

ния, если мощность пород непосредственной кровли не превышает 16 м.

4. Увеличение длины лавы в два раза в одних и тех же горно-геологических условиях приводит к уменьшению шага установившегося обрушения на 20-25 %.

5. Зависимости величины шага генерального и установившегося обрушения (6) и (12) имеют нелинейный вид и с точностью  $\pm 15\%$  подтверждается результатами натурных измерений и компьютерного моделирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Механика горных пород: Учеб. пособие/А.Н. Шашенко. – Днепропетровск: НГАУ, 2002. – 302 с.
2. Шашенко А.Н., Хозяйкина Н.В. Закономерности изменения предельного состояния в сложноструктурной кровле угольного пласта при установившемся обрушении / Научно-технічний журнал НГУ, Дніпропетровськ, "Науковий вісник", № 4, 2004. – С. 49-52.
3. Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Хозяйкина Н.В. О критериях прочности при оценке устойчивости пород кровли в лавах / Научно-технический сборник Криворожского технического университета, «Разработка рудных месторождений», выпуск № 88, 2005. – С. 49-52.
4. Метод граничных элементов в задачах горной геомеханики / Новикова Л.В., Пономаренко П.И., Приходько В.В., Мороз И.Т. – Днепропетровск: изд-во «Наука и образование», 1997. – 180 с.
5. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. / Под ред. Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, М.М. Протодяконова. – М.:Недра, 1975. – 279 с.
6. Шашенко А.Н., Сургай Н.С., Парчевский Л.Я. Методы теории вероятностей в геомеханике. – К: Техника, 1994. – 209 с.
7. Шашенко А.Н., Хозяйкина Н.В. Интегральный критерий генерального обрушения сложноструктурной кровли при отработке пологозалегающих угольных пластов. – Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю/Донецьк:ДонНТУ - 2004 вип. 1. – С. 127-130.
8. Борисов А.А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. - М.: Недра, 1964. – 278 с.
9. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статистической геомеханики. – К.: Універ. вид-во "Пульсари", 2002. – 304 с.

УДК 552.48:622.031.52]004.14

И.Ю. Петрусенко

#### ОСВОЕНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ АМФИБОЛИТОВОГО СЫРЬЯ В КРИВБАССЕ

Показана доцільність попутного добування і одержання продукції з амфіболітової сировини розкривних порід Інгулецького залізородного родовища.

#### AMPHIBOLITES RAW MATERIAL DEPOSITS DEVELOPMENT IN KRIVBAS

Sense of simultaneous quarrying and products obtaining from amphibolites raw material of overburden rocks in Ingulets iron ore deposit is proved.

Одним из основных путей снижения себестоимости железорудной продукции является вовлечение в переработку сопутствующих полезных ископаемых [1].

В составе вскрышных пород железорудных месторождений Криворожского бассейна присутствуют амфиболиты, которые принадлежат новокриворожской свите. В настоящее время эти породы свозятся в отвал или, в лучшем случае, используются в качестве щебня для нужд горно-обогатительных комбинатов. Вместе с тем амфиболиты являются ценным видом минерального сырья, дефицитного для промышленности Украины и одной из целей решения этой проблемы является их экономически целесообразное попутное извлечение и переработка.

В пределах Ингулецкого месторождения породы новокриворожской свиты представлены в виде отдельных линз и чешуй в восточном и западном крыльях Лихмановской синклинали [2]. Породы свиты представлены амфиболитами темно-серого или черного цвета с зеленоватым оттенком; в западном борту, в связи с процессами мигматизации, могут иметь светло-серый цвет.

Сложение пород массивное, мелко- и среднезернистое. Породообразующие минералы амфиболитов – роговая обманка, плагиоклаз, второстепенные – биотит, актинолит, кварц, титаномагнетит, магнетит, апатит, циркон. Амфиболиты Ингулецкого месторождения отличаются от таковых Саксаганского района Кривбасса относительно повышенным содержанием роговой обманки: 40-80% против 15-20%, а также отсутствием миндалин кварца (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав амфиболитов Ингулецкого месторождения.

№ проб	Fe <sub>общ</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	
ИГ-15	11.3	3.4	11.5	47.8	15.8	6.7	
6	12.3	3.7	11.4	48.0	15.9	9.0	
7	11.3	3.0	13.2	50.2	14.4	2.0	
8	15.6	7.8	13.2	45.8	13.4	4.3	
9	12.8	5.5	11.6	53.0	11.8	7.9	
10	9.4	3.5	9.0	57.7	12.2	5.4	
11	6.3	1.0	7.3	51.4	15.3	9.5	
№ проб	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>	п.п.п.	S
ИГ-15	5,9	2,55	0,75	0,21	2,01	2,8	0,10
6	6,0	1,94	1,16	0,19	1,40	1,1	1,30
7	8,6	1,96	1,57	0,13	1,07	3,8	0,40
8	6,8	2,92	1,43	0,14	2,49	1,3	0,33
9	3,4	3,31	1,68	-	1,46	0,9	-
10	2,6	3,54	1,84	0,15	1,29	0,7	-
11	8,0	4,12	1,25	0,19	0,57	1,4	0,22

Амфиболит роговообманковый, структура граноматобластовая.

Характерно беспорядочное срастание роговой обманки с плагиоклазом. Состав: роговая обманка – 60%, плагиоклаз – 25%, биотит – 10%, кварц – 3%; акцессорные: сфен, апатит, магнетит. Роговая обманка представлена в виде измененных призм, ориентированных в различных направлениях, цвет зеленый, травяно-зеленый, плеохроизм от желто-зеленого до густо-зеленого, угол погасания 18-23°, размер зерен по удалению – 0,3-1,2 мм.

Плагиоклаз выполняет промежутки между призмами амфибола, мутный, с широкими двойниками, представлен андезит-олигоклазом с включениями чешуек биотита. Самостоятельные чешуи биотита мелкие, с резким темно-бурым плеохроизмом.

Магнетит встречается совместно с биотитом вдоль трещин роговой обманки.

Апатит отмечается в виде единичных мелких зерен размером до 0,01 мм, бесцветных. Сфен имеет удлиненную форму зерен размером 0,001 мм.

В аншлифе, кроме магнетита, отмечается пирит.

Пирит встречается в виде мелкозернистых сростков, каемок вокруг неруд-

ных минералов, единичны изолированные идиоморфные кристаллы кубической формы.

Ресурсы амфиболитов в проектном контуре карьера превышают 6 млн.м<sup>3</sup>.

Физико-механические свойства амфиболитов характеризуются следующими показателями:

- истинная плотность – 2890 кг/м<sup>3</sup>
- средняя плотность – 2850 кг/м<sup>3</sup>
- пористость – 1,4%
- водопоглощение – 0,3%
- прочность при сжатии в сухом состоянии – 113 Мпа, в насыщенном водой – 109 Мпа;
- коэффициент размягчения – 0,96.

Величину истинной плотности и пористости в значительной степени определяют эксплуатационные свойства материалов: водопоглощение (в данном случае невысокое) и водонепроницаемость, определяющих, в свою очередь, морозостойкость, прочность и другие свойства.

Истинная и средняя плотности амфиболитов оказались незначительно выше таковой гранитов (распространенного щебеночного материала), что связано с наличием в амфиболитах роговой обманки. Это обстоятельство, в сочетании с относительно равносреднезернистой структурой определили достаточно высокие прочностные свойства амфиболитов.

Низкая пористость обуславливает высокую морозостойкость амфиболитов. Учитывая это, а также относительно высокую плотность, можно ожидать высокую теплопроводность материала (не менее 2,5 Вт/м град). Низкая пористость определила небольшую разницу в состояниях (4%). Для природных каменных материалов коэффициент размягчения должен быть не менее 0,7, то есть снижение предела прочности при сжатии материала после насыщения водой не должно превышать 30%.

Полученные характеристики амфиболита Ингулецкого месторождения определяют хорошее качество щебня.

Для приготовления декоративной плитки используется щебень фракции 15-10; 10-5; 5-2,5 мм. В связи с этим данные фракции щебня из амфиболитов и были подвергнуты исследованию. Щебень вышеперечисленных фракций имеет следующие показатели: истинная плотность – 2890 кг/м<sup>3</sup>, средняя плотность – 2850 кг/м<sup>3</sup>, пористость – 1,4%, водопоглощение – 0,3-0,5%.

Пустотность щебня зависит от его фракционного состава и для фракции 2,5-5 мм равна 56%, фракции – 5-10 мм – 52%, фракции 10-15 мм – 49%.

Насыпная плотность щебня фракции 10-15 мм составляет 1454 кг/м<sup>3</sup>, фракции 5-10 мм – 1385 кг/м<sup>3</sup>.

Содержание в исследуемом щебне зерен пластинчатой (лещадной) и иглообразной форм во фракции 10-15 мм составляет до 9%, во фракции 5-10 мм – до 16%, что соответствует требованиям ГОСТ 8267.

Содержание зерен слабых пород во фракции 10-15 мм – не более 4%, во фракции 5-10 мм – не более 5%, то есть в целом не превышает 5%, что по проч-

ности соответствует щебню марки 1000.

Содержание пылевидных (илистых) частиц в щебне не более 0,3%. Щебень из амфиболитов структуроустойчив против железистого и силикатного распада. При этом потеря в массе составила соответственно 1,0-1,5 и 2,5%, то есть в целом не превышает 5%, требуемых по ГОСТ 9760.

Морозостойкость щебня определена ускоренным методом в растворе сернокислого натрия. Потеря в массе испытуемого щебня в растворе сернокислого натрия составила после 5 циклов испытаний 1,2%; 10-2,6%; 15-2,93%, что по морозостойкости соответствует марке  $M_{рз}$ -200, т.е. щебень из амфиболитов является морозостойким.

Прочность в массе при испытании щебня в полочном барабане составила для фракции 10-15 мм 6,7%, фракции 5-10 мм – 8%. Отсюда марка щебня по износу – И-1.

Показатель испытания на копре ПМ составил 147 условных единиц, что по сопротивлению удару соответствует марке У-75.

Вышеприведенные физико-механические характеристики щебня из амфиболитов Ингулецкого месторождения, соответствующие требованиям ГОСТ 82267, а также хорошая полируемость амфиболитов дают основание рекомендовать его в качестве заполнителя декоративного бетона, т.е. для изготовления мозаичной (брекчиевой) плитки, [3, 4].

Были исследованы свойства декоративного бетона из щебня амфиболитов. Составы бетонных смесей разработаны расчетно-экспериментальным методом в соответствии с требованиями ГОСТ 27006.

Для приготовления образцов декоративного бетона из щебня амфиболитов использовался портландцемент белый марки 400, реологические свойства бетона улучшали добавками ПДК (плав дикарбоновых кислот) – 0,7% массы цемента.

В качестве пигментов применены: охра, лимонный, окись хрома, синька, черный пигмент производства керамплитки, красный шлам глиноземистого производства. Эти пигменты безвредны, светоустойчивы, передают свой цветовой фон бетонной смеси, уменьшают объемы деформации при твердении и изменении влажности окружающей среды.

Прочность полученных образцов при сжатии в возрасте 28 сут при твердении в нормальных тепловлажностных условиях составила 100-108% от расчетной, истираемость – 0,10-0,55 г/см<sup>2</sup>, марка по морозостойкости – 150-200, коэффициент камненасыщения -0,70-0,75, водопоглощение – 0,95-1,94%, что соответствует требованиям ГОСТ 7025. Класс бетона – Б-20, водонепроницаемость бетона  $w=8$ .

После шлифовки и полировки образцов получаются поверхности хорошей цветовой выразительности с привлекательным плотным структурным рисунком и равномерным распределением заполнителя.

Полученные характеристики бетона, изготовленного на основе щебня из амфиболитов Ингулецкого месторождения позволяют рекомендовать последние для производства мозаичной (брекчиевой) плитки, мозаичных смесей для полов, приступов, подоконников, лестничных площадок.

Запасы бокситов с низким содержанием кремнезема (основного алюминиевого сырья) на Украине весьма ограничены, поэтому в переработку начинают вовлекаться низкокачественные высококремнистые бокситы, глины, каолины и другие алюминесодержащие породы. Применяемый традиционный метод Байера для обогащения бокситов является сложным и дорогим. Наличие же кремнезема в бокситовой руде приводит к значительным осложнениям при производстве глинозема; ухудшается отстаивание красного шлама, особенно если кремнийсодержащим минералом является каолинит, происходит значительная потеря щелочей и глинозема.

Область применения бокситов зависит от кремниевого модуля (отношение содержания глинозема к содержанию кремнезема, в процентах). Так, при кремниевом модуле, равном 8-12, бокситы пригодны для производства глинозема, электрокорунда и глиноземистого цемента, огнеупоров, мартеновского производства. Кремниевый модуль бокситоподобных пород ИнГОКа равен 0,3-0,5. Одним из способов повышения качества сырья является уже применяемое в мировой практике новое направление – биотехнология, в рамках которого разрабатываются способы извлечения металлов из руд, отходов производства, вредных примесей из концентратов под действием микроорганизмов при нормальном давлении и температуре.

Перспективы применения бокситоподобных пород как цементного сырья: применение бокситов для специальных цементов улучшает их способность к быстрому затвердению и повышает устойчивость к коррозии сернокислыми водами. Эти бокситы могут содержать до 10-30% оксидов железа.

Породы коры выветривания амфиболитов и породы известняков ИнГОКа используются для приготовления шихты клинкера цемента. Сопоставление химического состава известняков ИнГОКа с требованиями цементной промышленности показывают, что среди первых имеются разновидности, являющиеся потенциальным сырьем для производства вяжущихся материалов. Для испытания известняков были проведены полупромышленные научно-исследовательские работы с отбором и обработкой проб. Пробы отбирались из тонко издробленного предварительно материала, после смешивания дополнительно истирались в фарфоровой ступке в течение 3 мин, затем обжигались в муфельной печи при температуре примерно 940°. После спекания пробы вновь истирались до получения тонкоизмельченного порошка. Затем материал замачивался водой до образования тестообразной массы, включая 3 этапа твердения таких веществ. На первом этапе вяжущее растворялось в воде до образования насыщенного раствора. На втором – происходило схватывание или присоединение воды к твердой фазе и возникновение коллоидных гидратных соединений. Третий период – период кристаллизации и твердения, когда гелеобразные новообразования превращались в кристаллический сросток, что сопровождалось твердением и нарастанием прочности. Из такой тестообразной массы приготавливались кубики размером 3x3 см<sup>2</sup>. После затвердения испытывались на 5-тонном прессе с ценой деления 16,5 кг.

Эти же породы испытывались на цементное сырье с применением механоактивации. Тонко измельченный материал дополнительно измельчался в течение 3

мин на виброистирателях. Затем производился обжиг в муфельной печи при температуре 1100°C в течение 3 ч. После охлаждения материал измельчался, растворялся водой, брикетировался и после затвердения испытывался на сжатие.

Механоактивация улучшила свойства вяжущего по сравнению с предыдущими опытами, однако получить клинкер дающий кондиционный материал, не позволила.

Данный испытания проводились для предварительной оценки горных пород ИнГОКа как сырья для получения вяжущих. Поэтому рекомендуется продолжить исследования органогенных известняков месторождения с добавкой бокситоподобных пород как вяжущего сырья.

Выполнены предварительные исследования бокситоподобных пород как пигментов. Делались добавки данного материала в брекчиевую плитку и приготавливались специальные композиционные смеси.

В первом случае пигмент оказался безвредным, светоустойчивым. Свой цветной фон он передавал бетонной смеси. Данный пигмент применяется при производстве брекчиевой плитки.

Композиционные смеси для покрытия строительных изделий приготавливаются из бокситовидных пород, тальковых сланцев и известняков, а также жидкого стекла.

Отдельно каждой смесью в жидком состоянии покрывалась поверхность кирпича и обжигалась в муфельной печи при температуре 900<sup>0</sup> С в течение 3 ч. Поверхность устойчива к растрескиванию, не размокает после длительного действия влаги, имеет привлекательный цвет, который можно менять.

В технологической схеме производства декоративного щебня и песка из амфиболитов используется дробильно-сортировочное оборудование, позволяющее выпускать промытый щебень фракции 5-10, 10-15 (при 10-20) мм и декоративный песок фракции 2,5-5 (3-5) мм.

Взорванная масса амфиболитов с размером куска не более 50 мм подается автопогрузчиком в приемный бункер, откуда пластинчатым питателем транспортируется в щековую дробилку СМД-110 (приемное отверстие -600-900 мм и выходная щель шириной 75 мм), далее материал подается в конусную дробилку КСД-1200 Гр (выходная щель шириной 20-25 мм), затем дробленый материал ленточным конвейером доставляется на трехъярусный грохот ГИЛ-42, где разделяется на фракции +20, 20-10, 10-0 мм. Материал крупностью более 20 мм возвращается на додрабливание в дробилку КСД-1200 Гр. Щебень фракции 10-20 мм промывается на грохоте и поступает на склад. Фракция 0-10 мм на следующем грохоте ГИЛ-42 разделяется на фракции 5-10, 3-5 мм и промывается, а отсев размером 0-3 мм в виде пульпы подается в спиральный классификатор 1КСН-12. здесь материал освобождается. Песок и щебень направляются на склад готовой продукции.

С учетом возможных колебаний в объеме из-за спроса на декоративный щебень, ограниченной возможности транспортирования продукции в близлежащие области разработана схема, расширяющая фракционный состав выпускаемого щебня.

Технология приготовления декоративного бетона может отличаться от обычной тем, что в процессе перемешивания вместе с составляющими бетон материалами в бетоносмеситель подается один из пигментов в количестве, установленном при определении состава бетона. В данном случае пигмент следующий: лимонный – 40 кг/м<sup>3</sup>, охра – 46, окись хрома – 26, синька – 3, черный – 34, красный шлам – 30.

Бетоносмесительный узел должен быть оснащен необходимым технологическим оборудованием для подачи и дозирования пигментов и добавок. Для обеспечения необходимой точности дозирования добавок целесообразно применять их в виде раствора минимальной концентрации. В этом случае водный раствор добавки может дозироваться с помощью дозатора для воды. Дозирование водных растворов добавок рекомендуется производить по массе.

При помощи технологии производства изделий из декоративного бетона предполагается изготавливать облицовочные плитки, подоконные доски, приступы, лестничные площадки, мозаичные полы, ритуальные траурные плитки и памятники. Изделия могут быть армированными и неармированными.

Формирование изделий следует производить лицевой стороной вниз. Формы для изделий должны быть изготовлены из металла таким образом, чтобы в процессе эксплуатации обеспечивалась неизменность их формы и размеров. Стыки и соединения отдельных элементов форм должны быть плотными, пригнанными так, чтобы не вытекало цементное молоко, но форма при этом должна быть достаточно проста, чтобы обеспечить удобство разборки и чистки форм. После очистки и сборки элементов форм они должны смазываться тонким слоем смазки, не влияющей на качество и цвет формируемых изделий. Смазка наносится кистью, пистолетом-распылителем или другими известными способами.

Устанавливаемая арматура должна быть обеспечена защитным слоем бетона необходимой толщины. Подача и укладка бетонной смеси в форму должна выполняться бетонораздатчиком или другим способом. Интервал времени между приготовлением и укладкой бетонной смеси в форму не должен превышать 30 мин.

Уплотнение бетонной смеси при изготовлении изделий должно осуществляться вибрированием. Продолжительность вибрирования бетонной смеси зависит от ее удобоукладываемости и высоты изготавливаемого изделия. Продолжительность вибрирования жестких смесей не должна превышать двукратного показателя их жесткости. К моменту механической обработки изделий (шлифовка, полировка) они должны иметь прочность не менее 10-20 МПа, которая достигается на 2-4-ые сутки твердения в нормально-влажных условиях и температуре не ниже 15-20°С.

Шлифование изделий может выполняться вручную, с помощью электрошлифовальных машин с гибким валом типа ИЭ-6103А и др. Шлифование поверхностей значительных размеров может быть выполнено мозаично-шлифовальными машинами, например на стационарных камнешлифовальных полировочных станках типа СМР-013.

Отшлифованные и отполированные изделия направляются потребителю или

на склад готовой продукции.

Выводы. Показана целесообразность использования амфиболитов из вскрышных пород железорудных месторождений. Предложены варианты технологии получения декоративного и строительного щебня, пигментного сырья, приготовления декоративного бетона и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куделя А.Д.. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горнообогатительных комбинатов УССР. – Киев: Наук. думка, 1984. – 496 с.
2. Архейский вулканизм зоны Криворожско-Кременчугского глубинного разлома// Плотников А.В., Петрусенко И.Ю.; Криворожский технический университет- Кривой Рог.-1996-12с. Ден.в УкрИНТЭИ 20.12.96.,№320-Уі - 96 с.
3. Станков А.П. Технологические методы комплексного использования Ингулецкого месторождения .Кривой Рог: НИГРИ, 1998. – 347 с.
4. Мигуцкий Л.Р. Комплексное использование сырья и отходов производства. Важный резерв повышения эффективности работы ГОКов Кривбасса. – ВКН.: Проблемы комплексного использования отходов промышленности в народном хозяйстве. Киев: Наук. Думка, 1972, Вып. 4. – С. 17-24.

**УДК 626.823**

А.А. Романов, С.П. Мусиенко,  
А.В. Мишутин

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Наведено особливості розробки і впровадження спеціальних технологій підвищення водонепроникливості і гідрозахисту залізобетонних конструкцій гідротехнічних споруд.

### **TECHNOLOGICAL ASPECTS MAINTENANCE WATERTIGHT OF FERRO-CONCRETE DESIGNS OF HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES**

The features of development and introduction of special technologies of increase of water resistance and hydroprotection of Ferro-concrete designs of hydraulic engineering structures are given.

Строительство гражданских и промышленных подземных и заглубленных объектов постоянно совершенствуется. В решении задач по повышению качества и снижению стоимости строительства, большая роль принадлежит эффективным ограждающим конструкциям из бетонов и железобетонов. Однако бетоны обладают рядом специфических особенностей, основная из которых состоит в том, что они имеют капиллярно-пористое строение, чем объясняется их водопоглощение, газо- и воздухопроницаемости. В эксплуатации эта особенность при неблагоприятных условиях приводит к снижению основной нормируемой характеристики (прочность, морозоустойчивость, водонепроницаемость, теплоизоляционные свойства и др.), а в некоторых случаях способствует снижению расчетного срока службы несущих и ограждающих конструкций и других конструктивных элементов. Увлажнение агрессивными водами поверх-