

Н.Жалгасулы¹, З.А.Естемесов², М.К.Сартбаев¹,
А.В.Козум¹

¹Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, г. Алматы, Казахстан

²Целебная лаборатория сертификационных испытаний материалов,
г. Алматы, Казахстан

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье приведены количественные и качественные характеристики техногенных отходов некоторых крупных горных предприятий Казахстана. Рассмотрены перспективы их утилизации. Предложены технологические решения по получению сухих строительных смесей и ячеистого бетона и на основе отходов обогащения руд. Использование геотехногенного сырья для получения сухих строительных смесей сократит расход цемента на 10 %, песка - более чем на 10 %, воды – до 10 %, модифицирующих добавок – на 20-25 %. Техничко-экономический эффект от применения разработанных композиций (ССС) в качестве кладочных, штукатурных, финишных и полимерных материалов стройиндустрии РК составит 329-2700 тенге/м³ смеси. Разработанная технология получения бесцементного ячеистого бетона автоклавного твердения предполагает использование в качестве вяжущего молотой негашеной извести. Вяжущее применяют совместно с кремнеземистым компонентом – хвостами обогащения редкометалльных и полиметаллических руд, содержащих двуокись кремния. Технология для ячеистых газобетонов из хвостов обогащения руд предполагает получение теплоизоляционных с объемной массой в высушенном состоянии не более 500 кг/м³; конструкционно-теплоизоляционных с объемной массой 500-900 кг/м³ и конструкционных с объемной массой 900-1200 кг/м³. Объемная масса полученных стройматериалов на 20-30 % меньше по сравнению с аналогичными выпускаемыми промышленностью железобетонными изделиями.

Ключевые слова: горные отходы, экологические риски, химический состав, строительные материалы.

• • •

Түйіндеме. Бұл мақалада Қазақстанның техногенді минералдық шикізатының әр аймақ бойынша аумағы, құрамы, ірілі-ұсақтығы, сақталу жағдайы және қайта өңдеуге болатындығы айтылады. Техногенді шикізаттан, әсіресе байыту фабрикасының қалдықтарынан, құрғақ құрылыс қоспаларын жасағанда цементі – 10 %-ға, құмды –10 % - дан көбірек, суды 10 %-ға дейін, басқа модифицирлық қосындыларды 20-25 %-ға дейін үнемдеуге болатыны анықталды. Құрғақ қоспаларды, атап айтқанда, кірпішті байланыстыру үшін, сылақ жұмыстарына, соңғы тегістеу сылағы және полимерлік материалдарға қосып пайдалану технологияларының техникалық-экономикалық тиімділігі әрбір м³-қа 329-2700 теңге пайда әкелетіндігі белгілі болды. Кен байыту қалдығынан автоклавта қатайту арқылы цементсіз кеуекті бетон алу технологиясында байланыстырғыш ретінде сөндірілмеген өкті пайдалану көзделген. Бұл байланыстырғыш құрамында кремнезем мен оның қостотығы бар сирек және полиметалды кенді байытудан қалған қалдықтардан алынған қоспа мен бірге пайдаланылады. Кен қалдығынан жасалынатын кеуекті бетоннан құрғақталған көлемінің массасы 500 кг/м³ шамасындағы жылусақтағыш материал, көлемдік массасы 500-900 кг/м³ және 900-1200 кг/м³ болатын әртүрлі конструкциялық материалдар алынатындығы көзделген. Бұл құрылыс материалдарының көлемдік массасы бұрынғы шикізаттардан шығарылып жатқан заттектерден 20-30 %-ға төмен екендігі көрсетілген.

Түйінді сөздер: кен қалдықтары қоры, экологиялық тәуекелділік, химиялық құрам, құрылыс материалдары.

• • •

Abstract. The article presents quantitative and qualitative characteristics of technogenic wastes of a number of large mining enterprises in Kazakhstan, as well as prospects for their utilization. Technological solutions for obtaining dry construction mixtures and cellular concrete and on the basis of ore dressing was proposed. The use of gentooquinogenic raw materials for obtaining dry construction mixtures reduces cement consumption by 10 %, sand by more than 10 %, water by 10 %, modifying additives by 20-25 %. The technical and economic effect of the use of the developed compositions (SSS) as masonry, plastering, finishing and polymer materials of the construction industry of the Republic of Kazakhstan will amount to 329-2700 tg/m³ of the mixture. The developed technology for the production of cementless cellular aerated autoclaved hardening assumes the use of ground lime as a binder. The binder is used in conjunction with the silica component - the tailings of the enrichment of rare metal and polymetallic ores containing silicon dioxide. The technology for cellular aerated concrete from tails of ore dressing assumes the production of the following varieties of building products: thermal insulation with a bulk density in the dried state not more than 500 kg/m³; Structural and thermal insulation with a volume mass of 500-900 kg/m³ and structural with a bulk

density of 900-1200 kg/m³. The volumetric mass of the building materials obtained is 20-30 % less than in the case of similar reinforced concrete products manufactured by industry.

Key words: mountain wastes, environmental risks, chemical compounds, building materials.

Введение. Рост масштабов строительства в Казахстане требует значительного количества минерального сырья для индустрии строительных материалов. Интенсификация в данном направлении сопряжена с использованием промышленных отходов взамен первичных природных ресурсов с целью удешевления стройматериалов. Использование в индустрии строительных материалов твердых отходов горнорудного производства является более экономичным по сравнению с производством стройматериалов на базе специальной добычи минерального сырья [1]. Обзор существующих научных работ в данной области показывает, что имеется значительная мировая практика проведения исследований по использованию техногенного минерального сырья. Так, в дальнем зарубежье горнопромышленные отходы находят применение для получения кирпича [2], бетона [3], стеклокерамики [4]. Проведены исследования по использованию техногенных отходов в качестве сырья для производства строительных материалов, учитывающие экологические факторы их воздействия на окружающую среду [5,6]. Аналогичные исследования по использованию горнопромышленных отходов для получения строительных материалов и изделий проводятся в странах ближнего зарубежья [7-11]. По современным оценкам, на предприятиях горнопромышленного комплекса Казахстана накоплено свыше 40 млрд. т промышленных отходов. Ежегодно количество промышленных отходов возрастает приблизительно на 1,5 млрд. т [12]. Общие запасы отходов добычи и обогащения некоторых крупных горных предприятий Казахстана приведены в табл. 1. Причем наибольшие запасы ТМО сосредоточены в хвостохранилищах. Необходимость вовлечения в производство именно хвостов обогащения диктуется следующими обстоятельствами:

Таблица 1

**Запасы техногенных отходов на крупных
горнодобывающих предприятиях**

Наименование предприятия	Запасы, тыс.т	
	отвалы	хвостохранилища
АО "Ачполиметалл"		142570,1
Белогорский ГОК	24406,0	10067,8
Донской ГОК	81117,7	38280,4
ОАО "Казахмыс"	973114,7	1674691,5
АО "Жайремский" ГОК	6354,8	3188,8
Текелийский ГОК	15723,9	40360,5
ОАО "Казцинк"		373147,1
Жездинский ГОК	89,7	3173,2
АО "Костанайские минералы"		2038,3

- сроки эксплуатации хвостохранилищ ограничены, заполнение многих уже закончено или заканчивается в ближайшие годы;

- хвосты занимают огромные территории и в связи с тем, что представляют собой тонкодисперсный и легкосдуваемый материал, являются источником повышенного экологического риска для регионов действия горно-обогатительных комплексов.

Поскольку отходы обогащения представляют собой тонкоизмельченный продукт, не требующий дополнительного помола перед использованием, это позволяет снизить экономические затраты. Кроме того, в процессе обогащения руд обеспечивается однородность материала как по химическому, так и по минералогическому составу.

Общие запасы и площади, занимаемые хвостохранилищами в пределах областей, приведены в табл. 2.

Отходы обогащения, как правило, более удобны для использования в производстве нерудных строительных материалов, чем вскрышные и вмещающие породы, поскольку они, во-первых, более однородны, во-вторых, представляют собой уже дроблен-

**Характеристика хранилищ отходов обогатительного
производства по областям Казахстана**

Область	Количество, ед.	Запасы, тыс. т	Площадь, км ²
Акмолинская	11	76834,50	12,30
Актобинская	8	30675,30	6,30
Алматинская	5	47914,90	2,99
Восточно-Казахстанская	39	887914,57	19,57
Жамбылская	6	44188,93	1,58
Карагандинская	37	2809342,13	89,20
Костанайская	4	611101,70	27,45
Павлодарская	2	8770,86	1,23
Южно-Казахстанская	5	142355,30	3,52

ный, а иногда и фракционированный материал. Эти отходы крупностью зерен 0,14-5,0 мм используются в качестве заполнителя для приготовления тяжелого бетона, строительных растворов, плотных ячеистых автоклавных и безавтоклавных силикатных бетонов, асфальтобетонов, для получения силикатного кирпича и устройства оснований дорог. Тонкодисперсная часть отходов (менее 0,14 мм) может быть использована для получения силикатных материалов (кирпич, газосиликатные блоки и т.д.). Изучение опыта использования отходов горнорудного производства показало, что в качестве сырья применяются в основном минеральные материалы, которые можно разделить на 3 основные группы:

- кремнеземистые материалы, содержащие более 50 % SiO_2 ;
- известковые материалы, содержащие более 50 % CaO ;
- известково-кремнеземистые материалы, содержащие 20-50 % CaO и 20-50 % SiO_2 .

Сфера использования этих отходов в значительной степени определяется их минералогическим составом. Состав отходов горнорудного производства определяет пути целесообраз-

ного их использования и создает предпосылки для развития сырьевой базы нерудных материалов. Анализ производства последних лет показывает, что практически по всем видам строительных материалов отмечается устойчивый рост продукции. Ежегодный прирост выпуска строительных материалов в республике составляет 24,4 %. Производство цемента в последние годы неуклонно растет. Общая потребность в цементной продукции на период 2005-2013 гг. увеличилась с 6,2 до 10,5 млн. т. Согласно расчетам, на период до 2015 г. сохраняется высокий потенциал рынка строительных материалов в Республике Казахстан.

В ИГД им. Д.А.Кунаева проводились исследования по использованию отходов горнопромышленного комплекса для получения:

- сухих строительных смесей;
- компонентов для получения ячеистого бетона и вяжущего.

Сухие строительные смеси в настоящее время являются наиболее востребованным эффективным материалом в строительной индустрии, так как позволяют добиться более высоких результатов, чем при применении традиционных средств для отделки помещений. Сухие строительные смеси, как правило, состоят из вяжущего, заполнителя и функциональных добавок. В качестве вяжущего используются: гипс, белый цемент, портландцемент, ангидрит, глиноземистый цемент, известь, диспергируемые полимерные порошки. Наполнителями в сухих строительных смесях являются известняк, кварцевый песок, доломит, мел, коалин, перлит, зола-унос, микрокремнезем и другие материалы [13-17]. Стремление к росту производства и снижению себестоимости сухих смесей привело к поиску альтернативных составляющих компонентов-наполнителей. Одним из перспективных источников наполнителей для сухих смесей являются твердые минеральные отходы.

В настоящее время твердые минеральные отходы (хвосты обогащения, отвальные породы и т.д.) в основном применяются: в качестве закладочных материалов; для производства мел-

коштучных строительных изделий; в качестве активных добавок и наполнителей для цемента и бетонов; в качестве материалов засыпки автомобильных дорог и мелких заполнителей для бетонов. Производство и применение современных модифицированных строительных сухих смесей в Казахстане находится в начальной стадии. Применяемые современные строительные сухие смеси преимущественно привозные, а производимые сухие смеси относительно дорогие. Использование отходов обогащения в качестве наполнителя в сухих смесях позволит значительно снизить себестоимость этой продукции. В условиях высокой конкуренции на рынке снижение цены готовой продукции сделает ее привлекательной для покупателя и конкурентоспособной.

Получение ячеистого бетона и вяжущего из отходов горнопромышленного комплекса в настоящее время является наиболее востребованным в строительной индустрии [18-20]. Использование их позволяет добиться более высоких результатов, чем при применении традиционных тяжелых строительных конструкций. Кроме того, использование отходов вскрышных пород и хвостов обогащения полиметаллических и редкометалльных руд значительно снизит затраты на изделия и строительные конструкции. Ячеистые бетоны и вяжущее, как правило, состоят из различных компонентов, измельченных вскрышных пород и хвостов обогащения, заполнителей и функциональных добавок. Стремление к росту производства и снижению себестоимости ячеистого бетона и вяжущего привело к поиску альтернативных составляющих компонентов-наполнителей. Одним из перспективных источников наполнителей для ячеистого бетона и вяжущего являются твердые минеральные отходы.

Цель работы – разработка и исследование технологии получения строительных материалов на основе отходов горнопромышленного комплекса .

Методы исследования. При получении сухих строительных смесей использовались следующие методы:

- анализ опыта переработки техногенного сырья;
- отбор представительных проб отходов;
- геолого-минералогические и физико-механические исследования;

- атомно-эмиссионная спектрометрия;
- физическое моделирование;
- планирование эксперимента и статическая обработка результатов.

При разработке технологии получения ячеистого бетона и вяжущего на основе техногенных отходов использовались известные научные методы, включающие:

- планирование эксперимента и статистической обработки данных, полученных в результате проведения полевых работ;
- анализ исходного сырья;
- механохимическую активацию хвостов обогащения на дезинтеграторной установке;
- определение физико-механических свойств и минералогического состава высокоплотных изделий ячеистого газобетона и вяжущего с использованием рентгеноструктурного и физико-химического видов анализа.

Результаты исследования. Для выполнения поставленной задачи по первому направлению были определены качественные характеристики техногенного минерального сырья и разработаны композиции сухих строительных смесей с использованием отходов обогащения медных руд Жезказганского месторождения и карбонатных полиметаллических руд Кентауской обогатительной фабрики.

В отвалах сульфидных, окисленных и комплексных руд Жезказганского месторождения заскладировано 1445841 тыс.т техногенного сырья, из них породы вскрыши составляют 808300 тыс.т, а хвосты обогащения – 630504 тыс.т. В настоящее время в консервируемом хвостохранилище на площади 8,37 км² заскладировано 852813,5 тыс.т хвостов. Отходы обогатительных фабрик представляют собой тонкоизмельченный продукт с содержанием класса – 0,074 мм в них 40÷80 % и класса +0,15 мм – 10÷15 %. Химический состав представлен кремнеземом (67÷72 %), глиноземом (11÷12 %), оксидом кальция (2,6÷4,5 %).

В результате проведенных исследований разработаны составы сухих смесей, содержащих цемент и хвосты обогащения Жезказганский ОФ, соответствующие маркам кладочных и шту-

катурных материалов: М25 (класс В2), М50 (класс В3), М150 (класс В10), М200 (класс В15). Определение плотности растворных смеси показало, что все они относятся в соответствии с ГОСТ 28013-98 к легким растворным смесям, так как плотность их не превышает $1500,0 \text{ кг/м}^3$. По таким показателям, как прочность при сжатии и сцеплении с основанием на отрыв смесей М150, М200 удовлетворяют требованиям СТ РК 1168-2006 кроме смесей М25 (класс В2) и М50 (класс В3). Смеси марки М 75(~В5.5) можно использовать в качестве кладочного раствора, но нельзя его применять в качестве штукатурного раствора. Согласно требованиям КР СТ 1168-2006 прочность сцепления растворов с основанием на отрыв для кладочных должна быть более 0,3 МПа.

Смеси марки М150(~В10) и М200(~В15) по физико-механическим свойствам отвечают всем требованиям КР СТ 1168-2006, поэтому могут быть использованы в качестве как кладочных, так и штукатурных растворов. Следовательно, хвосты ЖезОФ могут быть использованы как мелкий заполнитель для получения кладочных и штукатурных растворов. При этом марка их может колебаться в пределах М 25 (В 2) – М 200 (В15). Низкомарочные растворы имеют низкую прочность при сцеплении с основанием.

Установлено, что функциональные полимерные добавки существенно улучшают физико-механические свойства кладочных и штукатурных растворов на основе хвостов обогащения ЖезОФ, в особенности: водоудерживающую способность, которая достигает 97,3-98,9 % с добавкой, тогда как без добавки – 66,8 %. Прочность при сцеплении с основанием – 0,48-0,9 МПа с добавкой, без добавки – 0,28-0,3 МПа; морозостойкость – 15-35 циклов с добавкой, без добавки – 10-25 циклов.

Отходы обогащения полиметаллических руд Кентауской обогатительной фабрики состоят в основном из доломита 50-60 %, кальцита 10-15 %, барита 10-20 % и глинистых веществ 5-8 %, рудных минералов 2-3 %. Химический состав отходов обогащения, мас. %: $4,36 \div 6,00$; - $0,98 \div 1,20$; Fe_2O_3 - $2,86 \div 3,50$; CaO - $27,79 \div 29,00$; MgO - $14,45 \div 16,30$; - $12,7 \div 13,50$; - $1,39 \div 1,50$; - $0,03 \div 0,05$; - $0,09 \div 1,20$; PbS - $0,14 \div 0,20$; n.n.n – $35,25 \div 37,00$. Так как

отходы обогащения полиметаллических руд состоят в основном из доломита, кальцита, барита и глинистых веществ, то в промышленности строительных материалов целесообразно использовать как необоженные отходы обогащения, так и обожженные.

Анализ результатов исследований по получению строительных материалов с использованием отходов обогащения полиметаллических руд Кентауской ОФ показал, что тонкозернистые хвосты до и после обжига являются эффективными компонентами гипсовых и цементных растворов, используемых для штукатурных работ. Полимерные функциональные добавки существенно улучшают основные физико-механические свойства штукатурных материалов, в особенности: водоудерживающую способность, прочность при сцеплении с основанием, морозостойкость.

Сухие смеси, содержащие 15 % необоженных хвостов, строительный полуводный гипс класса не ниже Г-4, могут использоваться для приготовления гипсовых растворов, которые характеризуются высокой водоудерживающей способностью (96,0-99,0 %). Прочность затвердевшего камня достигает 7,5-8,9 МПа, прочность при сцеплении с основой – 0,4-0,6 МПа, морозостойкость – 20-25 циклов. Такие гипсовые растворы в соответствии с требованием СТ РК 1168-2006 можно использовать для оштукатуривания внутренних помещений с нормальным влажностным режимом. Из обожженных хвостов и гипса с соотношением 1:3 (при необходимости допускаются соотношения 1:2 и 1:1) можно получать известково-гипсовые растворы. К готовому известково-гипсовому раствору дополнительно вводятся необоженные хвосты в количестве 15 % от общей массы известково-гипсового раствора и полимерные добавки – мовилит 1 % и тилоза 0,4 %. Водоудерживающая способность таких растворов составляет 95-98,0 %, прочность при сжатии – 7,5-8,6, прочность при сцеплении с основанием – 0,5-0,75 МПа, морозостойкость – 20-25 циклов. В соответствии с требованиями СТ РК 1168-2006 известково-гипсовые растворы можно использовать для оштукатуривания внутренних помещений с нормальным влажностным режимом. При определенных условиях такие растворы могут приме-

няться для обрызга грунта и накрывки.

В ИГД им. Д.А. Кунаева также разработана технология получения ячеистого бетона на основе хвостов обогащения редкометалльных и полиметаллических руд. Ячеистый газобетон из хвостов обогащения является разновидностью легкого бетона, получаемого в результате затвердения, вспученной при помощи алюминиевой пудры, которая служит порообразователем. При вспучивании исходной смеси образуется характерная ячеистая структура бетона с равномерно распределёнными по объёму воздушными порами. Благодаря этому ячеистый газобетон приобретает наибольшую объёмную массу и малую теплопроводность.

Пористость ячеистого газобетона из хвостов обогащения редкометалльных и полиметаллических руд регулируется в процессе изготовления, в результате получают бетоны разной объёмной массы и назначения. Разработанная технология для ячеистых газобетонов из хвостов обогащения руд предполагает получение следующих разновидностей строительных изделий:

- теплоизоляционных - с объёмной массой в высушенном состоянии не более 500 кг/м^3 ;
- конструкционно-теплоизоляционных - с объёмной массой $500-900 \text{ кг/м}^3$;
- конструктивных - с объёмной массой $900-1200 \text{ кг/м}^3$.

Разработанная технология получения бесцементного ячеистого бетона автоклавного твердения предполагает использование в качестве вяжущего молотой негашеной извести. Вяжущее применяют совместно с кремнеземистым компонентом – хвостами обогащения редкометалльных и полиметаллических руд, содержащих двуокись кремния.

По использованию хвостов обогащения редкометалльных и полиметаллических руд, шлаков электро-термофосфорного производства и извести в качестве сырья для производства ячеистых и плотных бетонов вяжущих материалов, керамзита и композиционных материалов с применением механохимической активации установлено:

- использование составов на основе хвостов обогащения

редкометалльных и полиметаллических руд Верхне-Кайрактинского месторождения, шлаков электро-термофосфорного производства с применением механохимической активации имеют высокие показатели прочности при сжатии: ячеистых бетонов 14,8-15,6 МПа, плотных бетонов 57,0-60,0 МПа, а также низкие показатели объемной массы ячеистых бетонов 940-970 кг/м³ и плотных бетонов 1886-1910 кг/м³. Получены вяжущие с тонким помолом, имеющие повышенную гидравлическую активность материалов с минеральными добавками;

– разработанные ячеистые и плотные бетоны позволяют изготавливать строительные детали с более высокими строительно-техническими показателями и меньшими затратами по сравнению с железобетоном и керамзитобетоном;

– конструкции из ячеистого бетона имеют хорошие теплоизоляционные свойства в 3 раза меньше, чем у силикатного кирпича и в 5 раз меньше, чем у железобетона и керамзитобетона, кроме того, ячеистый бетон приобретает хорошие звукоизоляционные свойства;

– исследованы степень гомогенизации исходной шихты и внедрения находящихся на поверхности катионов в структуру кристаллов исходного сырья;

– хвосты обогащения редкометалльных и полиметаллических руд, содержащие оксиды цветных и редких металлов, оказывают существенное катализирующее воздействие на гидротермальное твердение гидросиликатов кальция из-за наличия в хвостах обогащения остаточных химических реагентов, в частности активированное жидкое стекло и жирнокислотные собиратели, которые дают резкое повышение прочности вяжущего формованного изделия 70,0-72,0 МПа, полусухого прессования 124,0-130,0 МПа и низкие показатели объемной массы полусухого прессования 1890-1900 кг/м³.

Выводы

Результаты исследования физико-механических свойств оптимальных вариантов сухих строительных смесей с использованием отходов обогащения Жезказганской и Кентауской обогатительных фабрик показали соответствие их свойств техниче-

ким требованиям СТ РК 1168-2006. «Технико-экономический эффект от применения разработанных композиций (ССС) в качестве кладочных, штукатурных, финишных и полимерных материалов строиндустрии РК» составит 329-2700 тенге/м³ бетона. Использование геотехногенного сырья для получения сухих строительных смесей позволит сократить расход цемента на 10 %, песка – более 10 %, воды – до 10 %, модифицирующие добавок – на 20-25 %. На основе предлагаемого ячеистого бетона и вяжущего можно изготавливать различные строительные детали: сборные конструкции для силоса, кормушки, опорные столбы, плиты для дорог, плиты для укрепления откосов каналов и водоемов, оградительные столбы для железных дорог, пустотелые панели перекрытия, плиты для домостроения и панели для неотопливаемых зданий и др. Объемная масса полученных стройматериалов на 20-30 % меньше по сравнению с аналогичными выпускаемыми промышленностью железобетонными изделиями.

Список литературы

1 *Zhalgassuly N., Toktamysov M.T., Galits V.I. and oth.*: База данных Thomson Reuters. Complex coal processing of Kazakstan deposits //17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey (IMCET 2001),Ankara, Turkey. – P. 735-736.

2 *Sensogut C., Ozdeniz A.H.* Bricks manufactured from colliery wastes: a case study // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. – 2006. – Vol. 20, Iss. 4. – P. 267-271.

3 *Salguero F., Grande J.A., Valente T., Garrido R., M.L. de la Torre, Fortes J.C., Sanchez A.* Recycling of manganese gangue materials from waste-dumps in the Iberian Pyrite Belt - Application as filler for concrete production // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol. 54. – P. 363-368.

4 *Jiang Shi, Feng He, Chuqiao Ye, Lan Hu, JunlinXie, Hu Yang, Xiaoqing Liu.* Preparation and characterization of CaO-Al₂O₃-SiO₂ glass-ceramics from molybdenum tailings // Materials Chemistry and Physics. – 2017. – Vol. 197. – P. 57-64.

5 *Robert J. Collins, Richard H. Miller.* Utilization of mining and

mineral processing wastes in the United States // Mineral sand the Environment. – 1979. – Vol.1, Iss. 1. – P. 8-19.

6 *Zengxiang Lu, Meifeng Cai*. Disposal Methods on Solid Wastes from Mines in Transition from Open-Pit to Underground Mining. The Seventh International Conference on Waste Management and Technology (ICWMT 7 // Edited by Li Jinhui and Hu Hualong Procedia Environmental Sciences. – 2012. – Vol.16. – P. 715-721.

7 *Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.* Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 368 с.

8 *Жарко В.И., Гузов В.А.* Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов // Междунар. аналит. обозрение – Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2011. – № 2(19). – С. 11-27.

9 *Щипцов В.В.* Природные строительные материалы Республики Карелия // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов. – Петрозаводск, 2005. – С. 198-201.

10 *Евтехов В.Д.* Техногенные месторождения: от использования имеющихся – к созданию более совершенных // Геолого-мінералогічний вісник. – 2003. – № 1. – С. 19-25.

11 *Вилкул Ю.Г., Азарян А.А., Азарян В.А., Трачук А.А.* Проблемы переработки минерального сырья техногенных месторождений Украины // Горная промышленность (спец. выпуск). – М., 2011. – С. 13-15.

12 Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана: справочник. – Алматы, 2000. – 122 с.

13 *Корнеев В.М., Зозуля П.В.* Сухие строительные смеси, 2010. – 320 с.

14 *Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А.* Технология сухих строительных смесей. – М.: АСВ, 2003. – 95 с.

15 *Безбородов, Белан В.И., Мешков П.И.* и др. Сухие смеси в современном строительстве. – Новосибирск: НГАСУ., 1998. – 94 с.

16 *Гончаров М.А., Чернышев Е.М.* Формирование систем

твердения композитов на основе техногенного сырья // Строительные материалы. – 2013. – № 5. – С. 60-65.

17 *Естемесов З.А., Садыков П.И.* Механизм силикатообразующих процессов, связанных с измельчением и твердением эко-вяжущего: сб. науч. тр. ЦЕЛСИМ // Силикатные строительные материалы, экология. – Алматы, 2002. – С. 10-22.

18 *Сартбаев М.К., Жалгасулы Н.* Физико-химические способы переработки хвостов обогащения руд Казахстана в производстве ячеистого бетона и вяжущего: XIV Междунар. конф. // Ресурсо-воспроизводящие, малоотходные и природоохранное технологии освоения недр. 14-20 сент. 2015 г. – Т. 87.– М., РФ – Бишкек, КР. – С. 205-206.

19 *Сартбаев М.К., Жалгасулы Н.* Извлечение металлов, производства ячеистого бетона и вяжущего из хвостов обогащения руд: сб.тр. ИГД. // Научно-техническое обеспечение горного производства. – Алматы, 2015. – Т. 87. – С. 414-422.

20 *Казбекова Г.К., Сартбаев М.К., Жалгасулы Н.* Разработка технологии получения строительных материалов из хвостов обогащения. – г. Актобе, 2015. – С. 23-27.

Жалгасулы Н., заведующий лабораторией физико-химических способов переработки минерального сырья, доктор технических наук, профессор.

Естемесов З.А., доктор технических наук, профессор,

Когут А. В., кандидат технических наук, лаборатория ЭРОН,

Сартбаев М.К., доктор технических наук, профессор, лаборатория ФХСПМС.