

### ПЕРЕРОБКА ОСАДІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ РЕАГЕНТНОМУ ОЧИЩЕННІ ШАХТНИХ ВОД ВІД СУЛЬФАТІВ

**І. М. Трус, Г. Ю. Флейшер, М. Д. Гомеля, В. В. Токарчук**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: inna.trus.m@gmail.com

При розробці вугільних пластів на 1 тону добутого вугілля приходится 3 м<sup>3</sup> води, тому проблема утилізації та очищення шахтних вод є досить важливою і актуальною проблемою, що потребує свого вирішення. У роботі наведені результати дослідження очищення шахтних вод реагентними методами при використанні алюміній вмісних коагулянтів, та розглянуті методи подальшої утилізації отриманого осаду у будівельній промисловості. Вивчені процеси очищення води від сульфатів при обробці вапном, 2/3 гідроксохлоридом алюмінію чи алюмінатом натрію. Визначено вплив обробки води магnezитом на ефективність очищення води від сульфатів та ефективність її пом'якшення. Показано, що високий ступінь очищення води від сульфатів та її пом'якшення досягається при використанні вапна, гідроксоалюмінату натрію та магnezиту. Реагентні методи ґрунтовані на осадженні сульфогідроксоалюмінату кальцію –  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ , оскільки дані осадки схожі на один з продуктів гідратації цементу – еtringіт, тому їх доцільно утилізувати в будівельній промисловості. Встановлено, що осадки після реагентного пом'якшення води можуть використовуватись в будівельній індустрії як часткова заміна цементу, добавка-активатор, розширлива добавка для розширюючих і безусадочних цементів і бетонів.

**Ключові слова:** демінералізація води, пом'якшення, коагулянт, осад, цемент.

### ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКЕ ШАХТНЫХ ВОД ОТ СУЛЬФАТОВ

**І. Н. Трус, А. Ю. Флейшер, Н. Д. Гомеля, В. В. Токарчук**

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

просп. Победы 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: inna.trus.m@gmail.com

При разработке угольных пластов на 1 тонну добытого угля приходится 3 м<sup>3</sup> воды, поэтому проблема утилизации и очистки шахтных вод является весьма важной и актуальной проблемой, требующей своего решения. В работе приведены результаты исследования очистки шахтных вод реагентными методами при использовании алюминий содержащих коагулянтов, и рассмотрены методы дальнейшей утилизации полученных осадков в строительной промышленности. Изучены процессы очистки воды от сульфатов при обработке известью, 2/3 гидроксохлоридом алюминия или алюминатом натрия. Определено влияние обработки воды магnezитом на эффективность очистки воды от сульфатов и эффективность ее умягчения. Показано, что высокая степень очистки воды от сульфатов и ее умягчения достигается при использовании извести, гидроксоалюмината натрия и магnezита. Реагентные методы ґрунтовані на осадженні сульфогідроксоалюмінату кальцію –  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ , поскольку данные осадки похожи на один из продуктов гидратации цемента – еtringит, поэтому их целесообразно утилизировать в строительной промышленности. Установлено, что осадки после реагентного умягчения воды могут использоваться в строительной индустрии как частичная замена цемента, добавка-активатор, расширяющая добавка для расширяющих и безусадочных цементов и бетонов.

**Ключевые слова:** демінералізація води, умягчение, коагулянт, осадок, цемент.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** На сьогоднішній день для України є характерним як кількісне, так й якісне виснаження водних ресурсів через їх забруднення. Найбільш гостро дефіцит водних ресурсів відчувається у Луганській та Донецькій областях, що зумовлено значною кількістю підприємств, у результаті роботи яких утворюються суттєві об'єми шахтних вод [1].

При відпрацюванні пластів на 1 т вугілля припадає близько 3 м<sup>3</sup> води. У процесі вуглевидобутку із шахт галузі щорічно відкачують біля 750–770 млн м<sup>3</sup> води (25 м<sup>3</sup>/с). Очищені шахтні води скидаються в річки басейнів Азовського та Чорного морів: Азовського – Сіверський Донець з притоками, Міус, Кальміус; Чорного – Дніпро з притоками, Південний Буг. При цьому на частку річок басейну Азовського моря припадає біля 80 % загального об'єму шахтних вод вугільної галузі. У басейн Чорного моря вугільні підприємства України скидають біля 115 млн м<sup>3</sup> шахтних і кар'єрних вод; у Балтійське море шахтами

Львівсько-Волинського басейну скидається більше 15 млн м<sup>3</sup> шахтної води. Мінералізація основного об'єму шахтних вод становить 2–10 г/л, до того ж в ріки Міус і Кальміус скидається вода з мінералізацією 2–3 г/л, а у річку Сіверський Донець – з мінералізацією від 2 до 10 г/л і вище [2].

Шахтні води характеризуються підвищеною кислотністю, високою концентрацією різноманітних солей та високим умістом сульфат-іонів. Тому актуальною є розробка різноманітних методів для очищення стічних вод до значень, менших за ГДК.

При вапнуванні сульфатвмісних вод концентрацію сульфатів вдається знизити лише до 1500 мг/дм<sup>3</sup>, що зумовлено розчинністю гіпсу [3]. При використанні дорогих і токсичних сполук барію значно ускладнюється технологія очищення води [4]. Основною проблемою при використанні методів іонного обміну та зворотного осмосу є утворення сульфатвмісних рідких відходів, які складно утилізувати.

З урахуванням усіх вище названих недоліків методів, доцільно для очищення шахтних вод застосувати реагентні методи [5–7]. У світі для вирішення даної проблеми все більш широко застосовуються алюмінієві коагулянти високої основності – гідроксохлориди алюмінію. Також досить часто як коагулянти використовують алюмінат натрію. Дані методи базуються на осадженні сульфогідроксоалюмінату кальцію –  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ . Осад такого хімічного складу схожі на один із продуктів гідратації цементу – етрингіт, тому їх доцільно утилізувати в будівельній промисловості, в якій вже сьогодні використовується ціла низка відходів різних галузей: відходи металургійної промисловості, золошлакові відходи ТЕЦ, відходи гірничопереробної промисловості, деякі фракції твердих побутових відходів [8].

Мета даної роботи полягає у розробці безвідходного способу очищення шахтних вод від сульфатів при вапнуванні і використанні алюмінійвмісних коагулянтів із подальшою утилізацією отриманого осаду у будівельній промисловості.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** У процесі досліджень використовували воду із шахти Інгульська з вмістом сульфатів  $775,0 \text{ мг/дм}^3$ , хлоридів –  $331,3 \text{ мг/дм}^3$ , жорсткістю –  $18,0 \text{ мг-екв/дм}^3$ , вмістом іонів кальцію  $11,2 \text{ мг-екв/дм}^3$ , магнію –  $6,8 \text{ мг-екв/дм}^3$ , лужністю  $4,5 \text{ мг-екв/дм}^3$ ,  $\text{pH} = 8,0$ .

Як реагенти використовували вапно, гідроксоалюмінат натрію та  $2/3$  гідроксохлорид алюмінію (ГОХА), синтезований в лабораторії.

При обробці води вапном та алюмінієвим коагулянтом враховували витрату вапна та коагулянту залежно від вмісту сульфатів, жорсткості і лужності води.

Воду при перемішуванні обробляли розрахованою кількістю вапна і коагулянту, витримували при температурі  $40^\circ\text{C}$  у термостаті протягом трьох годин. Осад відділяли на фільтрі, в фільтраті визначали вміст сульфатів, жорсткість та лужність. Через фільтрат пропускали  $\text{CO}_2$  до досягнення  $\text{pH} = 7\text{--}8$ . Осад, що утворився, відділяли на фільтрі.

Вміст сульфатів визначали фотометричним методом, хлоридів – методом Мора, лужність і жорсткість – за стандартними методиками.

Для дослідження можливих шляхів утилізації утвореного на фільтрі осаду (далі по тексту «осад») в будівельній промисловості його висушили в лабораторній печі при температурі  $200^\circ\text{C}$  до постійної маси. Далі досліджувався вплив утвореного осаду на рядовий та композиційний цемент.

У роботі використовували рядовий портландцемент типу I марки 500 виробництва «Волинь Цемент». Для приготування композиційних цементів використовувалися активні мінеральні добавки: шлак доменний, зола-винесення, відходи вуглезбагачення.

Суміші для дослідження готувалися наступним чином. Окремі компоненти (цемент, активна мінеральна добавка, осад) перемішувалися у лабораторному кульовому млині протягом 20 хв. Співвідношення компонентів композиційного цементу (це-

мент:активна мінеральна добавка) становило 60:40.

Вплив осаду на властивості цементів оцінювався за наступними характеристиками: нормальна густина, строки тужавіння, міцність на стиск, розширення.

Нормальна густина і строки тужавіння визначалися на мініприладі Віка згідно з методикою, наведеною в [9].

Міцність на стиск визначалася за допомогою пресу на зразках-кубиках розмірами  $20\times 20\times 20 \text{ мм}$  за стандартною методикою, наведеною в [10].

Вимірювання розширення проводилося для сумішей рядового цементу з добавкою осаду на лабораторному пристрої з мікрометром. Для дослідження готувалося цементне тісто з  $\text{В/Ц}=0,5$ . Для прискорення часу проведення дослідів пристрій нагрівався до температури  $80^\circ\text{C}$ .

Результати з очищення води при використанні вапна та  $2/3$  гідроксохлориду алюмінію показані в табл. 1.

Ефективність очищення води від сульфатів при постійній витраті вапна підвищується в незначній мірі при збільшенні витрати алюмінієвого коагулянту, хоча при оптимальній витраті вапна збільшення дози  $2/3$  ГОХА не призводить до суттєвого підвищення ефективності вилучення сульфатів, а лише збільшується вміст хлоридів у воді. Концентрацію сульфатів вдалося зменшити до  $230\text{--}275 \text{ мг/дм}^3$ , при цьому жорсткість залишалася досить високою –  $7,25\text{--}9,00 \text{ мг-екв/дм}^3$ .

Використання основних реагентів призводить до значного підвищення лужності, що зумовлене надлишком луку в гідроксоалюмінаті натрію та використанням вапна при обробці води.

Нейтралізація води вуглекислотою дозволяє знизити лужність, що зумовлена надлишком вапна, а лужність зумовлена надлишком луку та переходить з гідратної в гідрокarbonатну. Однак використання вуглекислоти не лише призводить до ускладнення технології очищення води, але і значно підвищує її вартість. Тому для цих цілей було використано магnezит.

Оскільки в роботі [11] було встановлено, що ефективність не залежить від порядку додавання магnezиту, то його додавали через годину після внесення в оброблювану воду вапна і гідроксоалюмінату натрію. Це дозволило підвищити ефективність очищення води від сульфатів при ефективному її пом'якшенні. Луг реагує з магnezитом за рівнянням (1), при цьому відбувається зміщення рівноваги реакції в бік утворення продуктів:



Карбонат-іони зв'язують іони кальцію, що підвищує ефективність пом'якшення води.

Результати з очищення води від сульфатів за допомогою вапна, гідроксоалюмінату натрію та магnezиту, приведені в табл. 2.

Таблиця 1 – Вплив дози вапна та 2/3 гідроксохлориду алюмінію на ефективність вилучення сульфатів і іонів жорсткості при обробці розчину ( $[SO_4^{2-}] = 16,14$  мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $[Cl^-] = 9,32$  мг-екв/дм<sup>3</sup>; Ж = 18,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $[Ca^{2+}] = 11,2$  мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $[Mg^{2+}] = 6,8$  мг-екв/дм<sup>3</sup>; лужність = 4,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>; рН = 8,0) вапном і 2/3 гідроксохлоридом алюмінію

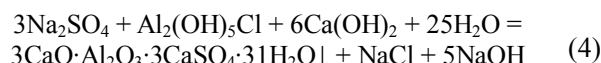
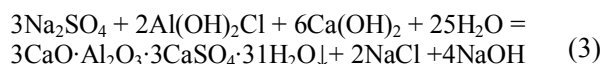
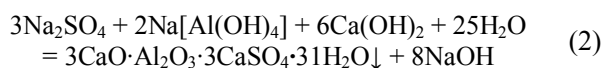
Доза СаО <sub>3</sub> , мг-екв/дм <sup>3</sup>	Доза 2/3 ГОХА (по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), ммоль/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Ж, мг-екв/дм <sup>3</sup>	Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>
20	3,65	520	539,5	15,5	1,4
20	4,65	505	546,8	16,0	1,2
20	5,45	480	575,1	18,0	1,1
25	3,65	485	539,6	14,0	1,9
25	4,65	350	546,7	13,5	1,5
25	5,45	430	568,0	16,0	1,9
30	3,65	430	539,6	11,9	1,8
30	4,65	375	546,7	13,5	1,7
30	5,45	285	568,0	13,2	2,0
30	6,25	275	603,5	7,25	3,7
30	7,05	270	624,8	8,5	4,2
30	8,65	267	639,0	9,0	4,0
30	10,25	230	659,0	8,75	3,2

Таблиця 2 – Залежність ефективності очищення Інгульської шахтної води від витрати вапна, алюмінату натрію і магнетиту

Доза СаО, мг-екв/дм <sup>3</sup>	Доза алюмінату (по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), ммоль/дм <sup>3</sup>	Доза MgCO <sub>3</sub> , мг-екв/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Ж, мг-екв/дм <sup>3</sup>	Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	Ступінь пом'якшення, Z, %	Ступінь очищення SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , А, %
20	2,75	20	410	3,4	6,2	81,1	47,1
20	3,35	20	370	3,1	6,3	82,8	52,3
20	3,80	20	340	2,3	7,1	87,2	56,1
25	2,75	25	320	3,3	6,0	81,7	58,7
25	3,35	25	305	3,1	6,5	82,8	60,6
25	3,80	25	190	2,1	7,4	88,3	75,5
30	2,75	30	265	3,2	6,0	82,2	65,8
30	3,35	30	255	2,2	6,0	87,8	67,1
30	3,80	30	145	1,2	7,6	93,3	81,3

Ефективність очищення води від сульфатів підвищується при збільшенні витрати реагентів. При цьому концентрація сульфатів в окремих випадках зменшується до 145–190 мг/дм<sup>3</sup> при залишковій жорсткості 1,2–2,1 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Зв'язування сульфатів при обробці вапном та алюмінієвими коагулянтами можна описати рівняннями:



Утилізація осаду у складі рядового цементу. Для початку добавка була введена до складу цементу в кількостях 2,5, 5,0 та 7,5 мас. %. Результати дослідження впливу добавки на фізико-механічні властивості цементу наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Фізико-механічні показники цементу з добавкою осаду

Склад, мас%		Нормальна густота, %	Строки тужавіння		Міцність на стиск, МПа		
цемент	осад		початок	кінець	1-а доба	3-а доба	28-а доба
100	0,0	29,5	45 хв	7 год 45 хв	16,5	33,9	34,1
97,5	2,5	27,5	45 хв	9 год 40 хв	12,1	33,9	34,8
95,0	5,0	27,0	9 хв	9 год 00 хв	13,6	32,9	33,4
92,5	7,5	28,5	9 хв	8 год 15 хв	14,5	31,6	34,8

Добавка осаду придатна до введення до складу цементу. На 1 добу спостерігається зменшення міцності, однак на третю та 28 добу (термін, визначений ДСТУ як контрольний, для випробування міцності

на стиск) не спостерігається спадів міцності. Таким чином, до 7,5 мас. % клінкеру або портландцементу можна замінити осадом без погіршення фізико-механічних показників матеріалу.

Нормальна густина цементу у міру збільшення вмісту осаду змінюється незначно.

При вмісті 5,0–7,5 мас. % осад поводить себе як прискорювач початкових строків тужавіння, а кінцеві строки, навпаки сповільнює.

Приведені вище склади цементів з осадом випробовувалися на розширення (рис. 1).

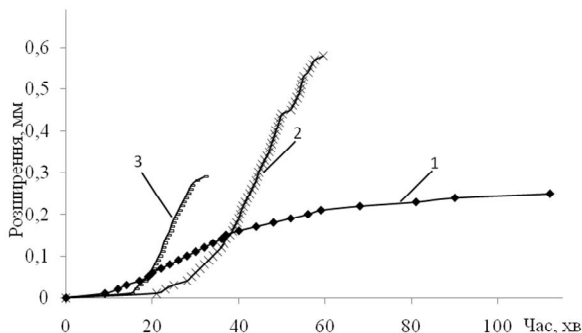


Рисунок 1 – Залежність розширення цементу з добавкою осаду від вмісту добавки: 2,5 % – 1; 5,0 % – 2; 7,5 % – 3

З даних графіку можна побачити, що оптимальним складом з так званого розширення є склад цементу з 5,0 мас. % осаду. Даний склад має вдвічі

більшу величину розширення (0,58 мм), ніж склади цементу з 2,5 та 7,5 мас. % осаду. Можна зробити висновок, що дану добавку можна вводити до складу цементу чи бетону з метою розширення виробу або компенсації зсідання.

*Утилізація осаду у складі композиційних цементів.* У будівельній промисловості виробляються та широко застосовуються цементи з активними мінеральними добавками (АМД), так звані композиційні цементи. На сьогодні найбільш застосовувана АМД – це шлак. У набагато меншій кількості застосовується у складі композиційних цементів зола-винесення, майже не застосовуються відходи вуглезбагачення. У складі АМД знаходять активний аморфізований кремнезем або аморфізовані глинисті компоненти, за рахунок чого АМД набувають гідровлічних властивостей, тобто здатні взаємодіяти з оксидом кальцію з утворенням аморфних гідросилікатів різного складу.

Оскільки рН осаду становить 14, була здійснена спроба вводити добавку до складу композиційних цементів (табл. 4–6). Дана добавка може активізувати тверднення композиційних цементів за рахунок вапнякової частини осаду та аморфізованих компонентів АМД.

Таблиця 4 – Фізико-механічні показники композиційного цементу з добавками шлаку та осаду

Склад, мас. %		Нормальна густина, %	Строки тужавіння		Міцність на стиск, МПа		
композиційний цемент	осад		початок	кінець	Одна доба	Третя доба	28-ма доба
100,0	0	25,0	50 хв.	7 год. 05 хв.	12,4	19,9	29,3
97,5	2,5	26,0	1 год. 20 хв.	8 год. 40 хв.	11,3	22,9	37,5
95,0	5,0	26,5	1 год. 15 хв.	8 год. 20 хв.	10,8	19,9	29,6
92,5	7,5	28,5	55 хв.	8 год. 15 хв.	8,9	21,3	26,8

Згідно з даними зі зміни міцності на стиск в усі контрольні строки, оптимальний вміст осаду в такому композиційному цементі – 2,5 мас. %. При цьому міцність на одну добу спадає не значно, на третю добу трохи зростає, на 28 добу спостерігається значний приріст міцності – на 28 %.

У міру збільшення вмісту осаду збільшується величина нормальної густоти зразків, однак не набагато – лише на 14 %.

Добавка при всіх концентраціях сповільнює строки тужавіння як початкові, так і кінцеві.

Таблиця 5 – Фізико-механічні показники композиційного цементу з добавками золи-винесення та осаду

Склад, мас%		Нормальна густина, %	Строки тужавіння		Міцність на стиск, МПа		
композиційний цемент	осад		початок	кінець	перша доба	третя доба	28-ма доба
100,0	0	27,5	2 год. 15 хв.	8 год. 15 хв.	4,8	13,6	18,9
97,5	2,5	28,5	2 год. 30 хв.	8 год. 00 хв.	6,8	13,5	20,3
95,0	5,0	30,0	2 год. 45 хв.	8 год. 45 хв.	7,1	14,3	19,6
92,5	7,5	31,0	2 год. 30 хв.	8 год. 30 хв.	5,0	12,1	17,3

Враховуючи показники міцності на стиск в усі строки, оптимальний вміст добавки осаду в даному композиційному цементі – 2,5–5,0 мас. %. При цьому міцність на стиск на одну добу порівняно з контрольним зразком збільшується суттєво – на 42–48 %, на третю добу значно меншою мірою – на 0–5 %, на 28 добу – на 4–7 %.

Нормальна густина зразків у міру збільшення вмісту осаду збільшується не значно – на 13 % при найбільшому вмісті.

З даних табл. 5 можна побачити, що на строки тужавіння (і початкові, і кінцеві) збільшення вмісту добавки впливає дуже мало.

Таблиця 6 – Фізико-механічні показники композиційного цементу з добавками відходу вуглезбагачення та осаду

Склад, мас%		Нормальна густота, %	Строки тужавіння		Міцність на стиск, МПа		
композиційний цемент	осад		початок	кінець	перша доба	третя доба	28-ма доба
100,0	0	31,0	2 год. 30 хв.	10 год. 30 хв.	4,8	14,0	28,0
97,5	2,5	33,0	4 год. 00 хв.	11 год. 30 хв.	3,1	11,8	31,3
95,0	5,0	33,0	4 год. 15 хв.	10 год. 45 хв.	4,6	12,9	36,4
92,5	7,5	33,5	4 год. 00 хв.	10 год. 30 хв.	4,6	11,4	36,5

Оптимальним умістом добавки осаду в даному композиційному цементі можна вважати межі 5,0–7,5 мас. %, за яких міцність на одну добу не знижується, на третю добу міцність дещо менша за контрольний зразок (на 8–19 %), а на 28 добу – набагато більша за контрольний зразок (в середньому на 30 %).

Добавка осаду впливає на нормальну густоту сумішей, але також не значно: при найбільшій концентрації нормальна густота збільшилася на 8 %.

Дані табл. 6 свідчать, що у складі даного композиційного цементу осад діє як сповільнювач початкових строків тужавіння, і не значно впливає на кінцеві строки.

#### ВИСНОВКИ.

1. При очищенні шахтної води від сульфатів вапнуванням при використанні 2/3 ГОХА було досягнуто зниження концентрації сульфатів до 230–430 мг/дм<sup>3</sup> при витраті вапна 30 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Використання гідроксоалюмінату натрію дозволило досягти ступеня пом'якшення 81,1–93,9 % при ступені вилучення сульфатів 47,1–81,1%.

2. Встановлено, що осади після реагентного пом'якшення вод можуть використовуватись в будівельній індустрії як

– часткова заміна цементу, яка не спричиняє погіршення фізико-механічних показників. Оптимальна кількість осаду, яку можна ввести до рядового цементу становить 7,5 мас. %;

– добавка-активатор у складі композиційних цементів. Оптимальний вміст осаду в цементі зі шлаком становить 2,5 мас. %, у цементі із золювинесення 2,5–5,0 мас. %, у цементі з відходом вуглезбагачення – 5,0–7,5 мас. %. Найкращі результати спостерігаються для цементів з шлаком та відходом вуглезбагачення, середній приріст марочної міцності таких цементів становить близько 30 %;

– розширююча добавка для розширюючих і беззусадочних цементів і бетонів, яка проявляє найбільшу ефективність на рядовому цементі при вмісті 5,0 мас. %. Цемент такого складу розширився на 0,58 мм за 60 хв.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Очищення високомінералізованих шахтних вод від сульфатів при використанні вапна та металічного алюмінію / І.М. Трус, В.М. Грабітченко, А.І. Петриченко, М.Д. Гомеля // Екологічна безпека. – 2012. – № 2. – С. 77–79.
2. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Від вогню та води до електрики / В.І. Бондаренко, Г.Б. Варламов, І.А. Вольчин та ін. – Київ, 2011. – 264 с.
3. Застосування алюмінієвих коагулянтів для очищення стічних вод від сульфатів при їх пом'якшенні / І.М. Трус, В.М. Грабітченко, М.Д. Гомеля // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 6/10 (60). – С. 13–17.
4. Схема очистки воды вот ионов сульфатов. В.Л. Кубасов, В.Б.Чинкин // Цветная металлургия. – 2010. – № 3. – С. 26–27.
5. Применение оксихлоридов алюминия в очистке и доочистке сточных вод / Н.С. Серпокрылов, Е.В. Вильсон, М.Н. Царева и др. // ВСТ: Водоснабж. и сан. техн. – 2003. – № 2. – С. 32–35.
6. Переробка концентратів, що утворюються при нанофільтраційному очищенні вод з підвищеною мінералізацією / В.В. Рисухін, Т.О. Шаблій, М.Д. Гомеля // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 5/3 (53). – С. 51–55.
7. Очищення від сульфатів вод з підвищеною мінералізацією і жорсткістю / В.В. Рисухін, Т.О. Шаблій, В.С. Катаєв, М.Д. Гомеля // Екологічна безпека. – 2011. – № 2. – С. 70–75.
8. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 «Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму».
9. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 «Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск».
10. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 368 с. – ISBN 978-5-222-10629-7.
11. Очистка воды от сульфатов известкованием при добавлении реагентов содержащих алюминий / Н.Д. Гомеля, И.Н. Трус, Ю.В. Носачева // Химия и технология воды. – 2014. – № 2. – С. 129–137.

### EDIMENT REWORKING, WHICH IS FORMED BY REAGENT TREATMENT MINE WATER FROM SULPHATES

I. Trus, A. Fleysheer, M. Gomelya, V. Tokarchuk

National Technical University of Ukraine Kiev Polytechnic Institute  
prosp. Peremogy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: inna.trus.m@gmail.com

During developing of coal bed on 1 of produced coal accounts for 3 m<sup>3</sup> of water, so the problem of waste disposal and treatment of mine water is very important and urgent problem and needs to be resolved. In this paper presents the results of research of mine water treatment by reagent method with using aluminic coagulants and described the me-

thods of tankage disposal which obtained in the construction industry. Studied the process water treatment from sulfates while processing of lime, 2/3 hydroxochloride aluminum or sodium aluminate. Is defined the influence of water treatment with using magnesite on the effectiveness of water treatment from sulfates and effectiveness of softening. It is shown that a high degree of water treatment from sulfates and its softening is achieved by using lime, sodium hydroxoaluminate and magnesite. Reagent method based on the deposition of calcium sulfohidxoaluminate –  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ , because these sediments are similar to one of the cement hydration products – ettringite, so they should be disposed of in the construction industry. It is found that this residue after water softening process could be used as a partial cement replacement, an admixture accelerating blended cement hardening and as an expansive admixture for shrinkage compensating cements and concretes.

**Key words:** water demineralization, water softening, coagulant, residue, cement.

## REFERENCES

1. Trus, I.M., Grabitchenko, V.M., Petrichenko, A.I. and Gomelya M.D. (2012) "Cleaning highly mineralized mine waters from sulfate with using lime and metallic aluminium", *Ecological safety*, vol. 2, pp. 77–79.
2. Bondarenko, V. I., Varlamov, G. B., Vol'chyn I. A. and oth. (2011), *Energetyka: istorija, suchasnist' i majbutnje. Vid vognju ta vody do elektryky* [Power engineering: history, present and future. From fire and water to electricity], Kyiv, Ukraine
3. Trus, I. M., Grabitchenko, V. M. and Gomelya, M. D. (2012), "Application of aluminium coagulant for wastewater treatment from sulfates with their demineralization", *Easter-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 60, pp. 13–17.
4. Kubasov, V. L. and Chinkin, V. B. (2010), "Scheme of water purification from sulfate ions", *Non-Ferrous Metals*, vol. 3, pp. 26–27.
5. Serpokyrov, N.S., Vil'son, E.V., Careva, M.N. et al. (2003), "Application of aluminum oxychloride in treatment and post-treatment of wastewater", *Water supply and sanitary technique*, vol. 2, pp. 32–35.
6. Rycuhin, V.V., Shabliy, T.O. and Gomelya M.D. (2011), "Concentrates treatment which turn out from nanofiltrational purification of waters with high mineralization level", *Easter-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 5, no. 53, pp. 51–55.
7. Rycuhin, V.V., Shabliy, T.O. and Gomelya M.D. (2011), "Water treatment from sulfates with raised level of mineralization and hardness", *Ecological safety*, vol. 2, pp. 70–75.
8. DSTU B V.2.7-185:2009 «Budivel'ni materialy. Cementy. Metody vyznachennja normal'noi' gustoty, strokiv tuzhavlennja ta rivnomirnosti zminy ob'jemu».
9. DSTU B V.2.7-187:2009 «Budivel'ni materialy. Cementy. Metody vyznachennja micnosti na zgyn i stysk».
10. Dvorkin, L.I. and O.L. Dvorkin (2007), *Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti* [Constructional materials from waste of industry], Rostov na Donu, Russia
11. Gomelya, N.D., Trus, I.N. and Nosacheva, Ju.V. (2014), "Water Purification of Sulfates by Liming when Adding Reagents Containing Aluminum", *Journal of Water Chemistry and Technology*, vol. 36, no. 2, pp. 70–74.

Стаття надійшла 17.06.2014.