного минерального сырья, сложные структурно-морфологические характеристики, низкое содержание и нетрадиционные минеральные формы нахождения ценных компонентов и т. п. Адаптация рассматривается нами в совокупности с эволюцией методов и технологий обогащения, представляющей собой качественное изменение как конструктивных параметров обогатительного оборудования, так и технологических решений, что в конечном итоге обеспечит окупаемость переработки техногенного сырья, максимально полное использование его ресурсного потенциала и минимальное повторное образование отходов. В этой связи развитие методов и технологий обогащения имеет ярко выраженный адаптационный характер, что может быть проиллюстрировано следующими примерами.

Адаптационный подход был успешно применен при разработке комбинированной гравитационно-гидрохлоридной технологии доизвлечения золота из техногенного минерального образования – хвостохранилища Семеновской золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ). Многие хвостохранилища ЗИФ классифицированы как техногенные объекты золотодобычи с утвержденными запасами золота и в настоящее время актуально востребованы промышленностью [3, 4]. Запасы золотосодержащих хвостов Семеновской ЗИФ по данным промышленной геологоразведки были оценены в 2638,8 тыс. т твердых отходов со средней массовой долей золота 1,23 г/т; серебра – 16,2 г/т; разведанные и подсчитанные в процессе разведки запасы золота в контуре хвостохранилища составили 3,3 т. Золото преимущественно находится в свободном виде, 75 % его связано с классом менее 0,074 мм; 25,4-42,9 % – в связанном состоянии, в основном с кварцем. Кроме золота и серебра в лежалых хвостах присутствует ртуть, поскольку в первые годы работы фабрики использовалась технология амальгамации, и другие тяжелые металлы. Поэтому переработка лежалых хвостов золотоизвлекательной фабрики будет иметь и существенно значимый экологический эффект.

Ресурсосберегающая технология переработки вторичного металлосодержащего сырья черной металлургии – шламов газоочистных систем доменных печей разработана на основе адаптации существующих традиционных схем и режимов флотации железных руд, флотационной доводки магнетитовых концентратов для обесцинкования шламов. По содержанию железа и кремнезема основная масса железосодержащих шламов, образующихся в газоочистных системах доменных печей на всех предприятиях черной металлургии, удовлетворяет требованиям последующей утилизации их в металлургическом переделе, но тонкодисперсный состав, нестабильность химического состава, наличие вредных примесей, таких как цинк, свинец, щелочные металлы, препятствует их наиболее полному использованию в составе аглошихты [8]. Наиболее вредной примесью в составе доменных шламов является цинк, повышенное содержание которого в аглошихте отрицательно сказывается на процессе доменной плавки, что не позволяет возвращать доменные шламы в основной цикл производства чугуна без предварительного обесцинкования. Разработанные и используемые в некоторых странах методы пирометаллургической переработки пылей и шламов, основанные на

восстановительном обжиге сырья и отгонке цинка из исходной шихты с последующим улавливанием его в виде оксида цинка либо металлического цинка, требуют сооружения специальных дорогостоящих установок, высоких капитальных и эксплуатационных затрат, а перерабатываемые отходы должны содержать не менее 4 % цинка [6].

В газоочистных системах доменных печей ОАО «ММК» ежегодно образуется порядка 200 тыс. тонн железосодержащих шламов, содержащих в среднем 51 % железа и 1,38-1,58 % цинка [5]. Для снижения массовой доли цинка в железосодержащих шлаках с одновременным выделением цинксодержащих примесей в дополнительный продукт, пригодный для цветной металлургии, было предложено использовать методы традиционно применяемые в обогащении полезных ископаемых – обратную флотацию и магнитную сепарацию. Целесообразность применения обратной флотации для обесцинкования доменных шламов была обоснована следующими соображениями: шламы являются материалом тонкодисперсным, на 80-90 % представленным классом менее 74 мкм, поэтому не потребуются их измельчение; шламы поступают из газоочисток доменных печей в виде шламосодержащих вод и после сгущения в радиальных отстойниках могут быть направлены на флотацию; вредные примеси в составе шламов имеют полигенную природу и полиминеральный состав, их концентрируют простые и сложные оксиды такие как цинкит и франклинит, и путем подбора реагентного режима их можно сфлотировать в отдельный продукт; обратная флотация экономически выгоднее и дает более высокие показатели при обогащении продуктов с высоким содержанием железа, к которым можно отнести и доменные шламы, когда содержащиеся в доменных шлаках примеси, в том числе и соединения цинка, флотируются в пенный продукт, выход которого небольшой, а железосодержащий концентрат получается каменным продуктом.

При флотационном обесцинковании доменных шламов ОАО «ММК» с массовой долей железа 50,21 % и массовой долей цинка 1,35 % в режиме обратной флотации с использованием катионных собирателей получено снижение массовой доли цинка в камерном железосодержащем продукте с 1,35 до 0,5-0,6% при повышении массовой доли железа с 50 до 56-57 %. Извлечение железа в камерный продукт обратной флотации высокое – 86-90 %, цинка – 28-30 %. Основная масса цинксодержащих соединений, содержащихся в доменных шлаках, переходила в пенные продукты флотации. Пенные продукты основной флотации после двух перечистных операций содержат 7-8% цинка при извлечении цинка 65-68 % и рассматриваются как цинксодержащий промпродукт для цветной металлургии. Камерные продукты обратной флотации подвергаются мокрой магнитной сепарации с целью повышения содержания железа. Получаемый железосодержащий концентрат с массовой долей железа 61-62 % и массовой долей цинка 0,4-0,45 % отвечает требованиям металлургического производства для использования его в составе аглошихты. Таким образом, при реализации комплексной переработки железосодержащих доменных шламов будет максимально использован их ресурсный потенциал в рамках самого металлургического предприятия.

Сегодня значительное внимание переработке медеплавильных шлаков флотацией. Проводятся работы по адаптации параметров существующего на фабриках процесса к технологическим особенностям флотации медного шлака с целью максимально возможного извлечения меди и сопутствующих металлов в концентрат или промпродукт [7, 11, 12]. В шлаках сконцентрирован значительный по своему потенциалу объем полезных компонентов, что позволяет оценивать их как удобное техногенное сырье, готовое к процессам вторичной переработки и обогащения. Одним из наиболее доступных источников меди является лежалый отвальный шлак. Общая масса шлака в отвале Медногорского медно-серного комбината (ММСК) составляет 30 млн тонн, площадь, занимаемая отвалом – 33 га. Шлак является труднообогатимым, извлечение меди из него по традиционной схеме флотации в щелочной среде не превышает 70 %. Флотационная переработка шлака связана с образованием большого количества тонкодисперсных флотационных хвостов, так называемого «шлакового песка»,

который в настоящее время редко используется и складывается в хвостохранилищах. Эти пески из-за недостаточного полного извлечения из них меди непригодны для использования в строительстве для изготовления различных элементов, прокладки дорог и использования в качестве закладочного материала выработанного шахтного пространства. Как показывают проведенные исследования [11, 12], эти же пески продуцируют кремневую кислоту даже при контакте со слабокислыми водными растворами. Содержание оксида кремния в водной вытяжке рН = 5,5 через 30 минут контакта составляет 320,45 мг/дм<sup>3</sup>, то есть обычная дождевая незагрязненная вода с рН = 5,65 будет способствовать миграции не только металлов, но и «кремнекислоты» в природные ландшафты.

В результате проведенных исследований найден способ интенсификации извлечения меди из медногорских шлаков. Применение комплекса технологических операций в установленной последовательности: измельчение исходного медного шлака и хвостов основной флотации в кислой среде в диапазоне рН 5,5-6,5, кондиционирование оборотной воды фабрики комбинированным подкислением с использованием подотвальной воды, проведение основной, перечистой и контрольной флотации в слабокислой или нейтральной среде с добавкой дополнительного собирателя аэрофлота серии БТФ 1614 в определенном соотношении с БКК приводит к повышению извлечения меди на 9,8-10,3 %, золота на 5,26-5,8 %, серебра на 4,68-7,3 % при сохранении качества медного концентрата. Качество песков флотации позволяет их утилизацию в строительной индустрии. Локальный сбор кислых подотвальных вод для подачи их на кондиционирование оборотных вод позволят снизить техногенную нагрузку на природные водные объекты за счет уменьшения сброса ненормативно очищенных вод.

Уральская горно-металлургическая компания (УГМК) объединяет в единый технологический комплекс горнодобывающие, металлургические, металлообрабатывающие производства, что позволяет координировать деятельность предприятий от добычи сырья до выпуска высокотехнологичной продукции, тем самым повышая комплексность использования сырья с одновременным снижением негативного воздействия производственных процессов на окружающую среду. УГМК последовательно ведёт модернизацию основных производств, внедряя новейшие технологии с обязательным решением экологических проблем на предприятиях Холдинга. Технологические процессы продумываются таким образом, чтобы отходы производства одного предприятия становились сырьем для другого. Так, в новом проекте компании таким промежуточным свинцовым продуктом являются образующиеся при производстве цинка свинцовые кеки – ценный ресурс, почти на 40 % состоящий из свинца. Для сравнения полиметаллические руды считаются богатыми, если они содержат не менее 4 % свинца. Дополнительно в рамках рециклинга свинца используют лом отработанных аккумуляторных батарей, поставляемый предприятиями УГМК и сторонними организациями.

Свинцосодержащее сырье перерабатывают на двух коротко-барабанных печах фирмы «Engitec Technologies S.p.A» (Италия) усовершенствованной конструкции. За счет плавки при повышенной температуре образуются менее токсичные отвальные шлаки. Для окислительного рафинирования черного свинца вместо традиционно используемой натриевой селитры используют менее опасный кислородно-воздушный окислитель, что существенно снижает воздействие на здоровье работников предприятия. За каждой печью располагается установка очистки от пылей, которая предусматривает две ступени очистки: удаление грубых частиц пыли в циклонах и тонкая очистка в рукавных фильтрах. Пыли тонкой очистки представляют собой богатый цинксодержащий продукт, который является ценным сырьем для цинковых заводов Холдинга. Свинцовое производство создано с учетом требований гигиенических норм к рабочей среде. Для этого над плавильными печами установлен специальный купол – аспирационный зонтик для ограничения распространения паров свинца при розливе расплава, из-под которого технологические газы отводят в систему пылеочистки.

Таким образом, применение новых эффективных ресурсосберегающих технологий комплексной переработки вторичного металлсодержащего сырья, а также совершенствование организации производства повышают возможности его промышленного освоения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федотов П. К., Петухов В. И., Федотов К. В. и др. [Текст]: Анализ направлений переработки лежалых хвостов Джидинского ВМК // Обогащение руд. 2016. №1. – С. 40-46.
2. Анисимов В. Н. [Текст]: Безотходная переработка природно-техногенных месторождений мобильными технологическими комплексами // Горная промышленность. 2009. №4 (86). – С. 35-40.
3. Беневольский Б. И., Шевцов Т. П. О потенциале техногенных россыпей золота Российской Федерации // Минеральные ресурсы России. 2000. №1. – С. 14-18.
4. Бочаров В. А., Игнаткина В. А. [Текст] Технология обогащения золотосодержащего сырья. – М: МИСиС, 2011. – 328 с.
5. Горлова О. Е., Хасанов Н. И. [Текст]: Комплексная переработка тонкодисперсных железосодержащих отходов металлургического производства с применением методов обогащения // Черная металлургия. 2014. №3 (1371). – С. 93-96.
6. Журавлев В. В., Кобелев В. А. [Текст]: Анализ существующих технологий переработки сталеплавильной цинксодержащей пыли и направления дальнейшего использования // Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов: труды междунар. конгресса (13-15 июня 2012 г.). Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – С. 286-290.
7. Перспективные направления обогащения техногенных отходов / Г. И. Газалеева, С. Л. Орлов, А. Г. Савин, В.Н. Закирничный [Текст] // Экология и промышленность России. 2013. №1. – С. 16-21.
8. Степин Г. М., Мкртчян Л. С., Довлядов И. В., Борщевский И. К. [Текст]: Проблемы цинка в доменном производстве России и пути их решения // Металлург. 2001. №10. – С. 39-42.
9. Рабочие материалы по приоритетному направлению «Рациональное природопользование» [Электронный ресурс]: URL: <http://kurs.znate.ru/docs/index-106502.html>.
10. Чантурия В. А., Козлов А. П. [Текст]: Развитие физико-химических основ и разработка инновационных технологий глубокой переработки техногенного минерального сырья // Горный журнал. 2014. №7. – С. 78-84.
11. Sabanova M. N., Savin A. G., Shadrunkova I. V., Orekhova N. N. [Текст]: Tipizatsiya mednykh shlakov Ural'skogo regiona, praktika i perspektivy flotatsionnoy pererabotki na deystvuyushchikh obogatitel'nykh fabrikakh // Non-ferrous metals, 2013. No 8, pp. 14-19.
12. Shadrunkova I. V., Sabanova M. N., Orekhova N. N., Gorlova O. E., Chekushina T. V. [Текст]: Efficiency of use of collecting agents for increase of extraction values by copper, gold and silver flotation from complex slags of coppersmelting production // Metallurgical and Mining Industry. 2016. T.7. С. 69-75.

### **Shadrunova Irina Vladimirovna**

Melnikov institute of comprehensive exploitation of mineral resources Russian academy of sciences, Russia, Moscow  
E-mail: shadrunova\_@mail.ru

### **Orekhova Natalia Nikolaevna**

Nosov Magnitogorsk state technical university, Russia, Magnitogorsk  
Melnikov institute of comprehensive exploitation of mineral resources Russian academy of sciences, Russia, Moscow  
E-mail: n\_orehova@mail.ru

### **Chekushina Tatiana Vladimirovna**

Melnikov institute of comprehensive exploitation of mineral resources Russian academy of sciences, Russia, Moscow  
Russian University of people's friendship, Russia, Moscow  
E-mail: council-ras@bk.ru

### **Gorlova Olga Evgen'evna**

Nosov Magnitogorsk state technical university, Russia, Magnitogorsk  
E-mail: gorlova\_o\_e@mail.ru

## **The principles of adaptation of resource-saving technologies for processing metal-containing raw materials**

**Abstract.** Shows the main principles of adaptation of methods and technologies for enrichment of technogenic mineral raw materials: principle of material balance, principle of balance of values, principle of technological interlink ages, principle of rational efficiency, principle of sustainability. It is shown that the use of solid industrial waste is an important part of resource conservation. Attention is paid to the achievement of the environmental effect due to the reduction of the number produced and increasing the share of recyclable industrial waste. Describes global environmental and economic problems rational nature management: possible exhaustion of natural resources and hence the need for maximum conservation of non-renewable resources due to more complete and comprehensive extraction of valuable components, and involving in economic circulation of the accumulated waste products, on the other hand, problem environmental pollution of all types of waste production and consumption. Adaptation is considered in conjunction with the evolution of techniques and technology of enrichment, which is a qualitative change as the design parameters for mineral processing equipment and technological solutions.

**Keywords:** resources; environmental management; development; adaptation; enrichment of minerals; industrial raw materials; principle; efficiency; method; modes; technology; ecology; economy

### **REFERENCES**

1. Fedotov P. K., Petukhov V. I., Fedotov K. V., and others. [Text]: analysis of trends in the processing of stale tails giganskogo VMK, obog. 2016. No. 1. – S. 40-46.
2. Anisimov V. N. [Text]: Waste-free processing of natural and man-made deposits mobile technological complexes // Mining. 2009. №4 (86). – P. 35-40.
3. Benevolsky B. I., Shevtsov, T. P., the potential of technogenic gold placers of the Russian Federation // Mineral resources of Russia. 2000. No. 1. – S. 14-18.
4. Bocharov V. A., Ignatkina V. A. [Text] the Technology of enrichment of gold-bearing raw materials. – M: MISiS, 2011. – 328 p.

5. Gorlova O. E., Khasanov N. I. [text]: a Comprehensive treatment of fine iron-containing metallurgical wastes with the use of enrichment techniques // ferrous metallurgy. 2014. №3 (1371). – P. 93-96.
6. Zhuravlev V. V., Kobelev V. A. [Text]: Analysis of existing technologies for processing zinc-containing dust steel-making and directions of further use // the fundamentals of processing and utilization of industrial wastes: proceedings of the international. Congress (13-15 June 2012). Ekaterinburg: UIPTS, 2012. – P. 286-290.
7. Perspective directions of enrichment of technogenic wastes / G. I. Gazalieva, S. L. Orlov, A. G. Savin, V. N. Zakernichnyy [Text] // Ecology and industry of Russia. 2013. No. 1. – P. 16-21.
8. Stepin, G. M., Mkrtychyan L. S., Davletov I. V., Borschevsky, I. K. [Text]: Problems of zinc in the blast furnace production of Russia and ways of their solution // metallurg. 2001. No. 10. – S. 39-42.
9. Working papers on priority area "environmental management" [Electronic resource]: URL: <http://kurs.znate.ru/docs/index-106502.html>.
10. Chanturia, V. A., Kozlov A. P. [Text]: Development of physicochemical principles and development of innovative technologies for deep processing of anthropogenic mineral raw materials // Mining journal. 2014. No. 7. – Pp. 78-84.
11. Sabanova M. N., Savin G. A., Shadrunkova I. V., Orekhova N. N. [Text]: Tipizatsiya mednykh shlakov Ural'skogo regiona, praktika i perspektivy flotatsionnoy pererabotki na deystvuyushchikh obogatitel'nykh fabrikakh // Non-ferrous metals, 2013. No 8, pp. 14-19.
12. Shadrunkova I. V., Sabanova M. N., Orekhova N. N., Gorlova O. E., Chekushina T. V. [Text]: Efficiency of use of collecting agents for increase of extraction values by copper, gold and silver flotation from complex coppersmelting slags of production // Metallurgical and Mining Industry. 2016. T. 7. C. 69-75.