

УДК 622.271.06:622.002.68

Бубнова О.А., канд. техн. наук, ст. наук. співр.
(ІГТМ НАН України)

КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ РОЗРОБКИ ШЛАМІВ ЗІ ШЛАМОНАКОПИЧУВАЧІВ

Бубнова Е.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ШЛАМОВ ИЗ ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ

Bubnova O.A. Ph. D. (Tech.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

THE CLASSIFICATION OF MINING SYSTEMS OF SLUDGES FROM SLUDGE STORAGE

Анотація. Показано перспективність видобутку шламів зі шламонакопичувачів та відсутність відповідних нормативних документів.

Виконано аналіз способів та схем розробки шламонакопичувачів.

Вперше розроблено класифікацію систем розробки шламів зі шламонакопичувачів. Класифікаційними ознаками обрано: способи та засоби видобутку та транспортування, технологію виймання. Із застосуванням теорії графів розраховано кількість можливих варіантів систем розробки шламосховищ.

Показано, що вибір технологічних схем і комплексів машин і устаткування для видобутку шламів обґрунтовуються в залежності від параметрів шламонакопичувача, форми і типу сформованого родовища, консистенції вмісту, умов транспортування на збагачувальну фабрику та напрямком подальшого використання видобутої сировини.

Ключові слова: шламонакопичувачі, видобуток шламів, технологічні схеми, комплекси машин та устаткування, класифікація.

Вступ. В Україні більшість з наявних техногенних об'єктів за кількістю і якістю мінеральної сировини, яка міститься в них, можуть бути придатні для промислового освоєння.

Наприклад, в шламах, що утворюються при збагаченні марганцевих руд, міститься від 10 до 20 % марганцю. У незбагачених рудах, що видобуваються в Нікополь-марганцеворудному басейні вміст марганцю коливається в межах 8-34 %.

В родовищах фосфоритів, що розроблюються в Україні, вміст P_2O_5 змінюється від 5 до 18 %. У той же час, у за складованих в хвостосховищах відходах збагачення цих руд вміст P_2O_5 складає 9-12 %, що майже стільки ж, скільки в природних умовах.

За даними [1] у відходах збагачення міді міститься від 0,08 до 1,88 % міді та 1-22 % сірки, що робить їх конкурентоспроможними з корінними рудами.

Відповідно до даних, що приведені в роботі [2], в Україні більш ніж

160 млн. т вугільних шламів із зольністю 38-45 % та більш 25 млн. т зольністю 48-60 %, тобто придатні для отримання твердого палива.

Окрім концентрації основних корисних компонентів, що відповідають типу руди, яка видобувається та збагачується, у відходах збагачення містяться такі мінерали як залізо, марганець, фосфорити, гранат, вільне золото [3], циркон, ільменіт, уран і багато інших.

При видобутку і переробці заскладованих відходів збагачення (шламів, хвостів) може бути істотно підвищено ресурсний потенціал України, підприємства можуть бути забезпечені сировиною на десятки років. При цьому собівартість такої сировини в 5-15 разів менше, ніж відповідних корисних копалин, що видобуваються традиційними методами [4].

До того ж видобуток мінеральної сировини з техногенних об'єктів дозволить істотно скоротити навантаження на надра зі збереженням обсягів виробленої товарної продукції, скоротити площі земель, зайняті під розміщення відвалів і шламосховищ, вивільнити ємності для складування знову утворювальних відходів видобутку і збагачення корисних копалин.

Постановка проблеми. Багато підприємств вже проводять розробку шламо- і хвостосховищ для вилучення корисних компонентів.

Незважаючи на те, що видобуток корисних компонентів із шламів в Україні ведеться вже майже 20 років, досить немає жодного нормативного документу з видобутку мінеральної сировини зі шламонакопичувачів.

В ст. 53 Кодексу України Про надра йдеться про складування, збереження та облік відходів збагачення, що містять корисні компоненти, та раціональне їх використання. В ст. 5 цього ж Кодексу наведено визначення техногенним родовищам, які утворюються при накопичення відходів видобутку, збагачення та переробки мінеральної сировини, мають бути оцінені та при промисловому значенні занесені до Держаного фонду родовищ корисних копалин.

Відповідно до даних Державної служби геології та надр України, яка відповідно до Постанови КМУ «Про державний фонд родовищ корисних копалин» виконує вимоги Кодексу України Про надра щодо обліку родовищ, на 01.01.2017 р. в Україні існує 13 техногенних родовищ [5]. Така мала кількість офіційно визнаних техногенних родовищ (проти реально існуючих кілька сотень) напевне стримує створення нормативної документації щодо їх розробки.

У зв'язку з цим, в кожному конкретному випадку розробляється технологічна схема, найбільш прийнятна для заданих умов відпрацювання [6-8] та відповідний їй робочий проект.

Так само як і нормативних документів, не існує загальновизнаної класифікації і параметрів систем розробки шламів зі шламонакопичувачів (хвостосховищ), що обумовлює необхідність її розробки.

Основний зміст роботи.

Для розробки техногенного покладу важливим є розуміння основних конструкцій та типів шламонакопичувачів (хвостосховищ), в яких він сформовано.

В даний час застосовується класифікація хвостосховищ (шламонакопичувачів) відповідно до п. 5.2.2.1 ДБН В.2.4-5:2012 [9].

В той же час наведена в ДБН В.2.4-5:2012 [9] класифікація не повною мірою відображає форми, будови, розташування шламонакопичувачів (хвостосховищ) та властивості їх вмістимого.

У зв'язку із цим пропонується класифікація шламонакопичувачів (хвостосховищ), яка наведена на рисунку 1.

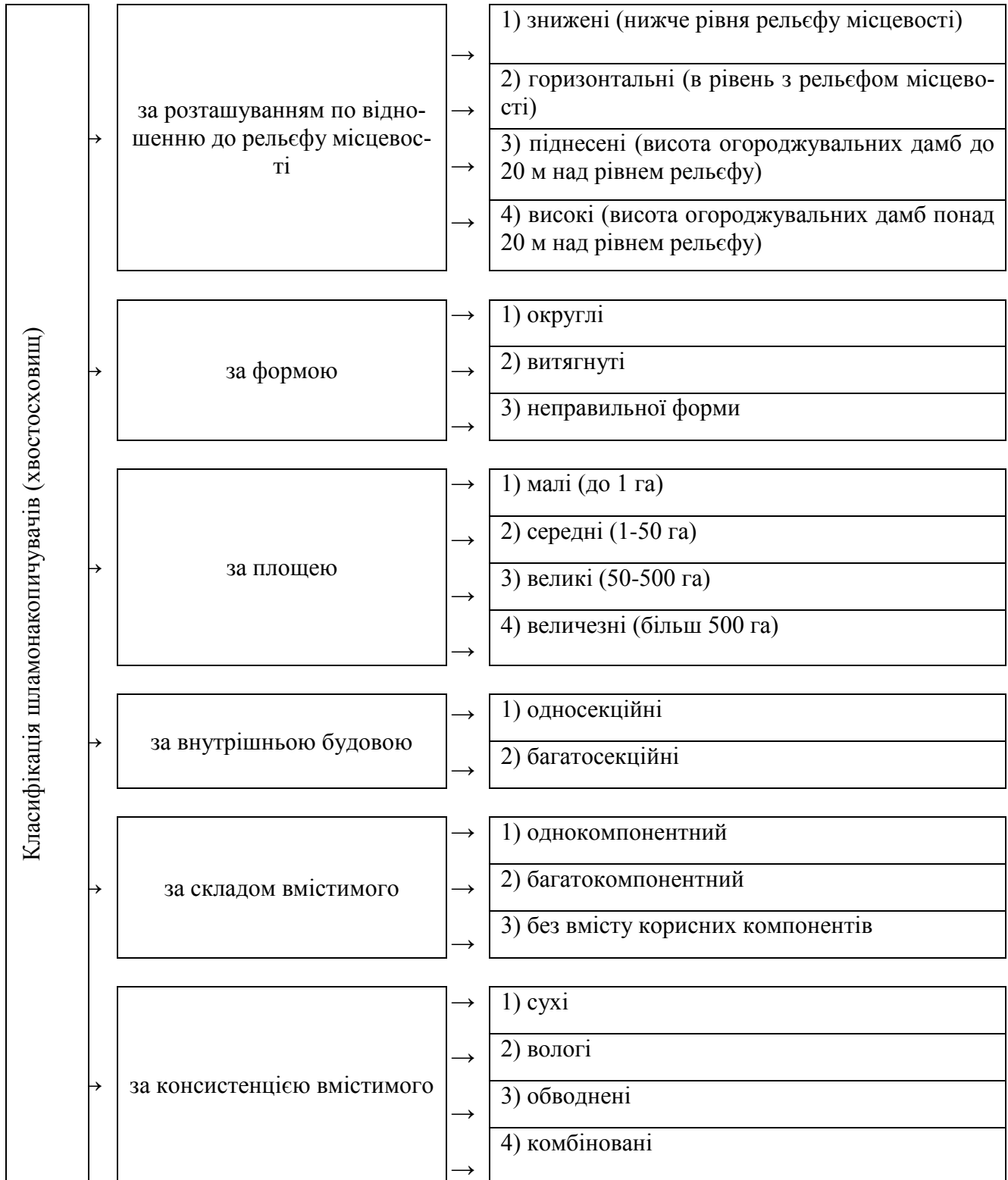


Рисунок 1 – Класифікація шламонакопичувачів (хвостосховищ)

Слід зазначити, що шламонакопичувачі (хвостосховища) класифікуються за всіма наведеними ознаками одночасно, але за кожною із ознак можуть мати тільки одне значення.

Відповідно до характеристик шламонакопичувачів і їх вмістимого (див. рис.1) можна зробити наступний висновок – розробка шламів має спільні ознаки з розробкою природних родовищ відкритим, підводним та гідро технологічним способами. Слід відзначити, що незалежно від способу виймання корисного компоненту системи розробки характеризуються такими процесами як виймання, погрузла, транспортування. Далі розглянуто основні класифікаційні ознаки систем розробки шламосховищ.

Консистенція вмістимого обумовлює тип виймального обладнання. В свою чергу спосіб виймання зумовлює тип транспорту, який можливий до використання для транспортування вмістимого шламонакопичувачів.

Вміст шламонакопичувача може бути придатним для використання у якості будівельної сировини тільки при наявності у нього необхідних властивостей і якостей. Те ж можна сказати і про визнання заскладованих шламів техногенним родовищем - це можливо за умови утримання в накопичених відходів промислових кондицій корисних компонентів.

Одним з найбільш перспективних напрямків вирішення проблеми утворення і зберігання відходів збагачення є кероване формування техногенних родовищ з подальшим витяганням тіла сформованої покладу корисних компонента. Розроблена методика керованого створення техногенного родовища наведена в роботі [10].

В той же час відомо, що при складуванні відходів збагачення шлами самовільно упорядковуються за крупністю і відповідно за змістом корисних компонентів, утворюючи в окремих місцях найбільші концентрації [11].

Тому в технологічних схемах видобутку шламів слід виділяти технології із селективним та суцільним (валовим) вийманням вмістимого шламонакопичувачів. У загальному вигляді схеми розробки шламосховищ (хвостосховищ) з переробкою заскладованих відходів і без неї наведено на рис.2.

Етап використання шламонакопичувача, наявність, місце та форма техногенного покладу зумовлює технологію виймання вмістимого (див. рис.2):

– суцільну, якщо шлами не містять корисних компонентів та використовуються як будівельна сировина, або корисний компонент розсіяний по всій ємності,

- селективну, якщо корисний компонент сконцентрований у визначеному місці;

- суцільну блокову (пошарову), якщо виймання ведеться в багатосекційному шламосховищі або в тому, що експлуатується.

Відповідно до наведеного класифікаційними ознаками класифікації систем розробки шламів зі шламонакопичувачів є наступні:

- спосіб виймання;

- спосіб транспортування;

- технологія виймання.

На рис. 3 наведено класифікацію технологічних схем видобутку шламів зі шламонакопичувачів за прийнятими класифікаційними ознаками.



а) з вилученням корисних / цінних компонентів;
б) з використанням без переробки

Рисунок 2 - Принципові схеми виймання відходів збагачення з накопичувачів



Рисунок 3 – Класифікація систем розробки шламонакопичувачів

Слід відзначити, що системи розробки шламонакопичувачів класифікуються одночасно за всіма ознаками, але в кожній категорії можуть мати тільки одне значення. Відповідно до цього визначити можливу кількість систем розробки шламонакопичувачів можна з використанням теорії графів. Оскільки всі класифікаційні ознаки систем розробки шламонакопичувачів взаємопов'язані, то пари графів, що формуються (I-II, II-III, III-I), орієнтовані, зв'язані, не ізоморфні. У той же час система графів I-II, II-III, III-I конгруентна.

Таким чином, визначення ступеня графів можливе за інваріантами, форму яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Визначення варіантів систем розробки шламонакопичувачів з використанням теорії графів

Підгрупа систем	II.1			II.2			II.3			Ступінь графа
	III.1	III.2	III.3	III.1	III.2	III.3	III.1	III.2	III.3	
I.1	+	-	+	+	+	+	-	-	-	5
I.2	+	-	-	+	+	+	+	+	+	7
I.3	-	-	+	-	-	+	-	-	+	3
I.4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9

Примітка: + зв'язок наявний; - зв'язок відсутній

Відповідно до даних таблиці 1 налічується 24 варіанти систем розробки шламонакопичувачів.

Вибір схеми відпрацювання проводиться на основі класифікування шламосховища (див. рис. 1), підбору і порівняння варіантів систем розробки (рис. 3, табл. 1). Технології, технологічні схеми і комплекси машин і устаткування для розробки техногенної поклади вибираються в залежності від форми і типу сформованого родовища, консистенції вмісту і умов транспортування на збагачувальну фабрику [6].

Висновки. В результаті керованого складування відходів збагачення в ємності шламонакопичувачів (хвостосховищ), протікання природно-техногенних процесів літогенезу і сегрегації часток пульпосуміші формується техногенний масив, який може бути визнаний техногенним родовищем. Розробка техногенного родовища може проводитись за різними схемами, які або передбачають, або не передбачають вилучення корисного компонента зі шламів. Видобування корисних компонентів зі шламів в 5-15 разів більш економічно вигідно, ніж видобування цієї ж корисної копалини із природного родовища.

В Україні доки не має нормативних документів, які регулювали б норми видобутку шламів зі шламонакопичувачів. Також не має жодної загально визнаної технології їх видобутку.

В статті запропоновано класифікації шламонакопичувачів та систем їх розробки за декількома ознаками одночасно. Використання класифікації шламонакопичувачів дозволяє обґрунтувати найбільш прийнятну систему розробки шламосховищ, кількість можливих варіантів якої визначено з використанням теорії графів та складає 24.

Безпосередньо склад комплексу обладнання для систем розробки визначається властивостями техногенного поклади.

Наведена інформація є основою для подальшого формування технологічних регламентів видобутку шламів зі шламонакопичувачів та створення нормативної документації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Макаров, А.Б. Техногенно-минеральные месторождения Урала (особенности состава и методологии исследования) / А.Б. Макаров, А.Г. Талалай // Техногенез и экология: Информационно-тематический сборник / Отв. ред. А.Г.Талалай. – Екатеринбург: Уральская государственная горно-геологическая академия, – 1999. – С.4-41.
2. Золотко, А.А. О ресурсной ценности забалансовых шламов / А.А. Золотко, И.П. Курченко // Уголь Украины. – 2002. – № 2-3. – С. 67.
3. Брагин, Ю.Н. Техногенные россыпи Fe-Mn минералов в Украине / Ю.Н. Брагин // Техногенные россыпи. Проблемы. Решения: Труды Первой международной научно-практической конференции. – Симферополь, 2000. – С. 132-136.
4. Sengupta, M. Environmental impacts of mining: monitoring, restoration and control / M. Sengupta. – Florida: CRC Press LLC, 1993. – 360 p.
5. ДНВП «Геоінформ України». Державний кадастр родовищ і проявів корисних копалин [Електронний ресурс]; режим доступу: <http://geoinf.kiev.ua/derzhavnyy-oblik-rodovyshch-ta-zapasis-korysnykh-kopalyn/derzhavnyy-kadastr-rodovyshch-i-proyaviv-korysnykh-kopalyn/>. – Назва з екрану.
6. Четверик, М.С. Технологии и технологические схемы разработки действующих техногенных месторождений / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, А.П. Семенов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск:- 2009.- №82 .- с. 122-130.
7. Систематизация технологических схем открытой разработки техногенных месторождений / А.Г. Шапарь, П.И. Копач, Л.В. Якубенко [и др.] // Екологія і природокористування. – 2010. – Вип. 13. – С. 102-110.
8. Симоненко, В.І. Технологія відпрацювання вмістимого на діючих шламо- та хвостосховищах виробництв з переробки мінеральної сировини / В.І. Симоненко // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Технічні науки». – 2011. – Вип. 2 (54). – С. 172-179.
9. ДБН В.2.4-5:2012 Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – Київ: Мінрегіон України, 2012. – 77 с.
10. Бубнова, Е.А. Методика управляемого формирования техногенной залежи в шламонакопителе / Е.А. Бубнова // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов. – ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2014. – Вып. 117. – С. 19-27.
11. Бубнова, Е.А. Формирование техногенных залежей полезных ископаемых в шламохранилищах с перспективой их разработки / Е.А. Бубнова // Metallurgical and mining industry. – 2014. – № 5. – с. 65-68.

REFERENCES

1. Makarov, A.B. and Talatay, A.G. (1999), “Technogenic and mineral deposits of the Urals (features of the composition and methodology of the study)”, *Technogenesis i ekologiya*, pp.4-41.
2. Zolotko, A.A. and Kurchenko, I.P. (2002), “On the resource value of off-balance sludge”, *Coal of Ukraine*, no. 2-3, pp. 67.
3. Bragin, Y.N. (2000), “Man-made deposits of Fe-Mn minerals in Ukraine”, *Trudy Pervoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of the First International Scientific and Practical Conference], *Technogenne rossypi. Problemy. Resheniya* [Industrial placers. Problems. Solutions], Simferopol, Ukraine, pp. 132-136.
4. Sengupta, M. (1993), “Environmental impacts of mining: monitoring, restoration and control”.; CRC Press LLC, Florida, USA.
5. SSPE "Geoinform of Ukraine" (2017), “State inventory of deposits and manifestations of minerals “, available at: <http://geoinf.kiev.ua/derzhavnyy-oblik-rodovyshch-ta-zapasis-korysnykh-kopalyn/derzhavnyy-kadastr-rodovyshch-i-proyaviv-korysnykh-kopalyn/>. (Accessed 29 January 2017).
6. Chetverik, M.S., Bubnova, Ye.A. and Semenov, A.P. (2009), “Technology and technological schemes of development of existing waste deposits”, *Geo-Technical Mechanics*, vol. 82, pp. 122-130.
7. Shapar, A.G., Kopach, P.I., Yakubenko, L.V. et.al. (2010), “Systematization of technological schemes for open development of technogenic deposits”, *Ekologiya i pryrodokorystuvannya*, vol. 13, pp. 102-110.
8. Symonenko, V.I. (2011), “The technology of working out the contents of existing slurry and tailings storage facilities for the processing of mineral raw materials “, *Visnyk Natsionalnogo universytetu vodnogo gospodarstva ta pryrodokorystuvannya*, vol. 2 (54), pp. 172-179.

9. Ministry of Regional Development and Building of Ukraine (2012), *DBN B.2.4-5:2012: Khvostokhovnyshcha i shlamonakopychuvachi. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II. Budivnytstvo* [SBS B.2.4-5: 2012 Tailings and Slurry Storage. Part I. Design. Part II Construction], Ministry of Regional Development and Building of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

10. Bubnova, Ye.A. (2014), "Method for controllable formation of technogenic deposits in the tailings ponds", *Geo-Technical Mechanics*, vol. 117, pp. 19-27.

11. Bubnova, Ye.A. (2014), "The formation of technogenic mineral deposits in a tailings storage with prospect of their mining", *Metallurgical and mining industry*, vol. 5, pp. 65-68.

Про автора

Бубнова Олена Анатоліївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі Геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, bubnova@nas.gov.ua.

About the author

Bubnova Olena Anatoliivna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipro, Ukraine, bubnova@nas.gov.ua.

Аннотация. Показана перспективность добычи шламов из шламонакопителей и отсутствие соответствующих нормативных документов. Выполнен анализ существующих способов и схем разработки шламонакопителей. Впервые разработана классификация систем разработки шламов из шламонакопителей. Классификационными признаками выбраны: способы и средства добычи и транспортировки, технология извлечения шламов. С применением теории графов рассчитано количество возможных вариантов систем разработки шламоохранилищ.

Показано, что выбор технологических схем и комплексов машин и оборудования для добычи шламов обосновываются в зависимости от параметров шламонакопителя, формы и типа сформированного месторождения, консистенции содержимого, условий транспортировки на обогатительную фабрику и направлением дальнейшего использования добытого сырья.

Ключевые слова: шламонакопители, добыча шламов, технологические схемы, комплексы машин и оборудования, классификация.

Abstract. Expedience of sludge extraction from sludge storage is shown, and absence of relevant normative documents was revealed. Existing methods and schemes of sludge mining were analyzed. The technological schemes for the extraction of sludge from sludge storage are classified by methods and means of excavation and transportation, as well as by physical and mechanical state of the contents with taking into account stage of exploitation.

It is stated that technological schemes and complexes of machines and equipment for sludge excavation should be chosen depending on the parameters of the sludge storage, shape and type of the formed deposit, consistency of the content, conditions of transportation to the preparation factory and intended further use of the extracted raw materials.

Keywords: sludge, mining of sludge, technological schemes, complexes of machines and equipment, classification.

Стаття поступила до редакції 31.01.2017

Рекомендовано до друку д-ром технічних наук Четвериком М.С.