

ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА НОВОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

*Б.Р. Ракишев, Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева, Республика Казахстан*

Отмечено, что развитие человеческого общества непосредственно связано с использованием природных материалов. В зависимости от степени обработки используемого материала из минерального сырья в качестве орудия труда различают каменный, бронзовый, железный века. В дальнейшем в период индустриального развития общества в качестве средств производства использовались предметы, изготовленные из высококачественных металлов и сплавов, а в период постиндустриального развития - предметы, изготовленные из высокотехнологичных металлов и сплавов. По наименованию используемых материалов новые этапы развития цивилизации нами названы соответственно «веком» высококачественных металлов и сплавов и «веком» высокотехнологических металлов и сплавов. Приведены основные характеристики этапов развития человеческого общества.

Мыслителями прошлых эпох уровень развития человеческого общества определен видом материала, положенного в основу средств производства. В этой связи еще в античном мире возникло представление о трёх веках: каменном, бронзовом и железном [1-3]. Их основные характеристики приведены в табл.1.

Дальнейшее развитие цивилизации связано с массовым использованием целого ряда высококачественных металлов для создания средств производства- машин различного назначения. Процесс формирования крупного машинного производства во всех отраслях экономики, особенно в промышленности создал условия для производства большой гаммы ранее неизвестной промышленной продукции, превращения аграрной или аграрно-индустриальной страны в индустриально-аграрную или индустриальную [4-6]. На основе тяжёлой индустрии (горное дело, металлургия, станкостроение, машиностроение) развивались все отрасли экономики, в том числе строительная, энергетика, аграрная, легкая, пищевая и др.

Этот этап развития цивилизации, совпадающий с широким применением различных высококачественных металлов и их производных по аналогии с приведенными выше периодами развития человеческого общества (по наименованию базового используемого материала) можно назвать «веком» высококачественных металлов и сплавов [6]. Он характеризует период индустриализации, который берет свое начало с середины XVIII века и длится до середины XX века (см.табл.1). Этот этап ознаменовался значительным ростом крупного машинного производства, резким повышением производительности труда, высоким темпом роста производства во всех отраслях экономики.

В рамках «века» высококачественных металлов и сплавов развернулись новые промышленные революции (см.табл.1). Первая промышленная революция произошла, когда человечество научилось использовать энергию пара и воды для механизации производства [4-9]. В конце XVIII и в начале XIX века в передовых странах мира получили широкое применение водяные и паровые двигатели, двигатели внутреннего сгорания, развивался железнодорожный, морской, автомобильный транспорт [4-6]. По сравнению с предыдущими периодами развития общества коренным образом изменился облик цивилизации.

Использование электрической энергии с соответствующим техническим сопровождением привело ко второму технологическому прорыву- второй промышленной революции. Во второй половине XIX и в начале XX века за счет повсеместного использования высококачественных металлов и сплавов освоилось конвейерное производство, налажился выпуск массовой продукции. Развивались авиация, телефонная, телеграфная связь. Жизнь стала более комфортной и качественной.

С середины XX века началась современная научно-техническая революция, оказавшая сильное влияние на дальнейший ход индустриального развития. Возникли условия для перехода

к использованию высоких технологий и соответствующих им технических средств. К высоким технологиям обычно относят самые наукоёмкие отрасли промышленности. Это – электроника, робототехника, самолётостроение, ракетостроение, космическая техника, программное обеспечение, нанотехнологии, атомная, солнечная и водородная энергетика, биотехнологии, генная инженерия и экологически чистые технологии во всех отраслях экономики [10,11]. Они неузнаваемо изменили культуру и структуру производства, многократно подняв производительность труда. Эти технологии основаны на использовании разнообразных сплавов черных, цветных, благородных, редких, редкоземельных металлов (РЗМ).

Таблица 1. Основные характеристики этапов развития человеческого общества

Название этапов	Продолжительность этапов	Продукция
Каменный «век»	Начало: 1 млн 800 тыс. лет назад Конец: 8-6 тыс. лет назад	Оружие, орудие труда, изделия из камня
Бронзовый «век»	Начало: конец 4-го и начало 1-го тысячелетия до н.э. Конец: 11-10 вв. до н.э.	Оружие, орудие труда, изделия из бронзы, расширенное земледелие
Железный «век»	Начало: 9-7 вв. до н.э. Конец: 1-4 вв. н.э.	Оружие, изделия из железа, орудие труда из железа и стали, совершенствование оросительных сооружений
«Век» высококачественных металлов и сплавов	Начало: середина 18 века. Конец: середина 20 века	Энергия пара и воды. Крупное машинное производство, основанное на высококачественных металлах и сплавах. (I промышленная революция). Электрическая энергия. Конвейерное производство, основанное на высококачественных металлах и сплавах (II промышленная революция)
«Век» высокотехнологичных металлов и сплавов	Начало: середина 20 века. Действие: настоящее время	Высокие технологии (электроника, робототехника, космическая техника, атомная энергетика, информационные, нанотехнологии и др.), основанные на высокотехнологичных металлах и сплавах (III промышленная революция). Интеграция передовых технологий, слияние физической, цифровой, биологической сфер, искусственный интеллект, обработка больших данных, основанные на высокотехнологичных металлах и сплавах (IV промышленная революция или Индустрия 4.0)

Рассматриваемый этап развития цивилизации по виду применяемого базового материала в соответствии с [1-3] можно назвать «веком» высокотехнологичных металлов и сплавов [6]. Как видно из табл. 1, начало этого «века» совпадает с серединой XX века, когда человечество овладело атомной энергией, развивались космическая техника, кибернетика. В ведущих отраслях промышленности и управлении получили широкое применение электронно-вычислительные машины (компьютеры), информационные технологии, ставшие символом научно-технической революции. Они принципиально изменили положение и роль человека в процессе управления производством.

В рамках этого «века» произошла третья промышленная революция. Внедрялись комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, интенсивное использование цифровых, информационных технологий в управлении этими процессами. Резко возросла роль фундаментальной науки в преобразовании базы производства, формировались новейшие наукоемкие отрасли промышленности. Наука стала реальной производительной силой.

В результате саморазвития, самосовершенствования третья промышленная революция в начале XXI века плавно перешла в четвертую промышленную революцию, обеспечивающую более глубокие количественные и качественные сдвиги в сфере науки и производства. Четвертая промышленная революция или Индустрия 4.0, характеризуется интеграцией передовых технологий и слиянием физической, цифровой и биологической сфер. При этом практически каждый физический объект, задействованный в процессе производства, оборудован множеством датчиков и сенсоров, которые ежесекундно будут генерировать огромный поток информации. Обработка и анализ больших объемов данных (Big Data) становится одним из основных элементов, обеспечивающих функционирование Индустрии 4.0. [7,9,10]

Как видно, человечество в своем развитии пережило каменный, бронзовый, железный «века», переживает «век» высококачественных металлов и сплавов и вступило «век» высокотехнологичных металлов и сплавов. Горно-металлургический комплекс служил материально-технической базой развития цивилизации. Ни одна отрасль экономики, ни одна технология производства не могла и не может обойтись без использования продукции горно-металлургического комплекса (ГМК). Это – аксиома.

Таким образом, ГМК является естественной материально-технической базой научно-технического прогресса и развития общества в целом, а научно-технический прогресс, в свою очередь, драйвером инноваций во всех отраслях экономики, включая горно-металлургическую промышленность. Во всех наукоемких, высоких технологиях в той или иной мере используются компоненты, состоящие из высокотехнологичных металлов и сплавов, изготовленных из различного сочетания множества традиционных металлов и редких, редкоземельных элементов. Материалы с редкоземельными элементами обладают превосходными свойствами, важность которых признана во всем мире [8-14]. Все инновационные решения в области космической, ракетной техники, атомно, водородной энергетики, нанотехнологий, медицины, биотехнологий, коммуникаций и др. основаны на использовании высокотехнологичных сплавов с нужными характеристиками.

В мире инновационных и высоких технологий нашли широкое применение следующие дорогостоящие РЗМ: индий, скандий, платина, рений, палладий, осмий, лютеций, цирконий, селен, теллур, кобальт, кадмий и др [10-15]. Они в своем большинстве содержится в составе руд черных, цветных, благородных металлов, в уране, в угле, в нефти и др. Их извлечение из базового сырья для обеспечения потребностей новых технологий в высокотехнологичных металлах и сплавах еще больше актуализирует проблему комплексного и полного использования полезных ископаемых. Эффективное решение этой двуединой задачи становится главным приоритетом горно-металлургической промышленности. Ее решение рассмотрим на примере горно-металлургических предприятий Казахстана.

Благодаря усилиям геологов под руководством выдающегося ученого мирового уровня, академика АН СССР Каныша Имантаевича Сатпаева в прошлом веке в Казахстане было открыто и поставлено на учет более ста крупных и средних месторождений полезных

ископаемых. В результате наша Республика стала крупной горнодобывающей державой. Доля Казахстана в общемировых разведенных запасах полезных ископаемых определяется данными в табл.2. [16,18]

Таблица 2. Место Казахстана в общемировых запасах минерального сырья

Минеральное сырье	Доля, %	Место	Минеральное сырье	Доля, %	Место
Нефть	3,2	7	Ниобий	4,4	5
Уголь	3,7	6	Магний	4,2	4
Уран	18,9	2	Железная руда	5,0	6
Медь	4,1	9	Марганец	4,5	3
Цинк	18,1	1	Хромовые руды	19,6	2
Свинец	16,0	2	Вольфрам	50	1
Бокситы	4,4	11	Молибден	11,0	4
Барит	23	1	Ванадий	4,5	6
Золото	2,7	9	Никель	2,4	12
Серебро	4,6	3	Кобальт	3,9	5
Платина	2,2	14	Фосфориты	4,5	6

Главной особенностью месторождений полезных ископаемых Казахстана является их многокомпонентность. Например, месторождения цветных металлов содержит в своем составе до 20 важнейших благородных и редких металлов (золото, серебро, висмут, платина, палладий, кобальт, селен, теллур, кадмий, рений, индий, осмий, талий и др.). В республике успешно освоены технологии извлечения некоторых из них из медных, свинцовых, цинковых и других концентратов, а также из отходов металлургического передела. Однако эти технологии требуют своего коренного усовершенствования.

Наша республика является крупнейшим производителем рения (второе место), бериллия (второе место), титановой губки (второе место), тантала, ниобия, галлия, технического таллия (третье место), урана (первое место), ванадия (пятое место), висмута (шестое место).

Динамика добычи и производства базовых металлов за последние пять лет характеризуется данными табл.3. Из них следует, что объем производства продукции горно-металлургического комплекса практически находится на одном уровне. Причем экономичным, высоко производительным открытым способом добывается 95% угля, более 90% железной руды, 95% медной руды, 100% бокситовой руды и асбеста, 50% хромовой руды. Резкое увеличение объема добычи (более чем в 2 раза) медных руд за последние годы объясняется вводом в эксплуатацию двух крупнейших в мире горно-обогащительных комплексов по добыче и переработке медных руд - Бозшакольского и Актогайского.

Суммарная производительность Бозшакольского ГОКа по переработке руды составляет – 30 млн.т в год. Из них 5 млн.т каолинизированной и 25 млн.т сульфидной руды. Ежегодный объем производства меди в концентрате 75 тыс. тонн в течение 46 лет. Среднегодовой объем добычи руды на Актогайском карьере в течение 54 лет составляет 28 млн.т. Ежегодной объем производства меди в концентрате 100 тыс.т. [17].

Всего из руд Бозшакольского ГОК будет извлечено 3888 тыс.т. меди, 70,23 тыс.т. молибдена, 140,84 т золота, 2834 т серебра. Из руд Актогайского ГОК - соответственно 5233,3 тыс. т меди, 114,2 тыс.т. молибдена, 39,142 т.золота, 1370,7 т серебра.

Эти высокие результаты работы Бозшакольского и Актогайского ГОКов будут достигнуты за счет благоприятных условий залегания руд в земной коре, низкого коэффициента вскрыши (соответственно 0,6 и 0,25), вовлечения в эксплуатацию забалансовых руд и комплексного использования минерального сырья.

Таблица 3- Добыча и производство полезных ископаемых за 2014-2018 годы

Наименование Продукции	Ед. имз.	Годы				
		2014	2015	2016	2017	2018
Уголь	тыс. т	113 843,5	107 318,2	103 059	105964,9	117789, 3
Уран	тыс. т	22,83	24	24	24,8	21,705
Руды железные	тыс. т	24 628,3	37 269,7	35 793,5	39 085,0	41876,5
Окатыши железородные	тыс. т	6 250,5	3 283,6	3100,3	4028,0	4626,5
Руды хромовые	тыс. т	5 410,4	5 382,8	5 542,9	6 337,5	6688,7
Руды марганцевые	тыс. т	2 617,3	1 625,7	1 600,7	1 492,1	13 87,6
Руды медные	тыс.т	38 660,6	42 420,1	78 496,1	95343,2	103173, 1
Медь рафинированная	тыс.т	293 948	394 641	408 435	425 612,0	388 945
Руда медно- цинковая	тыс.т	5 260,2	5 044,6	5770,6	5 031,7	4 800,0
Цинк в цинковом концентрате	тыс. т	346,6	342,5	324,8	306,8	303,7
Свинец в свинцовом концентрате	тыс. т	37,8	40,7	70,5	112,3	86,00
Золото рудничное	т	26,680	31,044	37,852	44,203	32,424
Серебро рудничное	т	976,434	1 308, 926	1 186, 51	1058,60	959,00
Бокситовые руды	тыс. т	5 192,8	5382,8	5542,9	4843,2	6104,2
Асбест	тыс.т	213,2	179,8	192,6	192,7	202,2

На большинстве горнометаллургических предприятий Казахстана сопутствующие профильным металлам драгоценные полезные компоненты (платина, золото, палладий, рений, осмий, таллий и др.) часто не извлекаются из сырья, уходят в отходы обогащительного и металлургического производств. На тех предприятиях, где они производятся очень низок их коэффициент извлечения из рудного сырья (около 0,4) [6]. Такой парадокс связан с тем, что при утверждении запасов месторождений попутные полезные компоненты часто не оцениваются и не ставятся на баланс. К недропользователям не предъявляются требования по извлечению полезных компонентов, выявленных в рудах в процессе эксплуатации месторождения.

В то же время известно, что с развитием высоких технологий, наукоемких отраслей промышленности быстро растет спрос на благородные, редкие и редкоземельные металлы. Причем стоимость единицы массы (т, кг) этих элементов более тысячи, а осмия более миллиона раз превышает стоимость основных металлов (медь, цинк, свинец).

В связи с этим, чрезвычайно актуальным становится вопрос об ускорении научных работ, направленных на разработку и внедрение новых технологий, процессов и технических средств, обеспечивающих более полное извлечение в товарный продукт всех компонентов, содержащихся в руде.

Решение указанной крупной проблемы может базироваться на учете особенностей перехода вещества природы из одного состояния в другое соответственно при геолого-разведочных и горнодобычных работах, обогащении и металлургическом переделе. Выбранные технологии и технические средства переработки должны обеспечить максимальный выход полезных продуктов на каждом из указанных этапов. Такие результаты достигаются при полном соответствии технологий переработки руды ее природным

свойствам и технологическим характеристикам [18,19].

Управление количеством и качеством при этом осуществляется на основе математических моделей состояния минерального сырья (МС) на каждом из этапов переработки, представленных в виде [18,19]:

$$M_6 = \sum_{i=1}^n m_i ; M_p = \varepsilon_p \sum_{i=1}^n m_i ; M_{кп} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^r \varepsilon_{yi} m_i ; M_k = \varepsilon_p \sum_{i=1}^p \varepsilon_{ki} m_i ;$$

$$M_x = \varepsilon_p \sum_{i=1}^s \varepsilon_{xi} m_i ; M_m = \sum_{i=1}^q M_{mi} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^q \varepsilon_{ki} \varepsilon_{mi} m_i ; M_{ом} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^l \varepsilon_{oi} m_i . \quad (1)$$

где M_6 – масса руды в контуре балансовых запасов; M_p – масса руды, извлеченной из недр; $M_{рo}$ – масса руды, поступившей на обогатительную фабрику; $M_{кп}$ – масса кусковой породы, удаленной из рудной массы (КП); M_k – масса всего концентрата (концентратов); M_x – масса хвостов обогащения (ХО); M_{mi} – масса i -й конечной продукции (металла); M_m – масса всей конечной продукции (всех металлов); $M_{ом}$ – масса отходов металлургического предела (МП); m_i – масса i -го компонента в балансовых запасах; ε_p – коэффициент извлечения из недр полезного ископаемого; ε_{yi} – коэффициент удаления из рудной массы i -ой кусковой породы; ε_{ki} – коэффициент извлечения i -го компонента из руд в концентрат; ε_{xi} – коэффициент извлечения i -го компонента из руд в хвосты; ε_{mi} – коэффициент извлечения i -го компонента из концентрата металл; ε_{oi} – коэффициент извлечения i -го компонента в отходы металлургического передела; n – число всех компонентов в объеме запасов, включая пустые породы; r – число компонентов удаленных из рудной массы; p – число полезных компонентов, извлекаемых из руд в концентрат; s – число компонентов, извлекаемых в хвосты; q – число полезных компонентов, извлекаемых из концентрата в металл; l – число компонентов в отходах металлургического передела.

При распространенных технологиях добычи и переработки руд $n > p > q$, $\varepsilon_p = 0,5 \div 0,97$ (нижний предел при подземной, верхний – при открытой разработке месторождений), $\varepsilon_{yi} = 0,15 \div 0,4$, $\varepsilon_{ki} = 0,4 \div 0,98$, $\varepsilon_{xi} = 0,02 \div 0,5$, $\varepsilon_{mi} = 0,85 \div 0,98$, $\varepsilon_{oi} = 0,02 \div 0,15$.

Для рационального освоения недр, полного и комплексного использования МС на каждом из этапов его переработки необходимо выполнить определенный объем изыскательских и измерительных работ, а также предусматривать возможность применения прогрессивных и эффективных технологий переработки.

Например, на этапе геологоразведочных работ с использованием современной высокоточной аппаратуры повышать полноту и достоверность геологического изучения отдельных блоков месторождения, более досконально определять вещественный состав как основных, так и совместно с ними залегающих полезных компонентов, полнее изучать технологические свойства руд, физико-механические и агрохимические свойства вскрышных пород, т.е. иметь полную геолого-технологическую информацию.

На этапе горнодобычных работ нужно систематически уточнять минералогические, технологические характеристики полезных компонентов, обеспечить наиболее полное извлечение из недр всех балансовых запасов, предусматривать привлечение к добыче части забалансовых запасов.

На этапе рудоподготовки нужно реализовать эффективные приемы сортировки в транспортных емкостях или на конвейере рудного потока на технологические типы и сорта с удалением из него кусковой породы в виде щебня и другой попутной продукции. В процессе обогащения предусмотреть сооружение и функционирование нескольких технологических линий переработки руд. При невозможности извлечения исходных концентратов минеральные агрегаты необходимо направлять на металлургический передел.

В цикле металлургического передела целесообразно создать дополнительные производства, обеспечивающие извлечение всех полезных компонентов, включая уходящие в отходы металлургического передела.

Эти рекомендации, вытекающие из математических моделей состояния рудной продукции

(1) на каждом из этапов переработки, состоят в увеличении числа n , устремлении чисел p и q к n , повышении значений коэффициентов извлечения ε_p , ε_{yi} , ε_{ki} , ε_{mi} и понижении значений коэффициентов извлечения ε_{xi} , ε_{oi} . Рассмотрим эти процедуры на примере модельного месторождения, обрабатываемого открытым способом. Оно по составу руд близко к реальным медно-молибденовым месторождениям типа Актогай, Бозшаколь. Содержание полезных компонентов в руде составляет: Cu -0,7%, Mo 0,015%, Au-1,0г/т, Ag-10 г/т, Bi - 0,0005%, Pt- 0,0005%, Pd- 0,0005%, Co- 0,0005%, Se -3,8г/т, Te- 2,6г/т, Cd -0,4г/т, Re- 0,3 г/т, In -2,0 г/т, Os -0,02г/т, Ti -0,0002 %. Масса извлеченной из карьерного поля руды принята равной 950000 т (с учетом $\varepsilon_p=0,95$). Масса всех полезных компонентов (ПК) в руде, поступившей на обогатительную фабрику с учетом $\varepsilon_y=0,2$ составляет 6832,514 т, в том числе благородных и редкоземельных металлов 40,014 т, пустых пород (ПП) – 754933,99 т, всех компонентов (ВК), включая пустые породы – 761366,5 т. Массы полезных компонентов и пустых пород в отгруженной, в поступившей на ОФ руде и концентрате показаны на рис 1.

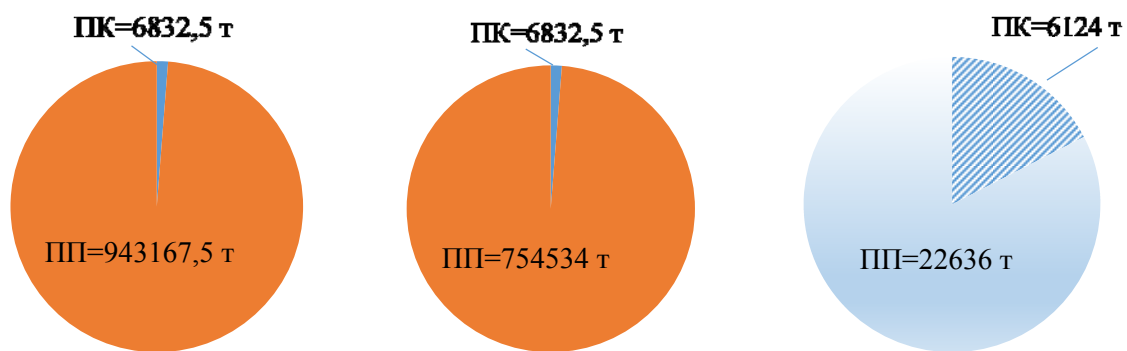


Рис.1. Массы полезных компонентов и пустых пород в отгруженной (а), в поступившей на ОФ руде (б) и в концентрате (в)

Рассмотрено два варианта переработки рудного сырья. Полный расчет извлечения полезных компонентов при различных технологических показателях переработки руды и концентрата выполнен в работе [19]. Из него видно, что в первом варианте для основных металлов ε_k изменяется в пределах 0,7-0,8, ε_m – в пределах 0,7-0,85, для сопутствующих компонентов $\varepsilon_k = 0,5-0,6$, $\varepsilon_m = 0,6-0,75$. Во втором варианте для основных металлов $\varepsilon_k=0,8-0,9$, $\varepsilon_m=0,8-0,9$, для сопутствующих компонентов $\varepsilon_k = 0,6-0,7$, $\varepsilon_m= 0,7-0,85$.

Расчеты по формуле (1) показывают, что при увеличении ε_k с 0,8 до 0,9 масса меди в концентрате увеличивается с 5320 до 5985 т (на миллион тонн руды), т.е. на 12,5%. При увеличении ε_k с 0,5 до 0,6 масса висмута в концентрате увеличивается с 2,375 до 2,85 т, т.е. на 20%. При увеличении ε_m с 0,6 до 0,75 масса платины увеличивается со 142,5т до 213,75 т, т.е. на 50%. При изменении ε_k с 0,6 до 0,7 масса золота в концентрате растет с 0,57 до 0,655 т, т.е. на 16,6%, а при изменении ε_m с 0,7 до 0,85 масса золота (металла) растет с 0,399 до 0,5652 т, т.е. на 41,65% и т.д. Из этих данных видна роль технологий переработки минерального сырья в повышении уровня извлечения полезных компонентов из исходного материала и их высокий потенциал. За счет разработки и внедрения инновационных технологий и технических средств нынешний уровень извлечения благородных и редких металлов можно поднять в 2 - 3 раза, а профильных металлов - в 1,5 раза. Многократно повысится экономический эффект от внедрения новых технологий переработки МС.

Для оценки экономических последствий более полного использования МС значения M_p , M_k и M_m из формулы (1) нужно помножить на стоимость 1т i -той конечной продукции. Цены на металлы приняты в размерах: Cu -5,5 · 10³, Mo- 27 · 10³, Au- 34,23 · 10⁶, Ag- 0,44 · 10⁶, Bi -19 · 10³, Pt- 27,81 · 10⁶, Pd- 18,08 · 10⁶, Co- 24 · 10³, Se -21 · 10³, Te- 44·10³, Cd -0,1 · 10⁶, Re- 1,4 · 10⁶, In -0,26 · 10⁶, Os -20 · 10⁹, Ti -0,7 · 10⁶ долларов США. Расчеты показывают, что при втором

варианте переработки руды массой 761366,5 т. стоимость полученной меди составляет 30.613.275, молибдена – 2.616.300, золота – 19.348.507,5, серебра – 2.481.100, висмута – 43.320, платины – 63.406.800, палладия – 41.222.400, кобальта – 54.720, селена – 36.388,8, теллура – 52.166,4, кадмия – 18.240, рения – 191.520, индия – 237.120, осмия – 182.400.000, таллия – 638.400, общей конечной продукции 343.366.257,7 долларов США. Если стоимость профильных металлов (Cu, Mo) составляет 33.229.575 долларов, то стоимость благородных и редкоземельных металлов составляет 310.136.682,7 долларов. Массы и стоимости профильных и редких металлов графически представлены на рис 2.

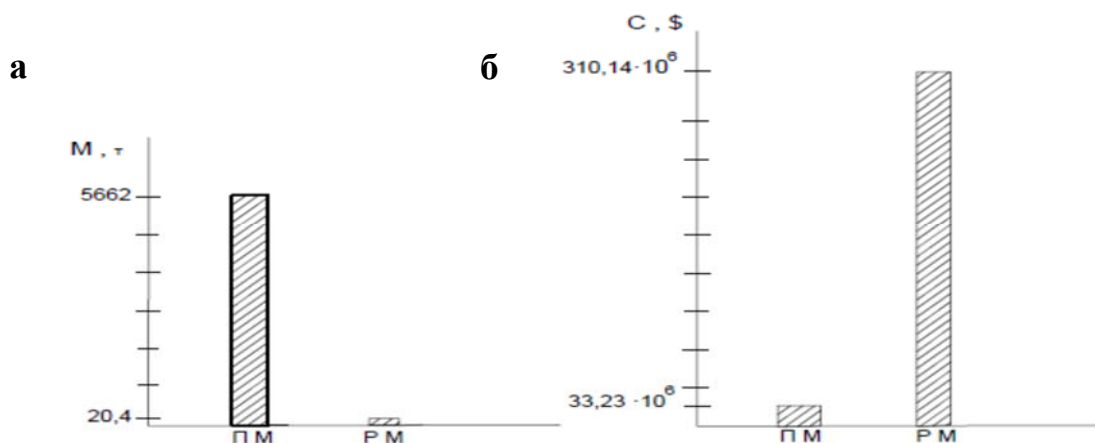


Рис.2. Массы (а) и стоимости (б) полученных профильных и редких металлов из 950 000 т руды

В приведенных условиях совокупные доходы от реализации сопутствующих благородных и редких металлов превышают доходы от профильных металлов (меди, молибдена) в 9,33 раза. По другому говоря, имеющийся ресурсный потенциал месторождений полезных ископаемых можно поднять на порядок.

Для масштабного внедрения мероприятий по повышению комплексности использования минерального сырья на законодательном, государственном уровне нужно решить вопрос о необходимости извлечения всех сопутствующих, особенно высокоценных полезных компонентов из рудного сырья.

Следует заметить, что в урановых месторождениях Казахстана присутствуют все виды редкоземельных металлов (РЗМ). Для производства РЗМ пригодны и некоторые сорта каменных углей (месторождение Каражыра, ВКО), природные шунгиты, фосфаты, фториды, а также все техногенные месторождения ГМК и ТЭК. В совокупности все эти источники могут обеспечить получение РЗМ в объемах, достаточных для того, чтобы Казахстан был способен занять достойное место на мировом рынке РЗМ.

Выводы.

1. Мыслителями прошлых эпох уровень развития цивилизации определен видом материала, положенного в основу средств производства. В этой связи еще в античном мире возникло представление о трёх веках: каменном, бронзовом и железном.

2. Дальнейшее развитие цивилизации связано с массовым использованием целого ряда высококачественных металлов и сплавов для создания высокопроизводительных машин и комплексов различного назначения. Этот этап по аналогии с приведенной классической периодизацией можно назвать «веком» высококачественных металлов и сплавов.

3. С середины XX века в развитых странах получило распространение высокие технологии и соответствующие им технические средства, основанные на использовании высокотехнологичных металлов и сплавов черных, цветных, благородных, редких, редкоземельных металлов. Этот этап развития цивилизации в соответствии с указанной периодизацией можно назвать «веком» высокотехнологичных металлов и сплавов.

4. Горно-металлургический комплекс, производящий высококачественные и высокотехнологические металлы и сплавы, составляет естественную материально-техническую

базу научно-технического прогресса и развития обществ в целом. В свою очередь научно-технический прогресс является драйвером инноваций во всех отраслях экономики, включая ГМК.

5. Традиционные месторождения полезных ископаемых совместно с техногенными являются основными источниками промышленного производства благородных, редких и редкоземельных металлов.

6. Технические средства и технологии, адаптированные к природным и технологическим характеристикам минерального сырья, обеспечивают высокий уровень извлечения профильных, благородных, редких и редкоземельных металлов. Эти результаты представляют вклад ГМК в дальнейшее развитие научно-технического прогресса.

Список литературы

1. Большая Советская Энциклопедия. Т.9, М., Из-во. «Советская энциклопедия», 1971, с.142-144.
2. Большая Советская Энциклопедия. Т.11, М., Из-во. «Советская энциклопедия», 1973, с.261-263.
3. Большая Советская Энциклопедия. Т.4, М., Из-во. «Советская энциклопедия», 1971, с.51-53
4. Паламарчук О.Т. Наука и технологические революции. Экономика. Право. Вестник КСЭИ.2013.№4(60).С.81-88.
5. Rao J.S.Industrial Revolution. In: History of Rotating Machinery Dynamics. History of Mechanism and Machine Science, vol 20. Springer, Dordrecht,2011.Pages 31-34.
6. Rakishev B.R.Mining industry is the foundation of scientific and technical progress. 25th World Mining Congress. Astana 2018. pp.161-169
7. Индустриальный (Промышленный) Интернет Вещей.
https://iotas.ru/files/.../wg/Индустриальный_промышленный_ИнтернетВещей.pdf
8. Схведиани А.Е., Горовой А.А. Четвертая промышленная революция как основа перехода к шестому техническому укладу. В сборнике: Актуальные вопросы экономики и управления, сборник материалов II Международной научно-практической конференции. 2017.- с.55-59.
9. Clark G.Industrial Revolution. In: Macmillan Publishers Ltd (eds) The New Palgrave Dictionary of Economics. Palgrave Macmillan, London, 2018, Pages 67-70.
10. Каблов Е.Н., Оспеннишова О.Г., Вершков А.В. Редкие металлы и редкоземельные элементы - материалы современных и высоких технологий будущего. М., Труды ВИАМ, №2, 2013. С.
11. Сидоров В.В., Тимофеева О.Б., Калицев В.А., Горюнов А.В. Влияние микорегирования РЗМ на свойства и структурно-фазовые превращения в интерметаллидном сплаве ВКНА-25-ВИ // Авиационные материалы и технологии. 2012 №4. с. 3-8.
12. S.C. Santos, O.Rodrigues Jr, L.L. Campos EPR response of yttria micro rods activated by europium. Journal of Alloys and Compounds, Volume 764, 5 October 2018, Pages 136-141
13. Samuel Leleu, Bertrand Rives, Jerome Bour, Nicolas Causse, Nadine Pebere On the stability of the oxides film formed on a magnesium alloy containing rare-earth elements, Electrochimica Acta, Volume 290, 10 November 2018, Pages 586-594
14. Peng Wang, Wen Li, Sami Kara Dynamic life cycle quantification of metallic elements and their circularity, efficiency, and leakages. Journal of Cleaner Production, Volume 174, 10 February 2018, Pages 1492-1502
15. Tanushree Dutta, Ki-Hyun Kim, Minori Uchimiya, Eilhann E. Kwon, Byong-Hun Jeon, Akash Deep, Seong-Taek Yun Global demand for rare earth resources and strategies for green mining, Environmental Research, Volume 150, October 2016, Pages 182-190
16. Алшанов Р.А. Казахстан на мировом минерально-сырьевом рынке: проблемы и их решения.- Алматы, 2004.-220с.
17. Ракишев Б.Р.Отработка медных руд Бозшакольского и Актогайского месторождений Казахстана.Горный журнал № 1,2019.- с.89-93
18. Rakishev B.R. Diversification of the mining and metallurgical complex in Kazakhstan. 24th world mining congress procee, Rio de Janeiro /Brazil,2016,p.p.126-134
19. Rakishev B.R. Technological resources for improving the quality and completeness of use of the mineral raw materials. Series of geology and technical sciencis/ 2017.№2.p.p. 116-12.