

УДК 549:631.42 (477.63)

Инж. СМЕТАНА Н.А. (Криворізький технічний університет), канд. біол. наук
СМЕТАНА О.М. (Криворізький ботанічний сад НАН України)

МІНЕРАЛОГІЯ ТЕХНОГЕННИХ ҐРУНТІВ ХВОСТОСХОВИЩ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Криворіжжя – регіон з розвиненою гірничодобувною та металургійною промисловістю. З кожним роком до якості мінеральної сировини металургійної промисловості збільшуються вимоги, що призводить до нарощування обсягів переробки залізної руди. Збагачення залізних руд супроводжується утворенням структур, які не мають аналогів у природному середовищі - хвостосховищ, у яких після вилучення корисних компонентів складаються відходи збагачення – так звані хвости. Відомі два способи складування відходів збагачення руд – «сухий» та «вологий». На даний час найбільш поширеним є «вологий» спосіб складування хвостів – налив гідросуміші в спеціальні гідротехнічні споруди – хвостосховища. Внаслідок цього утворюється неоднорідний за мінеральним складом екологічно небезпечний техногенний поклад (техногенне родовище), який є джерелом сольового і пилового забруднення атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод та ґрунтів прилеглих територій. Його вивчення є актуальним в науковому і прикладному відношеннях, оскільки дозволяє встановити закономірності формування мінерального складу, а отже і оцінити можливості використання лежалих хвостів, як техногенної сировини. Екологічний аспект дослідження лежалих хвостів передбачає аналіз розвитку ґрунтів хвостосховищ і перспективи їх закріплення та рекультивації.

Сучасні технології переробки корисних копалин не дозволяють повністю вилучити рудні мінерали. В цілому в хвости потрапляє від 30 до 70% вихідної сировини, яка поряд з пустою породою, містить і цінні компоненти: залізо, алюміній, марганець, дорогоцінні метали і неметали. Тому доцільним є розробка технологій комплексної переробки корисних компонентів, що видобуваються, та переробка відходів збагачення корисних копалин. Завдання комплексного використання сировини в чорній металургії — раціональне використання основного і супутніх елементів в економічно виправданих межах, утилізація відходів збагачення і металургійних переділів без негативного впливу на навколишнє середовище. У роботах багатьох авторів [1-3] розглядається можливість застосування відходів збагачення залізних руд для повторної переробки без попереднього доподрібнення вихідного матеріалу. Можливе також отримання, при комплексній переробці, цінних матеріалів: мономінерального кварцу, гранатового, амфіболового, піроксенового, золоторудного і рідкіснометалевого (скандій, ітрій, лантаніди, ванадій) концентратів тощо.

Піщана складова хвостів може слугувати, як сировина для будівельної промисловості при виготовленні бетонних розчинів, силікатної цегли, теплоізолюючих матеріалів (пінобетону), матеріалів для будівництва доріг, виготовлення скла, керамічних виробів тощо [4-6].

Серією дослідів показана можливість отримати із хвостів мокрої сепарації, при доподрібненні с послідуочим дозбагаченням и перечисткою, гематитового концентрату з масовою долею $Fe_{\text{заг}}=63,01-63,78\%$ и високим ступенем розкриття зерен гематиту (98,2%) [7]. Також проводяться дослідження в області удосконалення технологій збагачення для більш ефективного вилучення залізної фракції і як наслідок зменшення надходження заліза у хвостосховища [8].

Але через економічні і технологічні чинники переробка лежалих хвостів може бути відкладена на довгий час, тому актуальним є питання їх раціонального складування, закріплення поверхні, зменшення негативного впливу на навколишнє

середовище. Найбільш поширеними методами пилоподавлення на хвостосховищах є покриття їх поверхні водою (змочування) та біологічне закріплення їх плесів (мазур). Можливість проведення рекультиваційних робіт обмежується гранулометричним, хімічним, мінеральним складом субстрату, вмістом та токсичністю водорозчинних солей та браком елементів живлення рослин.

Метою нашої роботи було визначення закономірностей і варіативності мінерального, гранулометричного, хімічного складу, фізичних і фізико-хімічних властивостей лежалих хвостів як техногенних ґрунтів.

При гідравлічному способі складування текучі хвости надходять до хвостосховища у вигляді хвосто-водяної пульпи. Відкладення хвостів на поверхні намивних відкладень супроводжується диференціацією часток за розміром. В зонах, близьких до місця випуску пульпи, розмір гранул намитих хвостів, як правило, є максимальним, у міру наближення до ставка-відстійника намиті відкладення характеризуються меншим розміром часток. Намив гідросуміші хвостів відбувається періодично і тому текстура їх макро- і мікрошарувата, поверхні шаруватості паралельні поверхні намиву. Гранулометричний склад характеризується різним співвідношенням жорсткового, псамітового, алевритового, аргелітового і пелітового компонентів (табл.1).

Табл. 1. Розподіл гранулометричних фракцій лежалих хвостів хвостосховища „Войково” ВАТ „Південний ГЗК”, %

Профіль	Медіанний розмір фракцій, мм							
	2,5	1,5	0,75	0,375	0,175	0,085	0,06	0,025
Профіль перпендикулярний дамбі								
1	0,44	6,79	10,98	31,47	25,37	6,12	3,69	12,35
4	0,24	5,22	9,57	26,69	36,31	5,89	3,83	10
7	0,11	1,42	7,96	15,88	40,39	7,2	4,63	17,76
Профіль паралельний дамбі								
II	0,33	3,8	15,55	23,51	38,25	5,96	3,06	8,81
IV	0,32	3,98	12,34	21,87	37,45	5,47	6,07	11,46
VI	0,27	5,01	13,26	22,88	35,98	6,24	5,06	10,08

За результатом аналізу топологічного розподілу гранулометричних фракцій лежалих хвостів встановлені закономірності, які описуються поліноміальними рівняннями 5, 6 порядку, з верифікованою прогнозною складовою тренду 1,25-2 інтервалу (30-40 метрів).

Для профілів, розташованих перпендикулярно дамбі хвостосховищ (рис. 1), рівняння має вигляд:

$$Y = -0,246X^6 + 3,4235X^5 - 36,477X^4 + 189,58X^3 - 497,75X^2 + 620,16X - 278,65 \quad (1)$$

Величина достовірності апроксимації є значною ($R^2=0,9563$).

Для профілів, розташованих паралельно дамбі хвостосховищ (рис. 2), рівняння має вигляд:

$$Y = -0,182X^6 + 3,2453X^5 - 34,527X^4 + 179,07X^3 - 468,96X^2 + 583,41X - 261,98 \quad (2)$$

Відповідно $R^2=0,9255$.

Ці функції слугуватимуть базою для побудови моделі просторового розподілу мінералів лежалих хвостів.

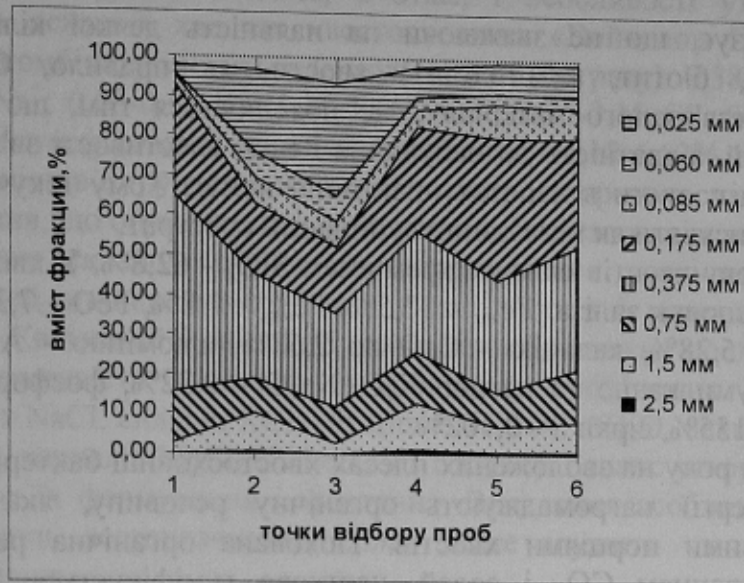


Рис. 1. Розподіл гранулометричних фракцій хвостів в профілі, що розташований перпендикулярно дамбі

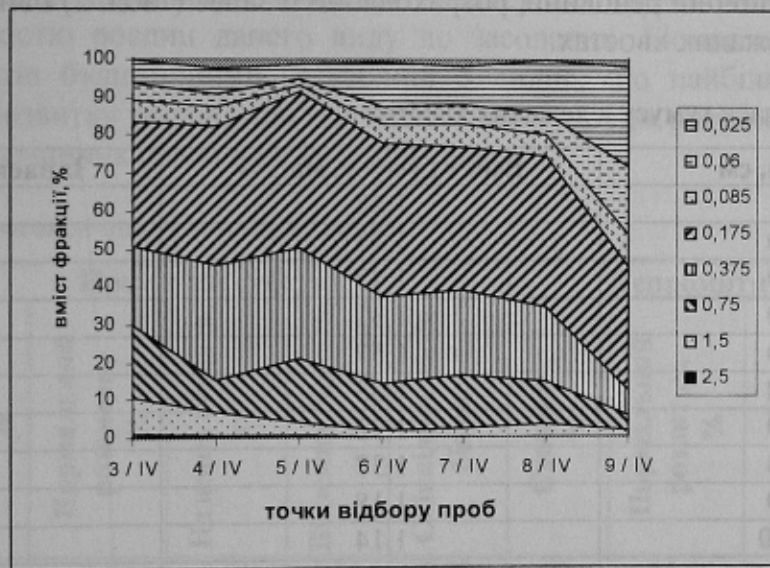


Рис. 2. Розподіл гранулометричних фракцій хвостів в профілі, що розташований паралельно дамбі

За аналітичними даними в хвостах встановлено низький вміст аргелітової і пелітової фракцій, що грають важливу роль в забезпеченні рослин поживними речовинами, негативно впливає на формування ґрунтового покриву, на водно-фізичні властивості лежалих хвостів. Їм властива висока водопроникність і низька вологоємність, вони не пластичні, не набухають, практично не утворюють водостійких агрегатів і мають рихлопідану структуру.

Мінеральний і хімічний склад хвостів зумовлює можливість їх біологічного закріплення. Основна частина складу хвостів представлена кварцом з інших мінералів присутні магнетит, гематит, гетит, пірит, кумінгтоніт, хлорит, біотит, гранат (альмандин), рібекіт, егірін, селадоніт, кальцит, сидерит, доломіт, ферридоломіт, тальк, польовий шпат та ін. [1, 2]. Середній вміст мінералів в хвостах ВАТ „ПівдГЗК”: кварцу

- 80-85%; гетиту - 4%; гідроокислів - 3%; магнетиту - 1,7-2,2%; карбонатів і силікатів - 8-10%.

Досвід показує, що не зважаючи на наявність деякої кількості глинистих мінералів (хлорит, біотит, кумінгтоніт) хвости, як правило, ближчі по своїх властивостях до незв'язаного матеріалу. Це пояснюється тим, що вміст глинистих мінералів незначний, а здатність до набухання і інші властивості зв'язних ґрунтів має лише монтморилоніт, якого в хвостах практично немає. Тому текучі та свіжі лежалі хвости доцільно описувати як незв'язний супіщаний субстрат.

Хімічну основу хвостів складає кремнезем SiO_2 - 62,8%. У хвостах відмічається підвищений вміст сполук заліза: $\text{Fe}_{\text{заг}}$ - 12,5%, $\text{Fe}_{\text{маг}}$ - 1,8%, FeO - 7,3%, Fe_2O_3 - 9,8%; магнію - MgO до 5,28%, кальцію - CaO до 2,58%, алюмінію - Al_2O_3 до 1,02% та незначний вміст суми калію та натрію $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ - 0,32%, фосфору P_2O_5 - 0,171%, марганцю MnO - 0,155%, сірки S - 0,102%.

У теплі пори року на зволжених плесах хвостосховищ бактерії та водорості під дією сонячної енергії нагромаджують органічну речовину, яка в зимовий час «замивається» новими порціями хвостів. Похована органічна речовина частково руйнується з утворенням CO_2 і солей, частково гуміфікується, що має важливе значення в ґрунтоутворенні, формуванні родючості ґрунту, живленні рослин.

Наявність гумусу є надзвичайно важливою функціональною і діагностичною ознакою ґрунтів. У будь-якому ґрунті гумус представлений гуміновими кислотами, фульвокислотами та їх солями. За загальноприйнятими методиками [9] було проведено аналіз вмісту органічної речовини, розрахований її запас (табл. 2) і виявлений груповий склад гумусу в лежалих хвостах.

Табл. 2. Вміст і запаси гумусу в лежалих хвостах

Глибина, см	Вміст гумусу, мас. %	Запаси гумусу, т/га
0-10	1,48	25,16
10-20	1,73	29,14
20-30	1,42	24,14
30-40	1,31	22,27
40-50	1,57	26,69
50-60	1,33	22,61
60-70	1,22	20,74
70-80	1,37	23,29
80-90	1,18	20,06
90-100	1,14	19,38
глибина 6 м	1,48	28,12

Останній характеризується вмістом органічного вуглецю - 0,54-0,79 мас.% і вуглецю, вилученого за допомогою $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, - 4,50-11,90 мас.%. В його складі міститься 1,0-3,0 мас.% гумінових кислот і 3,50-8,90% фульвокислот. Отже, в межах плесових ділянок хвостосховищ в умовах зволоження технологічними засоленими водами формуються специфічні ґрунти зі своєрідним мінеральним складом і досить значними для примітивних ґрунтів запасами характерної гумусової органіки фульватного типу. З урахуванням особливостей їх генезису, ці ґрунтові утворення названі нами техногенними седиментаційно-поліциклічними примітивними ґрунтами [10].

Одна з найбільш важливих властивостей ґрунту - його фізико-хімічна або поглинальна здатність - властивість ґрунту поглинати іони, які знаходяться на поверхні колоїдних частинок. Вона обумовлена вмістом колоїдних частинок, їх хімічним і мінеральним складом, рН ґрунту тощо. Поглинальна здатність хвостів і склад

поглинених ними з рідкої фази катіонів визначають здатність системи до коагуляції або пептизації колоїдної фракції хвостів, а отже, і особливості утворення ґрунтових агрегатів. Так, в лежалих хвостах хвостосховища «Войково» Південного гірничо-збагачувального комбінату міститься (ммоль/100 г субстрату): 0,38-0,52 Ca^{2+} ; 0,52-1,12 Mg^{2+} ; 1,38-3,26 Na^{+} ; 0,08-0,15 K^{+} ; 0,31-1,45 SO_4^{2-} ; 1,75-3,15 Cl^{-} ; 0,25-0,45 HCO_3^{-} , при загальному вмісті гуміфікованої органічної речовини – 1,18-6,62%.

Розподіл аніонів в ґрунтах плесів свідчить про хлоридно-сульфатне і сульфатно-хлоридне засолення, що обумовлено наявністю в хвостосховищі високомінералізованих вод. За катіонним складом ґрунти характеризуються натрієвим засоленням. На перерозподіл солей впливає мінеральний склад хвостів і просторова диференціація намитих хвостів. Катіонний і аніонний склад водної витяжки досліджених субстратів свідчить про можливість наявності в них таких розчинних мінералів, як гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, галіт NaCl , сильвін KCl , мірабіліт $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, нахколіт NaHCO_3 , трона $\text{Na}_3(\text{HCO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, карналіт $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ і т.д. [11]. Баланс утворення цих мінералів залежить від умов їх формування і зростання. Виявлення особливостей кристалізації мінеральних різниць легкорозчинних солей може служити ключем до розсолення ґрунтів хвостосховищ.

З метою оцінки фітотоксичності лежалих хвостів нами було закладено модельний експеримент. На вихідному і промитому дистильованою водою (який слугував контролем) субстратах було висіяно по 150 насінин пшениці, ячменю, гороху та соняшнику. В результаті було встановлено, що наземна біомаса ячменю на непромитих хвостах перевищує наземну біомасу на промитих субстратах, що обумовлено стійкістю рослин даного виду до засолення. Біомасові характеристики решти тест-об'єктів були іншими. З таблиці 3 видно, що найбільш вразливими є початкові стадії розвитку рослин, що пов'язано з поступовим розсоленням субстрату і міграцією легкорозчинних солей в нижні горизонти.

Табл. 3. Оцінка фітотоксичності лежалих хвостів

Тест-об'єкт	Промитий субстрат					Непромитий субстрат				
	Схожість, %	Нормальний розвиток, %	Наземна біомаса, г	Підземна біомаса, г	Співвідношення біомас	Схожість, %	Нормальний розвиток, %	Наземна біомаса, г	Підземна біомаса, г	Співвідношення біомас
Ячмінь	38	8,6	0,74	0,71	0,99	20	11,6	1,22	0,57	2,1
Пшениця	14	9,3	0,86	0,9	0,95	2	23,8	0,46	0,69	0,6
Соняшник	4	50	1,7	1,3	1,3	6	17	0,85	1,2	0,8
Горох	10,7	20,9	2,26	3,7	0,68	15,3	37,8	1,67	2,41	0,7

За результатами експерименту встановлено, що лімітуючим фактором розвитку рослинного покриву на досліджених субстратах (лежалих хвостах) є брак вологи, а не вміст легкорозчинних солей. При відсутності привнесення солей з текучими хвостами відбувається природне промивання субстрату за рахунок атмосферних опадів, що сприяє формуванню спонтанного рослинного покриву.

Таким чином, на плесових ділянках хвостосховищ в умовах зволоження технологічними засоленними водами формуються специфічні ґрунти зі своєрідним мінеральним складом (кварц, гетит, гематит, магнетит, карбонати і силікати) і досить значними для примітивних ґрунтів запасами характерної гумусової органіки фульватного типу. Розподіл аніонів в ґрунтах плесів свідчить про хлоридно-сульфатне і

сульфатно-хлоридные засоления. За катионным составом грунты характеризуются натриевым засолением. Дани грунтовые тела доцільно відносити до незв'язаних супіщаних субстратів з низьким вмістом аргелітової і пелітової фракцій, яким притаманні висока водопроникність і низька вологоємність, вони не пластичні, не набухають, практично не утворюють водостійких агрегатів і мають рихлопіщану структуру. При відсутності привнесения солей з текучими хвостами відбувається природне промивання субстрату за рахунок атмосферних опадів, що сприяє формуванню рослинного покриву.

Бібліографічний список

1. Бересневич П.В., Кузьменко П.К., Неженцева Н.Г. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ. - Москва: Недра, 1993. – 128 с.
2. Євтехов В.Д., Федорова І.А. Мінеральний склад хвостів Північного гірничозбагачувального комбінату // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 2002. – №1(7). – С. 90-98.
3. Легедза В.Я., Федорова І.А., Ковальчук Л.Н. Использование отходов обогащения фабрик как сырья для получения благородных металлов // Матеріали міжнародної наукової конференції "Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота". Львів, 27-30 вересня 1999 р. // Львів, 1999. – С. 75-76.
4. Зайцев А.К., Похвинец Ю.В. Экология и ресурсосбережение в черной металлургии // Соросский образовательный журнал. – 2001. – №3 (7). – С. 52-58.
5. Макаров В.Н., Манакова Н.К. Хвосты обогащения // Строительные и технические материалы из минерального сырья Кольского полуострова. - Изд-во КНЦ РАН. – 2003. – С. 211-214.
6. Сухорукова Р.Н., Пак А.А., Крошеников О.Н. Отходы обогащения железных руд – источник сырья для получения строительных материалов // Матеріали 2 міжнародної конференції «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». Москва, 15-18 сентября 2003 г. - Москва.: Узд-во РУДН. – 2003. – С.182-184.
7. Гзогян Т.Н., Мельникова Н.Д. Роль количественного минералогического анализа при оценке качества продуктов обогащения железистых кварцитов // Обогащение руд. – 2001. – №4. – С. 14-19.
8. Тарасенко В.Н., Кравцов Н.К., Кравцов В.Н. Направленное изменение свойств минералов при магнитной сепарации окисленных железных руд Кривбасса // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 1999. – №1. – С. 57-63.
9. Орлов Д.С., Гришина Л.А., Ерошичева Н.Л. Практикум по биохимии гумуса. - Москва: Изд. Московского университета, 1969. – 155 с.
10. Сметана О.М., Сметана Н.А. Мінеральний і хімічний склад техногенних ґрунтів Криворізького басейну // Записки Українського мінералогічного товариства. – 2006. – №3. – С.170-172.
11. Буанани А. Технологическая минералогия щелочей богатых железных руд Криворожского бассейна: Автореф. канд. дис. - Кривой Рог: Криворожский технический университет, 1997. – 16 с.

© Сметана Н.А., Сметана О.М., 2008

УДК 622.82

Студ. СОЛОВЬЕВА Е.А., канд. геол. наук ПРОСКУРНЯ Ю.А. (Донецкий национальный технический университет)

ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ ЗАКРЫВАЮЩИХСЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ (НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ "ГОРНЯК" ПО "СЕЛИДОВУГОЛЬ")

Донецкая область является регионом Украины, где экологическая обстановка достигла кризисного состояния. Огромное количество предприятий коксохимической, металлургической, горной и других видов промышленности насыщают воздух, землю и воду Донбасса всевозможными отходами производства. При том, что область занимает всего лишь 5% территории страны, на ее долю приходится 40% вредных выбросов Украины. В атмосфере городов Донбасса присутствуют в высоких концентрациях