

- выход переизмельченных пород (менее 100 мм) уменьшается на 6,6% (от 24,8 до 18,2%).

Затраты на бурение взрывных скважин по предлагаемой технологии в зависимости от коэффициента крепости пород и диаметра скважины увеличиваются:

$$\mu = \left(1 - \frac{l_{ск1}n_1f_1d_1 + l_{ск2}n_2f_2d_2}{l_{ск3}n_3f_3d_3}\right) 100 \% = \left(1 - \frac{697,0 + 1266,3}{1484}\right) 100 \% = -3,2 \%, \quad (7)$$

где $l_{ск3}$, d_3 , n_3 - длина, диаметр и число скважин соответственно по существующей технологии.

Затраты на производство взрывных работ в зависимости от выхода крупных фракций снижаются:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{v+v_1}{v+v_2}\right) 100 \% = \left(1 - \frac{13060 + 1005,6}{13060 + 3225,8}\right) 100 \% = +13,6 \%, \quad (8)$$

где v_1 - объем взорванной массы, m^3 ; v_1 , v_2 - объем крупной фракции по предлагаемой и существующей технологиях соответственно:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.077v = 1005,6 \text{ м}^3, \\ v_2 &= 0.247v = 3225,8 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

В итоге по предложенной технологии затраты на производство БВР снижаются:

$$\mu + \varepsilon = 13,6 - 3,2 = 10,4 \%. \quad .$$

По результатам проведенного анализа можно утверждать, что:

- в средне- и мелкоблочных породах, когда максимальный размер отдельностей не превышает кондиционного (менее 700 мм), основным направлением повышения эффективности взрыва (где качество взрыва характеризуется выходом переизмельчения) является уменьшение удельного расхода ВВ путем увеличения размеров сетки скважин;

- в крупноблочных породах повышение использования энергии взрыва на дробление приводит к увеличению продолжительности воздействия продуктов детонации на дробление путем применения низкобризантных ВВ малого диаметра.

Заключение. Влияющим фактором при взрывании в разноблочных массивах может служить величина импульса давления продуктов взрыва при увеличении продолжительности его воздействия на дробление путем формирования конструкции заряда с применением низкобризантных ВВ малого диаметра (при соответствующем изменении размеров сетки скважин).

Предложенная конструкция скважинных зарядов ВВ, состоящих из смеси промышленных ВВ и гранул пенополистирола (Анфо + ПП), позволяет поднять колонку заряда в скважине, уменьшить удельный расход ВВ. Это

приводит к уменьшению дальности смещения взорванной породы, сокращению радиуса зоны переизмельчения и зоны неактивного дробления (зона забойки). В разноблочных массивах предложенная технология взрывания позволяет снизить выход негабарита на 17,0%, что, в свою очередь, приводит к снижению затрат при производстве буровзрывных работ на 10,4%.

Литература

1. **Эквист Б.В., Барнов Н.Г.** Взрывное разрушение массивов горной породы с неоднородной структурой // Горная промышленность. - 2021. - №3. - С.135-138.
2. **Агаронян Г.А., Аванесова И.С.** Оптимизация параметров буровзрывных работ на карьерах крупноблочного строения // Вестник Национального политехнического университета Армении: Metallurgy, materials science, mining engineering. - Ереван, 2022. - № 2. - С.51-64.
3. Оптимизация удельных энергозатрат на дробление горных пород взрывом на месторождениях со сложным геологическим строением / **Ю.И. Виноградов, С.В. Хохлов, Р.Р. Зигангиров и др.** // Записки Горного института. - 2024. – Т. 1, №1. - С. 231-245.
4. **Кузнецов В.А.** Аналитическая оценка грансостава взорванной горной массы: Сб. “Взрывное дело”. - М.: Наука, 1998. - 91/48. - 280с.
5. **Хохлов С.В., Виноградов Ю.И., Носков А.П., Бежанов А.В.** Прогнозирование смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - № 3. - С. 40-56.
6. **Насиров УФ., Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р., Ивановский Д.С.** Управление перемещением разнопрочных горных пород энергией взрыва на сброс. - Бухоро, 2020. - 116 с.
7. **Агаронян Г.А.** Новая технология регулирования действий энергии массового взрыва на карьерах // Известия НАН РА и НПУА. Сер. Техн. наук. - Ереван, 2021. – Т.74, №3. - С. 278-289.
8. **Крюков Г.М., Докутович М.И., Жаровонко С.Н.** Степень дробления и выхода негабарита при взрывном рыхлении горных пород на карьерах. - 2011. - №5. - С. 347-351.
9. **Aharonyan G.A, Aharonyan A.G.** The optimal of the sealing material as the main index of regulating the massive explosion activities // Proceedings of National Polytechnic University of Armenia: Metallurgy, material science, mining engineering. -Yerevan, 2020. - № 2. - P. 92-105.
10. **Тюпин В.Н.** Интервалы замедления для качественного дробления трещиноватых массивов взрывом в карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - №12. - С.70-78.

*Поступила в редакцию 07.04.2025.
Принята к опубликованию 04.06.2025.*

**ՊԱՅԹԵՑՄԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՄԱՆ
ՈՒՂԻՆԵՐԸ ՏԱՐԲԵՐ ԲԼՈԿԱՅՆՈՒԹՅԱՄԲ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՎ
ԲԱՑԱՀԱՆՔԵՐՈՒՄ**

Գ.Ա. Ահարոնյան

Բացահանքերում ոչ հանքաքարային լեռնային ապարների նախապատրաստումը՝ հանույթի պայթեցմամբ խճաքարի արտադրության համար, անհրաժեշտություն է առաջացնում նվազեցնելու գերմանրացման և արտաչափս կտորների ելքը, որը ապրանքի ինքնարժեքի նվազեցման հիմնական պայմանն է: Հիմնավորվել է, որ լեռնային զանգվածի բլոկայնությունը հանդիսանում է հիմնական բնական գործոնը, ոչ կոնդիցիոն ֆրակցիաների ելքի վրա: Սահմանվել է, որ տարբեր բլոկայնությամբ հանքաստիճաններում, հոծ լիցքերով պայթեցման դեպքում, պայթուցիկ նյութի (ՊՆ) տեսակարար ծախսը, կախված առանձնացված բլոկների չափերից և ըստ հանքաստիճանի բարձրության դրանց դասավորության բնութագրից, դառնում է քայքայման գործընթացի վրա ազդող գործոն: Խոշոր բլոկայնությամբ ապարների պայթեցման դեպքում այդպիսի գործոն կարող է ծառայել պայթեցման արգասիքի ճնշման իմպուլսի մեծությունը՝ մանրացման վրա վերջինիս ներգործության տևողության մեծացման դեպքում լիցքի կառուցվածքի ձևավորման ճանապարհով՝ կիրառելով փոքր տրամագծով ցածր փշրողականության ՊՆ (հորատանցքային ցանցի չափերի համապատասխան փոփոխման դեպքում):

Առաջարկվել է ՊՆ-ի հորատանցքային լիցքի նոր կառուցվածք՝ կազմված արդյունաբերական ՊՆ-ի և հատիկային փրփրապոլիստիրոլի խառնուրդից, որը նպաստում է գերմանրացման գոտու նվազեցմանը: Կախված բնական (ապարի ամրության բնութագրից, զանգվածի բլոկայնությունից և ակուստիկ կոշտությունից), տեխնոլոգիական (հորատանցքի տրամագծից) և էներգետիկ (ՊՆ-ի տեսակից) գործոններից, որոշվել են ՊՆ-ի լիցքի պարամետրերը և խցանյութի օպտիմալ մեծությունը, որը թույլ է տալիս լեռնային զանգվածում պայթեցման էներգիան բաշխել հավասարաչափ: Առաջարկվել է տարբեր բլոկայնությամբ ապարներում պայթեցման էներգիայի կարգավորման նոր մեթոդ, որը թույլ է տալիս բարձրացնել պայթեցման էներգիայի օգտակար գործողության ազդեցությունը խցանյութի գոտում մանրացման շառավղի մեծացման և ՊՆ-ի լիցքի գոտում գերմանրացման շառավղի նվազեցման վրա:

Առանցքային բառեր. ոչ կոնդիցիոն ֆրակցիաների ելք, խցանյութի երկարություն, դետոնացման արգասիքի ճնշում, զանգվածի բլոկայնություն, կանոնակարգված մանրացման գոտի, զանգվածի ակուստիկ կոշտություն, պայթեցման գործունեության տևողություն:

WAYS TO IMPROVE THE TECHNOLOGY OF BLASTING OPERATIONS IN QUARRIES OF A MULTIBLOCK STRUCTURE

G.A. Aharonyan

The preparation of non-metallic rocks used for the production of crushed stone for excavation in a quarry using an explosive method necessitates a reduction in the yield of over-ground and oversized fractions, which is the main condition for reducing the cost of marketable products. It is proved that the blockiness (fracturing) of the mountain range is the main natural factor influencing the yield of substandard fractions. It has been established that when removing ledges of a multiblock structure with continuous borehole charges, the specific consumption of explosives (explosives), depending on the size of the individual and the nature of their location along the height of the ledge, will not become an influencing factor in the destruction process. Such a factor in exploding in large-block arrays can be the magnitude of the pressure pulse of the explosion products with an increase in the duration of its impact on crushing by forming a charge structure using low-explosive explosives of reduced diameter (with a corresponding change in the size of the borehole grid).

A new design of borehole explosive charges is proposed, consisting of a mixture of industrial explosives and expanded polystyrene granules, which helps to reduce the over-grinding zone. Depending on the natural (strength characteristics of rocks, blockiness and acoustic rigidity of the array), technological (charge diameter), and energy (explosive type) factors, the parameters of explosive charge placement and the optimal size of the face are determined, allowing the explosion energy to be evenly distributed over the rock mass. New methods for controlling the energy of an explosive charge on multiblock arrays are proposed, which make it possible to increase the use of explosion energy to increase the radius of the crushing zone in the face zone and reduce the radius of the over-crushing zone near the explosive charge.

Keywords: the output of substandard fractions, length of the face, pressure of detonation products, blockiness of the array, zone of controlled crushing, acoustic rigidity of the array, duration of the explosion.

ГРУППИРОВКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ РУД

А.Т. Багдасарян

Национальный политехнический университет Армении

Проведен анализ горно-геологических и горнотехнических условий рудных месторождений Армении, подлежащих открытой разработке, а также технологических особенностей переработки руд этих месторождений. Область исследований охватывает Соткское золоторудное месторождение Гегаркуникского марза, Мгартское и Фиолетовское золоторудные месторождения Лорийского марза, Меграсарское золоторудное, Воскедзорское золотополиметаллическое, Каджаранское, Агаракское и Айгедзорское медно-молибденовые месторождения Сюникского марза, Вайкское медное месторождение Вайоцзорского марза, Разданское и Абовянское железорудные месторождения Котайкского марза Республики Армения. Выбраны важные признаки месторождений, по которым проводилась их группировка. К ним относятся: географическое положение, характеризующее наличие или отсутствие инфраструктуры; тип полезного ископаемого, характеризующий его качественные свойства; степень сложности месторождений по геологическому строению, определяющая как выбор методов и средств их разведки, так и требования к составу кондиций и методов подсчета запасов; технологии переработки руд и получаемая конечная продукция, определяющие эффективность добычи и переработки руд; отношение месторождений к эксплуатации, характеризующее их роль и вопросы, связанные с экологической обстановкой в общеэкономической ситуации республики. На основе группировки месторождений выдвигаются горнотехнические, геологические, экономические и экологические задачи, характерные для конкретного месторождения. По результатам группировки месторождений установлено, что, как и ожидалось, основная часть месторождений расположена в Сюникском марзе, по одному месторождению – в Гегаркуникском и Вайоцзорском марзах, по два месторождения – в Лорийском и Котайкском марзах. По типу основного полезного компонента различаются золотые, золотополиметаллические, медно-молибденовые и медные железорудные месторождения. Они характеризуются сложным и весьма сложным геологическим строением и представлены от тонких жил до мощных минеральных зон и штокверков. Технологии переработки рассматриваемых руд во многом зависят от вида полезных ископаемых, степени их окисленности или сульфидности.

Ключевые слова: месторождение, группировка, открытая разработка, горно-геологические и горнотехнические условия, переработка.

Введение. Известно, что движущей силой экономики является тяжелая промышленность, а ее основу составляет горнодобывающая отрасль. Армения, несмотря на свою небольшую территорию, достаточно богата полезными ископаемыми [1-7], на базе которых на протяжении многих лет успешно функционировала и в настоящее время продолжает функционировать горнодобывающая промышленность. Не случайно, что на протяжении многих лет первым налогоплательщиком страны является ЗАО “Зангезурский горно-металлургический комбинат” - ведущая организация в горнодобывающей отрасли республики. В свете вышеизложенного очень важно обеспечить повышение эффективности производства в горнодобывающей промышленности, одним из путей которого является постановка правильного круга горно-геолого-экономических задач оптимального освоения недр при эксплуатации каждого конкретного месторождения. Последнее, в свою очередь, зависит от горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений и технологических особенностей обогащения руд. Поэтому группировка месторождений на основе анализа вышеупомянутых свойств месторождений является актуальной задачей.

Целью исследования является группировка рудных месторождений Армении, подлежащих открытой разработке, на основе анализа их горно-геологических, горнотехнических условий и технологических особенностей обогащения руд.

Постановка задачи и методы исследования. Постановка задачи сводится к следующему: в соответствии с важнейшими признаками месторождений, подлежащих открытой разработке, осуществить их группировку на основе анализа горно-геологических и горнотехнических условий и технологических особенностей обогащения руд.

В исследовании были использованы методы сбора, классификации и анализа.

Результаты исследования. На Соткском золоторудном месторождении можно выделить следующие морфологические типы рудных тел: жильные зоны, жилы и жилообразные тела, оруденелые дайки, зона прожилков в массиве габбро [8]. По сложности геологического строения и согласно “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых” [9], месторождение относится к 3-й группе (очень сложная). Рудные тела характеризуются изменчивыми параметрами как по падению, так и по простиранию. Углы падения рудных тел обычно крутые и составляют от 65° до 85°. Они часто разветвлены, контакты неровные, извилистые. Внутри рудных тел часто выделяются неоруденелые слои,

мощность которых колеблется в широких пределах: от 1...2 м до 30...40 м, составляя в среднем 10...12 м. По шкале проф. М.М. Протоdjяконова коэффициент крепости варьируется от 3 до 20. Среди большинства пород преобладают классы с коэффициентом крепости 8...13. Гидротермально измененные метасоматиты, составляющие минерализованные зоны, как правило, имеют склонность к слёживанию. Средняя объемная масса руды - 2,6 т/м³. В целом горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождения достаточно сложные. Для переработки руд Соткского золоторудного месторождения на Араратской золотоизвлекательной фабрике применяется технология "Альбион", которая представляет собой процесс переработки сульфидных минералов с целью извлечения драгоценных металлов, заключенных в кристаллической решетке сульфидов. Технологический процесс заключается в сверхтонком измельчении минералов с последующим окислительным выщелачиванием при атмосферном давлении в открытых чанах.

Рудные тела **Мгартского золоторудного** месторождения представлены сближенными, параллельными, слоисто-зональными жилами [10]. Рудные тела морфологически представляют собой жильные зоны с крутым падением. Оруденение связано с породами андезитового и липаритового состава, прорывающими вулканогенно-осадочную толщу андезитово-дацитовых туфов. По сложности геологического строения месторождение относится к 3-й группе (очень сложная). Породы характеризуются высокой степенью устойчивости. Коэффициент крепости руды и вмещающих пород, по данным профессора Протоdjяконова, составляет 8...14. Средняя объемная масса руды составляет 2,65 т/м³. Опыт эксплуатации месторождения подтвердил приведенные выше сведения об устойчивости руд и вмещающих пород.

По результатам испытаний по переработке руд Мгартского золоторудного месторождения выбрана оптимальная технология переработки руды: гравитационное обогащение руды и цианирование хвостов гравитации, обеспечивающая наибольшее извлечение золота. Из экологических соображений компания, эксплуатирующая месторождение, исключила использование цианирования в процессе переработки руды и в настоящее время применяет для переработки руды только гравитационный метод, получая гравиоконцентрат. По фактическим данным недропользователя за последние годы средние показатели переработки руды составили: выход гравиоконцентрата – 2%, извлечение золота в концентрат – 62%, содержание золота в концентрате – 75 г/т, в хвостах – 0,8 г/т. Предлагается использовать в схеме переработки руды центробежный концентратор марки "ИТОМАК", который в последние годы широко применяется в горнодобывающей

промышленности. Благодаря реализации данного мероприятия, при практически одинаковых значениях выхода концентрата, содержания золота в концентрате и в хвостах гравитации, общее извлечение золота из руды в концентрат может быть увеличено до 84,8%.

В ходе геологоразведочных работ на **Фиолетовском золоторудном** месторождении, как отмечается в геологическом отчете с подсчетом запасов о месторождении 2009 г., с севера на юг было разведано два рудных тела, которые морфологически представлены жилами мощностью до 3,5 м. Простираение рудных тел близширотное, с крутым падением (75...80°) на юго-юго-запад. Расстояние между ними на поверхности составляет 5...10 м. По сложности геологического строения Фиолетовское золоторудное месторождение относится к 3-й группе (очень сложная). Средняя объемная масса руды определена 11-ю задирковыми пробами общей массой 1600 кг и объемом 0,555 м³, которая составила 2,9 т/м³. Объемная масса вмещающих пород колеблется в пределах 2,60...2,66 т/м³.

В результате проведенных технологических испытаний по извлечению всех ценных металлов из руд Фиолетовского золоторудного месторождения предложена гравитационно-флотационная схема обогащения. Извлечение благородных металлов по данной схеме с учетом цианирования промежуточного продукта составляет: золота – 90...92%, серебра – 80...88%. В отходах обогащения (промежуточные хвосты цианирования + хвосты флотации) содержание золота составляет 0,3...0,45 г/т, серебра: 1,7...3,53 г/т, меди: 0,17...0,24%.

Как отмечается в геологическом отчете с подсчетом запасов о месторождении 2014 г., **Меграсарское золоторудное** месторождение сложено интрузивными породами плутонического внедрения, в основном II (габбро, габбро-сиениты, монзониты) и V (средне-мелкозернистые гранодиориты) стадий. Рудные тела морфологически представлены жилами. Жилы имеют северо-восточное простирание с углами падения 50...65°. Направление падения жил в основном ориентировано на северо-запад. Меграсарское золоторудное месторождение по сложности геологического строения отнесено к 3-й группе согласно “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых” [9]. Породы, слагающие месторождение, обладают достаточно высокой устойчивостью. Породы крепкие. Коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протодяконова составляет 8...12. Рудовмещающие породы в целом устойчивы, за исключением участков тектонических разломов. Объемная масса руды составляет 2,7 т/м³. Мощность жил колеблется в пределах 0,9...1,9 м. В контактах жил имеется глинка трения,

которая будет способствовать механическому отделению руды от массива. Наличие ряда апофиз является весьма положительным фактором. На это следует обратить особое внимание при эксплуатации. Совместная разработка основных жил и прилегающих к ним жил-апофиз в пределах карьера значительно повысит экономическую значимость месторождения.

Технологические исследования по переработке руды Меграсарского золоторудного месторождения проводились с использованием общепринятой схемы переработки золотосодержащей руды, включающей гравитацию, флотацию и цианирование. По гравитационной схеме (с последующим цианированием) извлечение золота составляет 88,3%, серебра – 70,1%. В случае схемы гравитация+флотация извлечение золота составляет 91,18%, а серебра – 75,03%.

В геологическом строении **Воскедзорского золотополиметаллического** месторождения принимают участие среднеэоценовые вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы, нижнемеловые вулканогенные образования, которые в районе Гегакарских гор прорваны более молодыми субвулканическими телами и рядом даек основных и кислых формаций [11]. На его территории широко распространены современные делювиально-пролювиальные отложения, мощность которых достигает 5...10 м. Результаты геологоразведочных работ позволили выделить в гидротермально измененных породах минерализованную зону, которая ущельем, проходящим через центральную часть месторождения, разделена на две части: Зона 1 (западный фланг) и Зона 2 (юго-восточный фланг). Следует отметить, что данное разделение является условным, поскольку указанные зоны являются пространственным продолжением друг друга и отделяются лишь мощной толщей современных осадочных пород, накопившихся в указанном ущелье. Воскедзорское золотополиметаллическое месторождение по сложности геологического строения отнесено к 3-й группе согласно “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых” [9]. Породы, слагающие месторождение, обладают достаточно высокой устойчивостью. Породы крепкие. Коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протодяконова составляет 12...14. Вмещающие руду породы, как правило, устойчивы, за исключением участков тектонических разломов. Средняя объемная масса руды составляет $2,65 \text{ т/м}^3$.

Технологическая схема обогащения руды Воскедзорского золотополиметаллического месторождения включает медный флотационный узел, состоящий из основной и контрольной флотаций, при этом концентрат контрольной флотации возвращается в начало основной флотации. Схема

обогащения обеспечивает получение кондиционных медного и цинкового концентратов.

Каджаранское медно-молибденовое месторождение относится к известному типу медно-порфировых рудных образований и представлено крупным телом – штокверком, который расположен на висячем боку Таштунского разлома [12-14]. Он простирается почти на 4 км в северо-западном направлении, а горизонтальная мощность достигает 1,5 км. Глубина залегания оруденения оценивается более чем в 800 м. Рудное тело не имеет четко выраженных геологических границ и оконтуривается бортовым содержанием. По сложности геологического строения и “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых” Каджаранское месторождение отнесено ко 2-й группе. Физико-механические свойства пород, слагающих месторождение, изучены в достаточной степени. Крепость вскрышных пород невысокая – 400...1200 кг/см². Крепость руды составляет 800...1000 кг/см², а дайковых пород – 1400...1600 кг/см². Насыпная плотность сульфидных руд составляет 2,55...2,64 т/м³, окисленных руд - 2,51 т/м³. В целом по горнотехническим условиям месторождение относится к объектам средней сложности.

Технологическая схема обогащения руд Каджаранского медно-молибденового месторождения включает коллективно-селективную флотацию руд. Схема обогащения обеспечивает получение кондиционных медных и молибденовых концентратов.

Породы, слагающие **Агаракское медно-молибденовое** месторождение, представлены граносиенитами, белесыми порфировидными гранодиоритами и гранодиорит-порфирами [15, 16]. Агаракское месторождение представлено единым рудным телом — штокверком, в котором присутствуют сравнительно бедные медно-молибденовые руды с содержанием меди менее 0,5% и молибдена до 0,03%. Рудное тело не имеет четко выраженных геологических границ и оконтуривается бортовым содержанием. Оно вытянуто на 1,5 км в меридиональном направлении, а горизонтальная мощность достигает 300,0 м. Глубина разведки составляет более 600...650 м. По сложности геологического строения и “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых” Агаракское месторождение отнесено ко 2-й группе. Физико-механические свойства пород, слагающих месторождение, изучены в достаточной степени. Крепость вскрышных пород невысокая: 300...400 кг/см². Крепость руд месторождения колеблется в пределах 700...1000 кг/см². Объемная масса сухой сульфидной руды составляет 2,56 т/м³, а вскрышных пород – 2,66 т/м³.

Технологическая схема обогащения руд Агаракского медно-молибденового месторождения включает коллективно-селективную флотацию руд. Схема обогащения обеспечивает получение кондиционных медных и молибденовых концентратов.

В геологическом строении **Центрального участка Айгедзорского медно-молибденового** месторождения принимают участие нижнеэоценовые вулканогенно-осадочные и верхнеэоцен-нижнеолигоценовые интрузивные породы [10]. Рудное тело представлено гидротермально сильно и полностью измененными гранодиоритами, характеризующимися жильной минерализацией, выходящими на поверхность земли, которые заключены в относительно свежие разности этой же породы.

Айгедзорское медно-молибденовое месторождение по сложности геологического строения относится ко 2-й группе согласно “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых”. Руда и вмещающие породы по крепости относятся к магматическим породам (по шкале М.М. Протодьяконова их коэффициенты крепости составляют 14...16 и 16...18 классов соответственно), и их отделение от массива может быть осуществлено только буровзрывными работами. Объемная масса руды составляет $2,53 \text{ т/м}^3$, вмещающих пород - $2,65 \text{ т/м}^3$. Как руда, так и вмещающие породы в целом устойчивы, за исключением участков, прилегающих к приповерхностным и тектоническим разломам, где наблюдается снижение устойчивости пород с увеличением трещиноватости и влажности пород.

Переработку руд Айгедзорского медно-молибденового месторождения также планируется осуществлять по технологической схеме коллективно-селективной флотации с получением кондиционных медного и молибденового концентратов.

Вайкское медное месторождение расположено в Азатекском рудном поле [17]. Геологическое строение месторождения в основном сложено среднеэоценовыми вулканокластическими, нормально-осадочными и вулканогенными породами, а также интрузивными гранитоидами верхнего олигоцена-нижнего миоцена, в частности, кварцевыми монцодиоритами, замещающими медные жилы и жильные зоны. Были разведаны и оконтурены по распространению и падению три минеральных тела: № 1, 2 и 2а. Минеральные тела представлены жилами и жильными зонами. Минеральные тела круто ($60-80^\circ$) падают на запад-северо-запад.

По сложности геологического строения Вайкское медное месторождение относится ко 2-й группе согласно “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых”.

Качественные и технологические исследования руд Вайкского медного месторождения проводились лабораторией “Обогащение руд и металлургия благородных металлов” ЗАО “Институт металлургии Лермонтова”. Как показали вышеупомянутые исследования, а также фазовые анализы руд, руды сильно окислены. Обогащение руд планируется осуществлять методом флотации с получением кондиционного медного концентрата.

Разданское железорудное месторождение морфологически представлено полого-наклонной слоистой рудной зоной, имеющей выход на дневную поверхность [18-20]. Рудная зона представлена метасоматическими образованиями, имеющими простирание около 1400 м и падение около 300 м. Зона имеет северо-западное простирание с падением 320° . Рудное тело падает на юго-запад под углом $25...30^\circ$. По строению руды Разданского железорудного месторождения классифицируются следующим образом: 1) массивные, 2) слоисто-массивные, 3) вкрапленные, 4) брекчиевидные, 5) прожилковые. Все структуры описанных руд тесно связаны между собой, и выделить какой-либо один тип в пространстве крайне сложно. Коэффициент крепости руд Разданского месторождения по шкале профессора Протодьяконова составляет 12...13, а боковых пород - от 16 (кварцсодержащие глинистые сланцы) до 25 (полевой шпат). Средняя объемная масса массивных руд составляет $3,81...3,85 \text{ т/м}^3$, а вкрапленных – $3,42...3,45 \text{ т/м}^3$. По сложности геологического строения Разданское железорудное месторождение относится ко 2-й группе согласно “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых”.

В результате изучения процесса обогащения руды Разданского железорудного месторождения сделан вывод, что последние следует обогащать методом мокрой магнитной сепарации. Как показывают результаты технологических испытаний руд, получают высококачественные концентраты с содержанием железа более 68%, что позволяет проводить дальнейшую переработку не доменным методом, а методом прямого восстановления железа, получая губчатое железо, последующая электроплавка которого позволяет получать чистое железо.

В геологическом строении **Абовянского железорудного** месторождения принимают участие глины, сарматские глинистые песчаники, вулканокластические образования внутреннего горизонта вохабердской толщи, крупноглыбовые образования информационных потоков долеритовых

базальтов верхнего горизонта вохабердской толщи, липаритодациты среднего плиоцена и четвертичные андезитобазальты [18, 21]. Руды Абовянского месторождения представлены в основном магнетитом и апатитом. В горных породах с генетическими ассоциациями встречаются редкоземельные элементы. Рудное тело представлено чечевицеобразной горизонтальной залежью протяженностью 800...1200 м в поперечном направлении, средней шириной 700...800 м в меридиональном направлении и средней мощностью 130...150 м. Рудное тело покрыто плиоценовыми и четвертичными андезитобазальтами, долеритобазальтами, а также крупноглыбовыми образованиями, общая мощность которых в пределах месторождения колеблется от 50 м до 200 м. Эти породы детально разведаны, подтверждены их балансовые запасы как строительного материала, которые составили 64,4 млн м³. Абовянское железорудное месторождение по сложности геологического строения отнесено ко 2-й группе согласно “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых”. Из физико-механических свойств руды большое значение имеет объемная масса (γ) руды, которая в зависимости от содержания железа в руде (α) колеблется в широких пределах - от 2,58 до 4,71 т/м³. На основании полученных данных выявлена следующая зависимость между объемной массой руды и содержанием железа в руде: $\gamma = 0,035\alpha + 2,55$. Коэффициент крепости руд по проф. Протождяконову составляет 14...18.

Технологические исследования обогащения руды Абовянского железорудного месторождения показали, что при мокрой магнитной сепарации извлечение железа в концентрат высокое, тогда как в хвостах обогащения его содержание низкое. Проведены также испытания по получению апатитового концентрата. Результаты проведенных исследований убедительно демонстрируют принципиальную возможность получения чистого железа методом прямого восстановления, а также возможность получения апатитового и редкоземельного концентратов.

С учетом вышеизложенного в нижеследующей таблице обобщены данные по рассмотренным месторождениям.

Таблица

Результаты группировки месторождений

№ п/п	Название месторождений	Географическое положение	Тип полезного ископаемого	Сложность геологического строения	Морфология рудных тел	Технология переработки руды	Конечный продукт переработки руды	Отношение к эксплуатации
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Соткское золоторудное	Гегаркуникский марз	золото, серебро	3-я группа (очень сложная)	Жильные зоны, жилы, минерализованные дайки, прожилки в массиве габбро	“Альбион”	Сплав Доре	Эксплуатируется
2	Мгартское золоторудное	Лорийский марз	золото, серебро	3-я группа (очень сложная)	Жилы	Гравитация	Гравиоконцентрат	Эксплуатируется
3	Фиолетовское золоторудное	Лорийский марз	золото, серебро	3-я группа (очень сложная)	Жилы	Гравитация, флотация, цианирование	Золото-медный концентрат	Не эксплуатируется
4	Меграсарское золоторудное	Сюникский марз	золото, серебро	3-я группа (очень сложная)	Жилы	Гравитация, флотация	Золотосодержащий концентрат	Эксплуатируется
5	Воскедзорское золото-полиметаллическое	Сюникский марз	золото, серебро, медь, цинк	3-я группа (очень сложная)	Рудная зона	Флотация	Медный и цинковый концентраты	Не эксплуатируется
6	Каджаранское медно-молибденовое	Сюникский марз	медь, молибден	2-я группа (сложная)	Штокверк	Флотация	Медный и молибденовый концентраты	Эксплуатируется
7	Агаракское медно-молибденовое	Сюникский марз	медь, молибден	2-я группа (сложная)	Штокверк	Флотация	Медный и молибденовый концентраты	Эксплуатируется
8	Айгедзорское медно-молибденовое	Сюникский марз	медь, молибден	2-я группа (сложная)	Штокверк	Флотация	Медный и молибденовый концентраты	Не эксплуатируется
9	Вайкское медное	Вайоцзорский марз	медь	2-я группа (сложная)	Жилы и жильные зоны	Сернокислотное выщелачивание, флотация	Медный концентрат	Не эксплуатируется

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Разданское железорудное	Котайкский марз	железо	2-я группа (сложная)	Слоистая рудная зона	Мокрая магнитная сепарация	Железный концентрат	Не эксплуатируется
11	Абовянское железорудное	Котайкский марз	железо	2-я группа (сложная)	Штокверк	Мокрая магнитная сепарация	Железный концентрат	Не эксплуатируется

Заключение. Месторождения в основном расположены в Сюникском марзе, по одному месторождению - в Гегаркуникском и Вайоцзорском марзах и по два - в Лорийском и Котайкском марзах. По типу основного полезного компонента различают золотые, золотополиметаллические, медно-молибденовые, медные и железорудные месторождения. Они характеризуются сложным и весьма сложным геологическим строением и представлены от тонких жил до мощных рудных зон и штокверков. Технологии переработки руд рассматриваемых месторождений разнообразны и зависят в основном от вида полезных ископаемых, их окисленной или сульфидной природы. Так, основной технологией переработки руд золотосодержащих руд (в основном окисленных руд) является гравитация-флотация, технологией переработки руд золотополиметаллических и медно-молибденовых руд (в основном сульфидных руд) - флотационный метод, а для железных руд - метод мокрой магнитной сепарации. Для переработки руд Соткского месторождения внедрен метод "Альбион" (гидрометаллургический), обеспечивающий высокое извлечение золота из сульфидных руд.

Таким образом, включенные в исследование месторождения различаются как по природным условиям, так и по качественным и технологическим свойствам руд, что необходимо учитывать при оптимизации параметров кондиций и эксплуатации месторождений.

Литература

1. **Магакян И.Г.** Основные черты металлогении Армении // Советская геология.- 1959.- № 7.- С. 105-116.
2. **Մաղաբյան Հ.Գ.** Օգտակար հանածոների հանքավայրերի առաջացման պայմանները.- Երևան: ՀՍՍՀ ԳԱ հրատ., 1981.- 214 էջ:
3. **Асланян А.Т.** Региональная геология Армении.- Ереван: Айпетрат, 1958.- 431с.
4. **Паффенгольц К.Н.** Геология Армении. Армения в системе Кавказа и Малой Азии. – М.-Л.: Недра, 1948.- 895 с.

5. **Габриелян А.А.** Основные вопросы тектоники Армении.- Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1959.- 197 с.
6. Геология Армянской ССР. Том VI. Металлические полезные ископаемые.- Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967.- 540с.
7. **Багдасарян А.Т., Езакян О.С.** Природные ресурсы Армении // Горный журнал.- М., 2007.- № 10.- С. 66-67.
8. **Ավագյան Հ.Ս.** Հայաստանի հանքահումքային ռեսուրսները: Օգտագործման արդի վիճակը և արդյունավետության բարձրացման ուղիները.- Եր.: ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատ., 2004.- 431 էջ:
9. Պինդ օգտակար հանածոների հանքավայրերի պաշարների և կանխատեսումային ռեսուրսների դասակարգում (հաստատված է ՀՀ կառավարության 14.03.2013թ.№ 274-Ն որոշմամբ) // ՀՀ պաշտոնական տեղեկագիր. – 10.04.2013. - № 19(959):
10. **Ավագյան Հ.Ս.** ՀՀ օգտակար հանածոների գնահատումն ըստ մարզերի, մաս II (Լոռու, Կոտայքի, Գեղարքունիքի, Տավուշի և Արագածոտնի մարզեր).- Եր.: ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատ., 2009.- 200 էջ:
11. **Մկրտչյան Ս.Ս.** Зангезурская рудоносная область Армянской ССР.- Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1958.- 297 с.
12. **Ավագյան Հ.Ս.** ՀՀ օգտակար հանածոների գնահատումն ըստ մարզերի.- Մաս I (Սյունիքի և Վայոց ձորի մարզեր).- Եր.: ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատ., 2008.- 215 էջ:
13. **Казарян А.К., Мовсисян А.И.** О Каджаранском Cu-Mo месторождении (Армения) // Евразийский научный журнал.-2015.- №11 2015 (ноябрь 2015). <https://journalpro.ru/pdf-article/?id=1682>.
14. **Карамян К.А.** Геологическое строение, структура и условия образования медномолибденовых месторождений Зангезурского рудного района.- Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1978.- 179 с.
15. **Таян Р.Н., Саркисян С.П., Оганесян А.Е.** Геолого-структурные условия формирования Агаракского медно-молибденового месторождения (Армения) // Известия НАН РА. Науки о Земле.- 2007.- Т. LX, № 3.- С. 28-34.
16. **Ավագյան Հ.Ս.** Հազվագյուտ տարրերն ու հազվագյուտ հողատարրերը Հայաստանի Հանրապետության հանքավայրերում.- Եր.: ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատ., 2014.- 176 էջ:
17. **Хачатурян Э.А.** Минералогия, геохимия и генезис руд колчеданной формации Армянской ССР.- Ереван: Изд. АН АрмССР, 1977.- 318 с.
18. **Աղաբաջյան Յու.Ա., Մեխակյան Ս.Կ., Լազարյան Ֆ.Ս., Բաղդասարյան Ա.Թ.** Հայաստանում երկաթահանքային արդյունաբերության և սև մետալուրգիայի ստեղծման նպատակահարմարությունը // «Էկոնոմիկա» ամսագիր.- Երևան, 1993.- № 11-12.- էջ 29-38:
19. **Агабалян Ю.А., Багдасарян Л.М., Маркарян А.В., Багдасарян А.Т.** Перспективы комплексного освоения железорудных месторождений Армении // Известия НАН РА. Науки о Земле.- Ереван, 1996.- Т. 49, N 1-3.- С. 80-84.
20. **Багдасарян А.Т.** Обоснование граничного коэффициента вскрыши и оптимальной глубины карьера для условий Разданского железорудного месторождения //

Вестник НПУА: Metallургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2017. – №1.- С. 74 – 79.

21. **Багдасарян А.Т.** Методы и результаты промышленной оценки Абовянского железорудного месторождения // Вестник ГИУА: Серия “Metallургия, материаловедение, недропользование”.– Ереван, 2012. – Вып. 15, №2.- С. 66 – 75.

*Поступила в редакцию 06.05.2025.
Принята к опубликованию 04.06.2025.*

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ԽՄԲԱՎՈՐՈՒՄԸ՝ ԴՐԱՆՑ
ԼԵՌՆԱԵՐԿՐԱՔԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ԼԵՌՆԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՈՒ
ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԻ ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ**

Ա.Թ. Բաղդասարյան

Կատարվել է Հայաստանի բաց եղանակով արդյունահանման ենթակա հանքավայրերի լեռնաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայմանների, ինչպես նաև այդ հանքավայրերի հանքաքարերի վերամշակման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունների վերլուծություն: Հետազոտության շրջանակներում են ընդգրկվել Գեղարքունիքի մարզի Սոթքի ոսկու հանքավայրը, Լոռու մարզի Մղարթի և Ֆիոլետովոյի ոսկու հանքավայրերը, Սյունիքի մարզի Մեղրասարի ոսկու հանքավայրը, Ոսկեծորի ոսկի-բազմամետաղային, Քաջարանի, Ագարակի և Այգեծորի պղնձամոլիբդենային հանքավայրերը, Վայոց ձորի մարզի Վայքի պղնձի հանքավայրը, Կոտայքի մարզի Հրազդանի և Աբովյանի երկաթի հանքավայրերը: Ընտրվել են հանքավայրերի կարևոր հատկանիշները, ըստ որոնց իրականացվել է դրանց խմբավորումը: Այդպիսի առանձնահատկություններն են՝ աշխարհագրական դիրքը, որը բնութագրում է ենթակառուցվածքների առկայությունը կամ բացակայությունը, օգտակար հանածոյի տեսակը, որը բնութագրում է դրա որակական հատկությունները, հանքավայրերի բարդության աստիճանն ըստ երկրաբանական կառուցվածքի, որը որոշում է ինչպես դրանց հետախուզման մեթոդների և միջոցների ընտրությունը, այնպես էլ կոնդիցիաների պարամետրերի կազմի և պաշարների հաշվարկման մեթոդների նկատմամբ պահանջները, հանքաքարի վերամշակման տեխնոլոգիաները և արդյունքում ստացված վերջնական արտադրանքը, որոնք որոշում են հանքաքարի արդյունահանման և վերամշակման արդյունավետությունը, հանքավայրերի առնչությունը շահագործմանը, ինչը բնութագրում է հանրապետության ընդհանուր տնտեսական իրավիճակում դրանց դերը և շրջակա միջավայրի իրավիճակին վերաբերող հարցերը: Հանքավայրերի խմբավորման հիման վրա առաջադրվում են կոնկրետ հանքավայրին բնորոշ լեռնատեխնիկական, երկրաբանական, տնտեսական և բնապահպանական խնդիրները: Հանքավայրերի խմբավորման արդյունքների հիման վրա պարզվել է, որ, ինչպես և սպասվում էր, հանքավայրերի հիմնական մասը գտնվում է Սյունիքի մարզում, մեկական հանքավայր՝ Գեղարքունիքի և Վայոց ձորի մարզերում, իսկ երկուական հանքավայր՝ Լոռու և Կոտայքի մարզերում: Ըստ հիմնական օգտակար բաղադրիչի տեսակի՝ առանձնանում են ոսկու,

ոսկի-բազմամետաղային, պղինձ-մոլիբդենային, պղնձի և երկաթի հանքավայրերը: Դրանք բնութագրվում են բարդ և շատ բարդ երկրաբանական կառուցվածքով ու ներկայացված են բարակ երակներից մինչև հզոր հանքային գոտիներով և շտոկվերկներով: Դիտարկվող հանքաքարերի վերամշակման տեխնոլոգիաները մեծապես կախված են օգտակար հանածոների տեսակներից, դրանց օքսիդացման կամ սուլֆիդացման աստիճանից:

Առանցքային բաներ. հանքավայր, խմբավորում, բաց մշակում, լեռնաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայմաններ, վերամշակում:

GROUPING OF ORE DEPOSITS IN ARMENIA BASED ON THE ANALYSIS OF THEIR MINING-GEOLOGICAL AND MINING-TECHNICAL CONDITIONS AND FEATURES OF ORE PROCESSING

A.T. Baghdasaryan

The analysis of the mining-geological and mining-technical conditions of ore deposits in Armenia subject to open-pit mining, as well as the technological features of ore processing of these deposits is carried out. The research area includes the Sotk gold deposit of the Gegharkunik Marz, the Mgart and Fiolet gold deposits of the Lori Marz, the Meghrasar gold ore, the Voskedzor gold-polymetallic deposits, the Kajaran, Agarak and Aygedzor copper-molybdenum deposits of the Syunik Marz, the Vayk copper deposit of the Vayots Dzor Marz, the Hrazdan and Abovyan iron ore deposits of the Kotayk Marz of Republic of Armenia. Important features of the deposits are selected, by which they are grouped. Such features are: the geographical location, characterizing the presence or absence of infrastructure; the type of mineral, characterizing its qualitative properties; the degree of complexity of deposits by geological structure, determining both the choice of methods and means of their exploration, and the requirements for the composition of conditions and methods of calculating reserves; the ore processing technologies and the resulting final product, determining the efficiency of ore mining and processing; the relationship of deposits to operation, characterizing their role and issues related to the environmental situation in the general economic situation of the republic. Based on the grouping of deposits, mining, geological, economic and environmental tasks specific to a particular deposit are put forward. Based on the results of the grouping of deposits, it was established that, as expected, the bulk of the deposits are located in the Syunik Marz, one deposit each in the Gegharkunik and Vayots Dzor marzes, two deposits each in the Lori and Kotayk marzes. By the type of the main useful component, gold, gold-polymetallic, copper-molybdenum and copper, iron ore deposits are distinguished. They are characterized by a complex and very complex geological structure and are represented from thin veins to powerful mineral zones and stockworks. The processing technologies of the ores in question largely depend on the types of minerals, their degree of oxidation or sulfide content.

Keywords: deposit, grouping, open-pit mining, mining and geological and mining-technical conditions, processing.