

УПОРНОЕ ЗОЛОТО

Хабаровского края

ГЛАВНОЕ ПРАВИЛО: ЗОЛОТО НЕ ДОЛЖНО БЫТЬ ДОРОЖЕ ЗОЛОТА

Горнодобывающая промышленность сегодня – одна из наиболее инвестиционно привлекательных отраслей экономики. А в Хабаровском крае самые большие залежи золота в стране. Есть и рудное, и россыпное. Однако проблема в том, что далеко не всегда его удастся извлечь полностью – золото упорствует. Взять его у природы – такая задача стоит перед учеными, которые работают в Институте горного дела ДВО РАН. Об изысканиях хабаровских ученых рассказал ведущий научный сотрудник института, руководитель Центра коллективного пользования «Центр минерального сырья», кандидат технических наук Константин Прохоров.

– Константин Валерьевич, я встречала легенду североамериканских индейцев о золотом человеке, который лежит в земле. Они считают, что голова и руки этого человека – в земле Америки, а вот туловище и ноги – на нашей материке. Насколько Дальний Восток, в том числе Хабаровский край, оправдывает эту легенду?

– Россия заняла пятое место в рейтинге стран по объему запасов золота. Так, в РФ по состоянию на декабрь 2024 года насчитывается 2,34 тысячи тонн данного драгоценного металла (данные РБК). Самые большие запасы золота – у США (8,13 тысячи тонн). Далее в рейтинге идет Германия (3,35 тысячи тонн), Италия (2,45 тысячи тонн) и Франция (2,44 тысячи тонн). Так что, наверное, легенда имеет место быть.

В 2024 году открыто 229 месторождений золота, прирост запасов с учетом доразведки уже известных участков недр составил 804,6 тонны. Крупнейшее – месторождение Древний в Магаданской области с запасами почти 104 тонны. А по запасам, конечно же, Дальний Восток – лидер, ведь у нас сосредоточено 46 процентов запасов золота России, а добывается – 54 процента.

*Истирание
навески руды
перед
процессами
флотации*



* * *

– В каком виде залежи этого драгоценного металла встречаются на нашей территории?

– В основном принято разделять месторождения на коренные (рудные) и россыпные. Но я бы выделил для каждого из них те месторождения, в которых золото содержится в особой сложно извлекаемой форме – это упорное золото. Это золото микронных и даже нановключений в породе, которое обычным способом извлечь не получается. И есть даже дважды упорное.

– И в чем заключается его упорность?

– Упорность его заключается в размерах. Как в физике поведение макрообъектов отличается от поведения микро- и нанообъектов, так и тонкие и микронные частицы золота не ведут себя, как частицы «нормальной» крупности. Взять даже только операцию по высвобождению частицы микронного размера. Чтобы это сделать, нужно переизмельчить руду до состояния шламов, и получится глинистая масса, которую будет сложно подвергнуть обогащению.

– Где в Хабаровском крае сталкиваются с таким упорным золотом?

– Самое популярное место сейчас – Малмыж. Это комплексное медно-порфировое месторождение. Однако с научной точки зрения ценность там представляет не только медь, но и золото. Оно сложное в обогащении, поэтому на него обращают меньше внимания. Однако минералоги нашего института активно изучают особенности и морфологию именно золота в этих рудах. Присутствие золота в форме тонкодисперсных частиц и наличие органического углерода с сорбционно-активными свойствами позволяют охарактеризовать данную руду как упорную.

Другим примером является железомарганцевое месторождение Поперечное Южно-Хинганского рудного узла. Рассеянная благороднометаллическая минерализация, представленная золотом и платиной. Золото там представлено различных размеров, форм выделения и состава, присутствует как гравитационное, так и невидимое.

Руда месторождения Делькен также является упорной по золоту. Одной из причин упорности является форма нахождения ценного компонента: в кварц-полевошпатовых метасоматитах все золото присутствует в тесном сростании с кварцем и 10 процентов представляют собой субмикронные частицы. Проба углеродистых метасоматитов характеризуется присутствием золота только в форме субмикронных рассеянных частиц, присутствующих во всех рудообразующих минералах.

– Как велики запасы упорного золота в Хабаровском крае?

– Сложно сказать. Даже на приведенных выше примерах лицензию получают на основные компоненты, часто просто игнорируя попутные, а тем более если они находятся в рассеянной упорной форме. Поэтому, наверное, в наших работах мы не только разрабатываем технологии извлечения упорного золота, мы также даем возможность раскрыть потенциал таких руд, как источников попутных (среди них благородных) металлов, что откроет



Подготовка к анализу на золото продуктов обогащения

новые горизонты для улучшения экономической эффективности переработки комплексных руд и попутного извлечения этих металлов.

Балансовые запасы коренных золоторудных месторождений в России включают в себя около 9,8 тысячи тонн золота – таковы данные «Иргиредмета». При этом, по оценкам Союза золотопромышленников, количество упорных руд в этих запасах приближается к 3000 тонн, то есть на данный вид сырья приходится примерно треть. Я думаю, по Хабаровскому краю отношение в этих же пределах.

* * *

– Знаю, что вы еще несколько лет назад занимались проблемой извлечения упорного золота. Расскажите о результатах своих исследований.

– Да, мы в лаборатории и сейчас занимаемся упорными рудами. Разрабатываем методы доизвлечения золота из хвостов обогащения. Т.е. в руде месторождения все золото, которое можно было забрать, забрали. Но осталось невидимое упорное золото. Вот на него мы свои силы и направляем, совершенствуя флотационные и гидрометаллургические методы извлечения.

Во флотации, например, тоже есть ограничения крупности материала, чтобы процесс шел эффективно и стабильно. Но если модифицировать условия флотации, то эту крупность можно уменьшить. Это даст возможность дораскрыть тончайшее золото или минералы-носители и извлечь их.

Одним из способов модификации флотации является электрофлотация или комбинированная пневмо- и электрофлотация. Это комплексный подход, влияющий как на размер пузырьков газа, так и на процессы на разделе твердое-газ-жидкость, интенсифицируя извлечение. В наших исследованиях за счет применения электрофлотации, например, на материале месторождения Киранкан Хабаровского края мы получили прирост извлечения золота на 25 процентов.

Когда мы имеем дело с золотом наноформы, т.е. практически «растворенным» в руде, мы применяем методы гидрометаллургии. Разрабатываем реагентные комплексы и режимы обработки, чтобы заменить привычное цианидное выщелачивание. Применяя растворы на основе хлорсодержащих соединений, которые легче регенерируются и наносят меньший вред окружающей среде, а

ко всему еще и позволяют достичь большего извлечения золота в процессе выщелачивания.

Например, на хвостах гравитации различных типов руд железомарганцевого месторождения Поперечное получен прирост извлечения от 30 до 80 процентов в схеме с применением активного хлоридного раствора в сравнении с цианидным выщелачиванием. Особенно хочется отметить прирост извлечения золота из углистых сланцев на 46 процентов. Ведь золото в углистом веществе – это уже дважды упорное золото.

– Ваши разработки уже применяются в горнодобывающей отрасли?

– Я знаю о единственном случае применения. Это рудник Апрельково в Забайкальском крае. В руде было настолько упорное золото, что оно даже не определялось полностью стандартными методами, но применение разработанной технологии выщелачивания сотрудниками института позволило не только определить, но и извлечь часть этого золота.

Наша промышленность, как и любая большая машина, обладает большой инерцией, и сложно внедрить новые технологии быстро. Поэтому мы при любом случае пытаемся показать перспективность наших разработок реальным недропользователям, но до внедрения пройдет немало времени.

* * *

– А вот еще термин – техногенное золото. Что это такое?

– Сегодня все больше техногенным золотом называют золото, высвободившееся, например, путем окисления пирита в забалансовых рудах, находящихся в отвалах. Со временем пирит окисляется, и тонкое золото становится доступным даже для обогащения гравитационными методами. Есть даже пример такого процесса. В Амурской области окисленные отвалы перемывали и трижды получали извлечение золота, сопоставимое с извлечением из основной россыпи.

– В Институте горного дела ДВО РАН изучают проблему извлечения техногенного золота?

– Если говорить о техногенном золоте как о золоте из окисленных руд, то да, мы ведем работы по выщелачиванию окисленных руд Малмыжского месторождения. При этом мы добились роста извлечения с помощью наших активных растворов на 15-20 процентов в сравнении с цианидным способом.

Малмыжское месторождение находится на начальной стадии разработки, поэтому пока о переработке окисленных руд, представляющих второстепенный интерес для предприятия, вопрос не стоит. Но мы рассчитываем на продолжение сотрудничества с руководством предприятия и доведения наших разработок до внедрения.

А вообще, упорное золото Хабаровского края – это золото в сульфидах. Поэтому первой стадией обогащения является флотация. На АГМК перерабатывают как раз флотоконцентрат, привозимый с Албазино. На заводе же ключевой стадией технологии является ультратонкое измельчение 80% менее 5 мкм. Именно этот процесс позволяет увеличить удельную поверхность частиц сульфида, что улучшает протекание химических реакций и приводит к деформации кристаллической решетки. Благодаря этому и возрастает глубина выщелачивания.

Окислительное выщелачивание может происходить в широком диапазоне pH: от менее 1 до 9, в зависимости от минерального состава исходного сырья. Если основным упорным золотосодержащим минералом в концентрате является пирит и арсенопирит, то применяется щелочное окислительное выщелачивание.

При окислении обеспечивается образование гетита в качестве основного продукта реакции железа. Щелочная среда повышает скорость выщелачивания пирита за счет постоянной нейтрализации кислоты, образующейся при окислении пирита.

Дважды упорное золото – это золото, находящееся в углистом материале, чтобы его извлечь, необходимы большие температуры и больше окислителей, чтобы окислить весь углерод, и он не сорбировал на себя золото после выщелачивания. Как раз такой реактор и поставили АГМК и теперь могут проводить эти процессы.

Если говорить об объемах, по данным Иргиредмета, на АГМК перерабатывается 525 тысяч тонн концентрата. А на Албазино переработка флотацией составляет 1,8 млн тонн в год.

– Насколько это экономически оправдано?

– Поскольку главное правило: золото не должно быть дороже золота, это оправдано. Особенно с постоянно растущими ценами на этот металл.

Беседовала Ольга Соколова
Фото Светланы Шакировой

