

УДК 541.1:661.2+552.1

СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФОРНЫХ ОТХОДОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

	А.К. Ахметбекова
Доктор хим. наук	Р.А. Казова
Канд. хим. наук	З.К. Каипова
Доктор техн. наук	С.С. Нуркеев

В статье дается обзор состояния использования фосфорных отходов и минерального сырья

Важнейшей проблемой в настоящее время является решение экологических задач, в частности, в производстве, связанном с переработкой фосфатного сырья. Для реализации большого количества отходов и некондиционного минерального сырья необходимы исследования по созданию новых ресурсосберегающих безотходных технологий.

Проблема полной и комплексной переработки фосфоритов Каратау остается очень острой на ближайшую перспективу. В отвалах фосфорных заводов юга Казахстана накоплено около 5,5 млн. т фосфоритовой мелочи (фракция фосфорита мельче 10 мм, которая образуется при термическом производстве фосфорной кислоты и отсеивается как отход производства). Фосфоритовая мелочь по содержанию P_2O_5 не уступает товарной руде, поэтому, утилизация ее имеет огромное народнохозяйственное значение как с экономической, так и с экологической точек зрения. Разработка рациональных путей вовлечения некондиционных фосфоритов и фосфоритовой мелочи в производство материалов с комплексом заданных свойств позволит коренным образом улучшить комплексность освоения дешевого местного сырья, повысить качество переработки и улучшить экологическую обстановку.

Известно, что валовые фосфориты Каратау характеризуются средним содержанием P_2O_5 (20-23%) и довольно высоким содержанием оксида магния (до 5%), что не соответствует требованиям промышленности, предъявляемым к фосфатному сырью для кислотной переработки. Одним из вариантов решения данной проблемы является вовлечение некондиционных фосфоритов Каратау в производство композиционных материалов. Использование природных (некондиционных, забалансовых фосфоритов) и синтетических фосфатов в производстве композитов позволит расши-

рить сырьевую базу, снизить температуру обжига и улучшить физико-механические свойства. Альтернативой этим методам может быть только комбинированный кислотно-термический метод переработки, который позволяет использовать как низкосортное фосфоритовое сырье, так и отходы химической промышленности, т.е. этот метод, расширяет сырьевую базу фосфоритов (не только высококачественные, но и бедные забалансовые фосфориты) [15, 16].

Применение кальциевых фосфатов в производстве композиционных материалов является перспективным направлением. Композиты и стеклокомпозиты на основе фосфатов кальция [2, 17] находят широкое применение в медицине в качестве имплантатов благодаря своим биоактивным свойствам. Фосфаты по составу относятся к эффективным заменителям полевошпатовых материалов в традиционной керамике (например, в производстве фарфоровых композитов). Добавки фосфатов оказывают минерализующее действие, снижают температуру обжига, а также влияют на структуру композита, способствуют увеличению механической прочности и уменьшению склонности ее к старению. Фарфор один из видов керамики, требующий особую подготовку и чистоту сырья. Фарфоровое производство Казахстана основано на привозном сырье. Одним из вариантов решения проблемы является вовлечение некондиционного фосфатного сырья Каратау в фарфоровое производство Республики. Качество фарфора зависит от качества применяемого сырья и поэтому требует особую подготовку и чистоту сырья. При обжиге керамической массы присутствие карбонатов способствует газовыделению, что отрицательно сказывается на микроструктуре. В связи с этим содержание карбонатов в сырье для фарфора должно быть минимальным и температура декарбонизации не выше 1000 °С, а содержание Fe_2O_3 не больше 0,1 %. Поэтому разработка технологических основ получения фарфора с применением синтетических фосфатов из некондиционного фосфатного сырья является одной из актуальных задач, требующих своего решения.

Бассейн Каратау - крупнейшая фосфатная сырьевая база страны, где зарегистрировано свыше 45 месторождений фосфоритов [3, 5, 7, 9, 16, 18, 19, 21, 23, 24-26]. Основные промышленные ресурсы (около 80 %) сосредоточены на месторождениях Джанатас, Аксай, Тьесай, Кокджон, Чулактау, Коксу [4]. Фосфориты Каратау, существенно отличаются по составу и свойствам от апатитов Кольского полуострова. Из-за этих различий

технология получения удобрений из апатитового сырья не может быть перенесена на фосфориты Каратау.

Основные трудности касаются прежде всего выработки экстракционной фосфорной кислоты. Неудовлетворительное качество этой кислоты из фосфоритов Каратау и низкая реакционная способность позволяет использовать ее только для производства аммофоса. Другие продукты из нее традиционными методами пока не удаются. В настоящее время около 70 % фосфатного сырья практически не пригодно для экстракционной переработки из-за отсутствия в отечественной и мировой практике экономичных технологических схем глубокого обогащения фосфоритов [1, 10, 20].

По содержанию P_2O_5 выделяются богатые (больше 28 %), рядовые (20...27 %) и бедные (15...18 %) руды. Наиболее распространенные рядовые руды подразделяются на карбонатные, кремнисто-карбонатные и пелломорфные карбонатно-кремнистые; бедные фосфоритные руды – на глинисто-кремнисто-сланцевые и кремнисто-сланцевые [1, 6].

Руды имеют в своем составе идентичные компоненты, количественное соотношение и минералогический состав которых весьма различен [19, 25]. Качество сырья определяется всем комплексом минералогического состава, когда кроме полезных компонентов (P_2O_5) учитываются и примеси [15].

Более богатые руды месторождений Джанатас и Кокджон, содержащие более 24,5 % P_2O_5 , направляются для переработки на фосфорную кислоту методом экстракции. Для электротермической переработки на желтый фосфор используются более бедные рядовые фосфориты месторождений Аксай, Джанатас, Чулактау, Тьесай [1, 9, 10, 20].

Особенность бассейна Каратау состоит в том, что здесь разнохарактерные разности залегают совместно [6, 24, 26]. Все пачки фосфатной серии с минералогической точки зрения сложены тремя основными ингредиентами: фосфатом, кремнеземом и карбонатом [5]. По данным [6], фосфориты состоят из фосфатного вещества и оолитов (0,10...0,25 мм), цементированных фосфатным, карбонатным и кремнистым или смешанным цементом. В зернах и оолитах присутствуют кальцит, доломит, халцедон и другие минералы.

Фосфатное вещество фосфоритов представлено следующими главнейшими минералами: фторапатит $Ca_{10}P_6O_{24}F$; гидроксилapatит – $Ca_{10}P_2O_{24}(OH)_2$; фторкарбонатапатиты $Ca_{10}P_6CO_23F$, $Ca_{10}P_5O_{23}F(OH)$ [16].

Фосфоритные руды отличаются большим разнообразием пород и химический состав фосфоритов весьма неоднороден. Последний принято определять оксидами и элементами, входящими в состав главных компо-

нентов фосфатного вещества, кремнеземе и карбонатов. Более 90 % общей массы приходится на сумму содержания P_2O_5 , CaO, CO_2 , MgO, SiO_2 [5].

Существует несколько методов обогащения некондиционного фосфатного сырья, выбор которых зависит от его природных свойств, в основном, от минерало-петрографических особенностей. Это механические (флотация, тяжелые суспензии, классификация), химические и термические методы обогащения. Фосфориты Каратау относятся к труднообогащаемому сырью. При флотации коэффициент извлечения P_2O_5 достигает 60...62 %, потеря его в хвостах составляет 38...40 % [5]. Это связано с наличием большого количества карбонатов в фосфоритах, которые плохо отделяются при флотации от фосфора из-за общности катионов у обеих групп этих минералов. Кроме того, в данных фосфоритах карбонат и фосфат находятся в столь тесном взаимном прорастании, что даже при тончайшем измельчении не удастся избавиться от этих сростков, которые разубоживают концентрат, не позволяя ни повысить содержание P_2O_5 , ни снизить содержание MgO.

Имеются сведения о химическом обогащении фосфатного сырья соляной кислотой, вводимой в количестве 90...100 % на разложение карбонатов магния, при температуре 20...60 °С, значениях pH 2,5...3,0 в течение 30...60 мин [1, 20]. Недостатками этого способа являются большие потери P_2O_5 (6...12 %), невысокая степень извлечения MgO (70...75 %), образование больших количеств разбавленных растворов, утилизация которых затруднена.

Наибольший интерес представляет сернокислотный метод благодаря высокой селективности процесса обогащения и хорошей фильтруемости твердых фаз. Методы химического обогащения дают возможность на стадии подготовки сырья извлечь из низкокачественных труднообогащаемых фосфоритов традиционными методами значительную часть кислоторастворимых примесей, но не позволяет получить концентрат с высоким содержанием P_2O_5 .

Авторами работы [4] исследованы методы солянокислотного и фосфорно-кислотного обогащения. Изучено влияние концентрации кислот (HCl , H_3PO_4) продолжительности и температуры процесса. Установлены оптимальные условия обогащения для HCl : концентрация – 5 %; Т : Ж = 1 : 2,5; температура – 40 °С; время выщелачивания – 45 мин, а для H_3PO_4 : концентрация – 16%; Т : Ж = 1 : 2,5; температура – 90 °С и время выщелачивания – 45 мин.

Сравнение основных факторов, влияющих на процесс обезмагнивания с применением той или иной кислоты, показывает, что, в основном, процессы протекают при близких друг к другу параметрах. Основными их различиями являются температура, а также концентрация – 5 % HCl против 16 % P₂O₅, которая объясняется более высокой активностью соляной кислоты. На основании проведенных исследований авторы считают эффективным метод химического обогащения некондиционного фосфатного сырья разбавленной соляной кислотой вследствие ее активности, доступности и дешевизны за счет использования отходов металлургической промышленности, разбавленных кислых стоков различных предприятий.

Ухудшение качества фосфатного сырья (уменьшение содержания полезного компонента – пентаоксида фосфора) приводит к удельному возрастанию количества фосфорного шлама, снижающего кондиционность фосфора [10]. Наиболее эффективный и приемлемый способ устранения этого недостатка – глубокая предварительная термическая подготовка сырья для электровозгонки фосфора. Для термического обогащения наиболее благоприятны карбонатные и кремнисто-карбонатные фосфоритные руды. Сущность его заключается в обжиге руды при температуре 900...1000 °С с целью разложения карбонатов [4, 8, 11, 23].

В настоящее время предварительная подготовка сырья в фосфорном производстве осуществляется, в основном, по упрощенной схеме и сводится к дроблению, грохочению и сушке. По данным [27], вращающиеся барабанные печи возможно применять для обжига кускового фосфорита, хотя термopодготовка в такой печи протекает, как правило, в режиме сушки [7].

Для декарбонизирующего обжига фосфоритов в промышленных условиях применяют многосекционную (12 секций) шахтно-щелевую печь, каждая секция которой имеет прямоугольное сечение 0,5×3,0 м и высоту 11 м [12, 27]. Печь противоточного действия работает под разрежением. Опускающийся сверху вниз фосфорит проходит последовательную сушку, обжиг – в зоне прокалки, дозревание – в зоне выдержки и охлаждения. По обе стороны щели имеется газораспределительная решетка, предназначенная для продувки материала. Обожженный фосфорит охлаждается восходящим под действием вытяжной системы потоком холодного воздуха и за счет водяного охлаждения в нижней части печи.

Переработка фосфоритового сырья на элементарный фосфор сопровождается образованием значительного количества побочных продуктов и отходов: фосфатного (электротермофосфорного) шлама, фосфорного

шлама, феррофосфора, коттрельного «молока» и др. Вопросы утилизации этих отходов весьма актуальны, так как они содержат фосфора почти в два раза больше, чем исходное сырье.

Электротермофосфорные шлаки представляют собой сложные многокомпонентные продукты, построенные на основе системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ с примесью оксидов железа, алюминия, магния, марганца и др., входящих в состав шлака в различных количествах в зависимости от исходного сырья и отхода технологического процесса. Изучение состава силикатных продуктов восстановления фосфата кальция в твердой фазе углеродистым материалом показало присутствие в шлаках, в основном, полуторного силиката $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ (ранкинита), также других силикатов кальция, а именно, высокотемпературная форма метасиликата – псевдоволластонит $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ [13]. Волластонит, синтезированный из электротермофосфорного шлака, является уникальным неорганическим материалом и применяется в производстве пигментов, красок, специальной керамики [13].

Качество керамических изделий во многом зависит от качества сырья. Важнейшим показателем любого керамического сырья надо считать однородность материала. Так как требования к сырью в полной мере зависят от вида и технического назначения изделий, целесообразно рассматривать их особо по группам этих изделий [2].

Строительная и декоративная керамика. В эту группу входит ассортимент керамических изделий с пористым, уплотненным и спекшимся черепком. Сюда относится майолика (изразцы, облицовочные плитки, архитектурные детали), санитарная керамика, облицовочные кирпичи, декоративный фаянс, кислотоупорная керамика и др.

Основным сырьем для этих изделий служит глина. По спекаемости глинистые породы распределяются в соответствии с ОСТом 5539 на следующие группы:

1. Огнеупорные:

- не спекающиеся до $1410\text{ }^\circ\text{C}$; водопоглощение черепка более 5 %;
- спекающиеся в пределах $1250\text{...}1410\text{ }^\circ\text{C}$; водопоглощение черепка до $125\text{ }^\circ\text{C}$ более 5 %;
- спекающиеся ниже $1250\text{ }^\circ\text{C}$; водопоглощение черепка ниже 5 %.

2. Тугоплавкие:

- не спекающиеся – водопоглощение при температуре обжига ниже точки плавления на 250 °С более 5 %;
- спекающиеся - водопоглощение при температуре обжига ниже точки плавления на 250 °С менее 5 %.

3. Легкоплавкие:

- не спекающиеся - водопоглощение при температуре обжига ниже точки плавления на 150 °С более 5 %;
- спекающиеся - водопоглощение при температуре обжига ниже точки плавления на 150 °С менее 5 %.

Химический состав сырья: SiO_2 – 45...65 %; Al_2O_3 – 39...45 %; Fe_2O_3 – 0,5...3,0 %.

Усадка при сушке > 8 %.

Электротехническая керамика. В эту группу входят изделия следующей номенклатуры: высоковольтный фарфор, низковольтный фарфор, установочный фарфор, изоляторы для работы в приборах высокочастотной керамики, электрокерамика специального назначения. Ассортимент сырья для электрокерамики отличается большим разнообразием. А требования к качеству сырья гораздо выше, чем для керамических изделий массового потребления. Говоря о качестве керамического сырья для электрокерамики, следует, прежде всего, остановиться на вредных примесях.

Самой вредной из них является железо. Присутствие мелкодисперсного железа ухудшает электроизоляционные свойства за счет снижения прочности изделий на электропробой и электросопротивление. Понижают электрические свойства и отдельные включения железистых минералов (обычно в виде пирита). Согласно действующим ОСТам и ведомственным техническим условиям, для высших сортов керамического сырья (каолина, глины, талька) равномерно распределенные примеси дисперсного железа в виде оксидов или гидратов не должны превышать 0,5...1,0 %, а в полевоом шпате и кварце – 0,2...0,3 %. Исключение составляет только установочный фарфор, работающий при напряжении менее 500 вольт, изготовление которого возможно при использовании сырья с несколько повышенным содержанием железа.

Вредной примесью для электрокерамики являются оксиды кальция и магния. Повышенное содержание их отрицательно влияет не только на качество изделий, но и резко изменяют литейные свойства шликера. Для высококачественных изделий недопустимо присутствие оксидов щелочных металлов, сильно повышающих диэлектрические потери.

Для изготовления специальных изоляторов обычно используемое керамическое сырье (каолин, глины, полевой шпат и кварц) не всегда пригодно. Для них требуются материалы, дающие фарфор повышенных технических свойств, с более высоким пробивным напряжением и с меньшими диэлектрическими потерями. Поэтому в ряде случаев необходимо специальное сырье, почти неприменяемое в производстве обычной керамики. К таким относятся берилл, рутил, силлиманит, тальк, стеатит и нефелиновый сиенит.

Бытовая керамика. В группу бытовой керамики входит различная хозяйственная посуда – фарфоровая, фаянсовая, полуфарфоровая, каменная и гончарная. Требования к качеству сырья бытовой керамики обуславливается характером и типом изделий:

- для гончарной посуды пригодно большинство легкоплавких глин, обладающих достаточной однородностью и пластичностью;
- для производства каменной посуды требуются тугоплавкие глины с низкой температурой спекания: белый цвет не обязателен;
- для фарфоровой и фаянсовой посуды, от которой требуется белый цвет, применяется сырье, дающее возможность получения из него беложгущегося черепка.

Каменные керамические изделия применяются в качестве электролизеров, электролитических ванн, особенно при отделении благородных металлов. Также применяются при производстве кислот, галоидных соединений и других едких веществ [14, 17]. Главнейшее преимущество каменных керамических изделий заключается в их свойстве хорошо противостоять кислотам (исключая HF), хлору и другим химическим агентам. Сырьем для производства каменных керамических изделий должны служить пластичные глины, не содержащие вредных примесей (колчедан, гипс, концентрированные соединения железа и пр.). Важно также, чтобы интервал между температурой спекания и плавлением глины был возможно большим, так как это свойство позволяет избежать размягчения и последующей деформации изделий в процессе их обжига.

В отношении химического состава пригодны глины, содержащие от 20 до 40 % Al_2O_3 и от 55 до 75 % SiO_2 , при этом может содержаться известный процент свободного кремнезема; количество CaO не должно быть более 1... 2 % и Fe_2O_3 – не более 3,5 %. При наличии в глине повышенного процента оксида железа при обжиге изделий может протекать термическая диссоциация последней, при этом освобождается кислород по схеме: $6Fe_2O_3 \rightarrow 4FeO \cdot Fe_2O_3 + O_2$. Закись железа при этом реагирует со свободной

SiO₂ с образованием легкоплавкой жидкой фазы системы FeO-SiO₂. Освободившийся кислород, при наличии жидкой фазы, противодействует уменьшению пористости.

В целях изменения свойств изделий в шихту вводят Al₂O₃, Cr₂O₃, B₂O₃ (0,5...2,0 %). Последний способствует образованию шпинелей при пониженных температурах. Кремнезем частично заменяют TiO₂, ZrO₂, SnO₂ и даже P₂O₅. Двуокись циркония сообщает черепку изделий большую механическую прочность, P₂O₅ повышает кислотостойкость.

Для производства фарфора и фаянса требуется сырье с минимальным содержанием красящих оксидов. Превышение в материале суммы «красящих» оксидов сверх 0,60...0,65 % ведет к резкому снижению белизны. Примерно каждая 0,1 % содержания «красящих» оксидов снижает белизну черепка на 10 % [17]. Общая сумма «красящих» оксидов в массе высококачественного фарфора не должна превышать 0,50...0,60 %. Допустимое содержание красящих оксидов в сырье для изготовления массовой продукции представлено в табл. 1.

Таблица 1

Допустимое по массе содержание красящих оксидов в сырье

Вид сырья	Содержание красящих оксидов, %		
	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃
Каолин	0,60	0,60	-
Глина	1,0	1,25	-
класса А	-	-	35
класса Б	-	-	32-33
Полевой шпат	не более 0,1		-

Художественный фарфор. Производство фарфора предъявляет высокие требования к физико-механическим свойствам изделия. Для получения высококачественной продукции необходимо сырье требуемой кондиции. В Казахстане имеются месторождения каолинов, каолинитов, полевых шпатов и др. Каолин не должен иметь более 0,8 % примеси, в том числе Fe₂O₃ не более 0,5 % и TiO₂ не более 0,3 %; растворимый остаток не должен в нем превышать 0,5%; слюды и песка не должно быть больше 0,5%, каолин должен быть сухого обогащения.

Белые глины являются вторым компонентом в массах для художественного фарфора. Они не должны содержать Fe₂O₃ более 0,9 и TiO₂ более 1,1 %. Полевой шпат не должен содержать красящих оксидов более 0,10 %. Кварц, как и полевой шпат, не должен содержать красящих оксидов более 0,10 %. Загрязнение керамических масс железом и титаном, в

основном, дают глина и полевой шпат. Поиск новых и лучших материалов взамен их является важной задачей керамического производства.

Таким образом, изыскание возможности использования фосфорных отходов и минерального сырья в производстве неорганических композитов с широким спектром свойств весьма актуальная техническая и экологическая задача.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. № 290025. СССР, МКИ 3 С05в 11/12. Способ обогащения фосфоритов // Тлеукулов О.М., Ким Лин Зу, Букетов Е.Б. Оpubл. 12.02.71.
2. Аветиков В.Г., Беркман А.С., Галкин П.И., Гельман А.Т. Технические требования к керамическому сырью // Сырьевые ресурсы тонкокерамической промышленности СССР и пути их использования. М.-Л., 1948. – С. 44-57.
3. Бектуров А.Б., Серазетдинов Д.З. Состояние и перспективы развития исследований в области химии и технологии концентрированных фосфорных удобрений // Вестник АН КазССР. – 1979. – 4. – С.18-24.
4. Бержанов Д.С., Джусипбеков У.Ж., Казова Р.А., Турлыгазиев С. Химическая и термическая подготовка фосфатного сырья для электротермии. – Алма-Ата: Гылым, 1947. –176 с.
5. Блисковский В.З. Вещественный состав и обогатимость фосфоритовых руд. – М.: Недра, 1983. – 199 с.
6. Бушинский Г.И. Древние фосфориты Азии и их генезис. – М.: Наука, 1966. – 195 с.
7. Гиммельфарб Б.М. Закономерности размещений фосфоритов СССР и их генетическая классификация. – М.: Недра, 1965. – 307 с.
8. Ершов В.А., Козлов Г.В, Султанова И.Г. Термическая переработка фосфоритов Каратау. – Л.: Химия, 1975. – С.34-92.
9. Занин Ю.Н. Вещественный состав фосфоритоносных кор выветривания и связанных с ними месторождений. – Новосибирск: Наука, 1975. – 210 с.
10. Ильясов Р. Вопросы использования фосфатного сырья и охрана природы на Чимкентском производственном объединении «Фосфор» // Комплексное использование минерального сырья. – 1980. – 5. – С.83-86.
11. Исламов М.Н. и др. Подготовка сырья в фосфорном производстве // Тр. ЛенНИИГипрохима. – 1967. – №1. – 38 с.
12. Исламов М.Н. Печи химической промышленности. – Л.: Химия, 1975. – 432 с.
13. Казова Р.А., Сапарбекова Д.Б., Арынов К.Т. Получение волластонита из электротермофосфорного шлака // Изв. МН-АН РК. Сер. хим. – 1997, №6. – С. 92-98.
14. Качанова Е.А. Некоторые свойства шлаков фосфорных печей // Исследования в области химической электротермии. – 1967, – 1. – С.25-26.

15. Краснов А.А. Последовательность минералообразования в отложениях чулактауской свиты кокдзон-джанатаской структуры. Вещественный состав фосфоритных руд // Тр. ГИГХСа. 1981, 52. – С.29-42.
16. Краснов А.А., Тушина А.М., Усанова В.Г. Особенности вещественного состава фосфоритных руд Каратау и их влияние на технологические свойства при кислотной и электротермической переработке. Вещественный состав фосфоритных руд // Тр. ГИГХСа. – 1981, 52. – 47 с.
17. Масленникова Г.Н. Керамические материалы. – М.: Стройиздат, 1991. – 136 с.
18. Парфенов О.Г. Фосфорсодержащие удобрения и экология: Аналитический обзор. – Новосибирск: Изд. ГПНТБ СО АН СССР, 1990. –102 с.
19. Переработка фосфоритов Каратау / Под ред. Позина М.Е., Копылева Б.А., Белова В.Н., Ершова В.А. – Л.: Химия, 1979. – 223 с.
20. Ратобыльская Л.Д., Бойко Н.Н., Кожевников А.О. Обогащение фосфоритных руд. – М.: Недра, 1979. – 172 с.
21. Смирнов А.И. Генетическое значение различных изоморфных замещений и фосфатных минералов фосфоритов. Физические методы исследования осадочных пород. – М.: Наука, 1966. – С. 260-266.
22. Смирнов А.И. Особенности генезиса фосфоритов Каратауского типа. Геология месторождений фосфоритов // Тр. ГИГХСа. 1962, 7. –С.132-139.
23. Смородинников А.В., Шамарин В.А. Подготовка фосфоритов Каратау к электровозгонке фосфора // Хим. пром. – 1967, 40. – С. 277-280.
24. Соколов А.С. Литология фосфоритоносных отложений – главный путь установления закономерностей образования и размещения фосфоритов // Литология фосфоритоносных отложений. – М.: Наука, 1976. – С.3-12.
25. Тушина А.М. О вторичном апатите в фосфоритах Каратау // Сб. научно-техн. информ. Госкомитета по химии. 1962, №1-2. – С.10-12.
26. Фосфатные руды Казахстана / Сагунов В.Г., Вирт Г.Р., Несипбаев А.Н. и др. – Алма-Ата: Наука, 1990. – 200 с.
27. Шумаков Н.С., Павлов В.П., Паршаков А.И. и др. Применение вращающихся печей для обжига фосфорита // Фосфорная промышленность. – 1978. – 2. –53 с.

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева

**ФОСФОРЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДІ ШИКІЗАТТЫ
ҚОЛДАНУ КҮЙІ**

	А.К. Ахметбекова
Химия ғылымд. доктора	Р.А. Казова
Химия ғылымд. канд.	З.К. Каипова
Техн. ғылымд. доктора	С.С. Нуркеев

Мақалада фосфорлық қалдықтарды және минералді шикізатты қолдану күйі көрсетілген.