

Техніка і технології

УДК 656:665.7

DOI: 10.31471/1993-9973-2020-4(77)-7-15

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ОБ'ЄКТІВ

¹Л. І. Челядин, ²В. С. Рібун*, ¹В. В. Візінович, ³І. В. Тарасюк

¹ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: chelyadyn@ukr.net

²ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»;
м. Івано-Франківськ, вул. Шевченка 57, e-mail: ribun.vika@gmail.com

³Національний університет «Львівська політехніка»; м. Львів, вул. Степана Бандери, 12,
e-mail: rrinatarasiukk@gmail.com

Наведено кількісну і якісну характеристику багатотоннажних відходів, що містять енергетичні компоненти, в Україні та Івано-Франківській області зокрема. Шлами водоочищення з вмістом нафтопродуктів запропоновано переробляти методом підготовки сировинної суміші з таких техногенних речовин: нафтошлам, зола, відсів цеоліту, кальційвмісні сполуки та в'язкі матеріали. Оптимальний склад сировинної суміші для заповнювача будівельних виробів (бетонів) наступний: золи – 60-65 %, розчину рідкого скла – 5-7 %, вапняного борошна – 3-5 %, органічних добавок – 7-10 %, соди кальцинованої – 10-12 %. Дану суміш гранулюють та піддають термообробці за температури 120-140 °С. Результати досліджень і технічні характеристики отриманих гранул матеріалів з суміші, що містить значну кількість шлама вуглеводневого, відрізняються меншою міцністю, але більшою пористістю та нижчим коефіцієнтом теплопровідності. Гранули з суміші № 4-7 характеризуються вищою міцністю і за своїми властивостями відносяться до конструкційно-теплоізоляційних матеріалів. Описана технологія одержання сировинної суміші для содового виробництва базується на процесах Леблана, тобто взаємодії на другій стадії сульфату натрію, вуглецю і карбонату кальцію з утворенням сульфиду кальцію, карбонату натрію та карбону (IV) оксиду. Пропонується готувати сировинну суміш для отримання натрій карбонату з натрій сульфату з вмістом нафтопродукту, який утворюється за технологією одержання оксигеновмісних добавок, і шламів з вмістом нафтопродуктів, що забезпечить отримання необхідної для одержання соди високої температури. Переробка шламів нафтопереробного і енергетичного об'єктів у гранульовані матеріали забезпечить можливість їх використання в будівельній галузі та содовому виробництві, що зменшить енерговитратність процесів одержання таких матеріалів.

Ключові слова: шлами, нафтопродукти, зола, переробка, технології, показники, енергозатратність.

Приведена количественная и качественная характеристика крупнотоннажных материалов, содержащих энергетические компоненты, в Украине и в Ивано-Франковской области. Шламы водоочистки с содержанием нефтепродуктов предложено перерабатывать по методу подготовки сырьевой смеси из таких техногенных веществ: нефтешлам, зола, отсева цеолита, кальцийсодержащие соединения и вязкие материалы. Оптимальный состав сырьевой смеси как заполнителя строительных изделий (бетонов) следующий: зола – 60-65 %, раствора жидкого стекла – 5-7%, известковой муки – 3-5%, органических добавок – 7-10 %, соды кальцинированной – 10-12 %. Смесь гранулируют и подвергают термообработке при 120-140 °С. Результаты исследований и технические характеристики полученных гранул материалов из смеси, содержащей значительный по количеству объем шлама углеводородного, отличаются меньшей

прочністю, но більшої пористістю і низьким коефіцієнтом теплопровідності. Гранули з суміші № 4-7 характеризуються високою прочністю, і відносяться по своїм властивостям до конструкційно-теплоізоляційним матеріалам. Описана технологія отримання сирової суміші для содового виробництва, заснована на процесі Леблана – взаємодії на другій стадії сульфата натрія, вуглецю і карбонату кальцію з утворенням сульфиду кальцію, карбонату натрія і карбону (IV) оксиду. Предложено виготовляти сирову суміш для отримання натрій карбонату з натрій сульфата з вмістом нафтопродукту, який утворюється при технології отримання оксигеносодержащих добавок і шламов з вмістом нафтопродуктів, що забезпечить високу температуру процесу отримання соди. Переробка шламов нафтопереробного і енергетичного об'єктів в гранульовані матеріали забезпечить їх використання в будівельній промисловості і содовому виробництві, що зменшить енергозатратність процесів отримання таких матеріалів.

Ключевые слова: шламы, нефтепродукты, зола, переработка, технологии, показатели, энергозатратность.

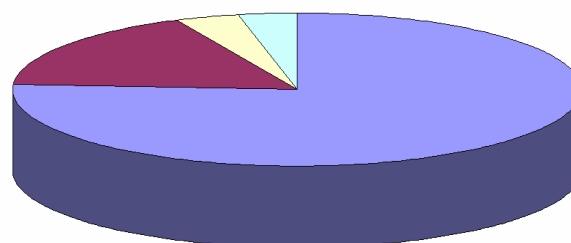
Quantitative and qualitative characteristics of multi-ton materials in Ukraine and in Ivano-Frankivsk region, which contain energy components, are given. It is proposed to process water treatment sludges containing petroleum products by preparing a raw material mixture from the following man-made substances: oil sludge, ash, zeolite screenings, calcium-containing compounds and viscous materials. The optimal composition of the raw material mixture is as follows: as a filler for construction products (concrete): ash – 60-65 %, liquid glass solution – 5-7 %, limestone dust – 3-5 %, organic additives – 7-10 %, soda ash – 10-12 %, which is granulated and heat treated at 120-140 °C. The research results and technical characteristics of the obtained granular materials, which are formed from a mixture containing a significant amount of hydrocarbon sludge, have lower strength, but greater porosity and lower thermal conductivity. Granules from a mixture № 4-7 are characterized by higher strength, and due to their properties they belong to the structural and thermal insulation materials. The technology of obtaining a raw material mixture for soda production is based on the LeBlanc process – the interaction in the second stage of sodium sulfate, carbon and calcium carbonate with the formation of calcium sulfide, sodium carbonate and carbon (IV) oxide. It is proposed to prepare a raw mixture for the production of sodium carbonate from sodium sulfate containing petroleum product, which is formed by the technology of obtaining oxygen-containing additives, and sludge containing petroleum products, which will provide a high temperature during the soda production process. The processing of sludge from oil refining and energy facilities into granular materials shows that they can be used in the construction industry and soda production, which reduces the energy consumption of the processes of obtaining such materials.

Keywords: sludges, oil products, ash, processing, technologies, indicators, energy consumption.

Вступ

Зменшення запасів вуглеводнів сьогодні занепокоєні всі країни світу, а тому економія енергоресурсів при виробництві продукції є надзвичайно важливою проблемою. Енергетичні комплекси в Україні з виробництва електроенергії використовують великі кількості вугілля, що спричиняє утворення щорічно до 10 млн. т золошлаків, в відвалах ще є понад 500 млн. т, а на нафтопереробних комплексах утворюються нафтовмісні шлами, які можна розглядати не тільки як фактор забруднення навколишнього середовища, але й як джерело додаткових енергетичних ресурсів. Такі шлами не потребують енергоємної переробки, мають низьку вартість, оскільки містять нафтопродукти та рівномірно розподілені по всіх регіонах України.

Багатотоннажними відходами Прикарпаття є золошлакові відходи, побутові та шлами водоочищення (рис. 1), які у великих об'ємах накопичуються на території промислових підприємств або у відвалах, шламонакопичувачах техногенних відходів.



- золошлаки – IV клас (810 тис. тонн)
- побутові – IV клас (180,5 тис. тонн)
- шлами – III клас (37,6 тис. тонн)
- шкідливі – I,II класи (36,9 тис. тонн)

Рисунок 1 – Техногенні шлами (1065 тис. тонн), утворені за 2019 р. в Івано-Франківській області

В Україні протягом 2018 р. утворилась значна кількість відходів [1], яка становить близько 366054,0 тис. т, із них в Івано-Франківській області 1948,8 тис. т, в т. ч. 6,9 тис. т зі сполуками елементів I-III класу небезпеки, а відходи згорання в кількості 1036,3 тис. т спрямовано у спеціально відведені місця чи об'єкти, наприклад, багатотоннажний відхід Бурштинської ТЕС зола в кількості 969,8 тис. т, який зберіга-

ється у золівдвалі площею 204 га та забруднює атмосферу і водні ресурси.

У системі водопостачання в Івано-Франківській області [2]. утворилося за 2018 р. близько 150 тис. т шламів, із них на очисних спорудах м. Івано-Франківська утворилось відповідно 36,0 тис. т, а також в м. Надвірна 8,5 тис. т, із них нафтошлами 2,7 тис. т, які зберігаються на мулових полях або амбарах та забруднюють довкілля.

Нафтошлами (нафтові шлами) [3] – це складні фізико-хімічні суміші, які складаються з нафтопродуктів, механічних домішок (глини, оксидів металів, піску) і води. За складом нафтошлами – це стійкі багатокомпонентні утворення, що складаються з різних нафтопродуктів, води і мінеральних включень у вигляді піску, мулу, оксидів металів.

Перетворення нафтовмісних та інших багатотоннажних матеріалів – золи, нафтошламу, відходів мастил, шламів водоочищення та інших, що накопичились на промислових об'єктах та за їх межами, є важливим енергетичним, екологічним та економічним завданням для підприємств різних галузей.

Отже, переробка та утилізація нафтошламів та інших багатотоннажних матеріалів на основі рентабельних та екологічно безпечних технологій дасть змогу більш повно використовувати енергоносії, які є у шламах, та зменшить енергозатрати на випуск продукції у деяких галузях і виробництвах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Утилізація шламів технологічних або водоочищення з вмістом нафтопродуктів пропонуються різними методами. Наприклад, їх спалюють, а потім додають в різні будівельні суміші як наповнювач, або застосовують у деяких енергоємних виробництвах.

На даний час використовується декілька методів утилізації нафтошламу: розкладання за допомогою найсучасніших центрифуг, сепараторів і декантерів на нафтопродукт, воду, тверді механічні залишки або спалювання частково зневодненого нафтошламу у спеціальних печах, які описані нижче.

Відомий спосіб переробки сухого чи зволоженого нафтошламу [4] шляхом екстракції нафтопродуктів з поверхонь твердофазних частинок розчинником, який відрізняється тим, що сухий чи зволожений нафтошлам змішують з розчинником за температури до 70-80 °С. Нафтопродукти вилучають і циклічно використовують для промивання наступних порцій нафтошламу, а нафтопродукти, що залишилися пі-

сля вилучення розчинника з відтисненого розчину, виводять з процесу, як і твердофазний очищений залишок.

Спосіб термічної утилізації нафтошламів [5] включає піроліз нафтошламів без доступу повітря з одержанням твердого вуглецевого залишку та багатокомпонентної парогазової суміші, багатоступеневе циркуляційне охолодження парогазової суміші, розподіл її на компоненти у вигляді конденсату різних фракцій, повернення конденсату важкої фракції у реактор піролізу до одержання більш легких фракцій і конденсацію вихідної парогазової суміші у вихідному конденсаторі з одержанням піролізного газу та рідкого палива.

Переробка стійких нафтових емульсій та застарілих нафтошламів [6] включає нагрівання водяною парою та відстоювання до вмісту води в нафтошламі 50 мас. %, а потім видалення нафтопродуктів для отримання мазуту.

Термічна утилізація нафтошламів проводиться в установці [7], яка містить реактор піролізу зі шнеком, системою зовнішнього обігріву, бункери завантаження та розвантаження і патрубков для відведення парогазової суміші, охолоджувач парогазової суміші і вихідний конденсатор з водяним охолодженням.

У дослідженнях, що наведені у роботі [8], наведено технології та устаткування з утилізації вуглецевих відходів методом їхньої газифікації. На основі проведених досліджень та їхніх результатів запропоновано технологічну схему, яка дає можливість отримати газ із високим вмістом метану, достатнім для використання його як моторного пального, та паливний газ із підтримання процесу поетапного високотемпературного оброблення відходів у термохімічному газогенераторі та додаткової газифікації в плазмовому газогенераторі, що пов'язані з викидом паливного газу, який може бути вторинним енергетичним ресурсом, що забезпечує зниження витрат електроенергії.

Процес переробки золи наведено у роботі [9], де на основі золи ТЕС відповідної фракції запропоновано «Сировинну суміші і спосіб одержання пористого теплоізоляційного матеріалу», який оформлено у патент [10]. Основні теоретичні та експериментальні дослідження, описані у роботі, стосуються визначення оптимального складу сировинної суміші та властивостей одержаного теплоізоляційного матеріалу.

В роботі [11] показано, що з використанням золи-винесення Бурштинської ТЕС розроблено високоміцні самоущільнювальні бетони з вмістом золи-винесення в складі в'язучої композиції до 55 мас. % та газобетони, де золу-

Таблиця 1 – Склад окремих проб нафтошламів об'єктів

Компонент	Назва об'єктів								
	ННПЗ			БТЕС			ДНП		
Проби	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нафтопродукт, %	42.4	47.3	50.8	6.2	6.3	6.5	15.1	19.5	23.4
Вода, %	55.5	28.4	41.7	80.4	81.1	80.9	72.9	73.7	71.8
Мех. домішки, %	8.4	12.1	5,5	6.4	7.7	9.4	9.8	11.5	8.3
Інші, %	3.7	2.2	2.0	7.0	4.9	3.2	2.2	3.3	6.5

винесення використовували як наповнювач для одержання конструкційно-теплоізоляційних композитів.

У статті [12] показано, що основним напрямком зменшення негативного впливу на навколишнє середовище техногенних відходів, є їхня переробка в будівельні матеріали та виробу. З техногенних відходів змішують шихту у співвідношенні, мас. %: зола – 80-85, соди – 5-8, деревних тирси – 7-9, карбонатних відходів – 6-8, рідкого скла – 5-9 і піддають її грануляції, термообробці за температур в інтервалі 80-110 °С, у результаті чого утворюються піносілікатні матеріали.

Патент [13] описує склад сировинної суміші, яка включає неорганічні і органічні матеріали в таких співвідношеннях, мас. %: зола ТЕС – 65,0-75,0; відходи карбонатних сполук – 5,0-10,0; решта – полімерні відходи.

На основі результатів досліджень встановлено, що шлами нафтоочищення стічних вод НПЗ можна використовувати як енерговмісну добавку у технології одержання вуглецево-мінеральних матеріалів, які досліджені у процесах водоочищення як фільтрувальний матеріал [14], а також як сорбент забруднених газових викидів та заповнювачів будівельних виробів.

Однак зола ТЕС і нафтовмісні шлами переробляються в реальності не більше як 15% від утвореної кількості. У золошлакових відходах ТЕС є значна кількість оксиду кремнію (за вмістом у цементній суміші займає 2 місце) і кальційвмісних сполук, які є основною складовою цементу та впливають на його якість. Виробництво цементу є енергомістким процесом, а шлами водоочищення НПЗ вміщують вуглеводні, що при згорянні виділяють тепло, тому наявність такого компоненту у шихті є бажаним. Отже, сировинна суміш із золошлакових відходів та шламів водоочищення НПЗ і інших добавок може бути ефективною добавкою до сировинної шихти у виробництві цементу.

У процесі отримання синтетичних жирних кислот [15] утворюється натрій сульфат в великих кількостях, що використовується при виробництві скла, а в розробленій новій технології

оксигеновмісних добавок до палива, що описано в публікації [16], утворюється натрій сульфат з вмістом нафтопродуктів, який в даний час не використовується, оскільки забруднений і не може застосовуватись при виробництві скла, а тому можливо такий кристалічний продукт використати у виробництві соди.

Метою досліджень є встановлення оптимального компонентного складу сировинної суміші нафтовмісних шламів з техногенними і природними добавками та розробка нової технології перетворення її у ресурсоенергетичний гранульований матеріал для будівельної галузі та содового виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження

Об'єктом досліджень стали нафтошлами і зола ТЕС, що утворюються на очисних спорудах Долинського нафтопромислу, ПАТ «Нафтопереробка» (м. Надвірна) та Бурштинській ТЕС, інші природні і техногенні відходи, які є основою для формування вуглецево-мінеральних матеріалів для інших виробств.

Для переробки зазначених вище шламів важливо знати їх усереднений склад. Вміст нафтошламів Надвірнянського нафтопереробного заводу наступний: масова частка нафтопродукту – 45-70 %; води – 20-40 %; механічних домішок – 5-10 %; інше – 1-5 %. Склад окремих проб нафтошламів і шламів водоочищення стічних вод таких об'єктів, як Надвірнянський НПЗ (ННПЗ), Бурштинська ТЕС (БТЕС), Долинського нафтопромислу (ДНП) наведено у табл. 1.

З метою більш повної переробки техногенних матеріалів з незначним вмістом шкідливих компонентів досліджували метод утилізації золи ТЕС та нафтовмісного шламу. Хімічний склад золи залежить від мінеральної складової палива і коливається залежно від родовища вугілля. У золі присутнє незгоріле паливо до 1-6%, а у шлаках, як правило, воно відсутнє. У таблиці 2 наведено середній хімічний склад золи, шламу та добавок для переробки, визначений з використанням спектрометра ARL-9800-262XP.

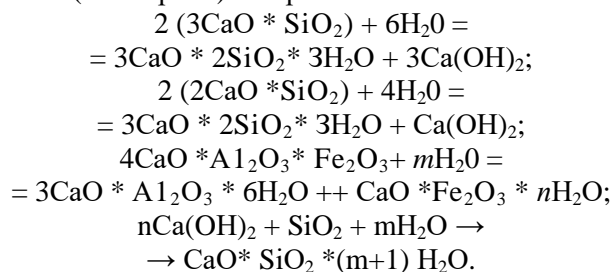
Таблиця 2 – Середній хімічний склад сировинних матеріалів

Компонент, % мас.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O+K ₂ O	MgO	CxHy	ВПП+H ₂ O
Зола ТЕС	48,46	24,90	15,93	2,73	3,5	3,45	3,45	1,03
Шлам нафтовмісний	1,3	0,3	0,5	0,2	0,1	0,05	47,3	50,29
Цеолітне борошно	7,60	4,80	2,10	76,10	1,18	4,32	4,32	3,90
Рідке скло	30,6	0,16	0,14	0,2	10,06	0,4	0,4	58,44
Вапнякове борошно	0,7	0,2	0,1	96,5	0,05	0,3	0,05	2,1
Шлам натрій сульфату	1,2	0,1	0,4	1,6	57,3	-	4,8	35,8

Хімічний склад вказаних вище сировинних матеріалів і домішок та їх кількісне співвідношення значно впливає на структуру і властивості утворювальних матеріалів.

Хіміко-технологічна сутність запропонованого процесу переробки шламу і золи ТЕС та техногенних відходів описується хімічними реакціями, що наведені нижче і необхідні для виготовлення пористих виробів і гранул як наповнювачів для будівельних виробів.

Пориста структура виробів забезпечується введенням у масу пороутворювальних добавок. Гідросилікати кальцію, утворювані при цьому, являють собою речовину різного складу, яка зв'язує зерна заповнювача в міцний і водостійкий штучний кам'яний матеріал. Реакції взаємодії між золою та гелем кремнієвої кислоти, яка виділяється при взаємодії рідкого скла з оксидами золи, аналогічна до реакції гідратації цементних (клінкерних) мінералів



Дослідження з переробки золошламових відходів проводили наступним чином. Зважували компоненти сировинної суміші і змішували їх у певних співвідношеннях. У лабораторному змішувачі спочатку перемішували окремо золу та цеолітну муку, а потім дві суміші перемішували разом. Гранулювання суміші проводили за допомогою шнекового типу і вироби піддавали термообробці протягом 10 хвилин в муфельній камері лабораторного типу. Для випробувань суміші формували у зразки циліндричної форми діаметром 5 см і висотою 5 см, а потім визначали їх інші фізико-хімічні властивості [17, 18].

Способи отримання таких матеріалів включають підготовку сировинної суміші та наступну її обробку (гранулювання, профілювання, термообробку) і деякі описані нижче.

Експериментальні дослідження

Для перетворення золи ТЕС та інших додатків і техногенних відходів у матеріали, що можуть знайти застосування в будівельній галузі, провели наступні дослідження.

Одержання пористого матеріалу (ПМ) передбачає створення сировинної суміші, яку формували у гранули циліндричної форми діаметром 1 см і довжиною 2 см та піддавали її термообробці за різних температур. Сировинну суміш для будівельної галузі на I-му етапі досліджень як наповнювач виробів пористої структури готували із компонентів, що вказані у таблиці 3. В лабораторних умовах спочатку зважували компоненти сировинної суміші і змішували їх у відповідних співвідношеннях, а потім проводили гранулювання, профілювання і термообробку. Наважки компонентів зважували за допомогою ваги ВТКЛ і змішували в лабораторному змішувачі золу, вапняне борошно (карбонат кальцію) і шлам вуглеводневий.

Суміші готували з компонентів у відповідних співвідношеннях, що наведені у таблиці 3, та проводили їх термообробку за різних температур у металевих формах розміром 7=7=7 і в гранулах циліндричної форми.

У експерименті I досліджували вплив складу суміші 1А, 2А, 3А, в яких вміст золи складав 50-80 %, решта – інші складові, що вказані у таблиці 3. Одну частину суміші вкладали у кубічну металеву форму на висоту 3 см, а другу гранулювали і разом поміщали в муфельну піч, нагріваючи до температур 250-300°C 15 хвилин, а потім виймали з печі і різко охолоджували.

За результатами I експерименту встановили, що проба у формі збільшилась на висоту 5,0 см в порівнянні з початковою висотою в 3 см, а гранули збільшились в об'ємі на близько 30%, що показано на (рис. 2).

На основі результатів лабораторних досліджень з термообробки гранул різних проб будівельних сумішей встановлено, що одержані матеріали дуже малої міцності, однак мають певну пористість (табл. 4).

Таблиця 3 – Середній склад сумішей сировинної шихти техногенних матеріалів

№ проби суміші	1			2			3		
	1а, г / %мас.	1б	1в	2а, г / % мас.	2б	2в	3а	3б	3в
Компонент,									
Сода (NaHCO ₃)	12 / 5	16/8	20	-	-	-	15	15	15
Зола	180 / 80	180	180	340 / 80	300	300	340 / 80	300	320
Шлам нафтовмісний	10	7	5	350	35	25	-	13-	17-
Вапняк CaCO ₃	12 / 5	16	12	24 / 5	32	36	24 / 5	32	33
Рідке скло	18 / 8	15	8	54 / 13	54	54	50 / 11	50	50
Всього, г:	222	220	225	418	412	420	423	430	435



Рисунок 2 – Пористі гранули і матеріали експерименту № 1

Таблиця 4 – Фізико-механічні показники пористих матеріалів

№ суміші	Показники				
	Водопоглинання, %	Середня насипна густина, кг/м ³	Міцність, МПа	Пористість, %	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*К)
1	5,9	145	0,34	79,6	0,051
1А	5,8	163	0,35	82,3	0,060
2	5,6	181	0,64	84,6	0,068
2Б	5,3	197	0,89	86,1	0,071
3В	5,2	208	0,81	92,2	0,067

Результати показують, що проба 1 збільшилась в об'ємі на висоту 0,5 см, а проба 3 – на 2,5 см порівняно з початковою висотою в 3 см.

Результати досліджень і технічні характеристики отриманих матеріалів наведені в таблиці 4. Аналіз показників одержаних гранул, які утворені з суміші, що містить значну кількість шламу вуглеводневого (табл. 3), відрізняються меншою міцністю, але більшою пористістю та нижчим коефіцієнтом теплопровідності.

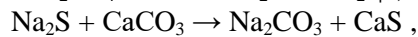
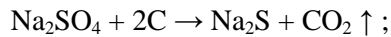
Гранули з суміші № 4-7 характеризуються вищою міцністю і відносяться за своїми властивостями до конструкційно-теплоізоляційних матеріалів.

Таким чином, залежно від складу, температури термообробки та способу формування виробів одержують матеріали різного призначення, що мають різні властивості та відрізняються за міцністю, пористістю.

Таблиця 5 – Середній склад сировинної шихти матеріалів

№ суміші (виріб)	Склад, мас. %			Параметри сушіння	
	натрій сульфат	шлам із вмістом нафтопродуктів	карбонат кальцію	температура, °С	Час, хв.
1	37	35,5	27,5	30	25
2	37	37,5	25,5	45	20
3	36	38,0	4,0	50	25
4	35	38,0		55	25
5	35	36,0	2,5	60	15

Дослідження з одержання сировинної суміші для содового виробництва базуються на технології Леблана. Реакції взаємодії на другій стадії – сульфату натрію, вуглецю і карбонату кальцію з утворенням сульфиду кальцію, карбонату натрію та оксиду вуглецю (IV), що описуються рівняннями



відбуваються за температури близько 1000 °С. Для забезпечення такої високої температури процесу сплавлення вищевказаних компонентів запропоновано готувати сировинну суміш для отримання натрій карбонату з натрій сульфату з вмістом нафтопродукту, який утворюється при технології одержання оксигеновмісних добавок і шламів з вмістом нафтопродуктів. Щоб забезпечити високу температуру при проведенні процесу одержання соди.

На I-му етапі експериментів готували сировинну суміш з вмістом натрій сульфату, шламу з вмістом нафтопродуктів і борошна кальцій карбонату. В лабораторних умовах спочатку зважували компоненти сировинної суміші за допомогою ваги ВТКЛ і змішували натрій сульфат, шлам з вмістом нафтопродуктів та борошно карбонату кальцію у співвідношеннях, які наведені в таблиці 5.

Другий етап досліджень проводили наступним чином. Перша технологічна операція запропонованого способу – це гранулювання суміші за допомогою гранулятора шнекового типу та сушіння у сушильній камері за температури 40-60 °С.

Гранули сировинної суміші, які одержані для енергоощадної екологічно безпечної технології утилізації натрій сульфату в натрій карбонат, дозволять зменшити енергозатрати в технології отримання соди, яка є важливою для багатьох галузей народного господарства.

Технологія утилізації золи ТЕС, нафтовмісних шламів, а також натрій сульфату у виробництві нових матеріалів з них, забезпечить зменшення нагромадження у відвалах додатково близько 900000 тонн на рік золи і техногенних

відходів з органічною складовою в кількості не менше 4500 тонн, що зменшить забруднення довкілля.

Отже, впровадження запропонованої технології утилізації золи і шламів з вмістом нафтопродуктів забезпечить зменшення кількості відходів, які не потраплять у відвали, що призведе до зменшення техногенного навантаження на атмосферу і гідросферу, та підвищить рівень екологічної безпеки.

Висновки

1. Оптимальний склад сировинної суміші для одержання пористого матеріалу з показником міцності, необхідним для його використання як заповнювача будівельних виробів, наступний: золи – 70-75%, розчину рідкого скла – 5-7 %, вапняного борошна – 3-5%, шламу нафтовмісного – 7-10 %, соди кальцинованої – 10-12%.

2. Впровадження запропонованої енергоощадної екологічно безпечної технології утилізації натрій сульфату і нафтошламу забезпечить зменшення кількості відходів, які не потраплять у відвали, а сировинна суміш матеріалів з вмістом нафтопродуктів зменшить енергозатратність виробництва соди.

Отже, одним з напрямків використання золи ТЕС та шламів із вмістом нафтопродуктів є технологія отримання заповнювача для виробництва будівельних матеріалів та енергетичної добавки у виробництві соди.

Література

1. Довкілля України за 2018 рік: Статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2019. 214 с.

2. Довкілля Івано-Франківщини: Статистичний збірник. Івано-Франківськ: Головне управління статистики в Івано-Франківській області, 2019. 165 с.

3. Спосіб переробки сухого чи зволоженого нафтошламу. Патент на винахід 76956 від 16.10.2006, Бюл. № 10, 2006 р. МПК (2006) В09В 3/00, В09С 1/00, В08В 3/04, В01D 11/04) Переробка нафтошламів.

4. Спосіб термічної утилізації нафтошламів патент на винахід 74635 від 16.01.2006, Бюл. № 1, 2006 р. МПК (2006) F23G 7/00, C10G 1/00
5. Патент РФ № 2490305, МПК C10G 1/00 (2006.01), C10G 33/00 (2006.01), C02F 1/465 (2006.01), опубл. 20.08.2013 Бюл. № 23),
6. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки: монография. М.: Печ. Издательский дом «Ноосфера», 2001. 56 с.
7. Stechyshyn M., Sanytsky M., Pozniak O. Durability properties of high volume fly ash self-compacting fiber reinforced concretes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. No 3/11 (75). P. 49-54.
8. Novosad P., Poznyak O., Melnyk V., Braichenko S. Porous thermal insulation materials on organic and mineral fillers. *Lecture notes in civil engineering*. 2020. Vol. 47 : Proceedings of CEE 2019. Advances in resource-saving technologies and materials in civil and environmental engineering. P. 354–360.
9. Вдовенко С.В., Бойченко С.В. Комплексний метод переробки нафтошламів. *Східноукраїнський журнал передових технологій*. 2015. Т.1. № 6(73). С. 8-12.
10. Вдовенко С. В. Анализ технологий переработки нефтяных шламов нефтеперерабатывающих заводов. *Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2013. № 1. С.60-66.
11. Челябин В. Л., Новосад П. В., Челябин Л. И., Марущак У. Д. Технология комплексной переработки техногенных отходов. *Вестник Бресткого университета*. Серия 5. Химия, биология, наука об Земле. 2016. № 1. С. 5 – 12.
12. Патент на корисну модель 122605 Україна МПК C04B 18/20, B01J 20/02. Сировинна суміш з техногенних відходів / Челябин Л. И., Новосад П. В., Скорохода В. Й., Бурило О. П., Челябин В. Л.; Заявник і патенто-власник Івано–Франківський національний технічний університет нафти і газу; заявл. 12.11.2015; опубл. 25.01.2018. Бюл. № 2. 2 с.
13. Xue Li, Cong Lin. Clinoptilolite Adsorption Capability of Ammonia in Pig Farm. *Procedia Environmental Sciences*. 2010. №2. P. 1598–1612. URL https://www.researchgate.net/.../229409511_Clinoptilolite_A.
14. Челябин Л.И. Екотехнології промислових об'єктів регіону: монографія. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 254 с.
15. Історія, опис, виробництво і застосування кальцинованої соди. URL: <https://snabhim.kharkov.ua/a240959-istoriya-opisanie-proizvodstvo.html>
16. V. Ribun, S. Kurta, T. Hromovy, O. Khatsevich. Improving the technology synthesis and properties of biodiesel. *Physics and chemistry of solid state*. 2017. Vol. 19(3). P 258-269.
17. ISO 5725-2: 1994: Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results-Part 2. Methods for the Determination of Repeatability and Reproducibility. International Organization for Standardization, 1994. URL: <https://www.iso.org/standard/11834.html>.
18. TC69, I. S. O. SCS–Secretariat: ISO 5479: 1997-Statistical interpretation of data-Tests for departure from the normal distribution. Published standard (2012). URL: <https://www.iso.org/standard/22506.html>.

References

1. Dovkillia Ukrainy za 2018 rik: Statystychnyi zbirnyk. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2019. 214 p. [in Ukrainian]
2. Dovkillia Ivano-Frankivshchyny: Statystychnyi zbirnyk. Ivano-Frankivsk: Holovne upravlinnia statystyky v Ivano-Frankivskii oblasti, 2019. 165 p. [in Ukrainian]
3. Sposib pererobky sukhoho chy zvolozhenoho naftoshlamu. Patent na vynakhid 76956 від 16.10.2006, Biul. № 10, 2006 р. МПК (2006) B09B 3/00, B09C 1/00, B08B 3/04, B01D 11/04 Pererobka naftoshlamiv. [in Ukrainian]
4. Sposib termichnoi utylizatsii naftoshlamiv patent na vynakhid 74635 від 16.01.2006, Biul. No 1, 2006 р. МПК (2006) F23G 7/00, C10G 1/00. [in Ukrainian]
5. Patent RF № 2490305, МПК C10G 1/00 (2006.01), C10G 33/00 (2006.01), C02F 1/465 (2006.01), opubl. 20.08.2013 Biul. №23). [in Ukrainian]
6. Mazlova E.A., Mescheryakov S.V. Problemy utilizatsii nefteshlamov i sposobyi ih pererabotki: monografiya. M.: Pech. Izdatelskiy dom «Noosfera», 2001. 56 p. [in Russian]
7. Stechyshyn M., Sanytsky M., Pozniak O. Durability properties of high volume fly ash self-compacting fiber reinforced concretes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. No 3/11 (75). P. 49-54.
8. Novosad P., Poznyak O., Melnyk V., Braichenko S. Porous thermal insulation materials on organic and mineral fillers. *Lecture notes in civil engineering*. 2020. Vol. 47 : Proceedings of CEE 2019. Advances in resource-saving technologies and materials in civil and environmental engineering. P. 354–360.
9. Vdovenko S.V., Boichenko S.V.. Kompleksnyi metod pererobky naftoshlamiv. *Skhidno-*

ukrainskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii. 2015. Т.1. No 6(73). P. 8-12. [in Ukrainian]

10. Vdovenko S. V. Analiz tehnologiy pererabotki neftyanykh shlamov neftepererabatyivayushchih zavodov. *HimIchna InzhenerIya, ekologIya ta resursozberezhennya*. 2013. No 1. P. 60-66. [in Ukrainian]

11. Chelyadyin V. L., Novosad P. V., Chelyadyin L. I., Maruschak U. D. Tehnologiya kompleksnoy pererabotki tehnogennih othodov. *Vesnik Brestskogo universiteta. Seriya 5. Himiya, biologIya, nauka ob Zemle*. 2016. No 1. P. 5 – 12. [in Russian]

12. Patent na korysnu model 122605 Ukraina MPK C04V 18/20, V01J 20/02. Syrovynna sumish z tekhnohennykh vidkhodiv / Cheliadyn L. I., Novosad P. V., Skorokhoda V. Y., Burylo O. P., Cheliadyn V. L.; Zaiavnyk i patentovlasnyk Ivano-Frankivskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet nafty i hazu; zaiavl. 12.11.2015; opubl. 25.01.2018. Biul. № 2. 2 p. [in Ukrainian]

13. Xue Li, Cong Lin. Clinoptilolite Adsorption Capability of Ammonia in Pig Farm. *Procedia Environmental Sciences*. 2010. No 2. P. 1598–1612. URL https://www.researchgate.net/.../229409511_Clinoptilolite_A.

14. Cheliadyn L.I. Ekotekhnolohii promyslovykh obektiv rehionu: monohrafiia. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2018. 254 p. [in Ukrainian]

15. Istoriia, opys, vyrobnytstvo i zastosuvannia kaltsynovanoi sody. URL: <https://snabhim.kharkov.ua/a240959-istoriya-opisanie-proizvodstvo.html>. [in Ukrainian]

16. V. Ribun, S. Kurta, T. Hromovy, O. Khatsevich. Improving the technology synthesis and properties of biodiesel. *Physics and chemistry of solid state*. 2017. Vol. 19(3). P. 258-269.

17. ISO 5725-2: 1994: Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results-Part 2. Methods for the Determination of Repeatability and Reproducibility. International Organization for Standardization, 1994. URL: <https://www.iso.org/standard/11834.html>.

18. TC69, I. S. O. SCS–Secretariat: ISO 5479: 1997-Statistical interpretation of data–Tests for departure from the normal distribution. Published standard (2012). URL: <https://www.iso.org/standard/22506.html>.