

ЕЖОВ А.И. (НТЦ «Минстандарт», г. Москва)

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ)

Техногенные образования в сфере твердых полезных ископаемых представляют собой отходы горно-металлургического производства. Их утилизация имеет важнейшее экономическое значение и обеспечивает более полное использование невозобновляемых природных ресурсов, снижение темпов истощения минерального сырья в недрах, повышение производительности и улучшение условий труда, производство дешевых стройматериалов и удобрений для сельского хозяйства, сокращение и ликвидацию источников загрязнения окружающей среды, рекультивацию занимаемых отходами земель.

Техногенные минеральные образования при условии положительной оценки эколого-экономической эффективности их освоения представляют собой техногенные месторождения (ТМ).

По морфологическим признакам ТМ подразделяются на несколько промышленных типов. Специфика разведки ТМ определяется их источниками, механизмами формирования, формой, составом и учетом воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** техногенные образования, горно-металлургическое производство, невозобновляемые природные ресурсы, загрязнение окружающей среды.

**Введение**

Техногенные образования в сфере твердых полезных ископаемых представляют собой отходы горно-металлургического производства, накопленные на земной поверхности в виде отвалов некондиционных руд и вскрышных пород, хвостохранилищ обогатительных фабрик, шлакозольных отвалов топливно-энергетического комплекса, шлаков и шламов металлургического производства, отвалов химической отрасли и т.д. [1–33, 41, 53] В оценке техногенного сырья важны два аспекта: правовой (требуется законодательное определение понятия техногенного месторождения) и методический (на оценку оказывает влияние специфика механизмов образования).

**Потенциал техногенного сырья**

Уникальное экономическое значение минерального техногенного сырья очевидно. Россия, будучи богатейшей в минерально-сырьевом отношении страной, по отдельным видам твердых полезных ископаемых является импортозависимой (это касается бокситов, марганца, титана, хрома и др.), тогда как в отходах и отвалах отработанных и разрабатываемых месторождений сосредоточено большое количество запасов

драгоценных, цветных, черных металлов и редкоземельных элементов [49, 36, 48]. Ежегодно накапливаемые отходы горно-металлургического производства составляют более 5 млрд т. Отрицательный эффект такой промышленной политики усугубляется изъятием из хозяйственного оборота обширных площадей, занятых отходами (вскрышными породами, забалансовыми рудами, хвостохранилищами, шлаконакопителями и т.д.). Содержание ценных компонентов в отходах нередко близко их содержанию в добываемых рудах. При этом очевидно, что вовлечение техногенного сырья в переработку может заметно укрепить экономический потенциал страны и обеспечить решение многих актуальных задач недропользования, включая:

– более полное использование невозобновляемых природных ресурсов и сохранение истощающегося минерального сырья в недрах;

– повышение производительности труда за счет рентабельной переработки добытого сырья – готового полупродукта, находящегося вблизи действующих предприятий, для которых важно восполнение истощающейся



сырьевой базы и обеспечение занятости высвобождающейся рабочей силы;

– улучшение условий труда, так как техногенные месторождения расположены на земной поверхности, в отличие от подземных природных месторождений;

– возможное производство дешевых стройматериалов (песка, щебня, гравия и др.), а из шлаков – шлаковаты, шлакового литья, минеральных добавок для улучшения структуры почв, удобрений для сельского хозяйства и др.;

– сокращение или ликвидацию источников загрязнения окружающей среды, рекультивацию занимаемых отходами земель.

Показательна рациональная политика зарубежных стран, которые утилизируют отходы производства и разрабатывают технологии их переработки: в США доля вторичного сырья в производстве цветных металлов составляет 25–55 %. Подобная тенденция наблюдается и в Канаде, Великобритании, ЮАР, Испании. В развитых странах из вскрышных пород производится до 80 % строительных материалов; кроме того, как пример, из отвалов окисленных медных руд и хвостов обогащения бактериальным и кислотным выщелачиванием производится до 20 % меди.

### *Правовой аспект*

В действующем законодательстве РФ [48] нормативными правовыми актами регламентированы отношения по использованию отходов горно-металлургического и связанных с ним перерабатывающих производств [45] и отношения по обращению с отходами производства и потребления в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду [46]. При этом нормы законодательства об отходах (например, о праве собственности) расходятся с нормами законодательства о недрах. В целях упорядочения правового

регулирования в сфере использования техногенного минерального сырья необходима корректировка отдельных положений действующего законодательства.

В Законе «О недрах» [45] отсутствует правовое понятие «техногенного месторождения», что затрудняет разграничение отношений по использованию отходов горно-металлургического производства. В отличие от России в законодательстве о недрах ряда стран СНГ это понятие имеет правовое определение [40]. Оно присутствует в региональных правовых актах некоторых субъектов Российской Федерации (Татарстана [44], Ростовской области). Обращает на себя внимание то, что при перманентном дефиците бюджета Российской Федерации государственные органы не проявляют активности по его частичному восполнению – законодательному решению вопросов освоения отходов горно-металлургического производства, о чем свидетельствует, например, отклонение обращения Магаданской областной Думы в Госдуму и Правительство РФ в мае 2010 г. с предложением по упрощению доступа к техногенным россыпям.

Тем не менее основа для правового решения проблемы освоения техногенного минерального сырья существует – в Распоряжении МПР России №37-р от 05.06.2007 «Об утверждении методических рекомендаций по применению классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых» дано определение техногенных россыпей. Кроме того, в практике ГКЗ фактически происходит наполнение Государственного баланса запасами техногенных месторождений – на конец 2015 г. балансом учтены запасы более 440 месторождений техногенного происхождения [49]. Вместе с тем техногенный минерально-сырьевой потенциал остается практически нереализованным промышленностью из-за



необходимости определения правил использования и обращения отходов и необходимости капиталоемкой модернизации горнодобывающей промышленности, включая реконструкцию и строительство производств, реализующих современные разработки и инновационные технологии по освоению техногенного сырья.

В настоящее время в планах очередных изменений закона «О недрах» Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации намечаются шаги по определению правового статуса техногенных месторождений – предполагается отходы первичной переработки минерального сырья относить к государственному фонду недр с введением обязательности их использования только на основании технических проектов разработки месторождений и предоставления данных о полезных ископаемых, содержащихся в отходах, в органы государственной статистики.

Внесению согласованных изменений подлежит закон «Об отходах производства и потребления» [46] – в нем предполагается сохранить только экологические аспекты и полностью вывести из него регулирование и использование техногенных образований.

Кроме того, система государственного учета и экспертизы техногенных образований будет строиться на основе единого фонда геологической информации, создаваемого в соответствии с изменениями в Законе «О недрах» [43].

### ***Промышленные характеристики месторождений техногенного сырья***

Техногенные минеральные образования при условии положительной оценки эколого-экономической эффективности их освоения представляют собой техногенные месторождения (ТМ), которые должны отвечать следующим требованиям: 1) представлять коммерческий интерес – как непосредственный источник вторичного

сырья, либо с учетом последующей переработки и получения различных видов товарной продукции; 2) окупать инвестиционные затраты; 3) опираться на экологически чистые технологии при необходимости вовлечения во вторичную переработку; 4) отвечать требованиям, установленным нормативными правовыми актами к качеству минерального сырья и получаемой товарной продукции; 5) иметь рынок для прямой или опосредованной продажи содержащихся в них полезных ископаемых.

Возможное использование техногенных минеральных образований подразделяется на два направления: 1) доизвлечение основных полезных компонентов (металлов и неметаллов), которые не могли быть извлечены ранее при существовавшем уровне развития техники и технологии; 2) нетрадиционное использование сырья, которое не предполагалось ранее при утверждении запасов «первичных» месторождений (например, в качестве стройматериалов и др.).

Запасы минерального сырья ТМ подлежат Государственному учету на основе заключений государственной экспертизы, подтверждающих их количество, качество и экономическую значимость и удостоверяющих горнотехнические, технологические, гидрогеологические и экологические условия разработки.

По морфологическим признакам ТМ подразделяются на: 1) насыпные, представленные терриконами угольных шахт и разрезов, отвалами рудников и карьеров месторождений цветных, черных и редких металлов, техногенными россыпями, образующимися при разработке россыпных месторождений, отходами золотоизвлекательных фабрик, шлакоотвалами цветной и черной металлургии; 2) наливные, образующиеся при заполнении впадин земной поверхности техногенными отходами обогащения руд



(шламо- и хвостохранилищами горнообогатительных фабрик), шламоотвалами цветной и черной металлургии, золо- и шлакоотвалами энергетического комплекса, шламоотвалами химических производств.

В приповерхностной зоне техногенных отложений под воздействием кислорода, воды, фильтрационных электрических полей и других факторов происходят интенсивное растворение и миграция металлов и их соединений. При этом образуются обогащенные и обедненные участки с восстановительными и окислительными формами нахождения, требующими при утилизации применения специальных технологий извлечения. Особенно это явление характерно для отходов добычи и обогащения сульфидных руд, в процессе хранения которых происходит быстрое окисление, в результате чего первичные руды и породы разрушаются, а в воду и почву выносятся тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, висмут, мышьяк, сурьма и др.). Это заставляет, в первую очередь, оценивать техногенные скопления как источники повышенной экологической опасности и лишь затем – как объекты экономически выгодной утилизации.

В результате гравитационной дифференциации в лежалых отходах со временем образуются достаточно крупные обогащенные металлами залежи, в нижней части которых могут формироваться тела, подобные зонам вторичного обогащения. Кроме того, пространственное размещение богатых участков хвостохранилищ в плане контролируется расположением пульпопроводов, а в разрезе – качеством перерабатываемого минерального сырья, изменяющегося во времени по мере отработки первичного месторождения и изменения технологической схемы переработки руд. На объективную оценку хвостохранилищ по вещественному составу, по концентрационной и гранулометрической зональности и

ожидаемым запасам влияет также соотношение жидкой и твердой фаз сбрасываемой в хвостохранилище пульпы, ее вещественный состав, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, временной режим сброса, направление и места сброса, рельеф дна хранилищ, физико-химические характеристики подстилающих хранилище пород.

### *Промышленные типы месторождений техногенного сырья*

По составу и механизму образования ТМ, возникающие при добыче и переработке продуктов обогащения руд коренных месторождений цветных (Cu, Zn, Pb, Al и Mg), редких (Ni, Sn, Mo, W, Bi, V, Co, As, Sb и Hg) и благородных (Au, Ag, Pt, Pd) металлов, как правило, являются месторождениями смешанного типа, т.е. пригодными как для доизвлечения металлов, так и для получения стройматериалов. ТМ, возникающие при обогащении руд, представлены хвостохранилищами, сложенными измельченным материалом с водонасыщением до 20–50 %, плотностью 1,5–2,5 т/м<sup>3</sup> и содержанием глинистых частиц до 50 %. При флотационном обогащении основная масса отходов хвостохранилищ представлена пылевидным материалом, а при гравитационном – мелкозернистым. В пылевидном материале более 25 % частиц имеют диаметр менее 0,1 мм, а в мелкозернистом – менее 25 % – диаметр меньше 0,1 мм. Полезные компоненты распределены в хвостохранилищах неравномерно. Металлоносные участки представлены системой разобщенных пластообразных, линзовидных, изометрических и неправильной формы тел. Их размером предопределяется система отработки месторождения.

Шлаки металлургического производства подразделяются на литые, поступающие в шлакоотвалы в горячем состоянии, и гранулированные, являющиеся исходными



после предварительной грануляции. Распределение полезных компонентов в шлаках зависит от изменения состава исходного сырья и показателей их извлечения в зависимости от состава перерабатываемых концентратов и интенсивности процессов вторичного перераспределения металлов в них, которые для литых шлаков проявляются лишь в приповерхностной части, а для гранулированных – на большую глубину и более интенсивно.

ТМ, сложенные вскрышными и вмещающими породами и некондиционными рудами, представлены рыхлыми, полускальными и скальными породами и рудами различного состава, соответствующего коренным месторождениям. В этом типе ТМ обычно не наблюдается закономерностей в распределении наиболее богатых металлами участков. ТМ цветных и редких металлов, помимо доизвлечения основных полезных компонентов и получения стройматериалов (щебня, песка, гравия, закладочного материала и т.д.), могут являться ценным источником попутных элементов, которые в начальный период добычи руд по тем или иным причинам не извлекались. Например, отвалы и хвосты медно-никелевых руд Норильска содержат промышленные по современному уровню технологий переработки концентрации платиноидов, золота и серебра, которые ранее извлекались лишь частично. Практически все полиметаллические и медно-цинковые месторождения содержат Ag, Cd, барит, редкие и рассеянные элементы, потребность в которых растет в последнее время, что приводит к снижению промышленных кондиций на них.

ТМ черных металлов, как и цветных и редких, формируются при добыче, обогащении и переработке коренных руд Fe, Ti, Mn, Cr. Они также, как правило, относятся к месторождениям смешанного типа. Основное перспективное направление их

переработки – это использование в качестве строительного материала с предварительным извлечением металлических фаз. Характерными стройматериалами, которые могут быть получены из шлаков черной металлургии, являются: гранулированные шлаки, шлаковая пемза как заполнитель бетона, шлаковата, литой шлаковый щебень, шлаковое литье (брусчатка, плитки, бордюрный камень и пр.), стеклокерамические изделия, вяжущие добавки в цемент, минеральные добавки для улучшения почв.

ТМ угольной отрасли являются отходами разработки месторождений, состоящими из пустой породы и значительного количества угля. Первую группу отходов составляют вскрышные (при открытой добыче) и шахтные породы. Это – ТМ, возникающие при добыче углей. Представительная информация о накоплении в отвалах этих отходов отсутствует. Наиболее изучен вопрос в Кузбассе, где ориентировочно образуются 12–15 млн т/год вскрышных пород с зольностью 72–86 %. Вторую группу составляют отходы углеобогажительных фабрик; их количество – 5–40 % от перерабатываемой массы угля. В зависимости от способов обогащения образуются кусковые и мелкодисперсные отходы соответственно при гравитационном и флотационном обогащении. Отходы углей образуют минеральное сырье следующих потребительских групп: строительной, теплоизоляционной, петролургической, огнеупорной, технологической, адсорбционной, красяще-пигментарной, керамической, энергетической, агрохимической – и в зависимости от их литологического состава и степени термопереработки могут быть использованы для производства в промышленных масштабах десятков видов продукции для местных нужд. По большинству направлений использования



имеются технологии производства, например, технология производства тонкого и супертонкого минерального волокна типа базальтового из горелых пород шахтных отвалов.

ТМ топливно-энергетического комплекса, представленные золами-уносами и шлаками, образуются в результате сжигания углей на энергетических установках. Одной из важных проблем, связанных с шлакозольными отвалами теплоэлектростанций, является изучение их состава и количества содержащихся в них микропримесей, которые могут представлять экономическую ценность. Использование золы и шлака в основном связано с производством строительных материалов, перспективы – с возможным извлечением глинозема, а также железа, редких (галлий, германий) и благородных (золото) металлов. Складирование шлакозольных отходов сопряжено с широкомасштабным воздействием на окружающую среду, что ведет к отчуждению земель и загрязнению атмосферы, подземных и поверхностных вод. Проблема использования шлакозольных отвалов до настоящего времени ждет своего решения.

Особую группу составляют ТМ, возникающие в результате разработки россыпных месторождений золота, платиноидов, алмазов, касситерита, вольфрамита. В настоящее время наибольший интерес представляют техногенные россыпи золота. Отвальные техногенные россыпи включают отвалы торфов вскрыши, хвостов промывки дражной и гидромеханизированной разработки. Металл содержится также в оставленных целиках и блоках забалансовых песков. Содержание металла в техногенных россыпях зависит от величины бортового содержания, установленного во время производства вскрышных работ. После извлечения металла материал отвалов можно

использовать в качестве песчано-гравийных смесей.

### *Разведка месторождений техногенного сырья*

Разведка ТМ осуществляется в соответствии с действующими требованиями к разведке месторождений твердых полезных ископаемых [39, 52, 50, 37, 38] с учетом специфики образования отходов горно-металлургического производства, их физического состояния и необходимости технико-экономической оценки эффективности их промышленной утилизации и разработки хозяйственных решений по реконструкции предприятий-источников отходов. Задачи разведки ТМ заключаются в оценке фактического количества и качества минеральных веществ и в определении возможности их вовлечения в переработку, а также – в оценке возможности сокращения источников загрязнения окружающей среды или их ликвидации и возможности рекультивации и освобождения занимаемых отходами земель.

С точки зрения методики разведки ТМ подразделяются на две группы. Одну из них представляют насыпные и наливные хвостохранилища обогатительных фабрик, скопления шлаков и шламов металлургического производства, шлакозольные отвалы топливно-энергетического комплекса, отвалы химической отрасли и т.д. Вторую составляют отвальные техногенные россыпи, возникающие в результате разработки россыпных месторождений.

Наиболее сложны для разведки отвалы конической и гребневидной формы удельной вместимостью более  $10 \text{ м}^3/\text{м}^2$  с крутыми значительно деформированными уступами и бортами, материал которых характеризуется наличием крупных глыб. Наличие пустот выгорания в теле отвалов угольного ряда, рыхлый, несцементированный характер слагающей их породной массы, а также



значительная высота и крутизна склонов также практически полностью исключают возможность их разведки горными и буровыми работами; при этом первостепенное значение приобретает изучение качества и технологических свойств материала этих отвалов.

В условиях плоской поверхности хвостохранилищ основными видами разведочных выработок являются шурфы, траншеи и ударно-канатные и пневмоударные скважины. Главная сложность бурения – необходимость крепления ствола скважин. Возможный осложняющий фактор – повышенная влажность или значительная обводненность хранилищ. При разведке новообразованных отвалов используются закопашки и мелкие шурфы. Ориентировочные параметры разведочной сети для оценки запасов категории  $C_1$  –  $(50-100) \times (50-200)$  м.

Четкие геометрические контуры хранилищ позволяют достаточно определенно решать методические вопросы их разведки, тогда как остаточные ресурсы отработанных россыпных месторождений характеризуются весьма сложным пространственным распределением материала: эфельные отвалы могут быть перекрыты породами вскрыши, галечные отвалы вперемешку с самородками оказываются распределенными в виде дорог, а сами вскрышные породы могут содержать достаточно высокие концентрации полезных компонентов в связи с тенденцией ужесточения кондиций. Распределение золота в техногенных отвалах россыпей кардинально отличается от распределения в самих россыпях. Кроме того, многие техногенные отвалы становятся объектами изучения после многократной переработки, а какие-либо сведения по этим работам практически отсутствуют.

Для опробования ТМ применяются известные способы и виды, в том числе

геологическое – для определения содержаний полезных ископаемых, а совместно с минералогическим, технологическим и техническим – для уточнения или изучения технологических свойств сырья с целью определения или уточнения и корректировки технологического режима разработки месторождений и технико-экономических показателей их освоения.

Наряду со стандартными способами опробования (поинтервальное в выработках и т.д.) используются специфические приемы. К ним относится горстьевой на поверхности новообразованных отвалов. Кроме того, учитывая, что техногенные отвалы часто представлены кусковатым материалом, глубокие шурфы и канавы опробуются прерывистой бороздой или точечным способом. Мелкие шурфы, копуши и скважины опробуются путем сокращения извлекаемого при проходке материала.

Способ опробования и масса проб определяются экспериментально. Масса зависит от величины (крупности) кусков, характера распределения полезных компонентов и количества необходимых анализов и испытаний, включая формирование групповых и малообъемных технологических проб. Длина интервала опробования скважин зависит от мощности техногенных образований, характера распределения в них полезных компонентов, крупности кусков и длины рейсов. В связи с высокой изменчивостью состава отвалов под влиянием окислительных процессов длина интервала опробования не должна превышать 1–2 м.

Надежность принятого способа опробования оценивается отбором и анализом валовых проб, а при установленной достоверности геофизического опробования – геофизическими методами. Данные опробования скважин заверяются результатами крупно-объемного опробования



контрольных шурфов или скважин большого диаметра (500 мм и более); при невозможности их проходки допускается бурение кустов скважин вблизи контролируемых.

Спецификой ТМ является крайне низкое содержание полезных компонентов. В связи с этим при их оценке необходимо определять возможность применения методов предварительного обогащения (радиометрического и др.) в соответствии с действующими методическими рекомендациями [51].

Механизмом формирования ТМ обусловлено специфическое значение их минералогического опробования. Для количественной оценки содержания редких и рассеянных элементов анализируются мономинеральные пробы (с содержанием исследуемого минерала не менее 90 %) или лабораторные концентраты (в случаях тесного взаимного прорастания кристаллов), в которых минерал-носитель исследуемых элементов содержится в количестве не менее 50 %.

Начальным технологическим изучением (на основе геолого-технологического картирования по сети, учитывающей частоту перемежаемости природных разновидностей сырья) предусматривается определение возможности и целесообразности выделения технологических типов и сортов. В процессе исследования минералого-технологических проб уточняются свойства, определяющие обогатимость сырья и/или условия металлургического передела.

Вследствие низких содержаний полезных компонентов для рентабельной переработки техногенного сырья необходимо применение прогрессивных технологий с использованием высокопроизводительного оборудования, обеспечивающих наиболее полную его утилизацию с минимальным ущербом для окружающей среды.

Для оценки возможности применения геотехнологических методов переработки техногенных отвалов (выщелачивание, гидродобыча) при анализе минералогических проб изучаются состав, комплексность сырья, соотношение минеральных видов, состояние и размеры зерен, их морфология. Кроме того, определяются параметры техногенных залежей и подстилающих пород, влияющие на показатели отработки: коэффициенты фильтрации, пористость, водоотдача и др.

Экологическое воздействие освоения ТМ на окружающую среду (ОС) оценивается сравнением с соответствующими нормами [47]; при их отсутствии – с технологическими или проектными допусками. Воздействие техногенных образований на ОС зависит от агрегатного состояния (твердое, жидкое, газовое, аэрозольное), концентрации опасных компонентов, их общего количества и особенностей размещения в пространстве. С технологическими отходами горного производства связаны следующие источники воздействия на ОС: отвалы пород вскрыши, забалансовых руд и хвостохранилищ как источники деформации ландшафта, отчуждения земель и перемещения хвостового материала; подотвальные воды как источник гидрохимического воздействия на поверхностные водотоки и подземные воды; фильтрационные потери жидкой фазы хвостохранилищ как источник гидрохимического и гидродинамического воздействия на почву, поверхностные водотоки и подземные воды; ветровой перенос аэрозольного вещества как фактор формирования воздушных и наземных ореолов рассеяния. Экологическое и радиационно-гигиеническое воздействие разработки ТМ на ОС оценивается в соответствии с отраслевыми нормативными документами [34, 35, 42].

При обосновании комплекса экологических исследований необходимо



учитывать следующие возможные случаи: 1) ТМ служит сырьевой базой действующего предприятия и его сырье намечается перерабатывать по существующей схеме (или с незначительными изменениями); в этом случае факторы воздействия на ОС от переработки техногенного сырья будут те же, что и при использовании сырья природного месторождения; 2) техногенное сырье будет использоваться по иному назначению или перерабатываться по схеме, отличающейся от действующей; в этом случае оценку воздействия освоения техногенного сырья на ОС необходимо проводить в полном объеме.

## Выводы

1. Отходы объектов горно-металлургического производства Российской Федерации являются важнейшим минерально-сырьевым потенциалом и источником восполнения дефицита ряда ведущих твердых полезных ископаемых.

2. Эффективное освоение техногенных образований в Российской Федерации сдерживается несовершенством необходимой законодательной среды.

3. Специфика разведки техногенных месторождений определяется их источниками, механизмами формирования, морфологией, составом промышленных скоплений и учетом воздействия на окружающую среду.

## Библиографический список

1. Babich, A. I., H. W. Gudenau, and D. G. Senk, "Optimization of energy consumption in ironmaking processes by combined use of coal, dust, and waste," *3rd International Conference on Science and Technology of Ironmaking. Proc.*, Dusseldorf, June 16–20, 2003, pp. 89–94.
2. Belkin, A. S., Yu. S. Yusfin, I. F. Kurunov, et al., "Use of iron-coke briquets with a cement binder in blast-furnace smelting," *Metallurg*, No. 4, 39–41 (2003).
3. Birman, Yu. A. and N. G. Vurdova, *Engineering Measures to Protect the Environment*, Izd-vo Assotsiatsii Stroitel'nykh Vuzov, Moscow (2002).

4. Bragin, V.V., A. A. Solodukhin, V. S. Shvydkii, and Yu. G. Yaroshenko, "New generation of pelletizing machine for producing pellets with excellent metallurgical properties," *Conf. Report*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004.
5. Colangelo, F., M. Marroccoli and R. Cioffi, 2004. Properties of self-levelling concrete made with industrial wastes. *International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures*, Barcelona (Spain), pp: 580–589.
6. Delyagin, G. N., S. F. Erokhin, Yu. S. Karabasov, et al., "Study of the properties of ÉKOVUT with additions of artillery powder," *Chern. Metall.: Byull. In-ta Chermetinformatiya*, No. 6, 29–36 (2003).
7. Dobroskok, V. A., Yu. V. Lipukhin, I. F. Kurunov, et al., "Development of a charging regime and experimental use of fine coke in a large blast furnace," *ibid.*, No. 9, 7–13 (1998).
8. Dzyuba, O. I. and V. F. Kublik, "Technology for concentrating manganese-bearing oxide sludge by a combination method," *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 594–598.
9. Fechet, R., M. Zlagnean, A. Moanta and L. Ciobanu, 2010. Mining Wastes – sampling, processing and using in manufacture portland cement. *Romanian Journal of Mineral Deposits*, 84: 67–70.
10. Gladkov, N. A., Yu. S. Karabasov, Yu. S. Yusfin, and I. F. Kurunov, *Blast-Furnace Smelting Method. Russian Patent No. 2001110, Byul.*, 37–38 (1993).
11. Karabanov, Yu. S., I. F. Kurunov, Yu. S. Yusfin, et al., *Liquid Fuel*, Russian Patent No. 2150488, *Byull. Izobr.*, No. 16 (2000).
12. Karabasov, Y. S., V. S. Lisin, I. F. Kurunov, et al., "Used motor oil–source of environmental contamination or fuel for blast furnaces?" *International Technology Conference Proceedings. The 62nd Ironmaking Conference*, Indiannapolis, Indiana (U.S.), April 27–30, 2003, pp. 799–804.
13. Karabasov, Yu. S., A. I. Agaryshev, Yu. S. Yusfin, et al., "Method of operation of a sintering/blast-furnace-smelting complex," *Author's Certificate No. 1778192 USSR, Byul. Izobr.*, No. 14 (1992).
14. Karabasov, Yu. S., V. M. Chizhikova, and M. B. Plushchevskii, *Ecology and Management (Terms and Definitions)*, Izd-vo MISiS, Moscow (2001).
15. Kekukh, A. V., B. M. Linetskii, S. N. Kripak, et al., "Technology for recycling oil-bearing scale in coke production," *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 587–590.
16. Kekukh, A. V., V. I. Naboka, A. N. Sav'yuk, et al., "Study of the process of obtaining metallized agglomerate from iron-bearing wastes," *Proc.*



- International Scientific-Technical Conference, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 584–587.*
17. Klyagin, G. S., V. I. Rostovskii, A. V. Kravchenko, and M. V. Ushakova, "Recovery of zinc from the sinter-plant/blast-furnace cycle and recycling zinc-bearing sludge," *Proc. International Scientific-Technical Conference, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 576–580.*
18. Kurunov, I. F., *Developing Low-Waste Technologies for Blast-Furnace Smelting: Engineering Sciences Doctoral Dissertation, MISiS, Moscow (2003).*
19. Kurunov, I. F., S. F. Erokhin, and D. N. Tikhonov, "Features of a technology for the environmentally safe recycling of oil-bearing mill scale and evaluation of its effectiveness," *Proc. International Scientific-Technical Conference, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 580–583.*
20. Kurunov, I. F., V. M. Chihikova, A. V. Ganchev, et al., "Environmentally clean technology for sinter production," *Stal'*, No. 9, 22 (1992).
21. Kurunov, I. F., V. M. Kukartsev, I. S. Yarikov, et al., "Commercial recycling of iron-bearing sludge by its agglomeration and blast-furnace smelting," *Stal'*, No. 10, 15–19 (2003).
22. Kurunov, I. F., V. M. Kukartsev, I. S. Yarikov, et al., "Experience in the production and blast-furnace smelting of briquets based on iron-and zinc-bearing sludge," *ibid.*, No. 10, 38–42 (2003).
23. Lisin, V. S. and Yu. S. Yusfin, *Environmental-Resource Problems in the Twenty-First Century and Metallurgy, Vysshaya Shkola, Moscow (1998).*
24. Lisin, V. S., V. N. Skorokhodov, I. F. Kurunov, and V. M. Chizhikova, "Current status and prospects of recycling zinc-bearing wastes from metallurgical production," *Byull. In-ta Chernetinformatsiya (Supplement 6)*, No. 10 (2001).
25. Lisin, V. S., V. N. Skorokhodov, I. F. Kurunov, et al., "Environmental-resource initiatives for recycling metallurgical wastes," *ibid.*, pp. 64–71.
26. Moore, C. M., R. Deike, and C. Hillman, "Minimization of dioxin emission during sintering of iron residues," *3rd International Conference on Science and Technology of Ironmaking. Proc., Dusseldorf, June 16–20, 2003, pp. 578–581.*
27. Moore, C. M., R. Deike, and C. Hillman, "The recycling of complex-containing waste oxides," *4th European Coke and Ironmaking Congress. Proc., Paris La Dafanse, France, June 19–22, 2000, Vol. 1, pp. 408–412.*
28. Moosberg, H., B. Lagerblad and E. Forssberg, 2003. The use of by-products from metallurgical and mineral industries as filler in cement-based materials. *Waste Management & Research*, 21: 29–37.
29. Noskov, V. A. "The role of briquetting in the problem of recycling metallurgical wastes," *Proceedings of a Scientific-Technical Conference, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 591–594.*
30. Petrushov, S. N., I. F. Rusanov, R. I. Rusanov, and V. M. Shulika, "Propects for the use of sludge and open-hearth slag in sinter production," *Proc. International Scientific-Technical Conference, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 573–576.*
31. Sheremet, V. A., A. V. Kekukh, S. N. Kripak, et al., "Recycling oil-bearing mill scale by low-temperature cracking," *Proc. International Scientific-Technical Conference, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 590–591.*
32. Shmidkhein, S. L. and F. D. Zorakvin, *Financing of Changes, Izd. Dom Noosfera, Moscow (1998).*
33. *State and Protection of the Environment in the Russian Federation in 2002, <http://www.mnr.gov.ru>.*
34. Временные требования к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду. – ГКЗ, 1990.
35. Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений. – Методические рекомендации, ВИМС, 2002.
36. Луняшин П. Техногенное могущество России сдерживают несовершенные законы // Золото и технологии. – 2016. – № 1. – С. 122-128.
37. Методические рекомендации по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическим обоснованиям кондиций для подсчета запасов месторождений полезных ископаемых – МПР России, 2007.
38. Методические рекомендации по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых – МПР России, 2007.
39. Методическое руководство по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений – ГКЗ, 1994.
40. Модельный кодекс о недрах и недропользовании для государств-участников СНГ – Двадцатое пленарное заседание Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ (Постановление № 20–8, 07.12.2002).
41. Морозов В.В., Шек В.М., Морозов Ю.П., Лодой Д. Совершенствование интеллектуальных методов управления процессами обогащения на основе визиометрического анализа сортности руды. *Горные науки и технологии*. 2016;(2):31-42. DOI:10.17073/2500-0632-2016-2-31-42



42. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.2523-09. Постановление № 47 от 07.07.2009.
43. О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации – ФЗ от 29.06.2015 № 205.
44. О недрах – Закон Республики Татарстан от 25.12.1992 № 1722-ХП.
45. О недрах – Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-1.
46. Об отходах производства и потребления – ФЗ от 24.06.1998 г. № 89.
47. Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды – Приказ Минприроды России, 2001, №511.
48. Подтуркин Ю.А., Коткин В.А., Муслимов Р.Х., Салиева Р.Н. Правовое регулирование хозяйственной деятельности по разработке техногенных месторождений // Недропользование–XXI век. – 2009. – № 6. – С. 15-20.
49. Развитие промышленной переработки техногенного сырья в России – Материалы круглого стола Комитета Государственной Думы РФ по природным ресурсам, природопользованию и экологии; 14.03.2016.
50. Требования к геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья – ГКЗ, 2007.
51. Требования к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых – ГКЗ, 1992.
52. Требования к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений – ГКЗ, 1992.
53. Шумилова Л.В. Подготовка пирит-арсенипиритового концентрата к выщелачиванию золота на основе использования полиреагентных комплексов. Горные науки и технологии. 2016;(1):3-11. DOI:10.17073/2500-0632-2016-1-3-11

## “Gornye nauki i tehnologii”/ “Mining science and technology”, 2016, No. 4, pp. 62-72

<b>Title:</b>	<b>Evaluation of technogenic raw materials in Russian Federation(firm mineral resources)</b>
<b>Author 1</b>	Name&Surname: <b>Alexandr I. Yezhov</b> Company: <b>STC «Minstandart»</b> Adress: <b>Russia, 107564, Moscow, Alexander Lukyanov str., 3</b> Scientific Degree: <b>Candidate of Geological-Mineralogical Sciences</b>
<b>DOI:</b>	<b>10.17073/2500-0632-2016-4-62-72</b>
<b>Abstract:</b>	The technogenic firm mineral raw material is presented by waste of mountain-metallurgical manufacture. Theirs recycling has the major economic value and provides fuller use of not renewed natural resources, decrease in rates of an exhaustion of mineral raw material in bowels, increase of labour productivity, improvement of working conditions, manufacture of cheap building materials and fertilizers for an agriculture, reduction and liquidation of sources of environmental contamination, mined-land occupied by waste. Technogenic mineral formations under condition of a positive estimation of economic efficiency of their development represent technogenic deposits (TD). To morphological attributes TD are subdivided on several industrial typed. Specificity of exploration of TD is defined by their sources, mechanisms of formation, form, structure of industrial congestions and the account of influence on an environment.
<b>Keywords:</b>	technogenic raw material, mountain-metallurgical manufacture, not renewed natural resources, environmental contamination.
<b>References:</b>	1. Babich, A. I., H. W. Gudenau, and D. G. Senk, “Optimization of energy consumption in ironmaking processes by combined use of coal, dust, and waste,” <i>3rd International Conference on Science and Technology of Ironmaking. Proc.</i> , Dusseldorf, June 16–20, 2003, pp. 89–94. 2. Belkin, A. S., Yu. S. Yusfin, I. F. Kurunov, et al., “Use of iron-coke briquets with a cement binder in blast-furnace smelting,” <i>Metallurg</i> , No. 4, 39–41 (2003). 3. Birman, Yu. A. and N. G. Vurdova, <i>Engineering Measures to Protect the Environment</i> , Izd-vo Assotsiatsii Stroitel'nykh Vuzov, Moscow (2002). 4. Bragin, V.V., A. A. Solodukhin, V. S. Shvydkii, and Yu. G. Yaroshenko, “New generation of pelletizing machine for producing pellets with excellent metallurgical properties,” <i>Conf. Report</i> , Krivoy Rog, May 24–27, 2004.



5. Colangelo, F., M. Marroccoli and R. Cioffi, 2004. Properties of self-levelling concrete made with industrial wastes. International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, Barcelona (Spain), pp: 580–589.
6. Delyagin, G. N., S. F. Erokhin, Yu. S. Karabasov, et al., “Study of the properties of ÉKOVUT with additions of artillery powder,” *Chern. Metall.: Byull. In-ta Chermetinformatsiya*, No. 6, 29–36 (2003).
7. Dobroskok, V. A., Yu. V. Lipukhin, I. F. Kurunov, et al., “Development of a charging regime and experimental use of fine coke in a large blast furnace,” *ibid.*, No. 9, 7–13 (1998).
8. Dzyuba, O. I. and V. F. Kublik, “Technology for concentrating manganese-bearing oxide sludge by a combination method,” *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 594–598.
9. Fechet, R., M. Zlagnan, A. Moanta and L. Ciobanu, 2010. Mining Wastes – sampling, processing and using in anufacture portland cement. Romanian Journal of Mineral Deposits, 84: 67–70.
10. Gladkov, N. A., Yu. S. Karabasov, Yu. S. Yusfin, and I. F. Kurunov, *Blast-Furnace Smelting Method. Russian Patent No. 2001110*, *Byul.*, 37–38 (1993).
11. Karabanov, Yu. S., I. F. Kurunov, Yu. S. Yusfin, et al., Liquid Fuel, Russian Patent No. 2150488, *Byull. Izobr.*, No. 16 (2000).
12. Karabasov, Y. S., V. S. Lisin, I. F. Kurunov, et al., “Used motor oil–source of environmental contamination or fuel for blast furnaces?” *Internationaal Technology Conference Proceedings. The 62nd Ironmaking Conference*, Indiannapolis, Indiana (U.S.), April 27–30, 2003, pp. 799–804.
13. Karabasov, Yu. S., A. I. Agaryshev, Yu. S. Yusfin, et al., “Method of operation of a sintering/blast-furnace-smelting complex,” *Author's Certificate No. 1778192 USSR*, *Byul. Izobr.*, No. 14 (1992).
14. Karabasov, Yu. S., V. M. Chizhikova, and M. B. Plushchevskii, *Ecology and Management (Terms and Definitions)*, Izd-vo MISiS, Moscow (2001).
15. Kekukh, A. V., B. M. Linetskii, S. N. Kripak, et al., “Technology for recycling oil-bearing scale in coke production,” *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 587–590.
16. Kekukh, A. V., V. I. Naboka, A. N. Sav'yuk, et al., “Study of the process of obtaining metallized agglomerate from iron-bearing wastes,” *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 584–587.
17. Klyagin, G. S., V. I. Rostovskii, A. V. Kravchenko, and M. V. Ushakova, “Recovery of zinc from the sinter-plant/blast-furnace cycle and recycling zinc-bearing sludge,” *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 576–580.
18. Kurunov, I. F., *Developing Low-Waste Technologies for Blast-Furnace Smelting: Engineering Sciences Doctoral Dissertation*, MISiS, Moscow (2003).
19. Kurunov, I. F., S. F. Erokhin, and D. N. Tikhonov, “Features of a technology for the environmentally safe recycling of oil-bearing mill scale and evaluation of its effectiveness,” *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 580–583.
20. Kurunov, I. F., V. M. Chihikova, A. V. Ganchev, et al., “Environmentally clean technology for sinter production,” *Stal'*, No. 9, 22 (1992).
21. Kurunov, I. F., V. M. Kukartsev, I. S. Yarikov, et al., “Commercial recycling of iron-bearing sludge by its agglomeration and blast-furnace smelting,” *Stal'*, No. 10, 15–19 (2003).
22. Kurunov, I. F., V. M. Kukartsev, I. S. Yarikov, et al., “Experience in the production and blast-furnace smelting of briquets based on iron-and zinc-bearing sludge,” *ibid.*, No. 10, 38–42 (2003).
23. Lisin, V. S. and Yu. S. Yusfin, *Environmental-Resource Problems in the Twenty-First Century and Metallurgy*, Vysshaya Shkola, Moscow (1998).
24. Lisin, V. S., V. N. Skorokhodov, I. F. Kurunov, and V. M. Chizhikova, “Current status and prospects of recycling zinc-bearing wastes from metallurgical production,” *Byull. In-ta Chermetinformatsiya (Supplement 6)*, No. 10 (2001).
25. Lisin, V. S., V. N. Skorokhodov, I. F. Kurunov, et al., “Environmental-resource



- initiatives for recycling metallurgical wastes,” *ibid.*, pp. 64–71.
26. Moore, C. M., R. Deike, and C. Hillman, “Minimization of dioxin emission during sintering of iron residues,” *3rd International Conference on Science and Technology of Ironmaking. Proc.*, Dusseldorf, June 16–20, 2003, pp. 578–581.
27. Moore, C. M., R. Deike, and C. Hillman, “The recycling of complex-containing waste oxides,” *4th European Coke and Ironmaking Congress. Proc.*, Paris La Dafanse, France, June 19–22, 2000, Vol. 1, pp. 408–412.
28. Moosberg, H., B. Lagerblad and E. Forsberg, 2003. The use of by-products from metallurgical and mineral industries as filler in cement-based materials. *Waste Management & Research*, 21: 29–37.
29. Noskov, V. A. “The role of briquetting in the problem of recycling metallurgical wastes,” *Proceedings of a Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 591–594.
30. Petrushov, S. N., I. F. Rusanov, R. I. Rusanov, and V. M. Shulika, “Projects for the use of sludge and open-hearth slag in sinter production,” *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 573–576.
31. Sheremet, V. A., A. V. Kekukh, S. N. Kripak, et al., “Recycling oil-bearing mill scale by low-temperature cracking,” *Proc. International Scientific-Technical Conference*, Krivoy Rog, May 24–27, 2004, pp. 590–591.
32. Shmidkhein, S. L. and F. D. Zorakvin, *Financing of Changes*, Izd. Dom Noosfera, Moscow (1998).
33. *State and Protection of the Environment in the Russian Federation in 2002*, <http://www.mnr.gov.ru>.
34. Vremennye trebovaniya k geologicheskomu izucheniju i prognozirovaniyu vozdeystviya razvedki i razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh na okruzhajushhuju sredu. [*Temporary requirements geological study and predict the impact of the exploration and development of mineral deposits on the environment.*] – SRC, 1990.
35. Inzhenerno-geologicheskie, gidrogeologicheskie i geojekologicheskie issledovaniya pri razvedke i jekspluatacii rudnyh mestorozhdenij. [*Geotechnical, hydrological and geoecological research in the exploration and exploitation of mineral deposits.*] – Guidelines, SIMS 2002.
36. Lunjashin P. Tehnogennoe mogushhestvo Rossii sderzhivajut nesovershennye zakony. [*Technogenic might restrain Russia imperfect laws*] // Gold and technology – 2016. – No. 1. – Pp. 122–128.
37. Metodicheskie rekomendacii po sostavu i pravilam oformleniya predstavljajemyh na gosudarstvennuju jekspertizu materialov po tehniko-jekonomicheskim obosnovanijam kondicij dlja podscheta zapasov mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh [*Guidelines for the composition and rules of registration submitted to the state examination materials for the feasibility studies of conditions for the calculation of reserves of mineral deposits*] – Russian Ministry of Natural Resources, 2007.
38. Metodicheskie rekomendacii po sostavu i pravilam oformleniya predstavljajemyh na gosudarstvennuju jekspertizu materialov po podschetu zapasov metallicheskih i nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh [*Guidelines for the composition and rules of registration submitted to the state examination materials for the calculation of reserves of metallic and non-metallic minerals*] – Russian Ministry of Natural Resources, 2007.
39. Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniju i jekologo-jekonomicheskoj ocenke tehnogennyh mestorozhdenij [*Methodological guide for the study and the environmental and economic assessment of technogenic deposits*] – SRC 1994.
40. Model'nyj kodeks o nedrah i nedropol'zovanii dlja gosudarstv-uchastnikov SNG – Dvadcatoe plenarnoe zasedanie Mezhpaparlamentskoj Assamblei gosudarstv-uchastnikov SNG [*The Model Code on Subsoil and Subsoil Use of the CIS member states - Twentieth Plenary Session of the Interparliamentary Assembly of the CIS member states*]. Resolution No. 20–8, 07.12.2002).
41. Morozov V.V., Shek V.M., Morozov Ju.P., Lodoj D. *Sovershenstvovanie intellektual'nyh metodov upravlenija processami obogashhenija na osnove viziometrineskogo analiza*



- sortnosti rudy. [Improving the intelligent methods of management of processes of enrichment on the basis of visiometrics analysis of the grade of the ore]. Mining science and technology. 2016;(2):31–42. DOI:10.17073/2500-0632-2016-2-31-42
42. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009). Sanitarnye pravila i normativy. [Radiation Safety Standards (NRB-99/2009).] Sanitary rules and regulations. SanPiN 2.6.1.2523-09. Decree No. 47 from 07.07.2009.
43. O vnesenii izmenenij v Zakon Rossijskoj Federacii «O nedrah» i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii [On amending the Law of the Russian Federation "On Subsoil" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation]. the Federal Law number 205 of 29/6/2015.
44. O nedrah [On Subsoil]. Republic of Tatarstan Law of 25.12.1992 No. 1722-XII.
45. O nedrah [On Subsoil]. The Law of the Russian Federation of 21.02.1992 No. 2395-1
46. Ob othodah proizvodstva i potreblenija [On Production and Consumption Waste] Federal Law of 24.06.1998 No. 89.
47. Ob utverzhdenii kriteriev otnesenija opasnyh othodov k klassu opasnosti dlja okruzhajushhej prirodnoj sredy [On approval of the criteria for classifying hazardous waste hazard class for the environment]. Order of the Ministry of Russia, 2001, No. 511.
48. Podturkin Ju.A., Kotkin V.A., Muslimov R.H., Salieva R.N. Pravovoe regulirovanie hozhajstvennoj dejatel'nosti po razrabotke tehnogennyh mestorozhdenij [Legal regulation of economic activity on the development of man-made deposits]. Subsoil–XXI century. – 2009. – № 6. – Pp. 15–20.
49. Razvitie promyshlennoj pererabotki tehnogennogo syr'ja v Rossii [The development of industrial processing of technogenic raw materials in Russia] Mat.of the round table of the State Duma Committee on Natural Resources, Environment and Ecology; 03.14.2016.
50. Trebovanija k geofizicheskomu oprobovaniju pri podschete zapasov mestorozhdenij metallov i nerudnogo syr'ja [Requirements for geophysical testing in the calculation of reserves of deposits of metals and non-metallic materials]. SRC 2007.
51. Trebovanija k izucheniju radiometricheskoj obogatimosti mineral'nogo syr'ja pri razvedke mestorozhdenij metallicheskih i nemetallicheskih poleznyh iskopaemyh [Requirements for washability radiometric study of mineral resources in the exploration of deposits of metallic and non-metallic minerals]. SRC 1992.
52. Trebovanija k obosnovaniju dostovernosti oprobovanija rudnyh mestorozhdenij [The rationale for testing the reliability of ore deposits Requirements]. SRC 1992.
53. Shumilova L.V. Podgotovka pirit-arsenopiritovogo koncentrata k vyshhelachivaniju zolota na osnove ispol'zovanija polireagentnyh kompleksov. [Preparation of pyrite-arsenopyrite concentrate for gold leaching through the use of polyreagent complexes] Mining science and technology. 2016;(1):3-11. DOI:10.17073/2500-0632-2016-1-3-11

