

Акад. НАН Украины А.Ф. Булат,  
д-р техн. наук В.П. Надутый  
(ИГТМ НАН Украины),  
канд. техн. наук Е.З. Маланчук  
(Национальный университет водного  
хозяйства и природопользования)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

У роботі наведений аналіз створення та використання техногенних відходів гірського виробництва як потенційне джерело мінеральної сировини.

## **PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RAW BASE MOUNTAIN MANUFACTURES ON THE BASIS OF COMPLEX PROCESSING OF MANUFACTURES WASTES**

In work the analysis of creation and use the wastes of mountain manufacture as a potential source of mineral raw material is given.

Многолетняя практика добычи полезных ископаемых привела к усложнению процесса производства. Это связано с увеличением глубин карьеров и шахт, снижением процентного содержания полезных компонентов в добываемой горной массе, увеличением капитальных и текущих затрат на тонну добываемой продукции, усложнением экологической ситуации в промышленно насыщенных регионах за счет постоянно увеличивающейся массы отходов горного производства. При этом их ресурсы, накопленные в техногенных месторождениях полезных ископаемых, оцениваются как альтернатива природным коренным месторождениям.

Чрезвычайно актуальной становится проблема переработки отходов горного производства. Отвалы карьеров, шламо- и хвостохранилищ обогатительных фабрик, терриконы шахт, шлаковые отвалы ТЭЦ, металлургических заводов и др. занимают огромные территории плодородных земель, осложняют экологическую ситуацию промышленных регионов, увеличивают в несколько раз предельно допустимые нормы вредных веществ в почве, воде и воздухе.

Вместе с тем эти огромные отвалы отработанной горной массы по своим объемам и процентному содержанию полезных элементов являются техногенными месторождениями, которые смогут дополнить сырьевую базу Украины при их переработке по комплексной безотходной технологии, освободить для народного хозяйства колоссальные земельные территории и улучшить экологическую обстановку. В качестве примера можно привести суммарный объем шламоохранилищ 65 угольных обогатительных фабрик Украины, в которых по выполненным исследованиям [1, 2] содержится около 120÷130 миллионов тонн мелкодисперсной угольной массы. (Напомним, что годовая добыча угля в Украине в 2011 году составила около 80 млн. тонн).

Для того чтобы разработка шламоохранилищ приобрела промышленный ха-

рактически по извлечению угольной массы и силикатов необходима разработка научно обоснованной технологии их извлечения, учитывающая физико-механические особенности шламов в различных регионах добычи и обогащения угля.

Выполненный комплекс исследований в этом направлении показал [3, 4, 5], что соблюдение рекомендованных технологических требований с использованием для этого специального оборудования позволяют получать кондиционный товарный продукт в виде тонкоизмельченной угольной и силикатной массы.

К настоящему времени в Институте геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины разработаны технология и необходимое оборудование, проведены их испытания на ряде шламохранилищ Донбасса и показано, что содержание угольной массы до 40 % от общей массы шламохранилища может быть извлечено и отправлено на ТЭЦ. Силикатная масса после переработки может быть использована как строительный материал [5, 6].

В Украине функционирует около 290 угольных шахт. В результате этого ландшафт пополнился тысячами пятистами терриконами с содержанием породы в десятки миллионов тонн каждый. Некоторые из них годами горят, являясь колоссальным источником не востребованной энергии. А там, где уголь не подвержен самовозгоранию, его содержание в терриконах достигает 30 %. Нами разрабатывается технология и оборудование для извлечения угля из отвальных пород, которые после переработки могут стать отличным строительным материалом или сырьем для извлечения алюминия (до 27 %), германия (до 5,0 %) и других ценных компонентов. Кроме того, выполнен комплекс исследований по использованию тепловой энергии терриконов на основе модернизации схемного решения установки тепловых насосов. При этом по скромным расчетам начальные капитальные затраты окупаются в течение 1,5 лет.

Заслуживают внимания хвостохранилища обогатительных фабрик железорудных и марганцевых комбинатов. Их объемы огромны. Достаточно сказать, что годовая добыча руды в одном карьере составляет около 30 млн. тонн в год, выход концентрата около 17 млн. тонн. Остальное – отходы, где содержится высокий процент окисленного железа, которое при существующей технологии не обогащается. За 40÷50-летнюю практику разработки месторождений их отходы приобрели гигантские объемы. Они – техногенны, и необходима государственная программа по разработке технологии их переработки, а также оборудования для ее реализации.

Лежалые хвосты обогащения Вольногорского горно-обогатительного комбината по усовершенствованной схеме обогащения позволяют получать высококачественный вторичный концентрат титана. При этом рентабельность освоения этой технологии оценивается в 50 %.

Возросший интерес исследователей к базальтовым месторождениям и сопутствующим им горным породам вызван богатым минералогическим составом, элементы которого представляют промышленный интерес, а также значительными разведанными запасами сырья. С этих позиций, изучение свойств, состава, физико-механических характеристик, технологии добычи, рудоподготовки и извлечения требуют дополнительных исследований. В настоящее время

базальты Волыни используются только как строительный материал, а сопутствующие им туфы и брекчии, кварцевые пески и карбонаты складываются в отвалы и, практически, не используются. При этом они занимают огромные площади, усложняя экологию Полесья. Такое использование добытой горной массы не является рациональным и, учитывая масштабы карьерной добычи базальтов и объемы отвалов, возникает актуальная необходимость изучения и разработки технических предложений по безотходной технологии переработки добытой горной массы.

Такая точка зрения основывается на выполненном комплексе исследований и данных геологических разведок [7-12]. Установлен генезис, морфология образований и различные генерации самородной меди (в виде окислов) в лавобрекчиях, туфах и непосредственно в базальтах. Установлены наиболее перспективные уникальные районы содержания самородной меди. Геологи Ровенской экспедиции установили перспективный Рафаловский рудный узел с интенсивным проявлением самородной меди, железа и титана [9], при этом медь в самородках имеет чистоту 99,7÷99,8 % и ее содержание обнаружено как в базальтах, так и в лавобрекчиях и туфах в различной форме включений и в количестве до 0,4 %, а в некоторых случаях встречаются гнездовые вкрапления с содержанием меди до 4÷5 % [12].

Исследованиями, выполненными в Институте геотехнической механики НАН Украины (г. Днепропетровск) совместно с учеными Университета водного хозяйства и природопользования (г. Ровно), показан элементный состав на примере Рафаловского базальтового карьера составляющих базальтовой горной массы (табл. 1). При этом наиболее крупные дендритной формы включения меди встречаются в лавобрекчиях, пластинчатые – в базальтах и точечные или в виде тонких пленок – в цеолит-сметитовых туфах. В табл. 2 представлены результаты анализа содержания элементов в образцах туфа на различных базальтовых карьерах Волыни, а в табл. 3 показаны результаты анализа по содержанию элементов в туфах Рафаловского карьера по годам, что позволяет оценить временную перспективность их переработки.

К настоящему времени Рафаловское базальтовое месторождение выбрано как базовое для проведения исследований по составу, рудоподготовке и извлечению всех трех составляющих базальтового сырья. Конечным результатом этих исследований является разработка технологии комплексной переработки базальтового сырья при добыче и в отвалах.

Отработка уступов карьера ведется буровзрывным методом. Взорванная масса содержит туф, лавобрекчию (находится в виде прослоек мощностью 0,5-1,0 м в массиве базальта) и непосредственно базальт. При этом избирательный экскаваторный отбор базальта из взорванной горной массы имеет потери базальта, которые вместе с туфом и лавобрекчией складываются в отвалах. Поэтому разрабатываемая технология рудоподготовки и извлечения железосодержащей и титановой части (рутил, магнитовосприимчивая часть), самородно-медной части (электростатически и электродинамически восприимчивой), а также силикатная часть для каждой из трех составляющих имеет свои особенности и требует соответствующего оборудования. В ИГТМ НАН Украины на

лабораторном уровне отработаны указанные технологии. Для их реализации на уровне изобретения создано часть необходимого оборудования, в частности, вибрационные грохоты тонкой классификации (по крупности разделения до 40 микрон), вибромельницы, ограничивающие тонину измельчения горной массы, валковые вибрационные классификаторы для трудногрохотимых материалов. Кроме того, разработаны способы комплексной переработки базальтового сырья и использования его конечных продуктов.

Таблица 1 – Результаты спектрального экспресс-анализа базальтового сырья

Наименование элементов	Место отбора проб. Концентрация элементов, %			
	Рафаловский карьер. Лавобрекчия базальтовая медьсодержащая	Рафаловский карьер. Базальт афонитовый с прожилково-вкрапленной самородно-медной минерализацией	Рафаловский карьер. Базальтовый туф с рассеянно-вкрапленной прожилковой самородно-медной минерализацией	Карьер Иванова Долина. Порода – базальт
Магний	0	0	0	0
Алюминий	0	0	0	0
Кремний	23,0	30,19	30,9	30,528
Фосфор	1,76	0	0	0
Сера	1,44	1,849	1,377	1,26
Калий	2,07	2,0	1,28	1,86
Кальций	19,85	17,5	6,3	14,947
Титан	3,09	3,28	3,988	5,5291
Хром	0,126	0,129	0,198	0,12432
Марганец	0,348	0,045	0,815	0,47733
Железо	45,7	42,2	52,06	43,318
Никель	1,66	1,498	2,177	1,54
Медь	0,774	0,4363	0,703	0,175
Цинк	0,198	4,717	3,059	5,58
Стронций	9,42	0,2	0,106	0,17

Таблица 2 – Содержание элементов в образцах туфа на различных карьерах. Концентрация, в %

Наименование элементов	Рафаловский карьер	Берестовецкий Карьер	Карьер Ивана Долина
Алюминий	0,03	10,2	3,0
Кремний	30-32	57,2	42,0
Фосфор	0,1	0	0,15
Сера	1,2	0,3	0
Калий	1,3	2,4	4,8
Кальций	6,4-12,1	15	37,5
Титан	2,8-4,0	1,3	0,5
Хром	0,2	0,05	0,1
Марганец	0,070	0,12	0,07
Железо	48-50	12,8	7,0
Никель	0,2	0,1	0,01
Медь	0,4-0,7	0,17	0,6-1,0
Цинк	0,05	1,2	0,07
Стронций	0,07-0,1	0,07	0,07

Таблица 3 – Результаты спектрального экспресс-анализа туфа

Наименование элементов	Содержание элементов в пробах туфа на Рафаловском карьере по годам, %				
	2005	2006	2007	2008	2009
Алюминий	0	0,07	0,07	0,03	0,07
Кремний	30,916	32,1	31,6	32,0	32,5
Фосфор	0,1	0,15	0,15	0,15	0,07
Свинец	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
Калий	1,281	1,41	1,51	1,52	1,60
Кальций	6,34	9,8	10,8	12,5	12,1
Титан	3,98	7,0	2,8	1,8	2,6
Хром	0,198	0,3	0,1	0,07	0,07
Марганец	0,81	0,05	0,07	0,15	0,15
Железо	52,06	48,1	51,3	50,8	49,9
Никель	0,217	0,07	0,05	0,09	0,05
Медь	0,70	0,2	0,6	0,40	0,45
Цинк	0,055	0,05	0,007	0,009	0,007
Стронций	0,106	0,006	0,007	0,007	0,007
Цирконий	0,28	0,2	0,15	0,1	0,15
Кобальт	0,02	0,01	0,05	0,05	0,03

Таким образом, анализируя ресурсные резервы промышленных отходов, которые накоплены в техногенных месторождениях полезных ископаемых специ-

алистами оценивается как серьезная альтернатива природным коренным месторождениям полезных ископаемых или как дополнительная возможность обеспечения сырьем. Проблема освоения технологий комплексной безотходной его переработки является актуальной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П. Обоснование метода определения эффективности разработки техногенных отходов углеобогащения / В.П. Надутый // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 29(70)–30(71). – С. 224-226.
2. Золотко А.А. О ресурсной ценности забалансовых шламов / А.А. Золотко, И.П. Курченко // Уголь Украины. – 2002. – № 2-3. – С. 67.
3. Надутый В.П. Тонкое вибрационное грохочение при переработке угольных шламов / В.П. Надутый, А.И. Шевченко // Геотехническая механика : Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 59. – С. 164-169.
4. Технологические регламенты углеобогащительных фабрик : Справочно-информационное пособие: Утв. к созданию ученым советом УкрНИИУглеобогащения Министерства топлива и энергетики Украины / А.Д. Полулях. – Днепропетровск, 2002. – 856 с.
5. Надутый В.П. Метод определения ситового состава и запасов угля в шламохранилище / В.П. Надутый, И.П. Хмеленко // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 44(74). – С. 148-155.
6. Патент на корисну модель № 39362, Україна, МПК В 07 В 1/40. Грохот вібраційний / Надутий В.П., Ягнюков В.Ф., Хмеленко І.П. Заявка № U200810796. Заявл. 01.09.2008. Опубл. 25.02.2009, Бюл. № 4 – 4 с.
7. Патент на корисну модель № 42265, Україна. Спосіб підготовки мідевісних базальтів до комплексного збагачення / Булат А.Ф., Надутий В.П., Маланчук З.Р., Тимошенко І.А. Заявка № U200901225. Заявл. 05.05.2009. Опубл. 25.06.2009, Бюл. № 2.
8. Надутый В.П. Спосіб підготовки мідевісних базальтів до комплексного збагачення / В.П. Надутый, З.Р. Маланчук // Матеріали ІХ щорічної міжнародної пром. конф. – Славское-Киев – УИЦ "Наука. Техника. Технология". – 2009. – С. 363-364.
9. Надутый В.П., Маланчук З.Р., Прокопюк О.Н. Обоснование необходимости комплексной переработки цеолит-сметитовых туфов Волини // Матеріали міжнародної конф. "Форум гірників-2010" – Дніпропетровськ: Геологія. Національний гірничий університет, 2010. – С. 50-55.
10. Міденосні лавобрекції в трапах Волині / В.Г. Мельничук, В.В. Матеюк, Я.О. Косовський, М.Ф. Федорчук // В кн.: Геологічна наука та освіта в Україні на межі тисячоліть: стан, проблеми, перспективи". – Львів, 2000. – С. 115-116.
11. Сметь О.В. Критерії локалізації самородномідного зруднення в трапах венду Волині // Матеріали ІІІ наук.-виробничої наради геологів-зйомщиків України "Сучасний стан і задачі розвитку районних геологічних досліджень" – Київ-Рівне, 2005. – С. 98-102.
12. Пересадько М.П., Косовський Я.О. Самородне зруднення у трапах Волині // Матеріали ІІІ наук.-виробничої наради геологів-зйомщиків України "Сучасний стан і задачі розвитку районних геологічних досліджень". – Львів, 2005. – С. 205-206.

## **ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ДЕГАЗАЦИОННОМ ТРУБОПРОВОДЕ**

Розглянуто ізотермічне та неізотермічне турбулентний рух метаноповітряної суміші в дільничному дегазаційному трубопроводі.

## **FEATURES OF MOTION METHANE-AIR MIXTURE IN THE DEGASSING PIPELINE**

Isothermal and non isothermal considered the motion methane-air mixture in the decontamination line.

Увеличения глубины разработки угольных месторождений сопровождается соответствующим возрастанием концентрации метана и вероятности возникновения взрывоопасных ситуаций. На глубинах от 900 до 1500 м использование средств вентиляции становится недостаточным для ликвидации опасных скоплениями метана, что обуславливает использование дегазации угольных пластов и выработанных пространств.

Эффективность работы дегазационной системы зависит от сложности газопроводной сети, мощности вакуум-насосов, числа подсоединенных к трубопроводу дегазационных скважин, величины расхода газа и влаги из дегазационных скважин, а также технического состояния трубопровода.

При математическом моделировании движения газа в участковых дегазационных трубопроводах [1, 2] учитывается влияние подсосов воздуха и загрязненности трубопроводов на их расходные характеристики и гидравлическое сопротивление. Несмотря на это полученные результаты не всегда отражает реальную картину протекания газодинамических процессов в газопроводной сети, что связано с ее топологическими особенностями, а также влиянием внутренних и внешних факторов на характер изменения газодинамических параметров метановоздушной смеси (МВС).

К основным внутренним факторам относятся:

- местные и распределенные отложения;
- приточки воздуха в газопроводную сеть;
- влажность МВС и объемную концентрацию пыли в газовом потоке;
- межфазные взаимодействия и конвективный теплообмен.

В качестве внешних факторов можно рассматривать температуру и давление воздуха в выработке.

Горно-геологические и горнотехнические условия на каждой из шахт носят сугубо индивидуальный характер. В связи с этим большое значение имеет разработка комплекса мероприятий, способствующих повышению эффективности работы систем дегазации.

Выявление законов изменения основных технологических параметров транспортировки МВС в условиях неустановившегося движения является важным предметом исследований и имеет большое значение при проектирования, эксплуатации и реконструкции вакуумных трубопроводов.