

УДК 622.243.572.051.7

И.С. АВАНЕСОВА

**ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
ЗАПАСОВ ОСТАТОЧНЫХ РУД НА ОТРАБОТАННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

За последние десятилетия произошло значительное истощение запасов богатых руд. В ведении предприятий и геологоразведочных организаций имеются сотни разведанных месторождений, которые не обрабатываются по различным причинам: низкое содержание полезных компонентов, сложные горно-технические условия, маломощность месторождений и т.д. Таким образом, возникает необходимость поиска и внедрения новых способов производства металлов из нетрадиционных источников сырья.

К нетрадиционным источникам следует отнести окисленные, бедные сульфидные и богатые труднообогатимые руды цветных металлов. Некондиционные руды накапливаются в отвалах, а в недрах месторождений остаются в качестве горных потерь. Указанное сырье исчисляется многими миллиардами тонн, содержит десятки миллионов тонн цветных металлов.

Отвалы забалансовых и остаточных руд, а также “отработанные” месторождения являются долговременным источником загрязнения окружающей среды за счет самопроизвольного выщелачивания из них меди, цинка, свинца, молибдена, мышьяка и других металлов. Комплексное решение этой сложнейшей проблемы возможно осуществить с помощью развивающегося и перспективного в последние десятилетия комбинированного геотехнологического способа. Наиболее рациональным способом избавления от пагубного влияния таких объектов на окружающую среду является интенсификация естественного процесса выщелачивания путем организации кучного и подземного выщелачивания. Только после этого можно рекультивировать отвалы и консервировать рудники.

Ключевые слова: геотехнологический способ, буровая скважина, подземное выщелачивание, отвал, некондиционная (остаточная) руда, кучное выщелачивание.

Введение. Одним из эффективных методов переработки запасов остаточных руд является геотехнологический (подземное и кучное выщелачивание металлов из руд). Подземное выщелачивание (ПВ) - метод добычи полезного ископаемого избирательным растворением его химическими реагентами в рудном теле на месте залегания с извлечением на поверхность, который относится к фильтрационным процессам и основан на химических реакциях “твёрдое тело – жидкость” [1].

Кучное выщелачивание (КВ) применяется для добычи цветных металлов и редких элементов и др. При КВ предварительно измельченная руда укладывается штабелями, после чего она смачивается химическими растворами, которые вымывают из нее металлы.

Буровые скважины при ПВ являются ответственным сооружением и основным техническим средством в процессе добычи. Они осуществляют подачу рабочих агентов в зону продуктивного пласта и подъем технологических растворов на поверхность, а также выполняют все операции, связанные непосредственно как с процессом добычи, так и с контролем за ходом этого процесса.

Важным фактором повышения эффективности добычи методом ПВ является правильный выбор схемы размещения технологических скважин и расстояний между ними. В практике эксплуатации месторождений в основном применяется линейная схема расположения скважин, представляющая собой чередование рядов нагнетательных и откачных скважин [2]. Расстояния между рядами и скважинами в ряду колеблются в широких пределах (15...50 м и более). При ПВ проницаемых рудных тел месторождение вскрывается системой скважин, располагаемых рядами, многоугольниками, кольцами.

Постановка задачи и обоснование методики. На горнодобывающих предприятиях, где имеется явный дефицит вскрытых и подготовленных балансовых запасов, возникли объективная необходимость и достаточно благоприятные условия для апробации и промышленного внедрения комбинированного физико-технического и физико-химического способов добычи.

Комплексное освоение месторождений предполагает комплексное использование всех содержащихся в рудах ценных компонентов при применении рационального сочетания известных и перспективных физико-химических геотехнологий, преимущественно малоотходных, переработку и использование формируемых и ранее накопившихся отходов производства, стоков хвостохранилищ и сформированных открытыми и подземными работами выработанных пространств [3].

Переработка сырья, ранее не вовлекавшегося в производство, а именно – забалансовых и бедных сульфидных руд, запасов обрушенных участков, запасов, ранее списанных в потери, смешанных и окисленных руд, способствует расширению минерально-сырьевой базы предприятия.

Вовлечение в эффективную переработку вышеуказанных запасов месторождения обуславливает необходимость проведения комплексных геотехнологических исследований. Чрезвычайно важным условием использования ранее не вовлекаемых запасов природного минерального сырья в промышленном цикле является выбор рациональной и экономически эффективной технологической схемы его переработки.

Ресурсы многих месторождений Армении (например, Меградзорское, Шаумяновское, Шамлугское и др.), не использованные ранее ввиду низкой рентабельности, представлены сырьем различного вещественного состава. Проблема их рационального использования является сложной и требует проведения комплексных исследований.

Методы исследования. В ходе изучения данного вопроса для комплексного вовлечения сырья в переработку предложена следующая этапность работ: 1) геологические исследования; 2) комплексные лабораторные исследования сырья; 3) определение перспективной технологии первичной переработки; 4) определение перспективной технологии вторичной переработки техногенного сырья; 5) эколого-экономическое обоснование предлагаемых технологий.

При выполнении работ по **первому этапу** необходимо изучить распределение полезных ископаемых в массиве месторождения. После этого, с учетом геологических и маркшейдерских данных, следует оценить количество сырья, ранее не вовлекавшегося в производство, и отобрать представительные пробы для проведения комплексных лабораторных исследований. **Второй этап** исследований включает проведение комплексных лабораторных испытаний, которые являются основополагающими, так как они дают полное представление об изучаемом сырье. Наиболее значимой стадией является изучение всего спектра физико-механических и физико-химических свойств, вещественного состава некондиционного рудного сырья, которые оказывают ключевое влияние на выбор и реализацию дальнейшей эффективной технологии переработки. Для более эффективной эксплуатации медьсодержащего сырья чрезвычайно важно проведение дополнительных исследований, предусмотренных **третьим этапом**, направленным на выбор наиболее рациональной технологической схемы первичной переработки сырья [4]. Необходимо учесть тот факт, что основная часть запасов медьсодержащего сырья обедненных месторождений, как, правило, характеризуется низким содержанием ценных компонентов и требует для своей рентабельной переработки выбора наиболее эффективных и прогрессивных технологий, обеспечивающих комплексное использование сырья с минимизацией ущерба для окружающей среды.

К основным задачам третьего этапа относятся:

- подготовка руды к переработке флотацией;
- установление возможности и целесообразности промышленной переработки окисленных и смешанных руд флотационным способом;
- установление возможности применения комбинированных методов флотационно-гидрометаллургической переработки бедных сульфидных и смешанных руд;

- установление возможности и целесообразности совместной или раздельной переработки выделенных ранее различных технологических типов и сортов медьсодержащего сырья;

- разработка технологических режимов обогащения и выщелачивания того или иного типа сырья с подбором флотационных реагентов или комплексных реагентов-растворителей;

- установление принципиальной возможности и целесообразности извлечения попутных ценных компонентов, в том числе благородных и редких металлов;

- установление возможности использования нерудной составляющей отходов технологии в качестве сырья для закладочных работ, стройиндустрии или других целей.

Реализация **четвертого этапа** предусматривает выбор эффективной технологии вторичной переработки полученных продуктов обогащения и выщелачивания.

Сущность подземного выщелачивания заключается в избирательном переводе полезного компонента в жидкую фазу путем управляемого движения растворителя по руде в естественном залегании или подготовленного к растворению и подъему насыщенного металлом раствора на поверхность [2].

В скважины подают растворитель, который, фильтруясь по пласту, выщелачивает полезные компоненты. Продуктивный раствор откачивается через другие скважины. В случае монолитных непроницаемых рудных тел залежь вскрывают подземными горными выработками, после чего отдельные рудные блоки дробят с помощью буровзрывных работ. Затем на верхнем горизонте массив орошают раствором, который, стекая вниз, растворяет полезное ископаемое. На нижнем горизонте растворы собирают и перекачивают по трубопроводу на поверхность к установкам для переработки (рис. 1, 2).

Выбор растворителя для ПВ зависит от состава руд. Наиболее широкое применение находят водные растворы кислот (серной, соляной, азотной) или соды [5]. При ПВ необходимо соблюдать баланс откачиваемых и закачиваемых растворов, т.е. суммарные расходы откачных и закачных скважин должны быть одинаковыми ($\Sigma Q_{\text{отк}} = \Sigma Q_{\text{зак}}$).

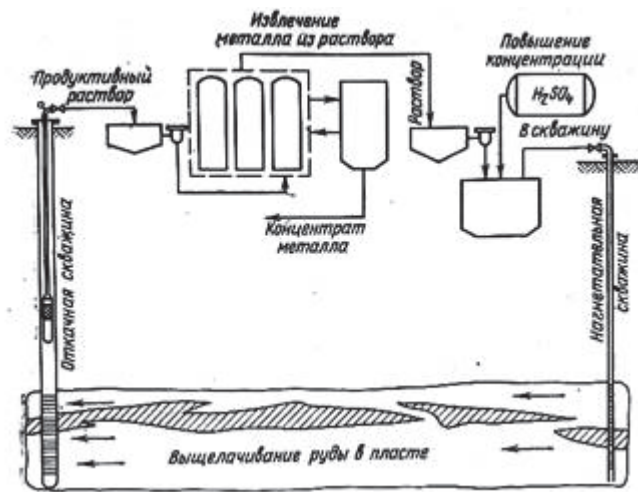


Рис. 1. Общая схема подземного выщелачивания металлов

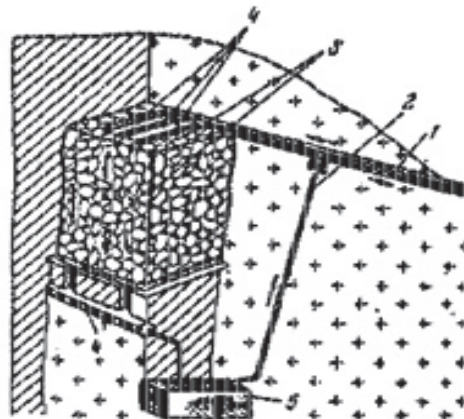


Рис. 2. Схема подземного выщелачивания с использованием горных выработок:
 1 - трубопровод для рабочих агентов; 2 - трубопровод для подъема продуктивного раствора; 3 - взорванный блок руды; 4 - трубопровод для орошения рудного массива; 5 - общий раствороприемник

Перед тем, как проводить КВ меди, осуществляются подготовительные работы на площадке. Верхний плодородный слой земли снимается и складывается в отдельном месте. Эту землю впоследствии используют при проведении рекультивации. Ровную площадку засыпают глиной и трамбуют для получения водонепроницаемого слоя. Дополнительно укладывают пленку или бетонируют площадку. В качестве гидроизоляции чаще всего используют более дешевую пленку. Создание противодиффузионного экрана из нее позволяет надежно защитить почву, поверхностные и грунтовые воды от заражения

растворами, а также предотвращает просачивание раствора, обогащенного металлом.

Технологический процесс кучного выщелачивания заключается в следующем: остаточную руду измельчают и складывают штабелем на водонепроницаемую подстилку. Уложенную в штабель руду выщелачивают раствором серной кислоты. В процессе просачивания растворов через рудный штабель происходит растворение медных минералов.

Помимо обычных разбрызгивателей для орошения, часто применяется капельное орошение, позволяющее минимизировать испарение, обеспечить более равномерное распределение раствора для выщелачивания и достичь максимального уровня извлечения металла. Дренажирующие со штабеля медьсодержащие растворы собирают с помощью системы трубопроводов и каналов в прудок-отстойник. В прудке происходит отстаивание твердых частиц, присутствующих в растворах. Из прудков осветленные растворы направляют на извлечение меди (рис. 3) [5].



Рис. 3. Схема кучного выщелачивания руд

Пятый этап исследования предусматривает проведение специализированных экологических исследований по оценке масштабов и характера воздействия рекомендуемых физико-химических процессов переработки на окружающую природную среду. Данный этап также предусматривает оценку экономического эффекта от внедрения предлагаемых технических решений с учетом затрат на осуществление природоохранных мероприятий [4].

Результаты исследования. Предложенный метод комплексного освоения запасов бедных сульфидных, смешанных, окисленных руд на отработанных месторождениях позволит достигнуть максимально возможного извлечения ценных компонентов, которые содержатся в них, при полном выполнении геотехнологического цикла: добыча → первичная переработка методами обогащения или выщелачивания → вторичная переработка (гидрометаллургия – извлечение металла из продуктивных растворов) → получение меди электроли-

հանքաքարերը: Ոչ կոնդիցիոն հանքաքարերը կուտակվում են լցակույտերում, իսկ հանքավայրի ընդերքում մնում են որպես լեռնային կորուստներ: Նշված հումքը հաշվարկվում է մի քանի միլիոն տոննա, պարունակում է մի քանի տասնյակ տոննա գունավոր մետաղներ:

Արտահաշվեկշռային և ոչ կոնդիցիոն հանքաքարերի լցակույտերը, ինչպես նաև լրամշակված հանքավայրերը հադիսանում են շրջակա միջավայրի երկարարտև աղտոտման աղբյուր՝ դրանցից պղնձի, ցինկի, արճիճի, մոլիբդենի, մկնդեղի և այլ մետաղների ինքալուծագատման հաշվին: Այս բարդագույն խնդրի համալիր լուծումը հնարավոր է իրականացնել վերջին տասնամյակներում զարգացող և հեռանկարային գեոտեխնոլոգիական համակցված եղանակով: Շրջակա միջավայրի վրա այդպիսի օբյեկտների վնասակար ազդեցությունից ազատվելու առավել արդյունավետ եղանակը լուծագատման բնական պրոցեսի ինտենսիվացման ճանապարհով կույտային և ստորգետնյա լուծագատման կազմակերպումն է (ԿԼ և ՍԼ): Միայն հարկադիր լուծագատումից հետո կարելի է ռեկուլտիվացնել լցակույտերը և կոնսերվացնել հանքերը:

Առանցքային բաներ. երկրատեխնոլոգիական եղանակ, հորատման հորատանցք, ստորգետնյա լուծագատում, լցակույտ, ոչ կոնդիցիոն (մնացորդային) հանքաքար, կույտային լուծագատում:

I.S. AVANESOVA

JUSTIFYING THE METHOD OF COMPLEX RESEARCH OF THE RESIDUAL ORE STOCKS AT PROCESSED DEPOSITS BY THE GEOTECHNOLOGICAL METHOD

Over the past decades, there has been a significant depletion of rich ore reserves. There are hundreds of explored deposits under the jurisdiction of enterprises and exploration organizations that are not being worked out for various reasons: low content of useful components, complex mining and technical conditions, low power of deposits, etc. Hence the need to find and introduce new ways of producing metals from non-traditional sources of raw materials.

Non-traditional sources include oxidized, poor sulfide, and rich hard-to-enrich ores of non-ferrous metals. Substandard ores accumulate in dumps and remain in the depths of deposits as mining losses. These raw materials amount to many billions of tons and contain tens of millions of tons of non-ferrous metals.

Dumps of off-balance sheet and residual ores, as well as "waste" deposits, are a long-term source of environmental pollution due to the spontaneous leaching of copper, zinc, lead, molybdenum, arsenic, and other metals from them. A comprehensive solution to this most complex problem can be carried out with the help of a combined geotechnological method that has been developing and promising in recent decades. The most rational way to get rid of the harmful effects of such objects on the environment is to intensify the natural leaching process by organizing heap and underground leaching (HL and UL). Only after that, it is possible to reclaim the dumps and preserve the mines.

Keywords: geotechnological method, drilling well, underground leaching, dump, substandard (residual) ore, heap leaching.