

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i1.06>

## Creation of efficient technologies processing of man-made raw materials

A.A. Ashimova<sup>1</sup>, Atac Bascetin<sup>2</sup>, A.A. Bek<sup>1</sup>, M.B. Nurpeisova<sup>1\*</sup>, Z.A. Yestemesov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Istanbul Technical University, Mining Faculty, Turkey

<sup>3</sup>Central Laboratory for Certification of Building Materials (CLCBM), Almaty, Kazakhstan

\*Corresponding author: [marzhan-nurpeisova@rambler.ru](mailto:marzhan-nurpeisova@rambler.ru)

**Abstract.** Industrial processing of technogenic raw materials (wastes of enrichment and processing, overburden and enclosing rocks, close in composition to natural and used in traditional areas, practically does not differ from industrial processing of natural mineral raw materials. Efficient technologies development for processing of technogenic raw materials, which make it possible to obtain competitive products from it for various industries, is urgent task. Article deals with development of solution compositions for strengthening and hardening quarry slopes. Rock mass hardening in weakened areas is achieved by loading substances into cracks of array, which after hardening and setting of rock, significantly increase its resistance to shear. Loading of reinforcing substance into bulk mass is carried out under pressure, and as hardening material, we consider cement resins, silicates and polymer resins. The most common among hardening methods was cementing of rocks, when working in aquifers rocks, strengthening of unstable and disturbed massifs. With help of strengthening, it is possible to slow down processes of weathering and shedding of rocks, to prevent collapse of ledges and shedding of rocks from slopes surface. Possibility of obtaining solutions for strengthening fractured rocks and building structures has been studied. Study results of wastes of the Akshatau Mining and Processing Plant are presented and possibility of using them for solutions to strengthen fractured rocks is confirmed. Loading of hardening composition into the array is carried out under pressure, and we consider cement solution, silicates and polymer resins as hardening material. The most widespread among hardening methods is cementation during mine workings (underground structures) in fractured rocks. Significance of obtained results for construction industry lies in expansion and reproduction of raw material base of building materials industry through use of MMC waste (concentration tailings) and development of resource-saving technologies.

**Keywords:** field development, quarry, mine, processing plant, disturbance, cracks, rock mass collapse, hardening, mining waste, building materials, solutions.

### 1. Введение

В горно-металлургическом комплексе (ГМК) Республики Казахстан за многие годы накоплены большие объемы отходов вскрышных пород, хвостов обогащения, шлаков. Миллионы тонн вредных веществ выбрасываются в атмосферу и сотни миллионов кубических метров загрязненных сточных вод сбрасываются в водные бассейны. Все это приводит к серьезным экономическим, социальным и экологическим проблемам. По современным оценкам на предприятиях горнопромышленного комплекса Казахстана накоплено свыше 50 млрд. тонн промышленных отходов и занимают огромные территории (более 150 кв. километров площади). Ежегодно количество промышленных отходов возрастает приблизительно на 1.5 млрд. тонн и в тоже время уровень использования ТМО в настоящее время является низким [1].

Расширение минерально-сырьевой базы промышленности строительных материалов может быть обеспечено не только путем поиска новых месторождений нерудных полезных ископаемых, но и в результате вовлечения в производство нехногенных отходов нерудного сырья. Техногенное сырье, как правило,

требует промышленной переработки и оценки с применением эффективных методов и технологий, обеспечивающих его полное использование с максимальным сохранением окружающей среды.

Промышленная переработка техногенного сырья (отходы обогащения, вскрышные и вмещающие породы), близкого по составу к природному и используемого в традиционных направлениях, практически не отличается от промышленной переработки природного минерального сырья. Поэтому использование отходов горной промышленности для получения из них строительных материалов, безусловно, является актуальной задачей и приоритетным направлением. В данном направлении сотрудниками Satbayev University проводится большой объем исследований.

**Сравнительный анализ.** 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 строительных материалов твердых отходов горнорудного производства

является более экономичным по сравнению с производством стройматериалов на базе специальной добычи минерального сырья [2].

Обзор существующих научных работ в данной области показывает, что имеется значительная мировая практика проведения исследований по использованию техногенного минерального сырья. Так в дальнейшем зарубежье горно-промышленные отходы находят применение для получения кирпича [3], бетона [4], стеклокерамики [5].

С использованием отходов добычи переработки некондиционного сырья разработаны эффективные вяжущие для приготовления строительных смесей [6]. Получены строительные материалы из вскрышных пород Татарского редко металльного месторождения Красноярского края, где концентраты были применены в качестве заполнителя легких бетонов, для приготовления штукатурных растворов, в природоохранных мероприятиях [7].

Аналогичные исследования по использованию горно-промышленных отходов для получения строительных материалов проводятся в Республике Казахстан. Учеными Центральной лаборатории сертификации строительных материалов (ЦЕЛСИМ) разработана новая экологически чистая технология обезвреживания гранулированных фосфорных шлаков от опасных газов с получением конкурентоспособных вяжущих и строительных изделий [8]. Применение добавки из хвостов полиметаллических руд повышает свойство цементных растворов для укрепления трещиноватых горных пород. Установлено, что разработанные закладные смеси с заданной высокой прочностью на сцепление на основе хвостов обогащения, способствует созданию безотходных технологий переработки минерального сырья, снижению себестоимости, как основной продукции промышленности, так и производства строительных материалов, решению экологической проблемы окружающей среды [9]. Таким образом, можно утверждать, что переработка отходов является не только необходимым условием защиты окружающей среды, но и средством глобального ресурсо- и энергосбережения.

Рациональная организация процесса переработки отходов в сочетании с эффективным современным оборудованием позволяет получать продукцию из вторичного сырья с себестоимостью в 2-2.5 раза ниже, чем для аналогичной продукции из первичного сырья, при сопоставимом качестве продукт.

Необходимость вовлечения в производство, именно хвостов обогащения диктуется следующими обстоятельствами:

- производство, именно хвостов обогащения диктуется следующими обстоятельствами:
- 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 тонко дисперсный и легко сдуваемый материал, являются источником повышенного экологического риска для регионов действия горно-обогатительных комплексов [10].

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 минералогическому составу.

Одним из предприятий, где образуются нерудные породы, хвосты обогащения и отработанные воды является АО «Акшатауский горно-обогатительный комбинат», получающий исходное сырье из рудника Акжал.

## 2. Методы исследования

Исследования состава отходов обогатительной фабрики рудника Акжал проводили с использованием современных методов физико-химического исследования: рентгеновский, дифференциальный, термический, петрографический, химический и соответствующей аппаратуры. Для изучения фазового состава отходов использованы методы рентгенофазового и дифференциально-термического и химического анализов на новейших установках ведущих стран (России, Германии, Японии, Швейцарии).

Результаты обследования выработок на Акжалском руднике (на карьере и подземных горизонтах) показали, что наибольшее количество вывалов приурочено трещиноватым породам, причем объемы вывалов увеличиваются по мере стояния выработок. Наблюдения за выработками, пройденными по трещиноватым породам, выявили, что они устойчивы в течение месяца. Через два-три месяца образуются заколы размерами до 10-15 см. Заколообразование и вывалы развиваются в течение полугода, обрушение кровли происходит в виде куполов. Это резко увеличивает объем и трудоемкость проходческих работ, а также затрат на крепление и ремонт выработок.

Среди этих нарушений выделены: крупные тектонические нарушения и мелкие трещины. Интенсивность различных типов трещин горного массива определялись измерениями их в натуре с помощью рейки длиной 1 м или линейки (рисунок 1).



Рисунок 1. Измерение интенсивности и трещиноватости горного массива

Для предотвращения обрушения выработок, пройденных по трещиноватым породам, используют анкерные крепи с металлической сеткой и набрызг бетона. Однако отслоение пород кровли транспортного штрека и значительные разрушения пород свидетельствует о том, что эта крепь не решает проблемы обеспечения устойчивости выработок и не предотвращает процесс развития деформаций. В результате после 2-3 лет стояния выработок происходит разрушение крепи и требуется проведение капитального ремонта.

Неудовлетворительные состояния бортов карьеров обусловлено склонностью горных пород к разрушению, которое показано на рисунке 2. В связи с этим, необходим новый подход к разработке методических комплексов по повышению устойчивости бортов карьера и спо-

совов повышения устойчивости откоса уступов путём их укрепления и упрочнения [11].

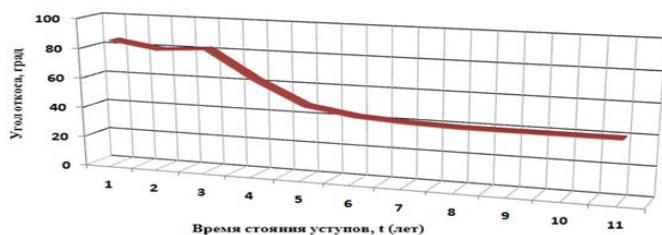


Рисунок 2. Зависимость угла наклона уступа от времени стояния уступов

К наиболее известным способам укрепления района трещиноватых пород в массиве относится применение цементации. Цементация пород на карьерах начинается с верхней площадки уступа, где пробуриваются веера вертикальных и наклонных скважин. В них нагнетается цементный раствор до полного насыщения массива. Цементный раствор готовят на основе цемента и воды. Такой метод обеспечения устойчивости откосов и уступов карьеров является комплексной задачей, решение которой должно включать не только определение параметров устойчивых откосов, но и управление ими для достижения лучших экономических результатов и природных ресурсов. Здесь главная задача состоит в разработке укрепляющих растворов по низкой цене, с высокой прочностью [12].

Такой метод обеспечения устойчивости откосов и уступов карьеров является комплексной задачей, решение которой должно включать не только определение параметров устойчивых откосов, но и управление ими для достижения лучших экономических результатов и природных ресурсов.

### 3. Результаты

В связи с этим были исследованы основные характеристики отходов обогатительной фабрики Акжалского месторождения, рентгенограмма и дифракционная характеристика которых приведены на рисунке 3, из которого видно, что они состоят из кальцита, поэтому на рентгенограмме фиксируются рефлексы (пики), характерные для  $\text{CaCO}_3$ , с межплоскостными расстояниями,  $d/n, \text{Å}$ : 3.8665; 3.3498; 3.0404; 2.8446; 2.496; 2.2847; 2.0952; 1.9127; 1.77; 1.6287; 1.60; 1.5236; 1.4393.

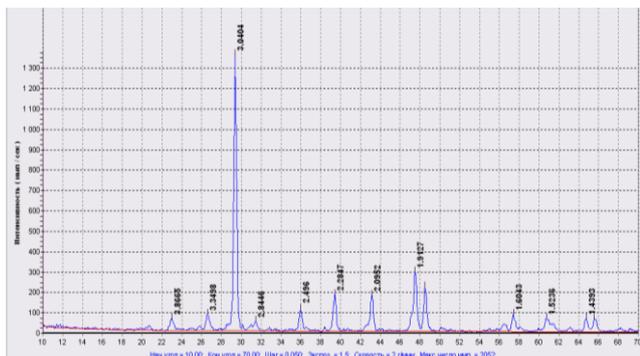


Рисунок 3. Рентгенограмма хвостов обогащения рудника Акжал

Химический анализ показал, что пустая порода преимущественно состоит из, %:  $\text{CaO}$  - 54.6;  $\text{CO}_2$  - 39.4;  $\text{SO}_3$  - 2.0;  $\text{MgO}$  - 1.5;  $\text{SiO}_2$  - 2.5%;  $\text{Fe[S}_2\text{]}$  - около 0.18. На основании полученных результатов можно констатировать, что нерудная порода Акжалского месторождения состоит из известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) - около 95...97% и кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) - около 2.5...3% [12].

На дериватограмме (рисунок 4) фиксируется только один эндоэффект при  $950^\circ\text{C}$ , представляющий разложение  $\text{CaCO}_3$  на  $\text{CaO}$  и  $\text{CO}_2$  по уравнению:  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$ . Потеря массы достигает более 30% от массы пробы.

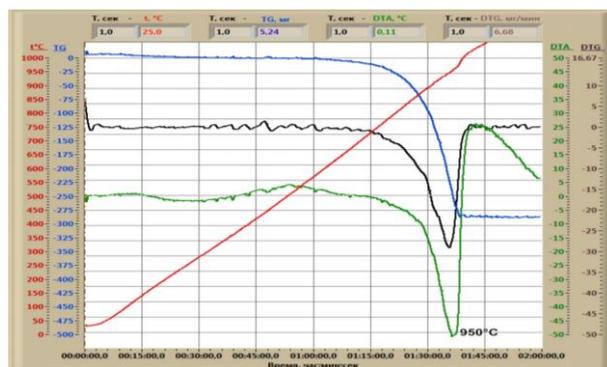


Рисунок 4. Дериватограмма хвостов обогащения рудника Акжал

1. Анализ минерального и химического состава нерудной породы Акжалского свинцово-цинкового месторождения показывает, что она в основном состоит из кальцита -  $\text{CaCO}_3$  (около 95...97%) и кремнезема -  $\text{SiO}_2$  (около 2.5 %); среди них имеются также примесные элементы магния, железа, алюминия, цинка, свинца, бария и др., не представляющие промышленного интереса, поскольку суммарное их содержание не превышает 1% [13].

2. Хвосты обогащения руд ОФ Акжал преимущественно состоят из кальцита и кремнезема, окисный химический состав которых представлен следующими индивидуумами:  $\text{CaO}$  - 54.3;  $\text{CO}_2$  - 40.5;  $\text{SO}_3$  - 2.3;  $\text{SiO}_2$  - 1.5;  $\text{MgO}$  - 1.4 и  $\text{Fe[S}_2\text{]}$  - 0.13%.

3. Шахтная и отработанная технологическая вода соответственно имеют следующую характеристику: щелочность - 0.45 и 0.8; жесткость - 11 и 12; pH - 7.5 и 8.3. Причем шахтная - прозрачная, а технологическая - мутная, в составе которой хвосты обогащения руд, состоящие преимущественно из кальцита -  $\text{CaCO}_3$ .

#### Область применения хвостов обогащения.

Наиболее перспективным направлением применения хвостов обогащения являются:

- получение на их основе без дополнительной обработки штукатурных и закладных смесей;
- получение из них после обжига при  $1000^\circ\text{C}$  извести, используемой в различных отраслях строительной индустрии;
- получение наполнителя для асфальто-бетонобитумной смеси.

Состав штукатурных и закладных растворов на основе хвостов обогащения показывают что:

- растворы M25...M200 (~ B2...B15) получаются легкими ( $1371...1449 \text{ кг/м}^3$ );
- при повышении марочности (класса/раствора

содержание цемента и воды в нем возрастает, а расход хвостов - уменьшается.

Следует отметить, что путем введения химических добавок, включая суперпластификаторы, можно значительно улучшать физико-механические и технологические свойства растворов, для чего требуются до-полнительные исследования.

#### **Область применения щебня из нерудной породы.**

Из нерудной породы можно получить:

- щебень, используемый в качестве крупного заполнителя для бетона марок до 300;
- щебень, используемый в качестве подстилающего слоя для основания при строительстве автомобильных дорог;
- наполнитель в качестве минеральной добавки при приготовлении асфальтобитумной смеси.

#### **Область применения шахтной воды и отработанной технологической воды, выделенной при обогащении руды**

Пригодность шахтной и технологической вод проверяли согласно техническим требованиям ГОСТ 31108-2016. При этом эти воды использовали в качестве водозатворителя цементно-песчаной смеси. В качестве эталона брали растворную смесь, затворенную на обычной воде.

Из полученных результатов видно, что:

- схватывание цементного теста на техногенных водах происходит быстрее (160 и 170 мин), чем на обычной воде (180 мин), что является положительным эффектом;
- водопотребность цементного теста на техногенных водах несколько больше (29.5% и 31.0%), чем на обычной воде (29.0%);
- скорость набора прочности цементного камня независимо от вида водозатворения идентична, однако прочность цементного камня на технологической воде больше (44.4 МПа), чем на обычной и шахтной водах.

Из сказанного следует, что шахтная и технологическая воды вполне могут заменить обычную воду в качестве затворителя для растворных и бетонных смесей.

На основании полученных результатов, нами предложен раствор для укрепления трещиноватых горных пород, содержащий наполнитель, цемент и технологическую воду. Для уменьшения стоимости раствора в качестве наполнителя предложено использование хвостов обогатительных фабрик, которые являются много-тоннажным отходом производства и для их складирования выделяются большие площади [14].

Дополнительно исследована сухая суперпластифицирующая добавка Neolit 400, которую производит компания Neochim (РК, РФ) с высокой водо- редуцирующей способностью и дает возможность уменьшить водо-вяжущее соотношение в системах более чем на 20%. При уменьшении водо-вяжущего соотношения повышается долговечность и плотность разрабатываемого раствора, с одновременным понижением усадки и деформаций ползучести при наборе прочности растворов. Добавка хорошо совместима с портландцементными, цемент – до 37%, хвосты обогатительных фабрик – до 52%, Суперпластификатор Neolit 400 – 0.11-0.16 и остальное вода.

Показанное соотношение компонентов получено экспериментально в лабораторных условиях. Для нахождения прочности из смеси формируются образцы 4x4x16 см и уплотняются на вибро-площадке в течение 45 сек, через

сутки извлекаются из форм и хранятся во условиях влажности 28 суток (отправное значение), а затем проводятся физико-механические испытания, результаты которых представлены в таблице.

**Таблица 1. Физико-механические свойства раствора**

При- мер	Состав раствора, мас%				Показатели		
	Це- мент	Хвосты обогати- тельных фабрик	Неоли т 400	Отра- бо- танная вода ОФ	Предел прочно- сти на сжа- тие, МПа	Предел прочно- сти на изгиб, МПа	Осадка конуса, мм
1	32	52	0.16	15.9	32.4	4.3	150
2	33.4	49.3	0.13	16.3	35.7	5.1	146
3	37	47	0.11	16.9	36.9	5.7	142

Данные исследования подтвердили, что предлагае- мый состав раствора для укрепления трещиноватого горного массива должен быть в следующем соотноше- нии, масс. %: цемент 32-37, хвосты обогатительных фабрик 47-52, суперпластификатор Neolit 400 – 0.11-0.16, остальное – вода.

Все компоненты загружаются в бетономешалку и тщательно перемешиваются с добавлением технической воды ОФ. Таким образом, применение вышеописанного раствора обеспечивает укрепление трещиноватых участков бортов и позволяет существенно уменьшить вредное воздействия отходов обогатительных фабрик на окружающую среду.

Техническая новизна созданного раствора была подтверждена патентами РК на изобретение [15].

Анализ проведенных исследований в подземных выра- ботках также показали, что наиболее высокие технологи- ческие и технико-экономические показатели крепление горных выработок методом торкретбетона достигается за счет правильно выбранного состава бетонной смеси с учетом особенностей конкретных горно-технических, горно-геологических и гидрогеологических условий про- ведения выработок. Поэтому в настоящее время нами проводится работа по технико-экономическому обоснова- нию применения обычного и рекомендуемого нового состава торкрет-бетонного раствора.

#### **4. Выводы**

1. Путем дробления из нерудной породы Акжалского месторождения можно получить щебень, пригодный для получения бетона М100...М300 (класс: 7.5...В22.5) и основания автомобильных дорог; кроме того, путем обжига из нее можно производить известь, необходимую для различной отрасли строительной индустрии.

2. По своему минералогическому и химическому со- ставу хвосты обогащения руд идентичны таковым не- рудной породы; состоят в основном из известняка — СаСО<sub>3</sub>. Различие: нерудная порода — крупный камень, а хвосты - мелкий песок. В силу этого хвосты обогаще- ния руд можно использовать:

- для приготовления штукатурных и закладных рас- творов с прочностью 2.5...20 МПа;
- для получения наполнителей для введения в сос- тав укрепляющих растворов;
- для производства извести (путем обжига).

3. Шахтная и отработанная технологическая вода пригодны для применения в качестве водозатворителя при производстве растворов и бетонных смесей.

4. Был создан раствор для упрочнения трещиноватых горных пород, на основе отходов ГМК с применением полимерных порошков, обладающей низкой стоимостью, достаточной текучестью для заполнения мелких трещин и высокой прочностью. Увеличение количества хвостов обогатительных фабрик на более 50% приведет к снижению текучести раствора и его адгезию с горными породами, а уменьшение на менее 45% повысит себестоимость состава.

### Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (Грант №AP08857097).

### Литература / References

- [1] Ministry of ecology, geology and natural resources of the Republic of Kazakhstan. (2018). Information on the organization of waste management in the regions of the Republic of Kazakhstan. Retrieved from [https://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2019/11/Informacionnyj-obzor-po-vedeniju-gosudarstvennogo-kadastra-othodov-za-2018\\_compressed.pdf](https://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2019/11/Informacionnyj-obzor-po-vedeniju-gosudarstvennogo-kadastra-othodov-za-2018_compressed.pdf)
- [2] Baidzhanov, D.O., Bek, A.A. (2020). "Green" economy in building materials. *Mining Journal of Kazakhstan*, 7(183), 45-48
- [3] Melkonyan, R.G. (2017). Ecological problems of mining waste disposal for production of glass and building industry. *Bulletin of science and education of the North-West of Russia*, 1(3), 1-11
- [4] Salguero, F., Grande, J.A., Valente, T., Garrido, R., De la Torre, M.L., Fortes, J.C. & Sánchez, A. (2014). Recycling of manganese gangue materials from waste-dumps in the Iberian Pyrite Belt – Application as filler for concrete production. *Construction and Building Materials*, (54), 363-368. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.082>
- [5] Jiang Shi, Feng He, Chuqiao Ye, Lan Hu, Junlin Xie, Hu Yang, Xiaoping Liu. (2017). Preparation and characterization of CaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> glass-ceramics from molybdenum tailings. *Materials Chemistry and Physics*, (197), 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2017.05.028>
- [6] Golik, V.I., Tsidaev, T.S. (2015). Methodology for the use of tailings for the processing of substandard mineral raw materials. *Building materials and technologies of the XXI century*, 12(167). 27-29
- [7] Lygina, T.Z., Luzin, V.P. & Kornilov, A.V. (2017). Multi-purpose use of technogenic non-metallic raw materials and obtaining new types of products from it. *XXII International scientific-technical conference: Fort Dialog-Iset, Yekaterinburg*, (1), 67-71
- [8] Estemesov, Z.A., Barvinov, A.V., Sarsenbaev, B.K., Tulaganov, A.A., Estemesov, M.Z. & Khaidarov, A.M. (2020). New method for disposal of granulated phosphoric slag from hazardous gases. *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series chemistry and technology*, 3(441), 6-14. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.37>
- [9] Zhalgassuly, N., Estemesov, Z.A. & Kogut, A.V. (2020). Chemical and mineralogical characteristics of technogenic raw materials of mining enterprises of Kazakhstan. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, Bulgaria, 5.1(20). <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.018>
- [10] Nurpeisova, M.B., Kirgizbayeva, D.M. & Kopzhasaruly, K. (2016). Innovative methods of the rock mass fractures survey and treatment of its results. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 11-18
- [11] Estemesov, Z.A., Sadykov, P., Barvinov, A.V. & Tulaganov, A.A. (2020). Physical and chemical processes occurring in the granulated phosphorus slag dumps. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology*, 2(440), 47-55. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.22>
- [12] Bek, A.A., Baidzhanov, D.O. (2020). Development of composition of solutions for strengthening cracked surfaces. *Ways of science development in modern crisis conditions: abstracts of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference, Dnipro*, (1), 71-74
- [13] Zhalgassuly, N., Estemesov, Z.A., Kogut, A.V. & Tugelbaev, A.B. (2020). Features of hydration of ash-cement binders. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 1.1(20). <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2020/1.1/s02.062>
- [14] Aitkazinova, Sh.K., Bek, A.A., Derbisov, K.N. & Nurpeisova, M.B. (2020). Preparing solutions based on industrial waste for fractured surface strengthening. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*, 5(443), 13-20. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.99>
- [15] Nurpeisova, M.B., Kyrgyzbaeva, G.M. & Bek, A.A. (2016). Composition for strengthening fractured rocks. *Patent RK §1573*

## Тіімді технологияларды құрудағы техникалық шикізатты өңдеу

А.А. Ашимова<sup>1</sup>, А.А. Васцетин<sup>2</sup>, А.А. Бек<sup>1</sup>, М.Б. Нұрпейісова<sup>1\*</sup>, З.А. Естемесов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Ыстамбұл техникалық университеті, Түркия

<sup>3</sup>Құрылыс материалдарын сертификациялаудың орталық зертханасы (ЦЕЛСИМ), Алматы, Қазақстан

\*Корреспонденция үшін автор: [marzhan-nurpeisova@rambler.ru](mailto:marzhan-nurpeisova@rambler.ru)

**Андатпа.** Құрамы жағынан табиғи шикізатқа жақын және дәстүрлі бағыттарда пайдаланылатын техногендік шикізатты өнеркәсіптік қайта өңдеу (байыту және қайта өңдеу қалдықтары, аршу тау жыныстар) табиғи минералдық шикізатты өнеркәсіптік қайта өңдеуден іс жүзінде еш айырмашылығы жоқ. Өнеркәсіптің әртүрлі салаларына қажет, бәсекеге қабілетті өнім алуға мүмкіндік беретін техногендік шикізатты қайта өңдеудің тиімді технологияларын құру

маңызды мәселе болып табылады. Мақалада карьердің беткейлерін нығайту және жерасты қазбаларын беріктеу үшін ерітінділердің құрамын әзірлеу мәселелері қарастырылған. Сусымалы массаға арматуралық затты енгізу қысыммен жүзеге асырылады, ал қатайтатын материал ретінде цементті шайырларды, силикаттарды және полимерлі шайырларды қарастырамыз. Шынықтыру әдістерінің ішінде ең көп таралғаны тау жыныстарын цементтеу, сулы горизонттардың жыныстарында жұмыс істегенде, тұрақсыз және бұзылған массивтерді нығайту болды. Күшейтудің көмегімен тау жыныстарының үгілу және төгілу процестерін бәсеңдетуге, төбешіктердің бетінен тау жыныстарының құлауын және төгілуін болдырмауға болады. Тау жыныстары массивінің ілсізденген жерлерін қатайтуға жарақшақтарға ертінді енгізу арқылы қол жеткізіледі, олар тау жыныстарын қатайтып, оның ығысуға төзімділігін едәуір арттырады. Жарықшақты тау жыныстары мен жер асты құрылымдарын нығайту үшін ерітінділер алу мүмкіндігі зерттелді. «Ақшатау тау-кен байыту комбинаты-ның» қалдықтарын зерттеу нәтижелері келтірілген және оларды жарықшақталған тау жыныстарын нығайту үшін ерітінділерге пайдалану мүмкіндігі расталған. Массивке қатайтатын затты енгізу қысыммен жүзеге асырылады, ал қатайтатын материал ретінде цемент ерітінділері, силикаттар және полимерлі шайырлар қарастырылды. Нығайту әдістерінің ішінде ең көп тарағаны – жарықшақталған тау-кен қазбаларын жүргізу кезінде цементтеу. Алынған нәтижелердің маңыздылығы байыту фабрикасы қалдықтарын пайдалану және ресурс үнемдеуші технологияларды әзірлеу есебінен құрылыс материалдары өнеркәсібінің шикізат базасын кеңейту мен ұдайы өндіру болып табылады.

**Негізгі сөздер:** кен орындарын игеру, карьер, кеніш, байыту фабрикасы, тау-кен массивінің бұзылуы, жарықтар, құлауы, нығайту, тау-кен өндірісінің қалдықтары, құрылыс материалдары, ерітінділер.

## Создание эффективных технологий переработки техногенного сырья

А.А. Ашимова<sup>1</sup>, Atac Bascetin<sup>2</sup>, А.А. Бек<sup>1</sup>, М.Б. Нурпеисова<sup>1\*</sup>, З.А. Естемесов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Стамбульский технический университет, Турция

<sup>3</sup>Центральная лаборатория сертификации строительных материалов (ЦеЛСИМ), Алматы, Казахстан

\*Автор для корреспонденции: [marzhan-nurpeisova@rambler.ru](mailto:marzhan-nurpeisova@rambler.ru)

**Аннотация.** Промышленная переработка техногенного сырья (отходы обогащения и переработки, вскрышные и вмещающие породы), близкого по составу к природному и используемого в традиционных направлениях, практически не отличается от промышленной переработки природного минерального сырья. Создание эффективных технологий переработки техногенного сырья, позволяющих получать из него конкурентоспособную продукцию для различных областей промышленности, является актуальной задачей. В статье рассматриваются вопросы разработки составов растворов для укрепления и упрочнения откосов карьера. Упрочнение массива горных пород на ослабленных участках достигается введением в трещины массива веществ, которые после упрочнения и схватывания породы значительно повышают ее устойчивость к сдвигу. Введение армирующего вещества в объемную массу осуществляется под давлением, а в качестве твердеющего материала мы рассматриваем цементные смолы, силикаты и полимерные смолы. Наиболее распространенным среди методов упрочнения было цементирование горных пород, при работе в породах водоносных горизонтов, укрепление неустойчивых и нарушенных массивов. С помощью укрепления можно замедлять процессы выветривания и осыпания пород, предупреждать обрушения уступов и осыпание пород с поверхности откосов. Изучена возможность получения растворов для укрепления трещиноватых горных пород и строительных сооружений. Приведены результаты исследования отходов «Ақшатауского горно-обогатительного комбината» и подтверждена возможность использования их для растворов для укрепления трещиноватых горных пород. Введение упрочняющего вещества в массив осуществляется под давлением, а в качестве упрочняющегося материала нами рассматриваются цементные растворы, силикаты и полимерные смолы. Наибольшее распространение среди методов упрочнения получила цементация при проведении горных выработок (подземных сооружений) в трещиноватых породах. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в расширении и воспроизводстве сырьевой базы промышленности строительных материалов за счет использования отходов ГМК (хвостов обогащения) и разработки ресурсосберегающих технологий.

**Ключевые слова:** разработка месторождений, карьер, рудник, обогатительная фабрика, нарушенность, трещины, обрушения горного массива, укрепление, отходы горного производства, строительные материалы, растворы.