

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»



Кафедра философии

Реферат по дисциплине: «История и философия науки»

на тему: «История развития автоматизации в сфере обогащения руд
полезных ископаемых»

Выполнил:

асп. Германов А.А.

Научный руководитель:

проф. Козярук А.Е.

Проверил:

проф. Микешин М.И.

Санкт-Петербург
2017

Оглавление

Введение	4
Цель и задачи обогащения полезных ископаемых.....	5
Обогащение полезных ископаемых в древнейшие времена	7
Развитие процесса обогащения в эпоху Возрождения	11
Развитие механизации в процессе обогащения руд.....	13
Открытие нового процесса обогащения – флотации	20
Развитие обогащения руд в России.....	24
Современное состояние горно-обогатительной промышленности	26
Мой опыт работы	27
Заключение	31

Введение

Обогащение полезных ископаемых – это целый комплекс связанных между собой наук об извлечении ценных компонентов из минерального сырья. Сюда входят науки: технологическая минералогия, подготовка минерального сырья к обогащению и дезинтеграция, физические и химические процессы разделения, концентрация минералов и их переработка, извлечение полезных компонентов из природных и техногенных вод. Все эти науки изучают основные закономерности физико-химических, физических и химических процессов разделения и концентрации минералов природного и техногенного происхождения, изучают взаимосвязи минерального сырья по структуре, изучают вещественный и фазовый состав сырья, его технологические свойства.

Выявление закономерностей превращения сырья в готовые продукты, пригодные для последующего использования их в различных отраслях промышленности являются основой технических средств и технологий для извлечения из минерального сырья ценных компонентов.

Основные процессы по разделению руд осуществляются без изменения агрегатно-фазового состояния, химического состава. Кристаллохимическая структура компонентов полезных ископаемых при этом так же остаётся без изменения. В технологию разделения минералов включаются отдельные химические методы. Это термические методы, пирометаллургические, гидрометаллургические. С их включением повышается контрастность свойств разделяемых компонентов, качество готовых продуктов доводится до нужных кондиций.

Теоретические основы различных методов разделения минералов имеют много общих концепций, все они взаимосвязаны между собой, хотя научные законы, на которых они базируются, относятся к разным областям знаний. В основе флотационного разделения лежат законы физической химии. Гравитационные методы разделения базируются на законах гидро и аэродинамики. Магнитные и электрические методы строятся на основных

законах физики, радиометрические – на законах ядерной физики и радиохимии. В основе теории флотационного разделения минералов лежат законы неорганической, органической и координационной химии. Теория разделения, закономерности физико-химической механики и законы массопереноса являются общими для всех обогатительных процессов.

Цель и задачи обогащения полезных ископаемых

Природное минеральное сырьё, добываемое из недр земли, в большинстве случаев в естественном своём виде не может быть использовано в народном хозяйстве, так как по качеству оно не удовлетворяет требованиям. Непосредственная химическая или металлургическая переработка добываемых руд экономически невыгодна из-за низкого содержания полезного компонента. Поэтому необходимо предварительно повысить качество добываемого природного сырья.

Кроме того, в добытых полезных ископаемых часто содержатся вредные компоненты. Кремнезем, фосфор и сера являются вредными примесями в железных рудах, сера – в углях, фосфор – в рудах титана и ниобия, железо – вредная примесь в циркониевых рудах. Вредные примеси ухудшают качество получаемого металла, поэтому они должны быть максимально удалены из руды ещё до металлургической переработки. Поэтому более 80 % добываемых полезных ископаемых подвергается обогащению.

Обогащение полезных ископаемых – это методы и процессы первичной переработки минерального сырья. В процессе обогащения удаляется пустая порода, минералы разделяются, в результате чего концентрация ценных компонентов в продуктах увеличивается.

При обогащении полезных ископаемых содержание полезного компонента в сырьё повышается, из сырья удаляется большая часть вредных примесей и этим достигается однородность сырья по крупности и вещественному составу.

Обогащение полезных ископаемых осуществляется на обогатительных фабриках, которые могут быть самостоятельными предприятиями или могут

входить в состав горно-обогатительных или горно-металлургических комбинатов.

В результате обогащения природного минерального сырья получают один или несколько концентратов и отходы (хвосты).

Концентрат – это продукт обогащения, в котором содержится более высокий процент полезного компонента по сравнению с рудой, который пригоден для дальнейшей переработки или непосредственного применения в народном хозяйстве. По содержанию основного полезного компонента, примесей, влаги и по гранулометрическому составу концентраты должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов. Отходы обогащения, состоящие в основном из пустой породы с незначительным содержанием полезных компонентов, извлечение которых технологически невозможно или невыгодно экономически, называются отвальными хвостами.

О качестве продуктов обогащения (концентратов) можно судить по содержанию в них ценных компонентов (полезных минералов), примесей и гранулометрическим составом.

Некоторые неметаллические ископаемые, обработанные на обогатительных фабриках (известняк, асбест, графит), уже получают в виде концентратов, представляют собой окончательные товарные продукты. Но в большинстве случаев процесс обогащения является промежуточным звеном между добычей сырья и металлургической плавкой или химической переработкой концентратов.

В результате обогащения достигается значительное повышение содержания полезных компонентов в концентратах по сравнению с рудой. На фабриках цветной металлургии в концентраты извлекаются более 93 % содержащейся в исходной руде меди, 70 – 85 % никеля, 82 – 90 % свинца и цинка, вольфрама, молибдена, олова и других металлов.

При обогащении полезных ископаемых важным является правильное установление глубины обогащения, определяющей содержания ценных компонентов в хвостах и продуктах обогащения. Для каждого вида сырья

оптимальная глубина обогащения определяется с учетом технологических, экономических и экологических факторов путем технико-экономического обоснования.

Обогащение полезных ископаемых в древнейшие времена

Ручная разборка является древнейшим методом обогащения. Первые приемы обогащения полезных ископаемых связаны с использованием каменного материала. Человек уже тогда знал, что лучшим материалом для изготовления орудий охоты, труда, для рыболовства, для собирания растительной пищи является твердый камень. Однако вокруг в большом количестве были только ломкие, хрупкие камни, совершенно не пригодные для этих целей. Сотни тысяч лет назад люди выбирали для изготовления орудий труда и охоты камни с заостренными краями, находили среди них наиболее прочные и подходящие по размеру и форме. Внешние свойства камней для человека были естественным разделительным признаком. Первобытный человек заметил, что камни отличаются друг от друга блеском и цветом.

Древние люди путем долгих наблюдений, экспериментально установили, что самые твердые породы – это светлые кварцевые камни, а серые известняковые камни от удара мгновенно рассыпаются. Разделение этих камней и можно считать первой рудоразборкой – процессом, относящимся к обогащению полезных ископаемых. Позже этим способом выделялись медные минералы – зеленый малахит и голубой азурит, применяемые для изготовления глазурных масс для керамических изделий. При этом материал сортировался по крупности, твердости, цвету и форме. А это уже операция сепарация. Около 100 000 лет назад люди уже использовали кварцит для вытачивания топоров и наконечников копий.

Затем наступил Новый каменный век – неолит. Он принёс людям золото и медь, нефрит, цветные камни. За 3500 лет до нашей эры в Египте, Индии, Вавилоне была развита торговля драгоценными камнями. Из россыпей добывались самородки меди и золота. Наиболее крупные отбирались вручную, более мелкие отмывались. Именно интересу людей к золоту и обязаны своим

развитием методы обогащения полезных ископаемых. Первой школой извлечения полезных ископаемых из руд и было извлечение золота из золотоносного песка промывкой. Эти знания и навыки были применены впоследствии и для других руд.

Во времена Геродота (V век до н. э.) для обогащения россыпей промывкой применялись уже первые приспособления. Это были шлюзы из дерева и бараньих шкур, бутары, ендовки. Этот способ может быть отнесен к самым древним, ещё очень примитивным процессам гравитационного обогащения. Гравитационное разделение основывается на различии минералов в удельном весе. При этом куски или зерна перемещаются друг относительно друга под влиянием только силы тяжести или при ее использовании совместно с другими силами. Одной из таких сил может быть сопротивление движению в вязкой среде, например, в воде.

Принципы гравитационного обогащения были известны еще 2000 лет назад и впервые описаны Плинием, а позднее Агриколой. В течение всего этого периода гравитационное обогащение было наиболее широко применяемым способом разделения минералов. В настоящее время при обогащении марганцевых, окисленных железных руд, оловянных руд, редких металлов, фосфоритов, промывка еще используется хотя и относится к устаревшим методам.

С VI – V тысячелетия до н. э. начинает развиваться металлургическое производство меди. В те времена рудами считались почти чистые скопления минералов, из которых можно было выплавлять металлы без предварительной подготовки. В процессе добычи рабочие разбивали каменными молотками глыбы руды на куски, а затем вручную отбирали нужные камни, руководствуясь внешними различиями минералов. На этом этапе развития горного дела и металлургии рабочие были одновременно и горняками, и обогатителями, и металлургами. С конца IV тысячелетия возникает технология плавки оловянной бронзы, поэтому потребности в минеральном сырье резко увеличились. Для получения меди и бронзы, кроме малахита и бирюзы, стали использовать

медный колчедан или халькопирит. Медный колчедан, в отличие от окисленных руд, содержит железо и серу и обладает высокой твёрдостью. Руду, состоящую из халькопирита, перед плавкой предварительно обжигали. Её раскаляли, поддувая воздух. При этом большая часть серы сгорала и улетучивалась в виде газа. После нагревания, а затем резкого охлаждения прочность руды уменьшалась. После этого её легко можно было дробить на мелкие осколки молотами и кирками рядом с местом добычи.

В 1900 г. до н. э. в долине Нила были открыты коренные месторождения золота, в которых ценный металл был вкраплен мельчайшими зёрнами в кварце. Чтобы из такой руды выделить золото, её сначала толкли до величины гороха в больших каменных ступах. После этого руду размалывали до мелкого порошка в ручных мельницах. В таком состоянии частицы золота и кварца уже были в виде отдельных зёрен, друг от друга их уже отделяли с помощью промывки. К этому времени промывка осуществлялась на специальных промывочных столах. В качестве столов использовали выровненные каменные плиты, устанавливали их под наклоном. На поверхности стола были выдолблены неглубокие параллельные канавки. Подготовленный песок, содержащий золото, подавали на верхний край стола и сверху лили воду. Со временем подачу воды на поверхность стола стала осуществлять с помощью Архимедова винта. Кварц и золото стекали по каменной поверхности, отделялись друг от друга. Более тяжёлые песчинки золота задерживались в канавках, а лёгкие кварцевые зёрна смывались вместе с водой. Чтобы собрать из канавок осевшее золото периодически подачу руды прекращали.

В качестве дробильных орудий уже начинают использовать каменные молотки, а также цилиндрические песты и терочки. Крупные камни измельчались на каменных плитах, при этом выбирались камни округлой формы (курунты). Чтобы выделить минералы из руды, измельченную руду ссыпали в деревянные корыта и промывали. Куски тяжёлой руды осаждались на дне, а более лёгкие частицы породы выносились с водой. Две с половиной тысячи лет тому назад в древней Греции на Лаврийских рудниках свинцово-серебряную

руды обогащали в такой же последовательности. Сначала сортировали вручную, потом руду истирали и промывали водой. В местах, где проходили добыча и обогащение этих руд: Вади Аббаса и Икита (Египет), Бени-Шагул (Эфиопия) – сохранились остатки дробилок, мельниц и каменных столов.

В Древней Колхиде был известен способ обогащения золотоносного песка на бараньей шкуре. Для этого под нижним концом деревянного желоба мехом вверх расстилали шкуру. По жёлобу подавалась вода. Руда засыпалась на шкуру и начиналась промывка. Тяжелые крупные частицы золота застревают в шерсти, а весь песок водой смывался. Затем шкуры промывались в корыте, на дне образовывался остаток тяжелого металла – шлих.

В эпоху расцвета Римской империи начинают осваивать новые способы извлечения золота из руд. По первому способу всю рудовмещающую породу обрушали и промывали ее на горных склонах водой из водохранилищ. Из созданных таким образом техногенных золотых россыпей извлекалось золото. Второй способ осуществляли с помощью ртути. Около 2000 лет назад обнаружили, что ртуть способна смачивать собой многие металлы и после этого вбирает их в себя. Если золотоносный песок смешать с ртутью, то обычный спутник золота кварц не растворяется в ртути, сам он не изменяется, но отдаёт золото. Золотосодержащую руду дробили и смешивали с ртутью. Образовывалась жидкая амальгама, которую отделяли от породы, сливали или фильтровали через кожаный, замшевый или хлопчатобумажный фильтр. Затем амальгаму нагревали и испарением отделяли золото от ртути. Метод амальгамации был изобретен на Ближнем Востоке и стал основным в Риме в начале новой эры. Способ амальгамация и сегодня используется, совместно с выщелачиванием цианидами, сорбцией на ионообменных смолах и электролизом.

После крушения Римской империи на протяжении нескольких столетий в технике и технологии обогащения полезных ископаемых существенных сдвигов не происходило. Для повышения качества руд, шедших в плавку, использовались методы, возникшие еще в эпоху рабовладельческого общества

и основанные исключительно на ручном труде: ручное толчение, истирание и сортировка руд с последующей их промывкой в чашах и на лотках.

Развитие процесса обогащения в эпоху Возрождения

Общее развитие науки, техники и производства в эпоху Возрождения обусловило и развитие процесса обогащения полезных ископаемых, начало механизации ручного труда. Стали применяться свободно падающие песты в толчейных мельницах, действующих от водяного колеса, применяется промывка на шлюзах, амальгамация, мокрое измельчение жерновами, действующими от водяного колеса.

Начиная с XVI века обогащение получило большое развитие в Австро-Венгрии. Австрийские специалисты приглашались для обучения горняков в других странах. Начиная с XVII века горное дело распространяется в Саксонии (Германия). Бурное развитие обогащения руд в мануфактурный период связано с общим ростом потребления металлов. Широко применяются известные с древности основные и вспомогательные процессы обогащения: обжиг, дробление, ручная сортировка, грохочение, измельчение, промывка и амальгамация. Развиваются процессы гравитационного метода обогащения.

В Германии (области Вестфалия и Эйфель) руду сначала обжигали для снижения твердости исходного материала и удаления вредных примесей (серы, мышьяка). Затем на твердом каменном основании руду дробили молотками специальной конфигурации, по своему воздействию близкими к цепам на зерновом току. Раздробленную руду сметали в кучи и отправляли на промывку в коротком промывочном гарде, где тяжелые частицы оседали на дно, а более легкие уносились смывной водой.

В середине XVI в. наметились тенденции в механизации процессов обогащения: введение толчейной мельницы с четырьмя ставами. Впервые толчейные или цвиттер-мельницы были построены в 1507 году в Диппольдисвальде и в Альтенберге. Эти толчейные ставы, объединявшие по несколько свободно падающих пестов (деревянных бревен, обитых железом),

дробили руду в толчейном корыте и в ряде случаев приводились в действие от водяного колеса

В толчеях производилось сухое и мокрое измельчение. В случае тонкого измельчения применялся горизонтальный жернов, который вращался от вертикального вала с приводом от водяного колеса. Измельчение руд на жерновах осуществляли в несколько стадий. Крупность продуктов контролировалась многостадийным грохочением (просеиванием) на подвешенных грохотах с различными по размеру отверстиями, приводимых в действие мускульной силой.

Наряду с трудоемкими ручными способами применялся также гидравлический смыв с наклонных шлюзов, имеющих матерчатый покров. Процессы обогащения применяются не только к рудам, но и к продуктам металлургической плавки – шлакам. На гарде извлекались корольки свинца и штейна (промежуточного продукта, сплава сульфидов цветных металлов и железа) из дробленого шлака. В 1521 году была построена большая толчейная фабрика с применением отсадки на качающихся решетках. Впервые отсадочные машины с подвижным решетом появились у средневековых горняков Гарца. Данный метод основан на использовании действия восходящей струи воды для разделения минералов по удельным весам, осуществляемого попеременным встряхиванием погруженного в воду решета, наполненного размолотой рудой.

Некоторые установки по извлечению золота совмещали несколько операций: дробление, измельчение, грохочение, промывку, амальгамацию. Руда после дробления в толчее поступала в верхний ларь мельничного жернова и, постепенно удаляясь через отверстия, последовательно измельчалась в порошок. Измельченная руда подавалась в три чана (с вращающимися в них мешалками), куда заливалась ртуть для извлечения золота амальгамацией.

Другой процесс обогащения представлял собой двухстадиальное обогащение россыпных руд (с доизмельчением) на шлюзовых концентрационных устройствах с целью получения касситеритового концентрата. Шлюз представляет собой длинный наклонный лоток, по которому

сверху вниз течет пульпа – смесь руды с водой. Дно шлюза выполнено таким образом, чтобы создавать препятствие движущемуся потоку (сейчас – рейки, трафареты, коврики, раньше – перегородки, шкуры животных).

В этот период в Мексике для измельчения и истирания руды применялись специальные устройства (арастры), для привода которых использовались мулы. В кольцевых каменных ямах с выпускными отверстиями для измельченной руды дробление осуществлялось огромными обтесанными камнями, прикрепленными цепями к вращающейся крестовине. Позднее для привода арастры стали использовать водяное колесо. Для извлечения серебра начинает широко применяться амальгамация в чугунных ретортах.

Развитие механизации в процессе обогащения руд

Большое значение для прогресса техники и технологии и обработки руд имел труд М. В. Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных тел», в котором были обобщены вопросы горного дела и гравитационного обогащения. Эта работа увидела свет в 1763 году. Дальнейшее развитие промывки привело к появлению сепарации минералов в струе воды, текущей по наклонной поверхности. В этом случае минералы разделяются по удельному весу под действием потока воды и силы тяжести. Легкие частицы уносятся с водой, а тяжелые осаждаются на наклонной поверхности разделительного стола. Этот метод обогащения был назван концентрацией на столах.

Первое определение обогащению полезных ископаемых дано в фундаментальном многотомном труде Ф. Л. Канкрин «Первые основания искусства горных и соляных производств». Восьмой том труда Ф. Л. Канкрин полностью посвящен обогащению. Ценность его заключалась в том, что автор стремился изложить наиболее прогрессивные направления в конструировании обогатительных машин. Вплоть до конца XIX века способ гидравлического обогащения на гардах, желобах, качающихся решетках являлся единственным техническим приемом разделения полезных минералов и пустой породы по плотности в водной среде.

Огромный спрос на минеральное сырье, возникший во время промышленного переворота, способствовал быстрому развитию горной промышленности и росту машиностроения. Развитие обогащения полезных ископаемых характеризуется его техническим перевооружением.

С середины XVIII века наиболее распространенным способом гравитационного обогащения становится машинная промывка, получившая свое развитие применительно к обогащению золотосодержащих руд. Значительный вклад в создание золотопромывальных машин внесли русские изобретатели Китаев (1823), Кокшаров (1826), Е. А. Черепанов (1828), Ахтеев (1828), Л. И. Брусницын (1836), П. П. Аносов (1838).

В 1814 году Л. И. Брусницыным разработан способ извлечения золота из россыпей. Он доказал, что богатейшие запасы золота находятся в долинах, речных наносах, где раньше считалось бессмысленным искать золото. Его предшественники механически переносили приемы, разработанные для коренного золота, когда золотоносные пески сначала толкли, а затем промывали. В результате в пыль превращались не только песок и галька, но и само золото, что приводило к разубоживанию. Л.И. Брусницын же предложил сначала производить отделение гальки, не содержащей золота, и непосредственно промывать пески, что дало сразу же огромный эффект.

В середине XIX века золотоизвлекательные установки сочетали промывку с амальгамацией (машина Г. Окладных). В 1863 г. началась добыча и извлечение золота с помощью драг (Новая Зеландия). Драга – плавучий горно-обогащительный агрегат, имеет громадный земснаряд и пропускает через свое нутро выбираемую породу, размывает ее, отделяет золотые песчинки и все ненужное выбрасывает за борт. Впереди у драги длинная лента черпаков. Они подают породу на конвейер, а тот проносит ее через систему промывочных устройств.

С развитием металлургии возросли потребности в каменноугольном коксе. Чистые мощные пласты угля с малым содержанием золы и большим выходом крупнокускового угля разрабатывались в Англии. На большинстве же

месторождений Европы уголь отличался большой хрупкостью и количеством примесей. Впервые обогащение угля было осуществлено в Саксонии в 1841 году. Вода подавалась через сито поршнем, приводимым в движение вручную. Подобного типа машины применялись в Вестфальском угольном бассейне. На обогащение поступал уголь крупностью от 6 до 70 мм после ручной отборки из него крупных кусков породы.

Новым этапом в развитии отсадки стало изобретение отсадочных машин с неподвижным решетом. Авторство изобретения принадлежит англичанину В. Петерику и венгру Г. Тучнаку. Глубокие корыта разделяли перегородкой, не достигающей до дна, на два отделения. В одном из них вертикально движется плоский поршень, вызывая пульсацию пульпы, происходит отделение рудного материала (минералов свинца, цинка, серебра) от пустой породы. Совершенствование техники отсадки шло в направлении достижения равномерной скорости потока воды, проходящего через материал, расположенный на сите. Основные конструкции машин разработаны Бераром (1848), Сиверсом (1860), Шеппардом (1875), Люригом (1879), Баумом (1901).

С развитием промышленного производства тесно связан процесс развития науки. В 1851 году француз М. В. Пернолэ открыл законы падения рудных частиц в воде, затем Х. Борн описал их движение в восходящей струе воды. Первая учебная и исследовательская лаборатория в США была создана Р. Х. Ричардсом. Он экспериментально исследовал закономерности падения минеральных частиц в воде, определил скорости падения зерен для некоторых минералов в широком диапазоне крупности (что имело значение при технологических расчетах гравитационного оборудования), разработал конструкцию пульсационной отсадочной машины.

Для подготовки рудного сырья к переработке создаются дробилки различных конструкций: валковые, роторные, щековые, стержневые, конусные, молотковые. К началу XVIII в. появились сведения о применении постоянных магнитов для обогащения магнетитовых руд. Розлер в 1700 году сообщал о применении магнитной сепарации для обработки касситерита, загрязненного

железом, которое не отделялось при промывке. Мытые шлихи высушивались и подвергались обработке при помощи ручного магнита. Несколько позже магнитная сепарация стала проводиться в водной среде. Железный минерал притягивался к укрепленному на гарде магниту, смывался водой, в то время как касситерит оставался на дне. В 1792 году Фуллер в Англии оформил патент на сепарацию железной руды при помощи магнита. В 1854 году Пальмер предложил магнитный сепаратор с полюсами перемежающейся полярности по пути движения материала.

До конца XIX века метод магнитного обогащения внедрялся медленно из-за отсутствия удачной конструкции сепаратора. Толчком послужило применение для создания магнитного поля электромагнитов, предложенных впервые для этой цели в 1855 году в Сардинии Нотениони. В 1890 году американцы Болл и Нортон создали барабанный электромагнитный сепаратор с полюсами перемежающейся полярности. Немного позже ими же предложена конструкция ленточного сепаратора для сухой сепарации мелкого сильномагнитного материала.

Электромагнитная сепарация слабомагнитных руд развивается позднее. В 1890 году Ветерилль первым предложил использовать для создания мощных магнитных полей сочетание плоского и противопоставленного ему заостренного полюсов.

В 1906 г. начал внедряться в промышленность сконструированный Грондалем (Швеция) барабанный сепаратор для мокрой сепарации сильномагнитных руд. В 1920 году Роч изобрел ленточный сепаратор для мокрой сепарации частично окисленных сильномагнитных руд. До 1920 года для выделения хвостов из крупнокусковой магнетитовой руды применялись барабанные сепараторы. С 1920 году при сепарации крупнокусковой руды стали применять шкивные сепараторы фирмы Динге. В начале XX века Ульрих сконструировал кольцевой сепаратор, пригодный для сухой и мокрой сепарации. В 1920-х годах начал внедряться в практику предложенный Джонсоном индукционно-роликовый сепаратор. В России первый магнитный

сепаратор барабанного типа был сконструирован В. А. Петровым в 1911 году на Урале и установлен на одном из металлургических заводов для сухой сепарации магнетитовой руды. В СССР производство электромагнитных сепараторов началось в 1932 – 1934 годах.

В 1870 году была предложена первая машина для электростатического обогащения, вернее – очистки хлопка, работа которой была основана на различии в скорости перезарядки волокон и семян. Однако широкое применение электростатической сепарации в промышленности стало возможно только после создания надежных источников высокого напряжения, высоковольтного оборудования – генераторов, трансформаторов, выпрямителей тока, а также изоляторов. Первый сепаратор для разделения электропроводящих частиц и частиц-изоляторов (диэлектриков) был предложен в 1901 году Л. Блеком и Д. Моршером. А с 1905 года начали изготавливать электросепаратор, усовершенствованный Г. Гуффом, пригодный для обогащения руд, неметаллических ископаемых, а также очистки зерна и семян. Сепаратор Гуффа представляет собой вращающийся барабан, играющий роль электрода с отрицательным зарядом. Вблизи барабана, параллельно его оси, установлен остроконечный электрод, заряженный положительно. Между электродами образуется электрическое поле. Сухая руда высыпается из бункера на поверхность вращающегося барабана. Коснувшись поверхности барабана, минералы будут вести себя по-разному. Зерна электропроводящего минерала, получив одноименный заряд от барабана, мгновенно отскочат от поверхности барабана в сторону положительного электрода, но не долетят до него, а под действием силы тяжести упадут в специальный приемник.

В конце девятнадцатого столетия В. Вильфлем был изобретен сотрясательный стол, на котором можно было разделять (обогащать) минералы непрерывно. К середине XIX века относится начало разработки теории гравитационных процессов. В 1851 г. были опубликованы результаты исследований Л. Перноле, посвященных падению рудных частиц в воде. Затем появились работы У. Борна, В. Узатиса, А. Йордана, Д. Спары, А. Риттингера.

Впоследствии Дж. Стокс установил закон вязкостного сопротивления жидкости движущемуся в ней телу и на его основе предложил формулу для расчета скорости движения шара малых размеров.

В конце XIX столетия русские ученые Г. Я. Дорошенко, С. Г. Войслав, И. А. Корзухин, В. А. Гуськов развили теорию движения минеральных зерен в применении к гравитационным процессам. Позже появились работы П. В. Лященко опубликовал первый учебник, в котором были сформулированы основы теории гравитационных процессов.

После концентрационных столов появился другой метод гравитационного обогащения, получивший название отсадки. Зернистый материал расклаивали на сите, периодически погружаемом в воду, при этом сито вручную перемещалось в воде возвратно-поступательно. Такое устройство стало прообразом отсадочной машины с механизированным приводом, а в 1891 году Ф. Баум изобрел первую беспоршневую отсадочную машину. В качестве среды разделения при гравитационных процессах обогащения можно использовать не только воду, но и воздух, тяжелые жидкости, суспензии. В 1858 году был предложен способ разделения минералов в растворах солей хлористого железа и хлористого кальция, не получивший промышленного применения из-за высоких потерь разделительной среды и трудности ее регенерации. Этот метод стал прародителем сепарации с применением водно-песчаной и магнетитовой суспензии, которые начали свою историю с 1917 году, когда М. Чанс разработал процесс обогащения угля в песчаной суспензии. В 1926 году инженер Е. А. Слепцов изобрел метод обогащения угля в устойчивой суспензии, а в 1932 году появился первый сепаратор Тромпа, в котором этот процесс осуществлялся.

Развитие электротехники в XIX веке способствовало появлению процессов обогащения, основанных на различном поведении минералов в электрическом поле. В 1870 году была разработана первая машина для электростатического обогащения, которая применялась для разделения хлопковых волокон и семян. Принцип действия машины был основан на различии в скорости перезарядки и как следствие в траектории движения разноименно заряженных частиц в

сильном электрическом поле. Широкое применение в промышленности электростатическая сепарация получила после создания надежных источников высокого напряжения и высоковольтного оборудования. В 1901 году Л. Блеком и Д. Моршером был предложен первый сепаратор для разделения электропроводящих частиц и диэлектриков, усовершенствованный в 1905 году Г. Гуффом. В отечественной практике в этом направлении работали такие инженеры и ученые как В. Г. Деркач, Г. С. Бергер, И. Н. Левин.

Электростатическая сепарация применяется при обогащении оловянных, литиевых, вольфрамовых, титано-циркониевых и других руд как эффективный метод разделения. Открытие в 1820 году явления образования магнитного поля вокруг проводника электрического тока датским физиком Хансом Эрстедом положило начало развитию процессов разделения минералов по магнитной восприимчивости.

В 1825 году В. Стердженом был создан первый электромагнит, который является основной частью любого электромагнитного сепаратора. Барабанный сепаратор для сухого обогащения магнитных руд появился в Швеции в конце XIX века. Это было изобретение А. Венстрема, а в начале двадцатого столетия его соотечественник В. Грендаль разработал конструкцию первого сепаратора для мокрой магнитного разделения мелкой магнетитовой руды. Развитию теории магнитного и гравитационно-магнитного обогащения способствовали работы В. Г. Деркача, И. С. Дацюка, В. И. Кармазина, В. В. Кармазина, П. И. Зеленова, П. А. Усачева. Сухая магнитная сепарация нашла применение при обогащении магнетитовых и титано-магнетитовых руд, руд редких металлов, а мокрая – для сильно- и слабомагнитных руд.

Гравитационно-магнитные поля могут заменить гравитационные процессы при обогащении немагнитных руд. В начале XIX века французским физиком П. Лапласом, а затем англичанином Т. Юнгом были развиты основы физико-химической теории поверхностных и капиллярных явлений, которые стали базой для флотационного метода обогащения тонко вкрапленных руд.

Открытие нового процесса обогащения – флотации

Вторая половина XIX века ознаменовалась открытием нового процесса обогащения – флотации. В 1860 году англичанин Уильям Хайнс запатентовал способ разделения минералов, основанный на различиях в поведении сульфидных минералов и пустой породы, находящихся в соприкосновении с маслами. По предложению Хайнса руду, содержащую сульфидные минералы, смешивали в процессе измельчения с маслом и водой. Масло смачивает сульфиды, собирается в крупные капли и всплывает вместе с захваченными сульфидами на поверхность воды. Частицы пустой породы, не смоченные маслом, остаются в воде. Масляная флотация применялась некоторое время для обогащения медно-золотой руды в США и давала очень хорошие результаты – в концентрат извлекалось 80% ценных минералов. После флотации масло отмывалось от концентрата и использовалось повторно, но, несмотря на это, расход его был все же велик.

Процесс пенной флотации был запатентован в 1877 году братьями Бессель в Дрездене для очистки графитсодержащих руд. Его особенность состояла в том, что, нагревая воду, братья Бессели получали в пульпе пузырьки водяного пара. Графит значительно легче прилипал к пузырькам газа и быстрее выносился на поверхность пульпы. В 1886 году они изменили способ введения газа в пульпу. Вместо кипячения добавлялись кислота и карбонаты, которые в результате химической реакции между собой производили углекислый газ, выделяющийся из раствора. Долгое время совершенствование процесса флотации велось исключительно эмпирическим путем.

К концу XIX – началу XX веков почти полностью истощились запасы богатых руд цветных металлов, а также крупновкрапленных руд. В эксплуатацию неизбежно стали вовлекаться все в больших количествах бедные руды, отличающиеся тонкой вкрапленностью. Масляная флотация была не пригодна для обогащения таких руд.

В 1901 году на фабрике Дельпра (США) Поттер разработал новый способ флотации, с использованием которого было получено более 6 т цинкового

концентрата, содержащего до 42 % цинка, из отвальной руды с содержанием цинка 20 %. Руду из отвалов, содержащую цинк в виде его сульфида – цинковой обманки загружали в горячий раствор серной кислоты или бисульфата натрия. При этом выделяющийся газ выносил на поверхность частички цинковой обманки. Примерно в это же время Фолман в Италии запатентовал процесс, представляющий собой приложение процесса Басселей к сульфидным минералам. В 1892 году после патента Нибелиуса был зарегистрирован ряд патентов на способы флотации ценных минералов, собирающихся в виде тонкой пленки на поверхности воды. В чан аппарата на поверхность воды равномерным тонким слоем подавали измельченную руду, предварительно обработанную маслом. Плавающие зерна с поверхности воды снимали конвейерные ленты и перевозили в маленький чан, в котором собирался концентрат. Хвосты флотации, потонувшие в большом чане минералы выгружались внизу. Этим методом в самом начале XX века в США было получено свыше 300 тысяч тонн цинкового концентрата. В 1904 году в России в Мариуполе была пущена одна из первых в мире флотационных фабрик, работающих по принципу масляной флотации. Фабрика перерабатывала графитовую руду Старо-Крымского месторождения. Однако пленочную флотацию вытеснила пенная флотация – как более эффективная.

Дальнейшее развитие процесса флотации связано с разработкой методов насыщения пульпы пузырьками воздуха путем его вдувания или засасывания вращающейся мешалкой. Иногда аэрация пульпы достигалась путем образования каскада в результате перелива пульпы или продувкой воздуха через ткань.

Важным центром исследований в области обогащения в 1910 году становится Брокен-Хилл (Австралия). При обогащении по плотности, которое применялось во всем мире до 1913 года, нельзя было отделить свинцовый блеск от цинковой обманки, и поэтому в отвалах накапливалось значительное количество свинца. В то время флотацией уже можно было получить

удовлетворительное извлечение цинковой обманки, но вместе с ней извлекалась большая часть свинца, что затрудняло металлургическую плавку.

Впервые процесс селективной флотации ввел в 1912 году Листер, который обнаружил, что флотация галенита в щелочном растворе происходит значительно интенсивнее флотации цинковой обманки. В 1912 году Лоури и Гринуэй применили при флотации депрессор свинцового блеска – бихромат натрия. В 1913 году Бредфорд сделал важное для флотации открытие, установив активирующее воздействие медного купороса на цинковую обманку, получившее название активации.

С самого начала промышленного развития процесса флотации изобретались различные типы и конструкции флотационных машин. Основная их задача – максимальное насыщение пульпы воздухом (аэрация) и создание условий для спокойного всплывания пузырьков с минералами. Эти две задачи решались в двух отделениях машины – аэрационном и флотационном.

В 1910 году Т. И. Гувер сконструировал машину, которая стала прообразом последующих флотационных машин. Она состояла из двух отделений, разделенных не доходящей до дна перегородкой: агитационного – для аэрации и перемешивания пульпы, а также шпичкастена – для спокойного образования пены, ее отстаивания и удаления. Аэрация во флотационных машинах механического типа создается импеллером (водным пропеллером).

Таким образом, процесс флотации, возникший в 1860 году на основе практических наблюдений, менее чем за полвека распространился практически на все полезные ископаемые и применяется во всех странах мира.

В России горное производство получает широкое развитие в XVIII веке и по уровню превышает страны Европы. В это время в стране разрабатываются руды железа, цветных металлов, золота и других полезных ископаемых. Из железных руд использовались преимущественно богатые, не требующие, кроме рудоразборки, обогащения. Аналогичное положение было и с рудами цветных металлов, за исключением серебряно-свинцовых и оловянных руд, для которых иногда использовалась ручная отсадка. Широко развито было обогащение

золотосодержащих коренных руд. Руды подвергали ручному дроблению, измельчению в толчеях, промывке в желобах, бочках и вашгердах.

До середины XIX века существенных изменений в состоянии техники и технологии обогащения руд не было. Механическая обработка цинковых и железных руд по малой их ценности ограничивается только дроблением между валками, беглым разбором, обмывкой и, очень редко, отсадкой на решетках. Каменноугольная мелочь тоже подвергается малосложной механической обработке, имеющей целью отделение некоторых землистых частей.

Во второй половине XIX века в связи с широким распространением паровых машин начинается механизация обогатительного производства. В это время в зарубежных странах появляются щековые дробилки, поршневые отсадочные машины различных модификаций, плоские и барабанные грохоты и другое оборудование для гравитационного и магнитного обогащения с приводом от паровой машины через трансмиссию, а в дальнейшем – от электродвигателей. Первые обогатительные фабрики с применением механизированных процессов были построены в конце XIX века в угольной промышленности. Одной из первых была построена углемойка при шахте Ново-Павловская в Донбассе. К 1914 году в отрасли работало 28 углемоек. Все эти углемойки были спроектированы и построены иностранными фирмами с использованием импортного оборудования. Фабрик для обогащения руд цветных и черных металлов, а также неметаллического сырья до конца XIX века в России не было. Лишь в начале XX века в России иностранными фирмами было построено несколько небольших фабрик для обогащения руд цветных металлов гравитационным методом, в том числе Риддерская и Мизурская – для обогащения свинцово-цинковых руд и Сара-Суйская – для обогащения медных руд.

Развитие обогащения руд в России

По существу, первой книгой российского автора, посвященной теоретическим и практическим вопросам обогащения, в том числе проектированию обогатительных фабрик, явился курс лекций проф. Г. Я. Дорошенко «Курс механической обработки минеральных веществ»

После первой мировой войны и революции 1917 года промышленность и транспорт пришли в состояние полной разрухи. Россия испытывала острый недостаток в металлах и топливе. До мая 1922 года в стране не было выплавлено ни одной тонны цветных металлов. В это тяжелое для страны время группа ученых Петроградского горного института, возглавляемая профессором Г. О. Чечоттом, организует на горном факультете подготовку инженеров-обогатителей, первый выпуск которых (восемь человек) состоялся в 1922 году.

7 февраля 1920 года Горный совет принял решение о создании в Петрограде первого в РСФСР научно-исследовательского и проектного института механической обработки полезных ископаемых «Механобр».

В круг задач, решаемых «Механобром» входили: разработка теории и технологии процессов обогащения всех видов полезных ископаемых и вспомогательных процессов, разработка и модернизация дробильно-размольного и обогатительного оборудования, проектирование обогатительных и агломерационных фабрик и освоение ими проектных показателей. Одной из первых фабрик, построенных по проекту «Механобра», была Гороблагodatская промывочная фабрика для обогащения валунчатых железных руд, введенная в строй в 1927 году.

В дальнейшем по проектам «Механобра» был построен ряд обогатительных и агломерационных фабрик для черной металлургии на Урале и в Западной Сибири с применением магнитной сепарации, гравитационных и комбинированных процессов, в том числе фабрики для Магнитогорского и Кузнецкого металлургических комбинатов.

На основании проведенных в политехнических и других институтах исследований флотации были спроектированы и уже в 1930-е годы построены

свинцово-цинковые обогатительные фабрики Лениногорская (Риддерская), Тетюхинская, Мизурская и Ачисайская, медные – Карсакпайская и Богомоловская (опытная), ртутная Никитовская, графитовая – Мариупольская, апатито-нефелиновая АНОФ-1, медно-молибденовая Балхашская, вольфрамомолибденовая Тырныаузская, асбестовые фабрики № 2 «Гигант» и № 3 «Асбогигант». В проектировании обогатительных фабрик для обогащения руд цветных металлов принимал участие Гипроцветмет (Москва), а для обогащения руд черных металлов – Гипромез (Ленинград и Москва), затем их проектирование поручили «Механобру», проектирование оловянных фабрик – Гипроникелю, угольных – Гипрошахту, фабрик золото-платиновой подотрасли – институту «Гипрозолото».

Большое значение для дальнейшего широкого развития горно-обогатительного дела имел первый Всесоюзный съезд по обогащению полезных ископаемых, созданный по инициативе «Механобра» и состоявшийся 25 – 31 марта 1930 года. В соответствии с одной из рекомендаций съезда во всех институтах и организациях горно-геологического профиля были созданы обогатительные отделы и продолжена организация филиалов «Механобра» и других институтов.

По окончании Великой Отечественной войны вслед за восстановлением начинается бурный рост промышленности и, соответственно, строительство обогатительных фабрик, на которых внедряются передовые технологии и высокопроизводительное оборудование. Наряду с ростом промышленности увеличилось количество отраслевых институтов и их филиалов, занимающихся теоретическими исследованиями процессов рудоподготовки и обогащения, разработкой технологии обогащения различного минерального сырья, обогатительного оборудования и проектированием фабрик. Кроме отраслевых институтов, большой объем работ в области теории и технологии процессов обогащения выполняли институты Академии наук СССР и союзных республик, а также научно-исследовательские секторы вузов горного профиля, имеющих обогатительную специальность. Возникают школы обогащения полезных

ископаемых, возглавляемых ведущими учеными страны И. Н. Плаксиным, С. Б. Леоновым, В. А. Чантурия.

В 1916 году на работу в проектное и исследовательское бюро по обогащению полезных ископаемых, впоследствии преобразованное в институт «Механобр» поступил П. В. Лященко. В течение многих лет Петр Владимирович был постоянным консультантом в ряде научно-исследовательских и проектных организаций.

Крупной заслугой ученого явилась теоретическая разработка универсального метода определения конечных скоростей падения минеральных зерен в воде, впоследствии названного его именем. Наиболее важным элементом этого метода явился предложенный П. В. Лященко новый параметр (R^2Y) («параметр Лященко»). П. В. Лященко изучал закономерности движения минеральных частиц в струе воды, текущей по наклонной плоскости. Им была сформулирована гипотеза, согласно которой в восходящей струе воды взвеси из однородных по величине и плотности зерен распределяются, как жидкости, по относительным плотностям.

Современное состояние горно-обогатительной промышленности

Состояние горно-обогатительной промышленности во второй половине XX века характеризуется автоматизацией технологических процессов и широким применением ЭВМ. Обогащение полезных ископаемых достигает высокого технического уровня и степени извлечения полезных компонентов. Переработка руд осуществляется на комплексно-механизированных и автоматизированных фабриках. Рост масштабов добычи руд и вовлечение в разработку руд с низкими массовыми долями в них полезных компонентов обуславливает и возрастание объемов полезных ископаемых, перерабатываемых на обогатительных фабриках. Обогатительные фабрики, расположенные, как правило, вблизи горнодобычных комплексов, тесно связаны с процессами добычи.

Роль обогащения в горном деле возросла в связи с внедрением высокопроизводительных процессов добычи, вызывающих разубоживание руды, и снижением качества полезных ископаемых.

Для дробления полезных ископаемых разработаны двух- и трехстадиальные схемы в замкнутом цикле с классификацией на грохотах. Сортировка полезных ископаемых на первых стадиях переработки осуществляется с помощью оптических и радиометрических методов, а также обогащением в тяжелых суспензиях. Руды черных металлов обогащаются магнитной сепарацией, руды цветных металлов – флотацией и гравитационными методами, которые являются основными и при обогащении углей.

Внедряется технология обогащения руд непосредственно в процессе добычи на карьерах и шахтах методами радиометрической сепарации при циклично-поточной технологии.

Современная тенденция в обогатительном оборудовании – использование аппаратов большой мощности и производительности, мельницы диаметром до 18 м; для флотации используют машины с увеличенным объемом камер (свыше 40 м³ для одной флотокамеры). Применяется кучное выщелачивание для переработки забалансовых руд и извлечения металла из породных отвалов.

Технология первичной переработки полезных ископаемых совершенствуется в направлении комплексного извлечения полезных компонентов с все более низким их содержанием и переходом на малоотходные и безотходные технологии. Внедряются замкнутые системы водооборота при обогащении полезных ископаемых

Мой опыт работы

Все вышесказанное было подобрано из различных литературных источников. Но я бы также хотел кратко поделиться личным опытом работы на горно-обогатительных комбинатах. Моя деятельность, в первую очередь, связана с разработкой новых современных средств автоматизации процессов переработки цветных и драгоценных металлов. Интеллектуальные системы развиваются с огромной скоростью, что дает возможность эффективно использовать современные технологии в обогатительной отрасли. Ниже я приведу ряд автоматизированных комплексов, часть из которых была разработана непосредственно нашим отделом автоматизации.

- Автоматизированная станция контроля компонентов пульпы (АСККП-РИФ).

Данная система (рис. 1) предназначена для оперативного контроля состояния жидкой фазы пульпы по различным физико-химическим параметрам. Она способна оценивать щелочное состояние среды, электрическую проводимость, показатель рН, температура. Используя данные измеренные параметры, система способна поддерживать состояние пульпы на определённом уровне, что дает возможность создавать эффективные, а главное стабильные условия для флотационного разделения металлов.



Рис. 1 АСККП-РИФ

- Система измерения расхода азрированных пульп в напорных трубопроводах.

Данная система позволяет измерять массовый и объемный расходы пульповых продуктов в напорных трубопроводах. Измерение расходов пульп с высоким содержанием мелкодисперсного твердого (до 30%) осложняется, во-первых, разрушающим действием данной субстанции, а также наличием пузырьков воздуха, что вносит серьёзные погрешности в процесс контроля.

Большинство современных пульповых расходомеров позволяют измерять только объемный расход, но для качественного технологического контроля, необходимо знать массовое содержание твердого в пульпе, которая транспортируется на различные технологические ветки фабрики. Нашим отделом был разработан расходомер/плотномер на базе датчиков дифференциального давления.

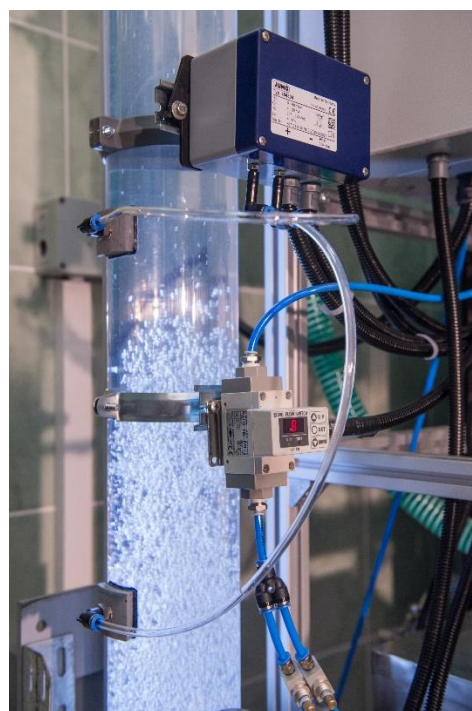


Рис. 2. Лабораторный стенд расходомер/плотномер

- Лазерная система измерения массового и объёмного расхода руды на конвейерной ленте.

Данная система (Рис. 3) находится в стадии разработки. Она позволяет получать 3D профиль рудной полосы на конвейерной ленте, а математический аппарат и высокоскоростное контроллерное оборудование помогает оперативно рассчитывать расход транспортируемого дробленого материала. Система базируется на использовании широкоугольного лазерного 2D сканера. Дополнительно, система способна контролировать гран состав руды по крупности. Система, в первую очередь, необходима для технологического контроля объемов руд подаваемых в мельницы. Также, благодаря информации о гран составе, комплекс оценивает состояние дробильного оборудования.

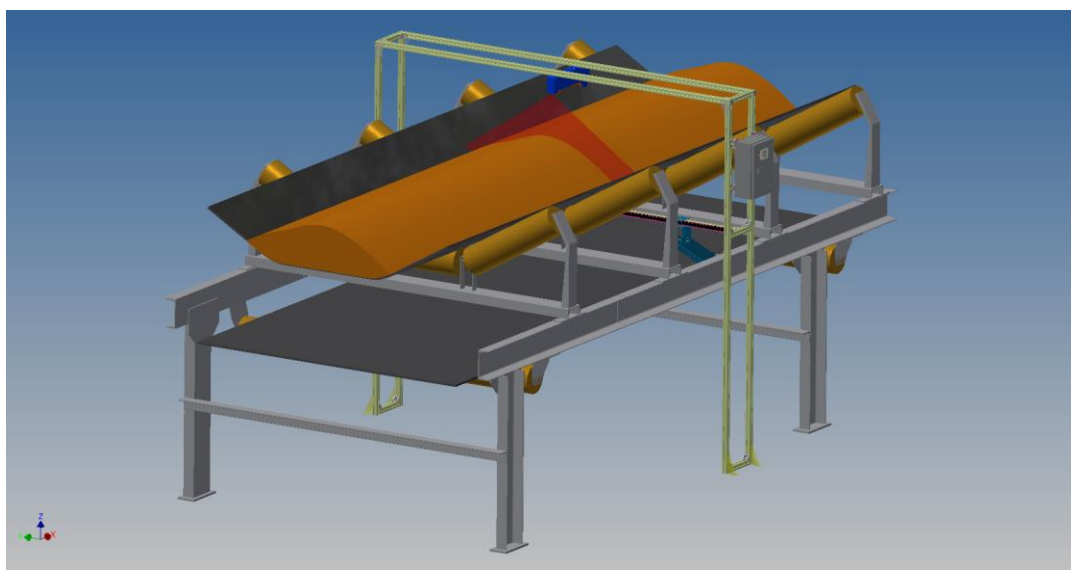


Рис. 3 Лазерная система измерения расхода.

Заключение

Основные процессы разделения минералов обслуживаются разными предварительными и завершающими операциями, имеющими свою историю применения и развития, и без которых выполнение основной задачи не является возможным. Весь комплекс процессов по обогащению руд полезных ископаемых особенно важен в современной деятельности человека, так, как только после обогащения извлеченные из недр ископаемые становятся полезными.

В работе рассмотрены особенности зарождения обогащения полезных ископаемых в горном деле и этапы развития научно-технических основ механизации при обогащения полезных ископаемых, происходящие на протяжении многих столетии – с древнейших времен до современности

В работе рассмотрено влияние новых реформ в горном деле в XIX веке на развитие горной и обогатительной науки и техники, на развитие механизации и автоматизации процессов обогащения руд полезных ископаемых, рассмотрено развитие научно-технического прогресса в области обогащения полезных ископаемых в России в XX веке, выявлены новые поставленные условия и задачи.

Список используемой литературы

1. Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых. – М.: Издательство МГГУ, 2006
2. Алгебраистова Н. К. История обогащения полезных ископаемых. – Красноярск, Издательство СФУ, 2012
3. Берт Р. О. Технология гравитационного обогащения. М.: Интернет Инжиниринг, 2004
4. Вишняк Б. А. Технология обогащения и автоматизации процессов калийных флотационных фабрик. – Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011
5. Глембоцкая Г. В. Возникновение и развитие гравитационных методов обогащения полезных ископаемых. – М.: Наука, 2001
6. Глембоцкий В. А., Классен В. И. Принципы флотации. – М.: Издательство Руда и Металлы. – 2004
7. Дядькин Ю. Д. История горной науки и техники. – СП-б.: Издательство горного института, 2008
8. Куптель Г. А., Яцковец А. И., Кологривко А. А.– 193 Обогащение и автоматизация переработки полезных ископаемых. – Минск: БНТУ, 2010
9. Морозов. В. В., Топчаев В. П., Улитенко К. Я. И др. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых. – М.: Издательство Руда и Металлы, 2013
10. Чирков А. С. Добыча и автоматизированная переработка строительных горных пород. – М.: Издательство МГГУ, 2001