Содержание

Введение

Научно-технический прогресс в обогащении полезных ископаемых

И.Н. Плаксин - выдающийся учёный в области обогащения полезных ископаемых

Заключение

Список литературы

## Введение

В данной работе рассматривается научно-технический прогресса в обогащении полезных ископаемых с точки зрения литературных трудов XV-начала XX вв., а также изучается вклад И.Н. Плаксина в развитие данной науки.

Обогащение руд как самостоятельная отрасль горно-металлургического производства осуществляется методами механической обработки, не связанной с химическими превращениями минералов. Химический состав минералов при этом остается неизменным; изменяются лишь количественные соотношения между содержаниями ценных минералов и пустой породы в исходном сырье и продуктах обогащения.

Принципиально к обогатительным процессам можно отнести также процессы первичной металлургической переработки рудного сырья, направленной на выделение из него ценного компонента в самостоятельный продукт методами химических воздействий.

Многочисленные способы механического обогащения основаны на использовании различия в физических свойствах минералов: плотности, крупности, формы, цвета и блеска, смачиваемости, магнитной восприимчивости и др.

## Научно-технический прогресс в обогащении полезных ископаемых

Первые печатные источники по горному делу, в которые по традиции на протяжении ХVI-ХIХ вв. включалось и обогащение полезных ископаемых, появились в эпоху Возрождения и связаны с именами Ванноччо Бирннгуччо, Себастиана Мюнстера и Георгия Агриколы.

Создание трудов этих ученых именно в середине ХVI в. не было случайным. Чтобы объяснить закономерный характер их появления, необходимо хотя бы в общих чертах обрисовать состояние науки, техники, производства и рассмотреть задачи, которые стояли перед учеными в этот период времени.

Развитие техники первой половины ХVI в. характеризуется началом распространения мануфактур в Западной Европе. Этот процесс коснулся и горного дела. Цеховая организация ремесла, сыгравшая положительную роль в период развитого феодализма, стала тормозить дальнейшее развитие горного дела. Поэтому стали появляться мануфактурные предприятия, явившиеся одной из начальных форм капиталистического производства.

Характерной чертой развития техники в рассматриваемый период явилось широкое применение таких крупных изобретений как порох, бумага, книгопечатание, компас и т.д. Открытие пороха положило начало огнестрельной артиллерии, которая вызвала подлинную революцию в военном деле и предъявила особые требования к горно-металлургической промышленности, в том числе и к обогащению полезных ископаемых. Огромную роль в развитии науки, техники и культуры в целом сыграло книгопечатание.

На развитие горной промышленности Западной Европы оказали влияние и географические открытия. Например, введение в эксплуатацию богатых месторождений золота и серебра в Америке привело к некоторому упадку горного дела в Западной Европе, где разработка месторождений осуществлялась на более глубоких горизонтах, что значительно затрудняло и удорожало ведение работ.

В связи с общим ростом потребления металлов исключительное развитие получило обогащение руд. В мануфактурный период стали широко применяться основные, известные еще с древних времен, операции обогащения: обжиг, дробление, ручная сортировка, грохочение, измельчение, промывка и амальгамация. Получило развитие в качестве основного метода гравитационное обогащение.

К одному из деятелей эпохи Возрождения, чьи труды были посвящены горному делу и металлургии, относится Ванноччо Бирингуччо (1480-1539) - итальянский ученый и инженер. В течение долгого времени он изучал горнозаводское дело в Италии, Чехии, Германии и Австрии. В 1540 г. вшила его книга "Пиротехния", которая являлась своего рода технической энциклопедией того времени. Сообщаемые автором сведения основывались на его собственных наблюдениях.

"Пиротехния" состоит из десяти книг (глав). Наибольший интерес для обогащения полезных ископаемых представляют первые три книги. В них автор рассматривает вопросы, связанные со свойствами золота, серебра, свинца, дает описание различных полезных ископаемых, касается опробования руд и их обработки.

Вслед за книгой Ванноччо Бирингуччо в 1544 г. появился обширный труд "Космография" немецкого ученого Себастиана Мюнстера (1489-1552).

"Космография" содержит описание известных в ХVI в. стран. Этот труд в течение ста лет выдержал более 45 изданий на немецком, латинском, французском, итальянском, английском и чешских языках. Среди прочих сведений автор приводит много данных по горному делу, в том числе и по обогащению полезных ископаемых.

Интерес Мюнстера к вопросам горного дела и обогащения полезных ископаемых, правда, занимающим в "Космографии" сравнительно незначительное место, не случаен. Конец ХV и первая половина ХVI в. - это период роста горной промышленности, являющейся одной из передовых отраслей промышленности Германии.

Не являясь сам специалистом в области горного дела, Мюнстер опирался в основном на труды античных авторов и своих современников, в том числе на ранние сочинения Агриколы, относящиеся к 1530-1546 гг.

Однако кроме трудов Агриколы, Мюнстер использовал материалы, даже неизвестные Агриколе и представляющие интерес как наиболее ранние сведения по горному делу и обогащению.

Материалы монографии Мюнстера знакомят читателя со следующими обогатительными процессами: дроблением - ручным и при помощи пестов, приводимых в движение от наливного колеса; ручной рудоразборкой; мокрым обогащением (гравитационным), осуществляемым промывкой руды в корыте и в текущей по наклонной плоскости воде.

Значение работы Мюнстера "Космография" для разработки вопросов, связанных с обогащением полезных ископаемых, состоит в том, что она являлась одной из первых публикаций, в которой были освещены накопившиеся к середине ХVI в. фактические данные по развитию этой области.

Особое место среди литературных памятников по горному делу и обогащению полезных ископаемых занимает фундаментальный труд "De re metaiiica, libre XII" ("О горном деле и металлургии в 12 книгах"), изданный в 1556. Автор его - немецкий ученый Георг (Георгий) Агрикола (1494-1555).

Г. Агрикола родился в Саксонии в г. Глаухау, получил образование в университетах Лейпцига и Болоньи. Работал врачом в г. Хемнице (Саксония), но заинтересовавшись минералогией переехал в г. Яхимов (Чехия) - крупнейший центр горнорудной промышленности. Занятия горным делом в стране, являвшейся на протяжении многих веков центром горнорудной промышленности Европы, дали богатейший материал для его трудов.

Первая работа Агриколы в области горного дела была напечатана в 1530 г. в Базеле и называлась "Берманиус или диалог о металлургии". В 1546 г. вышла целая серия его работ; "О происхождении и причинах того, что находится под землей", "О природе того, что вытекает из земли", "О природе ископаемых" и "О древних и новых металлах". Основной свой труд "О горном деле и металлургии в 12 книгах" Агрикола закончил в 1550 г. (опубликован был посмертно в 1556 г). Работа над этой книгой продолжалась около 20 лет.

Сочинение это носит энциклопедический характер. Отличительной чертой эпохи как раз и являлось создание подобных трудов применительно к различным областям науки и техники. Горное дело, обогащение полезных ископаемых, металлургия того времени, когда работал Г. Агрикола, переживали период быстрого развития и настоятельно требовали обобщения накопленного в течение многих веков опыта, систематизации знаний. Именно эти задачи впервые поставил и успешно разрешил Г. Агрикола, создав такую энциклопедию горнорудного дела, обогащения полезных ископаемых и металлургии, которой пользовались в течение длительного времени.

Труд Агриколы сыграл важную, прогрессивную роль не только как энциклопедия горно-металлургических знаний, но и при борьбе с противниками горного дела, которых было не мало в эпоху Возрождения. Несмотря на то, что в начале ХVI в. горное дело, обогащение полезных ископаемых и металлургия находились в Европе уже на достаточно высоком уровне, взгляды на необходимость их развития, в значительной степени унаследованные еще от феодализма, содержали пренебрежительное отношение к металлам, и, особенно, золоту. Представители таких воззрений доказывали нецелесообразность и даже вредность занятий в этих областях. Агрикола же ревностно отстаивал мысль, что горное дело полезно и необходимо человечеству, так как без применения металлов не обходится ни одна область человеческой деятельности.

Прогресс в горном деле, обогащении полезных ископаемых и металлургии вызвал появление новых трудов. К ним относятся сочинения: В.И. Геннина (1734 г), директора заводов Нижнего Гарца Шлютера (1738 г) и позднее М.В. Лоюносова (1763 г) и И.А. Шлаттера (1760 г).

За период, отделяющий энциклопедию Агриколы от книг И.А. Шлаттера и М.В. Ломоносова, в развитии горного дела России произошли серьезные изменения. В течение ХVI-ХVII вв. было открыто большое количество медных, серебряных и железных месторождений, начата их систематическая разработка. Во второй половине ХVII в. был создан металлургический центр в районе Тулы, снабжавший всю страну железом. Накопленный вековой народный опыт обобщался и передавался в рукописных руководствах.

Для расширения добычи и переработки полезных ископаемых для использования мирового опыта горного дела в Россию приглашались из других стран соответствующие специалисты. Особенно много их было приглашено во времена Петра Первого. В 1700 г. он учредил в Москве Приказ рудокопных дел, а в 1719 г. для руководства всей горной промышленностью была организована Берг-коллегия и провозглашена Берг-привилегия.

Возглавлял Берг-коллегию крупный ученый и государственный деятель Я.В. Брюс (1670-1735). Его деятельность стимулировала прогресс в добыче и переработке руд в стране. Под его руководством была создана прекрасная лаборатория для исследования и опробования руд и металлов.

Таким образом, в России создались благоприятные условия для /развития горного дела и обогащения. В первой половине ХУШ в. на территории России широко велась разведка полезных ископаемых. Были открыты основные угольные месторождения в Донецком, Подмосковном и Кузнецком бассейнах, начата разработка железных, медных и других руд на Урале.

Все это способствовало быстрому совершенствованию приемов и методов горного дела и обогащения полезных ископаемых в России. С трудами Агриколы русские хорошо были знакомы. Однако их не только изучали, но и дальше развивали, решали те вопросы, которые Агриколой" были только поставлены, или совершенно не затронуты.

Первым печатным трудом явилась книга И.А. Шлаттера "Обстоятельное наставление рудному делу", опубликованная в 1760 г., представляющий первый печатный учебник, непосредственно посвященный горному делу и обогащению полезных ископаемых. Само его появление, учитывая что автор рассматривал горное дело без металлургии и геологии, свидетельствовало о начавшейся дифференциации горной науки.

В книге сосредоточен обширный комплекс сведений по горно-обогатительной технике, достигнутой к середине ХVIII в. во всех странах мира. Шлаттер собрал и систематизировал большое количество практических данных, благодаря его сочинению русские горные специалисты смогли познакомиться с зарубежными новинками в оборудовании. Именно здесь впервые на русском языке было приведено описание паровой машины, сыгравшей выдающуюся роль в развитии многих отраслей техники, в том числе и горно-обогатительной.

Несмотря на определенные достоинства, книга Шлаттера не содержала существенных обобщений и анализа новых теоретических воззрений, а также достаточно глубоких оценок описываемых производственных процессов.

Совершенно особое место в истории всей горной науки, в том числе и обогащения полезных ископаемых занимает труд великого русского ученого М.В. Ломоносова "Первые основания металлургии, или рудных дел" (1763 г).

М.В. Ломоносов смотрел на обогащение руд не только с точки зрения повышения в них содержания металлов, но и с точки зрения улучшения качественных показателей дальнейшей металлургической переработки, например снижение потерь при плавке в результате удаления летучих компонентов.

Пятая часть труда посвящена отделению металлов и минералов из руд. В ней последовательно изложены способы дробления, рудоразборки, измельчения, мокрого обогащения, преимущественно шлюзового, а также отмучивания в чанах. Исходя из их описания, можно составить схему обогащения.

Многие ценные положения были изложены М.В. Ломоносовым и в других его работах, относящихся к горному делу, геологии и написанных им в период I741-I763 гг. Исключительное значение для истории обогащения полезных ископаемых имеет второе прибавление к "Первым основаниям металлургии" - трактат "О слоях земных". В высказанных здесь суждениях Ломоносов не отрывает одни явления природы от других, а рассматривает их как единое целое, связывая образование минералов и горных пород с геологическими процессами. Такой подход ученого полностью отвечает современным взглядам на эти вопросы.

На рубеже ХVIII-XIX вв. был опубликован трехтомный труд И.Ф. Германа "Сочинения о сибирских рудниках и заводах" (1797-1807 гг.). Он содержал описание и горнотехнические характеристики наиболее важных районов добычи и переработки золота, серебра, меди и других металлов, особенно в Сибири.

Обогащение сводилось к следующим операциям: дробление, измельчение, промывка на ручных и машинных вашгердах. В работе подробно рассказано о постройке и действии вашгердов, ведении промывки.

На протяжении нескольких десятилетий отечественная горно-техническая литература не пополнилась сколько-нибудь значительными произведениями. Для объяснения причин такого явления, необходимо хотя бы вкратце охарактеризовать социально-экономическое положение, которое сложилось в первой половине XIX в. и оценить его влияние на горно-металлургическое производство.

Начиная со второй четверти XIX в., в промышленности России стал все больше применяться вольно-наемный труд. Экономические потребности страны, строительство железных дорог, наконец, потребности в военных материалах вызывали настоятельную необходимость в качественном усовершенствовании добывающей и перерабатывающей промышленностях.

Произошли перемены и в технической реконструкции горно-обогатительных предприятий. Одним из основных достижений явилось внедрение в 30-е гг. XIX в. Ефимом Черепановым паровых машин, построенных впервые на Урале на Нижне-Тагильском, а затем на Кыштымском заводах. Россия была богата талантливыми изобретателями, которые часто были простыми самоучками. Однако применение новых изобретений, и вообще технический прогресс не находили должного развития в условиях крепостного хозяйства.

Несмотря на неблагоприятные условия, горнозаводская техника все же добилась известных успехов. Русский металл высоко ценился за границей. Превосходство качества русского железа послужило, например, даже поводом к подделке иностранными заводчиками русского клейма. При покупке русскому железу, хотя оно и стоило дороже, отдавалось предпочтение.

Рост потребления металлов требовал развития горно-перерабатывающей промышленности. Для освоения и усовершенствования горной техники необходимы были специальные кадры, а также соответствующие учебники и книги по горному делу.

В этих условиях в 1841 г. был опубликован трехтомный Горный словарь" Григория Ивановича Спасского (1783-1864).

Реформа 1861 г. способствовала развитию новых общественно-экономических отношений во всех областях русской промышленности, включая и горную. Во второй половине XIX в. по сравнению с первой, значительно возросла добыча золотых, железных руд и каменного угля. Сдвиги в горной промышленности, наблюдающиеся в России в конце XIX в. стимулировали развитие всей горной науки, в том числе и обогащения полезных ископаемых. [1]

Перед обогащением руду, как правило, приводят в такое состояние, при котором содержащиеся в ней минералы будут как можно полнее освобождены от сростков друг с другом. Это достигается при дроблении и измельчении руды и сортировкой измельченного материала по крупности грохочением или классификацией. В свою очередь полученный концентрат необходимо подготовить к металлургической переработке путем его обезвоживания.

Таким образом, процесс обогащения слагается из подготовки руды к обогащению, собственно обогащения и первичной подготовки концентрата к металлургической переработке.

Дробление и измельчение, сортировку по крупности и обезвоживание широко используют также непосредственно и в металлургическом производстве в качестве подготовительных и вспомогательных операций.

Большинство операций обогатительной технологии проводят в водной среде. Механическая смесь твердых материалов с жидкостью, обладающая текучестью, называется пульпой. Содержание воды в пульпах может быть сколь угодно большим.

Предварительное обогащение рудного сырья значительно более дешевыми методами по сравнению с металлургическими обеспечивает следующее:

1) повышает комплексность использования исходного сырья за счет выделения ценных компонентов в отдельные концентраты, пригодные для дальнейшей самостоятельной металлургической переработки;

2) удешевляет стоимость последующих металлургических операций и снижает себестоимость получаемых металлов в первую очередь за счет сокращения объема перерабатываемых материалов;

3) позволяет перерабатывать бедные руды, непригодные для прямой металлургической переработки.

## И.Н. Плаксин - выдающийся учёный в области обогащения полезных ископаемых

Игорь Николаевич Плаксин родился 8 октября 1900 г. в семье интеллигентов в г. Уфе. В 1918 г. окончил Уфимское реальное училище и поступил в Омский политехнический институт на химический факультет. С самого детства Игорь интересовался многими вещами, но больше всего книгами - страстную любовь к ним он сохранил на всю жизнь.

В 1920 г. И.Н. Плаксин поступил на горнозаводское отделение Дальневосточного политехнического института (вскоре преобразованного в Дальневосточный государственный университет) в г. Владивостоке и в мае 1926 г. окончил его, получив звание горного инженера. Темы, выбранные Игорем Николаевичем для диплома, были связаны с обогащением полезных ископаемых и гидрометаллургией. Этой тематике он остался верен до конца своих дней.

Уже в годы студенчества у И.Н. Плаксина появилась тяга к научным исследованиям. Без отрыва от учебы он работал ответственным лаборантом-исследователем и аналитиком в химико-металлургической лаборатории. В 1923 г. И.Н. Плаксина избирают научным сотрудником по кафедре общей и неорганической химии. Кроме того, он ведет занятия по физической и технической химии. О возрастающем авторитете И.Н. Плаксина среди научной общественности университета свидетельствует и его избрание ученым секретарем Дальневосточного филиала русского физико-химического общества и Научно-технического общества при университете.

В дальнейшем большую роль в формировании И.Н. Плаксина как ученого сыграл Институт химии АН СССР в Ленинграде, куда он был направлен для продолжения и завершения исследования по металлургии золота. В 1927 г. уже работал в лаборатории, возглавляемой директором института академиком Н.С. Курнаковым. Используя созданные Курнаковым методы физико-химического анализа, Плаксин впервые в гидрометаллургии детально изучил систему золото-ртуть, являющуюся теоретической основой амальгамации - одного из важных методов в те годы извлечения золота из руд. Результаты исследований он доложил на V Менделеевском съезде в 1928 г. В личном деле И.Н. Плаксина сохранился документ, подписанный академиком А.А. Скочинским, где дана весьма высокая оценка этих работ Плаксина.

В 1928 г. И.Н. Плаксина пригласили работать в Московскую горную академию. Именно здесь завершилось формирование Плаксина как крупного ученого и организатора. Он постепенно становится одним из ведущих ученых страны, умелым руководителем больших научных коллективов. В 1930 г. из состава Московской горной академии выделился ряд самостоятельных институтов, среди которых - Московский институт цветных металлов и золота. В этом институте была создана кафедра металлургии благородных металлов, которую возглавил 30-летний профессор И.Н. Плаксин.

Даже сейчас, в период быстрого роста научной молодежи, профессор в 30 лет - большая редкость. В 30-е годы такой молодой профессор, да еще руководитель кафедры - явление исключительное. Это подтверждает яркие способности И.Н. Плаксина как ученого и организатора науки. Поэтому неудивительно, что уже в 1932 г. Игорь Николаевич становится заместителем директора Московского института цветных металлов и золота по научной и учебной работе. В эти же годы он является научным руководителем НИС Золото и консультантом Гипрозолото. В 1937 г. И.Н. Плаксин защитил докторскую диссертацию по гидрометаллургии золота, которая затем вошла во все учебники и стала классической.

Суммируя вклад И.Н. Плаксина в гидрометаллургию, следует констатировать, что он разработал физико-химические основы амальгамации и выщелачивания, исследовал систему "золото-ртуть" детально изучил явление “утомляемости" цианистых растворов, кинетику растворения металлов и образование на их поверхности пассивирующих пленок, предложил методы интенсификации цианирования в автоклавах с применением кислорода и озона, новые растворители золота и др. За фундаментальный труд "Гидрометаллургия" (1951 г) И.Н. Плаксин совместно с Д.М. Юхтановым были удостоены Государственной премии СССР. Книга впитала все наиболее существенное, что сделали в гидрометаллургии И.Н. Плаксин и представители его школы, особенно в области теоретических основ.

Как известно, гидрометаллургия и обогащение полезных ископаемых - области во многом смежные. Компетентность И.Н. Плаксина в вопросах обогащения полезных ископаемых сослужила большую службу нашей промышленности еще в годы Великой Отечественной войны. По заданию Наркома цветной металлургии И.Н. Плаксин совместно с К.Л. Пожарицким делал научно-технические экспертизы для уральских и сибирских заводов цветной металлургии.

Изучая научное наследие И.Н. Плаксина, невольно обращаешь внимание на его стремление к обобщениям и на его прозорливость. Эти черты ярко проявились уже в 30-е годы, когда были опубликованы такие известные работы И.Н. Плаксина как "Обработка золотых руд" (1932 г), "Металлургия золота, серебра и платины", ч.1. Физико-химические основы" (1935 г); Взаимодействие сплавов и самородного золота с ртутью и цианистыми растворами " (1937 г) и, наконец, в 1937 г. - вторая часть учебника "Металлургия золота, серебра и платины". С выходом в свет этих работ отечественная металлургия получила самую передовую и совершенную теоретическую базу производства благородных металлов.

В своих работах независимо от того, носили ли они преимущественно теоретический или технологический характер, И.Н. Плаксин всегда выступал как ученый и инженер. Его теоретические исследования отличались практической целенаправленностью, а технологические - выполнялись на высоком теоретическом уровне. Этим и объясняется, что все работы И.Н. Плаксина - теоретически обоснованы и практически актуальны.

Неудивительно, что Плаксина всегда интересовала проблема интенсификации технологических процессов. К их числу относятся: электроамальгамация, активная амальгамация платины, цианирование под давлением воздуха, цианирование в атмосфере кислорода, цианирование с применением озона, осаждение золота из пульпы цинковой амальгамой. Игорь Николаевич впервые выдвинул вопрос о важности для гидрометаллургии и обогащения форм нахождения благородных металлов в рудах и продуктах их переработки; выполненные в этой области исследования имеют принципиальное значение.

Совместно с сотрудниками им изучены формы нахождения золота в кварцевых и сульфидных рудах, разработаны методы изучения тонкодисперсного золота, установлены формы потерь золота с хвостами амальгамации, цианирования и флотации. Обширные исследования были проведены по изучению форм нахождения некоторых цветных металлов в рудах Норильского месторождения. Найденные новые решения в области гидрометаллургии и обогащения полезных ископаемых выдвинули отечественную науку на передовые рубежи.

Проблемами обогащения полезных ископаемых И.Н. Плаксин заинтересовался еще при решении теоретических и практических задач в области гидрометаллургии. Уже тогда он ясно увидел технологическую близость этих двух процессов и высокую эффективность в ряде случаев их совместного применения для обеспечения достаточно высокого извлечения и комплексного использования минерального сырья.

Однако до Великой Отечественной войны ученый не проводил специальных исследований, посвященных изучению собственно обогатительных проблем. Начало было положено в 1943 г., когда И.Н. Плаксин стал научным руководителем крупного научно-исследовательского института по обогащению полезных ископаемых Механобра, эвакуированного из Ленинграда в Свердловск. Число работ, которые выполняет ученый в области обогащения, резко увеличивается.

В 1946 г. И.Н. Плаксин избирается членом-корреспондентом АН СССР и быстро становится признанным и наиболее авторитетным ученым в области обогащения полезных ископаемых. Созданный им в Институте горного дела АН СССР отдел обогащения полезных ископаемых охватывает по тематике работ все наиболее важные направления обогатительной науки и техники. В отделе выросли такие известные ученые как проф. Р.Ш. Шафеев, Л.П. Старчик, Ю.Б. Рубинштейн, Г.Д. Краснов, академик В.А. Чантурия. Исследованиям в области обогащения полезных ископаемых И.Н. Плаксин посвятил 25 лет своей жизни. За это время он внес в эту область поистине огромный вклад.

В 40-50-е годы основным направлением исследований И.Н. Плаксина явилось изучение взаимодействия кислорода с сульфидами, а затем и несульфидными минералами и влияние этого взаимодействия на последующую флотацию минералов.

И.Н. Плаксин был первым из ученых, кто указал на принципиально важное положение о том, что характер связи в кристаллической решетке влияет на условия образования поверхностных соединений при окислении минерала.

В 1949 г. в ДАН СССР И.Н. Плаксин публикует работу "О причинах возникновения естественной гидрофобности сульфидных минералов в условиях флотации", в которой был сделан первый шаг на пути к объяснению причин так называемой естественной флотации минералов. Обобщенные исследования, проведенные в этом направлении, ученый изложил в докладе "Роль реагентов и газов во флотационных взаимодействиях", доложенным на II Международном конгрессе по поверхностной активности в Лондоне в 1956 г.

Эффективность проведенных И.Н. Плаксиным работ объясняется глубокими знаниями в области фундаментальных наук и тем, что он умело привлекал методы исследований из различных областей к разрабатываемым проблемам обогащения полезных ископаемых. Этот подход стал характерным для всей Плаксинской школы.

Разработку или выбор метода ученый никогда не рассматривал как самоцель, он всегда стремился предугадать какие результаты и решение каких задач может обеспечить тот или иной метод. И.Н. Плаксин и сам был создателем многих новых прогрессивных методов исследования. Это особенно хорошо видно на примере использования методов меченых атомов (радиометрии и микроавторадиографии), инфракрасной спектроскопии и электрофизических методов. Данные методы оказались наиболее результативными при изучении взаимодействия минералов с реагентами в процессах флотации. И.Н. Плаксин с сотрудниками разработали несколько разновидностей микроавторадиографии.

Характерной чертой творчества Игоря Николаевича было стремление впитать все новое и прогрессивное и внедрить в свои работы. Особенно наглядно эта черта прослеживается на примере развития ядерно-физических методов исследования вещественного состава. Следует учесть, что им в соавторстве, главным образом, с его учеником доктором технических наук Л.П. Старчиком опубликовано по этим вопросам более 100 работ. В них полно и четко изложены основы более чем 20 разработанных им с сотрудниками методов ядерно-физического контроля.

Известный специалист в области радиометрического обогащения полезных ископаемых профессор В.А. Мокроусов в своих воспоминаниях об И.Н. Плаксине отмечал: "Из всех замечательных черт Игоря Николаевича на меня особенно большое впечатление производило исключительно развитое у него чувство нового. Игорь Николаевич был первым, кто в полной мере оценил, большие возможности использования в процессах рудоподготовки полезных ископаемых различных видов излучения. И это было в то время, когда большинство специалистов не видели здесь больших перспектив".

Чувство нового помогало И.Н. Плаксину обосновывать и ставить крупные научные задачи, сочетающиеся с государственным подходом к их решению. Так, идея комплексного использования минерального сырья, привлекающая Игоря Николаевича еще в ранний период его творчества получила дальнейшее развитие. Он выпустил две монографии (в соавторстве), целиком посвященные данной проблеме, сыгравшие важную роль в ее решении: "Комплексное использование свинцово-цинкового сырья" (1963 г); "Комплексное использование молибденовых руд" (1965 г). По этой крупной проблеме Игорь Николаевич часто выступал.3 июня 1966 г. ученый опубликовал в "Правде" статью "Комплексно использовать руды", вызвавшую многочисленные отклики.

Обобщенный анализ научных трудов И.Н. Плаксина в области обогащения полезных ископаемых, позволяет сделать вывод об огромном вкладе, который внес этот ученый в развитие ее научно-технических основ. Комплекс фундаментальных исследований проведенных И.Н. Плаксиным и созданной им школой с использованием ряда новых прецизионных методик, дал возможность впервые перейти от качественного описания механизма флотации к количественному. Всестороннее изучение процесса взаимодействия реагентов с сульфидными минералами, базирующееся на последних достижениях кристаллохимии и кристаллофизики, физикохимии и физики полупроводников, позволило открыть ряд принципиально новых положений в механизме сорбции ксантогената на сульфидных минералах и, как следствие, разработать и внедрить новые технологии при обогащении полиметаллических руд. Возникли новые направления повышения контрастности свойств минералов. Неоценима его заслуга в разработке теории и создании ряда комбинированных методов обогащения - флотоотсадки, флотогравитации на столах. За создание и внедрение последнего И.Н. Плаксин в 1952 г. был удостоен Государственной премии СССР.

Труды И.Н. Плаксина в области гидрометаллургии и обогащения полезных ископаемых получили всемирную известность. Однако есть и другая область знаний, в которую он внес большой вклад. Это - история науки и техники: ученый выполнил свыше 30 оригинальных работ в этой области. Среди них можно назвать "Зарождение основ благородных металлов" (1948 г); "История развития пробирного анализа. К 250-летию учреждения пробирного надзора в России" (1950 г); "О трудах Георгия Агриколы в области обогащения руд, металлургии и пробирного анализа" (1955 г).

Большой заслугой Игоря Николаевича была организация при АН СССР Научного совета по физико-химическим проблемам обогащения полезных ископаемых, в состав которого вошли все ведущие ученые в области обогащения полезных ископаемых и крупные деятели промышленности. Под руководством И.Н. Плаксина Научный совет проделал большую работу по координации научных исследований по приоритетным направлениям в области обогащения полезных ископаемых и до настоящего времени - высокоавторитетный общественный орган обогатительной науки, содействующий высокому уровню развития обогащения полезных ископаемых в России.

Признание высокого научного авторитета И.Н. Плаксина за рубежом подтверждается многочисленными приглашениями, которые он получал для выступлений с лекциями в Колумбийском, Лондонском университетах, институтах Китая, Италии, США, Канады и других стран; его лекции, прочитанные им в 1957, 1958, 1965, 1966 гг., способствовали укреплению позиций советской науки за рубежом и пропаганде ее наиболее крупных достижений.

Советское Правительство высоко оценило заслуги Игоря Николаевича перед наукой и Родиной и наградило его орденом Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и медалями. И.Н. Плаксин дважды удостоен Государственной премии СССР. Кроме того, И.Н. Плаксин был награжден значками "Отличник цветной металлургии" и "Отличник металлургической промышленности" (1940, 1950 гг.), знаком Шахтерская слава I степени (1958 г) и II степени (1962 г).

Глава советской научной школы в области первичной переработки минерального сырья И.Н. Плаксин внес наибольший вклад в развитие теории процесса флотации. Комплекс фундаментальных исследований, проведенный членом-корреспондентом АН СССР И.Н. Плаксиным и его школой с использованием ряда новых прецизионных методов, дал возможность впервые перейти от качественного описания механизма флотации сульфидов к количественному. Всестороннее изучение процесса взаимодействия сульфгидрильных реагентов с минералами, базирующееся на последних достижениях кристаллохимии и кристаллофизики, физикохимии, квантовой химии и физики полупроводников, применение прогрессивных математических и экспериментальных методов исследования процесса флотации на макро - и микро уровне - от термодинамического анализа ионно-молекулярного состава жидкой фазы до использования меченых атомов, микроавторадиографических, электрохимических и электрофизических методик исследования поверхностных физико-химических и флотационных свойств сульфидов, позволило ряд принципиально новых положений в механизме сорбции ксантогената на сульфидах.

Впервые была обоснована стадиальность процесса сорбции кислорода, изучены ее кинетические особенности, выявлены ряд электрохимической активности сульфидов и ее роль в неоднородности закрепления собирателя на минералах, количество и формы закрепления ксантогената в зависимости от типа проводимости и соотношения концентрации носителей электронного и дырочного типа. Последующие наши и зарубежные исследования подтвердили данную закономерность для всех минералов, обладающих полупроводниковыми свойствами.

Выводы И.Н. Плаксина и его школы о механизме взаимодействия сульфгидрильных собирателей с сульфидами, послужили основой для обоснования новых приоритетных направлений в области фундаментальных исследований процесса флотации и разработки прогрессивных методов интенсификации и разделения минеральных компонентов.

Начиная с 70-х годов школой И.Н. Плаксина были проведены комплексные исследования по изучению фазового состава сульфидов, кинетики протекания электрохимических реакций, сорбционных и флотационных свойств минералов в процессе электрохимической поляризации минеральных суспензий, что позволило вскрыть механизм адсорбционно-десорбционных процессов, протекающих на сульфидах, и научно обосновать режимы электрохимической обработки пульп для различных видов минерального сырья, обеспечивающих повышение контрастности технологических свойств минералов. Реализация новой технологии на ряде горно-обогатительных комбинатов позволила повысить производительность процесса в 1,2 - 1,3 раза, извлечение металлов и качество концентратов на 2% - 5%.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность электрохимического метода водоподготовки за счет регулирования ионно-молекулярного состава, физико-химических и окислительно-восстановительных свойств жидкой фазы. Экологически безопасный метод апробирован при флотационном обогащении полиметаллических, шеелитовых, апатит-фосфоритовых руд и реализован на предприятиях АК "АЛРОСА" при обогащении алмазосодержащих кимберлитов.

Научно и экспериментально подтверждена высокая эффективность энергетических методов воздействия на минеральные комплексы (энергия ускоренных электронов, мощные электромагнитные импульсы), позволяющих направленно регулировать соотношение концентрации носителей электрического заряда, создание дополнительных дефектов, микротрещин и каналов пробоя в кристаллической структуре минералов, сорбционные и технологические свойства минералов, что позволяет не только снизить расход электроэнергии на процессы дезинтеграции и вскрытия минеральных комплексов, но и повысить технологические показатели извлечения ценных компонентов из руд.

Таким образом, на основе теоретических и экспериментальных исследований выполненных членом-корреспондентом АН СССР И.Н. Плаксиным и его школой, была создана стройная, единая теория процесса флотации, которая послужила фундаментом принципиально новых направлений, как в теории, так и технологии флотационного процесса.

## Заключение

В работе рассмотрены основные труды в области развития обогащения полезных ископаемых в XV-XX вв, а так же основы обогатительных методов, применяемы в настоящее время, исследован вклад И.Н. Плаксина в становление науки обогащения.

Имя Игоря Николаевича Плаксина по праву занимает одно из самых почетных мест в истории развития не только отечественной, но и мировой науки и техники.

Игорь Николаевич Плаксин - один из основоположников современной теории гидрометаллургии благородных металлов и обогащения полезных ископаемых. Его деятельность очень многогранна. Она плодотворно развивалась в научном, инженерном, педагогическом и общественном направлениях, при этом результаты исследований внедрялись на предприятиях и приносили технический и экономический эффект.

Важнейшие исследования провел И.Н. Плаксин в области теории и технологии флотационного обогащения руд и углей, имеющего очень большое промышленное значение. Десятки миллионов тонн руд цветных и редких металлов, горнохимического сырья и углей перерабатываются этим способом.

И.Н. Плаксин не ограничивался исследованиями только в области флотации и гидрометаллургии. Им проведен ряд весьма существенных работ по теории гравитационных и других методов обогащения полезных ископаемых. Его перу принадлежит более тридцати работ по истории металлургии и обогащения полезных ископаемых.

В мировой истории горного дела И.Н. Плаксин значится как "обогатитель номер один".

Ежегодно проводятся "Плаксинские чтения", посвященные состоянию горной науки и техники.

## Список литературы

1. Возникновение и развитие гравитационных методов обогащения полезных ископаемых / Г.В. Глембоцкая - М.: Наука, 1991. - 256 с.
2. Производство цветных металлов.Н.И. Уткин. - М.: "Интермет Инжиниринг". 2000. - 442 с.
3. В.А. Чантурия, Т.В. Глембоцкая. Творческий портрет ученого (к 100-летию со дня рождения члена-корреспондента И.Н. Плаксина) // Вестник ОГГГГН РАН, № 4 (14) 2000 // http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\_dgggms/4-2000/plaksin-100. htm#begin