

Комплексная переработка сырья – единственный путь к безотходному производству: исторический обзор

Аннотация. Статья посвящена истории создания методологии эффективной переработки отходов горной промышленности, основанной на комплексном подходе к освоению месторождений полезных ископаемых. Показана роль специалистов ИПМ–ВИМС первой половины XX века в разработке технологий, вовлекающих значительные объёмы отходов горной отрасли (шлаки, вскрыши) в производства металлургической, строительной и других отраслей.

Ключевые слова: ИПМ–ВИМС, редкие элементы, минерально-сырьевая база, отходы, шлаки, вскрыша.

ЛУГОВСКАЯ ИРИНА GERMANOVNA, учёный секретарь, доктор геолого-минералогических наук, lugovskaya@vims-geo.ru

ПЕЧЕНКИН ИГОРЬ ГЕРТРУДОВИЧ, советник генерального директора, доктор геолого-минералогических наук, pechenkin@vims-geo.ru

ЯКУШИНА ОЛЬГА ИГОРЕВНА, старший специалист, кандидат социологических наук, yakushina.o@vims-geo.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского (ФГБУ «ВИМС»), Москва

Complex processing of raw materials is the only way to waste-free production: historical overview

I. G. LUGOVSKAYA, I. G. PECHENKIN, O. I. YAKUSHINA

All-Russian Scientific Research Institute of Mineral Raw Materials named after N. M. Fedorovsky (FSBI «VIMS»), Moscow

Annotation. The article provides a historical overview of the creation of a methodology for the effective processing of mining waste based on an integrated approach to the development of mineral deposits. The role of IPM–VIMS specialists in the first half of the 20th century in the development of technologies involving significant amounts of mining waste (slags, overburden) in the production of metallurgical, construction and other industries is shown.

Key words: IPM–VIMS, rare elements, mineral resource base, waste, slags, overburden.

Развитие в СССР в первой половине XX столетия горной промышленности, активное освоение месторождений полезных ископаемых, разработка технологий получения необходимых для промышленного потребления продуктов обозначили проблему переработки отходов, образующихся при этих процессах.

Вопрос о месте отходов в технологической цепочке от добычи до получения конечного полезного продукта становится особо актуальным во второй пятилетке в период 1933–1937 гг. и безусловно определяет рентабельность и экономичность разработки, перера-

ботки и использования основного объекта сырья [2].

Использование отходов при переработке минерального сырья в работах Института прикладной минералогии (ИПМ). В годы индустриализации ставились задачи и выполнялись исследования по использованию: а) металлургических шлаков для цементной, абразивной, кислотоупорной, красочной (шлаки титаномагнетитов) и других отраслей промышленности; б) различных зол, в частности каменноугольных, содержащих большие количества глинозёма, для алюминиевой,

химической, огнеупорной промышленности; в) отходов от обогащения марганцевых руд для красочного, химического и прочих производств; г) отходов слюды для электротехники и иных производств; д) отходов при добыче и распиловке мрамора для строительных и других целей; е) отходов при добыче и обработке различных вулканических пород (андезит, туфы, пемзы и пр.) упорного и огнеупорного производства; ж) тальковой мелочи для получения огнеупорных изделий; з) отходов от обогащения графитовых руд для металлургических целей (литейный графит); и) отходов медных руд как кислотоупорного и огнеупорного материала.

В вопросе использования отходов Институт прикладной минералогии (с 1935 г. ВИМС) взял на себя изучение вещества с точки зрения его физико-химических и технологических свойств. Результаты этих исследований легли в основу работ и других институтов страны.

В 1937 г. в статье, посвящённой основным работам и направлениям деятельности института, Н. М. Федоровский писал о необходимости рационального использования полезных ископаемых путём сокращения отходов и отбросов производства и практического осуществления идеи комплексного использования всей добываемой горной массы [10]. Он отмечал, что во втором пятилетии институт провёл ряд работ, направленных на выявление новых источников сырья в целях получения редких и рассеянных элементов, необходимых развивающейся промышленности страны для создания новых материалов. В третьем пятилетии они должны получить гораздо более широкий размах. В качестве сырьевых источников исследовались не только природные концентрации в различных месторождениях, но и отвалы, отходы горных и химических (коксовых, сернокислотных и др.) предприятий, электростанций и др., которые могли стать исключительно ценными источниками редких и рассеянных элементов.

Планировались исследования, базировавшиеся на комплексном использовании мине-

рального сырья. По германию, индию и галлию рассматривалась возможность осуществить поиски повышенных концентраций в месторождениях угля и цветных металлов (Восточная Сибирь, Караганда и др.). Отмечались необходимость создания методов их извлечения из углей, организации промышленного получения в заводских масштабах, изучения вопросов их использования в различных отраслях промышленности (стекло, металлические сплавы и пр.). Работы по исследованию угля на германий проводились ИПМ ещё с конца 1920-х гг. [6].

На рубидий и цезий рассматривались возможные поиски лепидолита и других более богатых цезием минералов. Также предполагалось детальное геохимическое изучение минеральных вод. Выполнялись работы по галенитовым и арсенопиритовым рудам в целях извлечения висмута. Планировалось проводить в различных районах СССР работы на торий и редкие земли, изучать ортитовые месторождения на Урале, в Сибири и др. Работы на циркон, тантал и ниобий должны были проводиться на Кольском полуострове, на Урале, в Забайкалье, Украине.

Все эти исследования обозначили проблему комплексного использования руд и месторождений, связанную с необходимостью последующей переработки отходов, но значительно шире её по своему значению, и могли послужить основой для создания крупных промышленных комбинатов и комплексных производств.

На предвоенном этапе развития страны вопрос вовлечения в промышленное использование комплексных руд, содержащих дефицитные цветные и редкие металлы, стоял особенно остро. Были намечены работы по комплексному использованию никель-кобальтовых руд Орско-Халиловского района, Среднего Урала, Норильска и др., марганцево-кобальтовых руд Южного и Среднего Урала, Западной Сибири, Казахстана, железо-кобальтовых руд вторичных месторождений Урала. Планировалось изучение на кобальт золоторудных месторождений Восточного Забай-

калья и мышьяковых месторождений Средней Азии, комплексное использование кобальтсодержащих шлаков (Урал), сурьмяно-ртутно-флюоритовых руд Хайдарканского месторождения и барито-флюоритовых руд Бадамского месторождения.

Попутное получение редких и цветных металлов при переработке рудного сырья. В материалах итоговых работ ВИМСа (1940 г.) приведены результаты исследований продуктов (концентратов) и отходов обогатительных фабрик и металлургической переработки руд.

По заказу треста «Цветметразведка» в 1939–1940 гг. ВИМС выполнял исследования, задачами которых являлось систематическое изучение присутствия попутных, в том числе редких и рассеянных, элементов в полиметаллических рудах. Работы проводились под руководством Фёдора Ивановича Абрамова, который в те годы возглавлял минералогическую лабораторию института (рис. 1). Он уделял особое внимание исследованиям типоморфных свойств минералов, был автором первого в стране учебника-определителя рудных минералов под микроскопом в отражённом свете. Судьба его сложилась трагически. В годы войны ему два раза удавалось выбраться из фашистского плена. После побега из второго плена он вновь ушёл на фронт, где и погиб в 1944 г. в одном из боёв в Венгрии, будучи комиссаром батальона.

С 1939 по 1940 год было выполнено минералогическое исследование руд полиметаллических и медноколчеданных месторождений: Верхний рудник (Тетюхе, Дальневосточный край (ДВК)) (Ф. И. Абрамов, Н. И. Балашев), 2-й Салаирский рудник и месторождение Кварцитовая сопка (Ф. И. Абрамов, Т. И. Тренина), месторождение им. III Интернационала (М. П. Исаенко), месторождения Карамазарского района (Е. Ф. Зив), Ачисайское месторождение (Ф. И. Абрамов).

Систематически исследовались продукты и отходы обогатительных фабрик: Красноуральской, Кировоградской, Карабашской, Пышминской, Карсакпайской, Ачисайской, Кансайской, Кантагинской, Тетюхинской, Салаир-



Рис. 1. Абрамов Фёдор Иванович – заведующий минералогической лабораторией ВИМС

ской; продукты и отходы металлургической переработки руд на заводах: Сихали, Чимкентском свинцовом, Красноуральском, Кировоградском, Карабашском, Ормедь, Аллавердинском, Карсакпайском медеплавильных.

Минералогические исследования руд позволили оценить наличие попутных элементов, частоту нахождения их повышенных концентраций в пробах руд, распределение среди главных рудообразующих минералов. Была выполнена оценка распределения попутных элементов между продуктами всего цикла обогащения, а в некоторых случаях подсчитаны запасы для отдельных типов руд. Так, для сульфидных руд, перерабатываемых на Тетюхинской обогатительной фабрике, был произведён ориентировочный подсчёт запасов кадмия, висмута, селена и теллура.

В качестве методов при исследовании руд использовались микроскопический и спектральный; химическим анализом подтверждалась связь основных и попутных элементов

с рудными минералами. В табл. 1 представлены данные о наличии попутных, в том числе редких и рассеянных, элементов в пробах руд ряда месторождений, а также в продуктах и отходах обогащения [1].

Существенный вклад в изучение поведения редких и рассеянных элементов при переработке медноколчеданных и полиметаллических руд внёс Лев Васильевич Зверев (рис. 2), в то время – научный сотрудник петрохимической лаборатории института. На основании выполненных им и Ф. И. Абрамовым минералого-аналитических исследований были выявлены повышенные концентрации редких и рассеянных элементов в продуктах и отходах обогащения медноколчеданных и полиметаллических руд. Данные о повышенных концентрациях попутных элементов в продуктах некоторых обогатительных фабрик представлены в табл. 2 [1].

Исследования показали, что распределение попутных элементов среди продуктов и отхо-

дов обогатительных фабрик определяется особенностями их геохимических и парагенетических связей с главными рудными минералами. Было выявлено, что в медный концентрат обычно переходят мышьяк, селен, теллур, частично сурьма, германий, таллий и индий, в свинцовый – сурьма и висмут, иногда мышьяк, отчасти селен, теллур, кадмий, в цинковый – кадмий, индий, германий, в пиритный – кобальт, отчасти мышьяк, таллий, никель, селен, теллур.

В хвосты (отходы обогащения) переходят преимущественно ванадий, галлий, таллий и некоторые другие элементы. Л. В. Зверевым получены данные по распределению редких и рассеянных элементов в продуктах и отходах медеплавильных (Красноуральский, Карабашский, Кировоградский и др.) и свинцовоплавильных (Риддерский, Сихали, Чимкентский) заводов. Выяснялось распределение данных элементов между различными фазами – штейном, шлаком, металлом, газом.

Табл. 1. Попутные элементы, имеющие повышенные концентрации в рудах полиметаллических и медноколчеданных месторождений, и их распределение по основным продуктам обогащения

Месторождение	Повышенные концентрации элементов в рудах месторождения	Элементы, накапливающиеся в продуктах обогащения и отходах (хвостах)				
		Свинцовый концентрат	Цинковый концентрат	Медный концентрат	Пиритный концентрат	Хвосты
Верхний рудник (Тетюхе, ДВК)	Ag, Cd, Sn, Bi, As, Sb	Bi, Ag, Se, Te, Sb, Sn	Cd, In, As, Sn	–	–	As, Sn
Салаирский рудник	Cd, V, Sb, Ag, As, Mo, Ni	As, Ag	Cd, Mo	–	–	–
Месторождения группы им. III Интернационала (Урал)	Cd, As, Ga, Bi, Tl, Sb, Ge	–	Cd, In	Te, Se, Mo, As	As	Mo
Месторождения Карамазарского района (Алтын-Топкан, Канасай, Южная Дарбаза, Тары-Экан)	Cd, Mo, Bi, In, Se, Te	Для кансайских руд: Ag, Bi, Se, Te	Cd, возможны In, Co	–	–	Sn, Mo, V, Ni, Ge, Ga*
Ачисайское месторождение	Cd, V	Cd, Mo, W, Sb	–	–	–	–

Примечание. * – в процессе обогащения рассеиваются между всеми продуктами.

Были получены данные о летучести редких элементов в процессе плавки и бессемерования медных штейнов. Установлено, что она уменьшается в ряду: Tl, Ge, As, Cd, Bi, Se, Te, Sb, Sn, In, Ga, Mo, V, Co, Ni. Для процесса плавки свинцовых концентратов был получен следующий ряд снижения летучести: Tl, Ge, Cd, Se, Te, As, In, Sb, Sn, Bi, Ga, Mo, V, Co, Ni.

Полученные данные по содержаниям редких элементов показали, что лишь незначительное количество проб различных продуктов и отходов медеплавильных и свинцовых заводов имели содержания, представляющие практический интерес. Вместе с тем сделаны выводы, что для расширения возможного извлечения редких элементов при металлургической переработке руд цветных металлов необходимо в первую очередь улучшить пылеулавливание при различных стадиях процесса, так как основные потери редких металлов происходили прежде всего с отходящими газами.

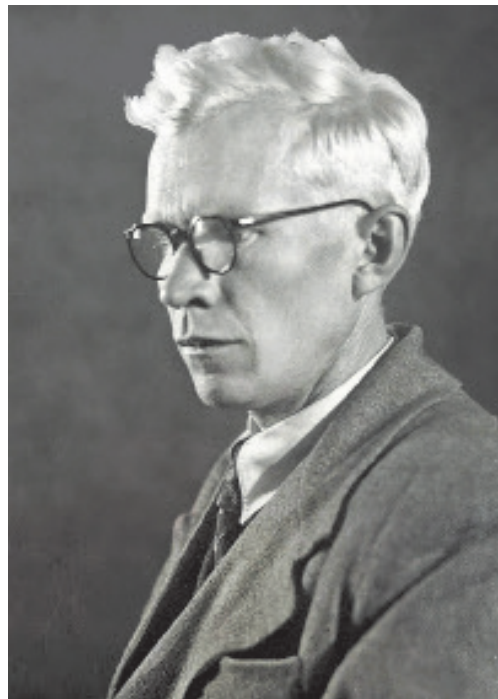


Рис. 2. Зверев Лев Васильевич – научный сотрудник петрохимической лаборатории ВИМС

Табл. 2. Попутные элементы, имеющие максимальные концентрации в продуктах фабрик, выполнявших обогащение руд полиметаллических и медноколчеданных месторождений

Попутный элемент	Обогатительная фабрика (месторождение)	Наименование продукта с максимальным содержанием попутного элемента
Cd	Красноуральская, Карабашская, Кансайская, Кантагинская, Тетюхинская, Салаирская и др. фабрики	Цинковый концентрат
As	Карабашская фабрика	Медный концентрат
Sb	Салаирская, Зыряновская фабрики	Свинцовый концентрат
Bi	Тетюхинская, Кансайская фабрики	Свинцовый концентрат
Ni	Пышминская фабрика	Медный концентрат
Co	Красноуральская, Кировоградская, Салаирская фабрики	Пиритный концентрат
Se, Te	Карабашская фабрика	Медный концентрат
	Блявинское месторождение	Руда
In	Кафанская, Кировоградская, Красноуральская, Кансайская, Мизурская фабрики	Цинковый концентрат
Ge	Кантагинская фабрика	Цинковый концентрат
Tl	Блявинское месторождение	Руда, хвосты флотации
Mo	Риддерская фабрика сульфидной флотации	Свинцовый концентрат

Наиболее высокие потери были характерны для медеплавильных заводов. При плавке медных руд с газами терялись мышьяк, сурьма, висмут, кадмий, германий, таллий, олово, селен и теллур (в черновую медь переходило не более половины селена и теллура). При бессемеровании медных штейнов происходило дальнейшее улетучивание этих же элементов. Необходимо было совершенствовать газоочистку с помощью аппаратов Коттреля (образ современных электрофильтров), чтобы сконцентрировать элементы в пыли до содержания для рентабельного извлечения при переработке. Л. В. Зверев указал также на целесообразность в ряде случаев раздельной переработки руд и концентратов, содержащих различные редкие элементы.

Комплексное освоение месторождений общераспространённых полезных ископаемых. Особо следует остановиться на разработанной институтом методологии комплексного использования строительного сырья, основанной на совмещении добычи полезных ископаемых с операциями совершенно иного порядка: строительство зданий, углубление дна рек, выемка каналов и др. Экономический эффект этого типа разработки месторождений несколько не меньше обычной комплексной разработки месторождений полезных ископаемых. Здесь меняется форма, но сохраняется экономическое содержание комплекса: экономия сил и средств на таком совмещении трудовых операций для различных целей, которое без дополнительных затрат (или с минимальными дополнительными затратами) обеспечивает одновременное достижение двух (или более) целей [8].

Ранее понятие «строительное сырьё» ограничивалось такими видами, как песок, гравий, бут; остальное считалось отходами. Благодаря разработанной в 1930-е гг. в ВИМСе методологии произошло осмысление понятия «вскрыша», а также отходов, которые могут представлять интерес как самостоятельные виды полезных ископаемых, что уже позволило говорить о комплексной добыче нескольких ископаемых или о возможности

такой добычи, рациональном использовании всей толщи.

В Москве в 1930–1940-е годы была запланирована и частично осуществлена реконструкция города. В 1935 г. правительство Москвы утвердило постановление «О генеральном плане реконструкции города Москвы». Генплан был разработан архитекторами В. Н. Семёновым и С. Е. Чернышовым. Он предусматривал расширение существующих и создание новых широких транспортных магистралей, возведение мостов, строительство метрополитена, обводнение и озеленение.

Участие института в решении градостроительных проблем столицы являлось в то время одним из важнейших направлений его научно-производственной деятельности. Основные усилия коллектива направлялись на обеспечение города облицовочным камнем и другими строительными материалами. Под непосредственным руководством заведующего лабораторией декоративного и строительного камня А. А. Мамуровского, впоследствии член-корр. Академии архитектуры СССР (рис. 3), был систематизирован и детально изучен геологический материал по месторождениям строительного, облицовочного и декоративного камня в СССР, составлены соответствующие эталонные коллекции и даны рекомендации московским строительным организациям по использованию общераспространённых полезных ископаемых.

В сентябре 1935 г. в Москве состоялась конференция геологов, горняков и строителей по вопросам реконструкции города, на которой была определена необходимость комбинирования добычи и переработки сырья с производством готовых изделий. Был поднят вопрос о концентрации добычи сырья, сосредоточении его на 14–15 лучших месторождениях, которые имели преимущества по инфраструктуре и транспортной доступности по отношению к Москве. Концентрации добычи каменностроительных материалов также должна была сопутствовать централизация управления нерудной промышленностью. Правильная организация нерудного хозяйства

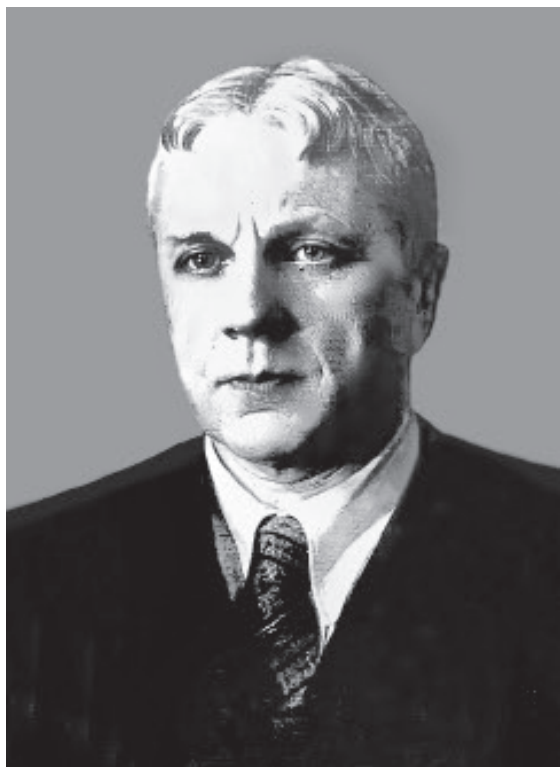


Рис. 3. Мамуровский Александр Антонович – заведующий лабораторией декоративного и строительного камня ВИМС

Москвы требовала дальнейшего сосредоточения карьеров, питающих Москву, в едином тресте Мосгорнеруд.

Участниками конференции перед ВИМСом были поставлены задачи по проведению технико-экономических исследований по выбору точек для крупных механизированных карьеров, транспорту каменного сырья, переработке его на стройкомбинатах и разработке схемы размещения объектов производства стройматериалов для снабжения новой столицы. Исследование «Размещение промышленности нерудных стройматериалов для реконструкции Москвы» выполнялось институтом в 1936 г. В основу предложенной институтом схемы было положено обоснованное экономически комплексное освоение всех источников сырья. Ближайшие к Москве месторождения гравия, выгодность комплексного использования которых доказана геолого-экономиче-

ским анализом, должны были разрабатываться одновременно и на песок. Карьеры известняков при наиболее рациональном использовании всей полезной толщи могли бы давать бут, щебень и облицовочный камень. Вместе с тем до 1936 г. карьеров, дробящих бут в щебень, практически не было; облицовочный камень добывался из специальных карьеров, а песок при добыче гравия выбрасывался как бесполезный отход.

В результате исследований были проанализированы толщ карьеров работающих цементных заводов Московской области (Подольского и завода «Гигант» рядом с Воскресенском). Было отмечено, что в Московской области используются главным образом отложения среднего и раннего карбона. Цементные заводы области в основном работали на среднекарбонowych известняках. Средний карбон представлен сложным переслаиванием известняков, мергелей и доломитов с весьма разнообразными механическими и химическими свойствами. Толща карьера, разрабатываемого в то время Подольским заводом, представлена на рис. 4.

До 1934 г. сырьё из карьера использовалось заводом по производству портландцемента, потреблявшим приблизительно 35 % чистого известняка из карбонатной толщи и 50 % юрской глины. В 1935 г. там же был введён в строй завод магнезиального портландцемента, расширивший использование карбонатной толщи за счёт доломитов и доломитизированных известняков до 80 %, а юрской глины до 100 %. Одновременно работающий поблизости кирпичный завод был переведён на моренные глины и суглинки из вскрыши известнякового карьера.

Таким образом, за счёт осуществления комплексной переработки сырья была расширена линейка выпускаемой продукции, сокращено количество отходов.

Подобная схема освоения месторождения мраморовидной разности нижнекарбонowych известняков окского яруса была предложена институтом для участка в верховьях р. Оки от г. Алексин до г. Таруса, сложенного отдельными

пачками мраморовидных разностей, хорошо поддающихся полировке. Открытая разработка месторождений на один только облицовочный камень (выход 50 % от общей массы) была бы здесь нерентабельна из-за высоких расходов по выемке и транспортировке неиспользуемого материала вскрыши и рядового известняка. Комплексное использование всей толщи окских известняков для бута, щебня и облицовочного камня, несомненно, удешевило стоимость облицовочного камня и упростило эксплуатацию месторождения. При исследовании проблемы комплексного освоения гравийных месторождений были рассмотрены четыре объекта: Дмитровское, Икшанское, Сильницкое и Тучковское месторождения (рис. 5). Из них попутно производилась добыча песка. Вместе с тем местные потребители отсутствовали и была оценена целесообразность транспортировки песка в Москву.

Строительная отрасль Москвы в то время использовала песок, добываемый на Москва-

реке. С московским песком успешно конкурировали пески из карьеров Икши и Дмитрова. Стоимость одного кубометра песка на стройплощадке при доставке по воде составляла для московского – 5,3, икшанского – 5,1, дмитровского – 5,5 руб. Сильницкий песок даже при бесплатном отпуске его с карьера не мог быть использован в Москве, так как из-за дальности перевозки обходился слишком дорого и при необходимости с успехом вытеснялся расширением добычи на более близких месторождениях. Не имеющий потребителя сильницкий песок выбрасывался как бесполезный отход.

Таким образом, комплексное использование месторождений не всегда целесообразно и требует благоприятных экономических условий.

Была предложена схема комплексной разработки Тучковского месторождения, сложенного последовательно слоями кирпичной глины, песчано-гравием и затем известняками с прослоями мергеля. Все три слоя полезных

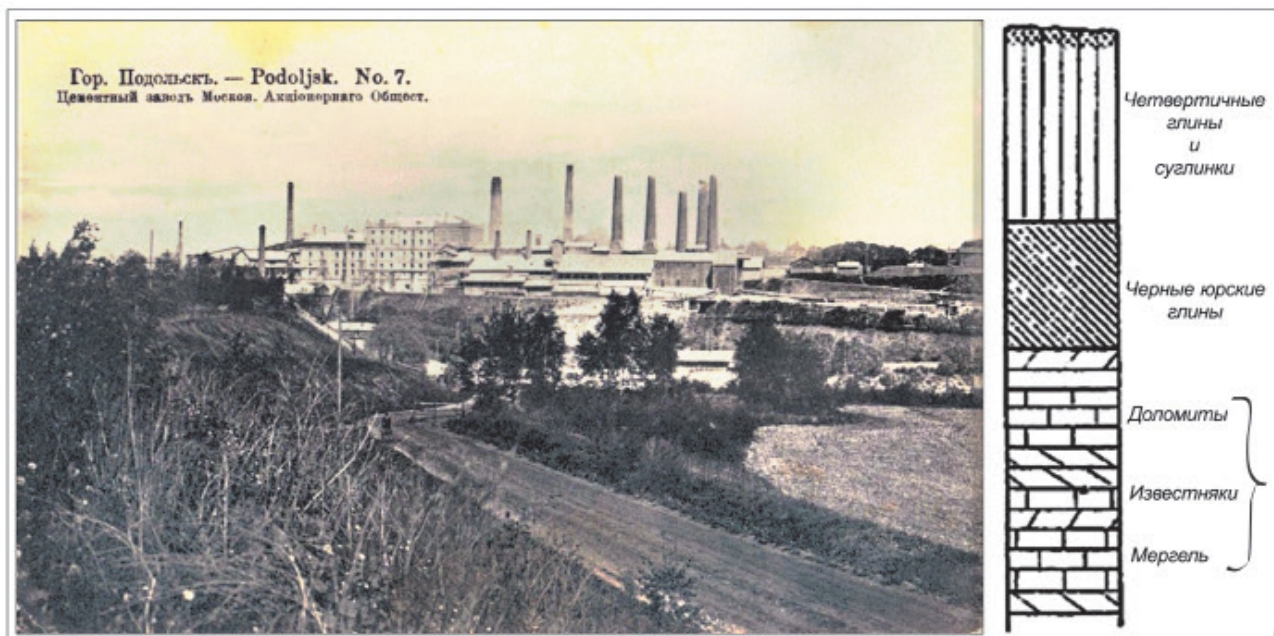


Рис. 4. Подольский цементный завод (начало XX в.). Справа – чередование доломитов, мергелей и известняков чистых, доломитизированных и мергелистых (пригодны для портландцемента 30–35 %)

ископаемых должны были быть использованы при отработке месторождения. Крупномасштабные геологоразведочные работы по изысканию ресурсов для выпуска строительных материалов велись на Тучковском месторождении с 1926 г. Рядом с ним находились известковый завод и кирпичное производ-

ство, использующее для своих нужд глины, покрывающие гравийную толщу. В 1928 г. проведена реконструкция кирпичного завода, который при увеличении производственной мощности мог использовать почти весь материал вскрыши. Получающийся при разработке песчано-гравийной толщи песок, как

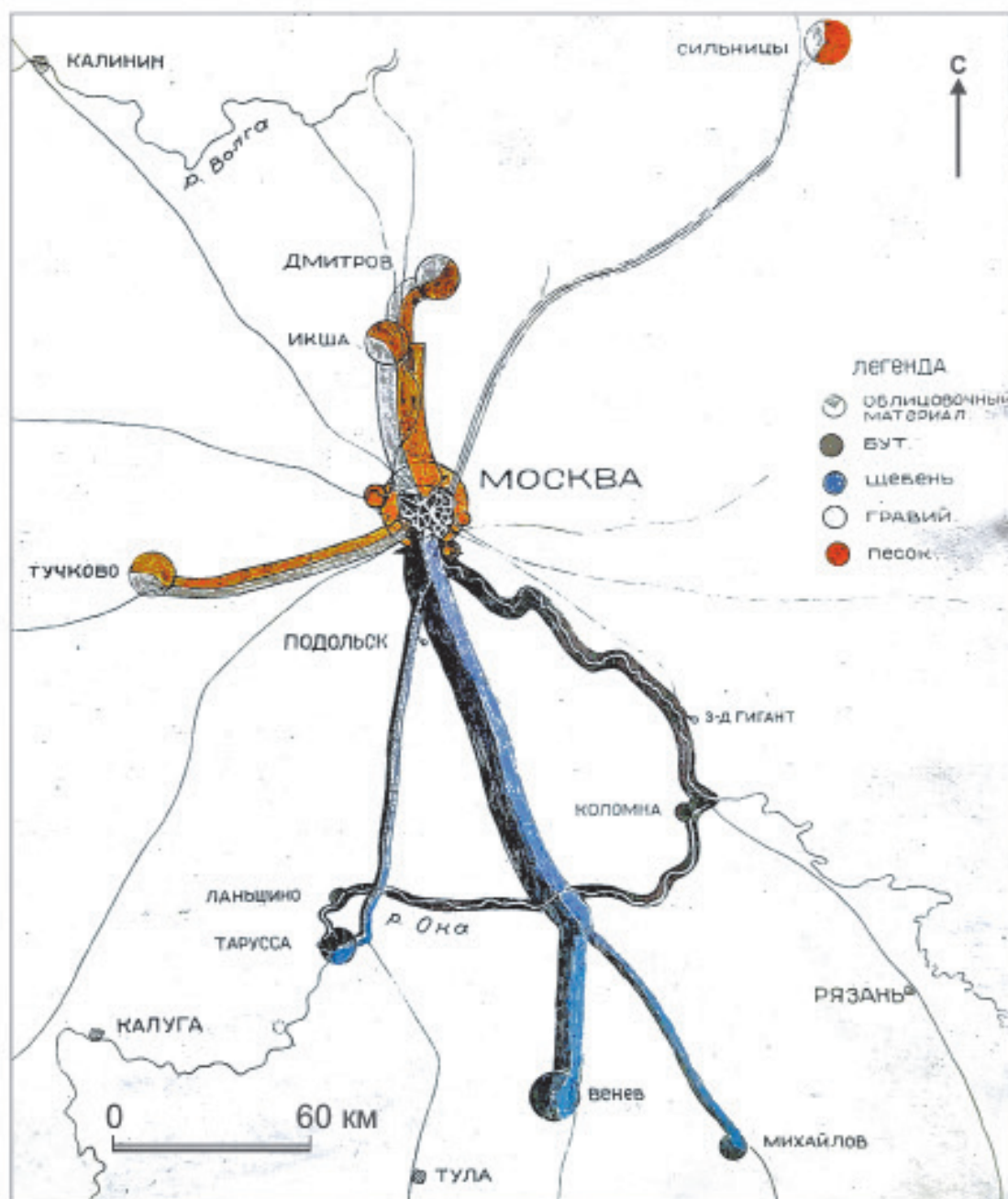


Рис. 5. Схема снабжения Москвы строительными материалами. По А. А. Мамуровскому, 1936 г.



Рис. 6. Малое внутригородское водное кольцо Москвы и положение в нём Дорогомиловского канала. По материалам плана реконструкции Москвы, 1935 г.

ло бы извлекать оксид титана достаточной чистоты [1]. В разработке технологических решений принимали участие сотрудники института Э. В. Брицке, И. В. Шманенков, К. Х. Тагиров (рис. 7) [3]. Работы велись в направлении изменения состава шлаков. Необходимо было снизить содержание оксидов железа и кремния, а также повысить легкоплавкость шлаков, заменив в них часть CaO на Na_2O с

помощью добавки каменной соли в качестве флюса. Лабораторные, а впоследствии и заводские испытания позволили получить высокопроцентные титанистые шлаки, пригодные для химического производства оксида титана по схеме, разработанной ИПМ [7].

С начала XX в. ведётся активное внедрение в промышленность изделий, полученных способом каменного литья. В 1921 г. во Франции

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ТАГИЛЬСКИЙ РАБОЧИЙ

Орган Тагильского райкома ВКП (б), горсовета и райпрофсовета

методами загрузки каменной соли в домну — непосредственно через колошник (как обычная шихта) и вдуванием через фурмы.

Опыты показали, что первый метод нерентабелен и технологически затруднителен. При загрузке соли через колошник до 70 проц. ее упадает из пачки не вступая в реакцию. Кроме того при перегревах конуса соль, расплавляясь, скатывается конус с чашей. Такое явление

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЛАВКА ТИТАНОМАГНЕТИТОВ

Для опытной плавки титаномagnetитов была выделена доменная печь на В. Туринском металлургическом заводе. Основные размеры ее: общая высота — 16 м., полезная — 13,5 м., диаметр горла — 2,8 м., полезный объем — 112,57 м³. Производительность печи —



Инж. Шманенков, проф. Брицке, инж. Тагирое.

Рис. 7. Вырезка из газеты «Тагильский рабочий» об удачной промышленной плавке титаномagnetитов с портретами руководителей работ от ИПМ (И. В. Шманенков, Э. В. Брицке, К. Х. Тагиров)

был построен первый завод, выпускавший электроизоляторы, рифлёные плиты для полов, строительные плиты, арматуру к трубам для химической промышленности и посуду. В качестве сырья для подобных изделий использовались базальтовые породы. Целый ряд специалистов, среди которых Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. С. Гинзберг, В. А. Обручев, П. М. Флоренский, исследовали условия получения новых материалов из нерудного сырья, их свойства (рис. 8) [9].

Большая работа в начале XX в. проводилась по исследованию возможностей получения каменного литья с применением различных шлаков. В 1913–1914 гг. появляются пер-

вые заводы шлакопортландцемента, а уже в 1928 г. 57% всех доменных шлаков использовались для производства цемента и искусственных камней. К этому времени проблема утилизации доменного шлака была разрешена. Работы по использованию мартеновских и ваграночных шлаков в качестве сырья для каменного литья проводились в Ленинградском отделении ИПМ по предложению П. И. Боженова (рис. 9). Подобная утилизация шлаков могла бы снизить себестоимость металлов.

Для экспериментальной части работы непосредственно с ленинградских заводов «Знамя труда», «Красный путиловец» и «Большевик»

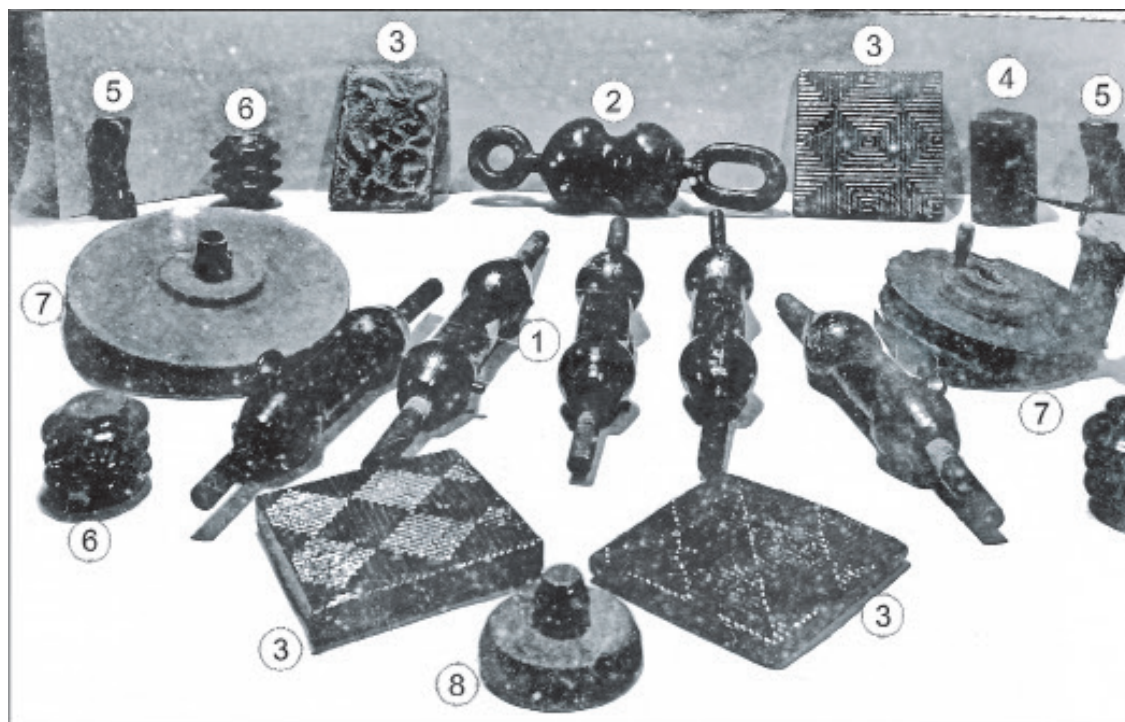


Рис. 8. Изделия из диабаза, отлитые в металлические (1–6) и песчаные (7, 8) формы ленинградским отделением ИПМ:

1 – штанги для масляных разъединителей; 2 – натяжной изолятор для электрических железных дорог; 3 – облицовочные плитки с рифлёной поверхностью; 4 – гирьки для часов; 5 – образец для испытания на разрыв; 6 – электрический изолятор; 7 – направляющий блок для расточного станка; 8 – пресс для бумаг

были получены пять образцов ваграночного и мартеновского шлаков. Предварительно для выделения металлического железа шихта подвергалась магнитной сепарации. Оптимальный состав шихты представлял собой 50% ваграночных и 50% мартеновских шлаков. Такой состав давал легкоподвижный расплав, хорошо выполняющий формы. Плавленные комбинированные шлаки могли быть использованы во всех случаях, где требовались большая механическая прочность и высокое сопротивление истиранию [3].

Проблема утилизации золы возникла в 1930-е гг. в результате развития сланцевой промышленности. В ноябре 1929 г. Госплан РСФСР отмечал: «Сланцы являются крупнейшим топливным ресурсом... источником экономии нефти и бензина, а также транспортных ресурсов, затрачиваемых на пере-

возку дальнепривозного топлива». В некоторых регионах страны они могли играть значительную роль как местное топливо.

Вместе с тем активно разрабатываемые в то время сланцы Кашпирского месторождения, используемые в качестве топлива, а также для получения ряда ценных медицинских препаратов, химических соединений (асфальтенов), смоляных лаков, обладали высокой зольностью, достигающей 50–70% от массы сланца, и высоким содержанием органически связанной серы, выделяющейся в виде сернистого газа в атмосферу.

Перед физико-технологической лабораторией ВИМСа была поставлена задача по определению возможности использования золы горючих сланцев для получения эффективных стройматериалов – газобетонов или пенобетонов. Работы выполнялись сотрудниками



Рис. 9. Боженков Петр Иванович – сотрудник ленинградского филиала ИПМ

А. А. Брюшковым, М. А. Зубаковой [5]. Исследовалась зола двух месторождений, предоставленная трестом «Союзсланец»: Кашпирского (Волжско-Сызранский район) и Гдовского (Псковский район). Пробы золы отбирались из производственных топок. Сланцы Кашпирского месторождения характеризовались как глинистые, Гдовского месторождения, особенно их верхние пласты, могли быть отнесены к известковым.

В результате исследований из кашпирской сланцевой золы были получены газобетоны, не уступающие по крепости портландцементным газобетонам холодного приготовления. Технология приготовления включала процесс обжига при температуре 600–700 °С с последующей обработкой массы в автоклаве с добавлением извести-пушонки.

Образцы газобетонов из гдовской золы были получены с добавкой к золе, прокалённой при 600–700 °С, глины или трепелов. После запарки и надлежащего вылёживания образцы имели физико-механические характеристики, не уступающие таковым портландцементным газобетонам, и могли конкурировать с последними.

Таким образом, поставленная перед сотрудниками физико-технологической лаборато-

рии ИМС задача по выявлению возможности использования отхода – золы горючих сланцев для получения стройматериала – была решена положительно.

Заключение. Развитие человеческого общества неразрывно связано с использованием минеральных ресурсов, в результате чего возникает проблема накопления отходов. За прошедшее столетие объекты отходов горного производства в целом не изменились: это отходы добычи и обогащения минерального сырья, металлургические шлаки, золы.

Выдающиеся успехи советских геологов, в исторически сжатые сроки обеспечивших в 1930-е гг. страну минерально-сырьевой базой для активного развития промышленности, объясняются только одним обстоятельством – беспрецедентной концентрацией финансовых, материально-технических и человеческих ресурсов при решении жизненно важной государственной задачи. Но учёные уже тогда смотрели на проблему шире – производство создаёт отходы, поэтому надо искать направления переработки, позволяющие изначально использовать все компоненты минерального сырья.

Обращение с отходами переработки полезных ископаемых, возможности их использования связаны с научным поиском, всесторонним изучением вещественного состава, исследованием их физико-химических свойств, которые определяют технологии, вовлекающие их в производство. Ещё в 1920-е гг. чл.-корр. АН СССР профессор Н. М. Федоровский ставил вопрос о необходимости повышения комплексного использования всех компонентов минерального сырья, вовлечения в переработку труднообогатимых руд и разработки технологий с учётом физико-химических особенностей сырья, доведения исследований до стадии опытно-промышленного применения разрабатываемой технологии. Этот принцип, развивавшийся коллективом ИПМ–ВИМС, не потерял актуальности, отвечает современной повестке дня и должен являться ориентиром к действию горно-перерабатывающей отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов Ф. И.* Редкие и рассеянные элементы // Основные итоги работы Всесоюзного научно-исследовательского института минерального сырья за 1940 г. – М. : Госгеоллиздат, 1941. – С. 19–31.
2. *Александров В. П., Андреевский В. Н., Любимов А. Л., Черноsvитов Ю. Л.* Работы Института прикладной минералогии и его роль в обеспечении социалистического строительства второго пятилетия // Минеральное сырье. – 1932. – № 10. – С. 56–72.
3. *Баженов П. И., Александровский В. А.* Использование мартеновских и ваграночных шлаков для каменного литья // Минеральное сырье. – 1933. – № 10. – С. 14–22.
4. *Брицке Э. В., Шманенков И. В., Тагиров К. Х.* Опыты получения обогащенных титановых шлаков при доменной плавке титаномagnetитовых руд // Минеральное сырье. – 1930. – № 6. – С. 831–838.
5. *Брюшков А. А.* Ячеистые бетоны из золы битум-

инозных сланцев // Минеральное сырье. – 1937. – № 12. – С. 59–62.

6. *Лугоvская И. Г., Печенкин И. Г., Якушина О. И.* Развитие отечественной отрасли редких металлов // Разведка и охрана недр. – 2022. – № 9. – С. 14–24.
7. *Лугоvская И. Г., Якушина О. И., Печенкин И. Г., Прудников И. А.* Опыт комплексного освоения ВИМСом титанового сырья уральских месторождений // Разведка и охрана недр. – 2019. – № 11. – С. 3–12.
8. *Ляпин К. З.* Комплексное использование строительного сырья для реконструкции Москвы // Минеральное сырье. – 1937. – № 9. – С. 1–6.
9. *Печенкин И. Г.* Начала отечественной петругрии // Базальтовые технологии. – 2013. – № 2. – С. 16–25.
10. *Федоровский Н. М.* Основные проблемы научно-исследовательских работ Института минерального сырья на третье пятилетие // Минеральное сырье. – 1937. – № 7–8. – С. 1–12.
11. *Шманенков И. В., Зверев Л. В.* Metallургические шлаки // Минеральное сырье. – 1932. – № 7–8. – С. 75–79.

REFERENCES

1. *Abramov F. I.* Redkiye i rasseyannyye elementy [Rare and Dispersed Elements], Osnovnyye itogi raboty Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mineralnogo syr'ya za 1940, Moscow, Gosgeolizdat publ., 1941, pp. 19–31. (In Russ.)
2. *Aleksandrov V. P., Andreyevskiy V. N., Lyubimov A. L., Chernosvitov Yu. L.* Raboty Instituta prikladnoy mineralogii i yego rol v obespechenii sotsialisticheskogo stroitel'stva vtorogo pyatiletiya [Works of the Institute of Applied Mineralogy and its role in ensuring socialist construction of the second five-year period], Mineralnoye syr'ye, 1932, No. 10, pp. 56–72. (In Russ.)
3. *Bazhenov P. I., Aleksandrovskiy V. A.* Ispol'zovaniye martenovskikh i vagranochnykh shlakov dlya kamennogo litya [Use of open-hearth and cupola slags for stone casting], Mineralnoye syr'ye, 1933, No. 10, pp. 14–22. (In Russ.)
4. *Britske E. V., Shmanenkov I. V., Tagirov K. Kh.* Opyty polucheniya obogashchennykh titanovykh shlakov pri domennoy plavke titanomagnetitovykh rud [Experiments in obtaining enriched titanium slags during blast furnace smelting of titanomagnetite ores], Mineralnoye syr'ye, 1930, No. 6, pp. 831–838. (In Russ.)
5. *Bryushkov A. A.* Yacheistyye betony iz zoly bituminoznykh slantsev [Cellular concretes from bituminous

shale ash], Mineralnoye syr'ye, 1937, No. 12, pp. 59–62. (In Russ.)

6. *Lugovskaya I. G., Pechenkin I. G., Yakushina O. I.* Razvitiye otechestvennoy otrasli redkikh metallov [Development of the domestic rare metals industry], Razvedka i okhrana neдр, 2022, No. 9, pp. 14–24. (In Russ.)
7. *Lugovskaya I. G., Yakushina O. I., Pechenkin I. G., Prudnikov I. A.* Opyt kompleksnogo osvoyeniya VIMSom titanovogo syr'ya uralskikh mestorozhdeniy [Experience of integrated development of titanium raw materials from Ural deposits by VIMS], Razvedka i okhrana neдр, 2019, No. 11, pp. 3–12. (In Russ.)
8. *Lyapin K. Z.* Kompleksnoye ispol'zovaniye stroitel'nogo syr'ya dlya rekonstruktsii Moskvy [Complex use of building raw materials for the reconstruction of Moscow], Mineralnoye syr'ye, 1937, No. 9, pp. 1–6. (In Russ.)
9. *Pechenkin I. G.* Nachala otechestvennoy petrurgii [Beginnings of Russian petrology], Bazaltovyye tekhnologii, 2013, No. 2, pp. 16–25. (In Russ.)
10. *Fedorovskiy N. M.* Osnovnyye problemy nauchno-issledovatel'skikh rabot Instituta mineralnogo syr'ya na tretye pyatiletiye [The Main Problems of Scientific Research Work at the Institute of Mineral Resources for the Third Five-Year Period], Mineralnoye syr'ye, 1937, No. 7–8, pp. 1–12. (In Russ.)
11. *Shmanenkov I. V., Zverev L. V.* Metallurgicheskiye shlaki [Metallurgical slags], Mineralnoye syr'ye, 1932, No. 7–8, pp. 75–79. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 27.01.25; одобрена после рецензирования 25.02.25; принята к публикации 25.02.25.
The article was submitted 27.01.25; approved after reviewing 25.02.25; accepted for publication 25.02.25.