

# Инженерное оборудование зданий и сооружений

УДК 628.336.3

## ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ РЕАГЕНТНОМ РАЗЛОЖЕНИИ ОТРАБОТАННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

**В.И. Аксенов<sup>1</sup>, Н.С. Царев<sup>1</sup>, Е.В. Николаенко<sup>2</sup>, И.И. Ничкова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

<sup>2</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Представлены результаты исследований по механическому обезвоживанию осадка, образующегося при разложении отработанной эмульсионной жидкости твердофазным реагентом на основе модифицированной бентонитовой глины и флокулянтами. Осадки на основе эмульсионных жидкостей, образующиеся на металлургических и машиностроительных предприятиях, в жидком виде, как правило, сбрасывают в «грязные» оборотные циклы водоснабжения промпредприятий. Это недопустимо, поскольку приводит к накоплению в них твердой фазы. Представлены результаты лабораторных экспериментов по обезвоживанию данного осадка методом фильтрования в гравитационных условиях, под вакуумом и избыточным давлением с использованием флокулянтов различного действия. Моделирование работы технологического оборудования произведено в соответствии с общеизвестными методиками. Наилучшие результаты были получены при фильтровании осадка на моделях барабанного вакуум-фильтра и камерного фильтр-пресса. Приведены основные технологические параметры работы промышленного обезвоживающего оборудования, определенные по результатам лабораторных экспериментов и рекомендации по выбору технологии механического обезвоживания рассматриваемого осадка. Приведенные данные могут быть использованы при проектировании очистных сооружений производственных сточных вод предприятий металлургического и машиностроительного комплексов.

*Ключевые слова: отработанная эмульсионная жидкость, модифицированная бентонитовая глина, флокулянты, осадок, обезвоживание.*

Одной из разновидностей смазочно-охлаждающих жидкостей, применяемых на металлургических и машиностроительных предприятиях, являются эмульсионные жидкости (эмульсии) [1, 2]. Подобные технологические среды получают путем разбавления водой товарных концентратов эмульсий, называемых эмульсолами – сложных коллоидных систем, включающих эмульгаторы, активные присадки, ингибиторы коррозии, бактерицидные добавки и другие компоненты.

В процессе смазки и охлаждения технологического оборудования происходит загрязнение различными примесями, старение и изменение физико-химических свойств эмульсионной жидкости. С целью корректировки состава часть ее удаляют из системы, заменяя новой свежеприготовленной порцией. В результате этого образуется отработанная эмульсионная жидкость, которую необходимо либо переработать и утилизировать, либо обезвредить [3].

Для обработки различных типов маслосодержащих производственных сточных вод в нашей стране и за рубежом широкое распространение

находит метод, базирующийся на использовании твердофазных реагентов на основе модифицированных бентонитовых глин и высокомолекулярных флокулянтов [4–6].

Этот способ позволяет из отработанной эмульсионной жидкости получить воду с низким содержанием взвешенных веществ и нефтепродуктов. Кроме того, в сравнении с традиционными коагулянтами применение указанных реагентов не приводит к увеличению концентрации солевых компонентов в обрабатываемой дисперсной системе, поэтому воду можно использовать в производственном водоснабжении.

В настоящее время подобные технологические решения внедрены на ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» [7], ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» [8] и ряде других объектов.

Рассматриваемая технология имеет серьезный недостаток, состоящий в том, что в процессе обработки маслосодержащих производственных сточных вод реагентами образуется значительное количество осадка, который следует обезвоживать и

## Инженерное оборудование зданий и сооружений

направлять на утилизацию. Однако на предприятиях, как правило, этот вопрос решен неудовлетворительно – осадки сбрасывают в «грязные» оборотные циклы водоснабжения, что приводит к накоплению в них твердой фазы.

Целью данной работы является разработка научно обоснованной технологии обезвоживания осадка, образующегося на стадии отстаивания в процессе разложения отработанной эмульсионной жидкости твердофазным реагентом и флокулянтами.

Объект исследования в работе – осадок действующей установки разложения отработанной эмульсионной жидкости (в терминологии завода – «избыточной эмульсии») механического экспандера № 1 трубоэлектросварочного цеха № 6 ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (г. Челябинск).

Указанная установка включает в себя реагентное хозяйство, смеситель, отстойник-флокулятор и емкостное оборудование.

На момент отбора проб осадка в технологическом процессе трубоэлектросварочного цеха использовали эмульсионную жидкость, приготовленную на экспандерном масле Wedolit EP-5. Для разложения на данную установку направляли отработанную эмульсионную жидкость со средним содержанием взвешенных веществ  $0,2 \text{ г/дм}^3$  и масел  $10 \text{ г/дм}^3$ .

Отработанную эмульсионную жидкость смешивали с суспензией твердофазного реагента СФ-А2 концентрацией  $60 \text{ г/дм}^3$  (доза  $9 \text{ г/дм}^3$ ), раствором катионного флокулянта Праестол 650 ВС концентрацией  $0,5 \text{ г/дм}^3$  (доза  $0,135 \text{ г/дм}^3$ ) и раствором анионного флокулянта Аквапол-ФТ2 концентрацией  $1 \text{ г/дм}^3$  (доза  $0,003 \text{ г/дм}^3$ ), после чего она поступала в отстойник-флокулятор, где разделялась на осветленную воду и осадок.

При таком режиме разложения количество образующегося осадка составляет 25 % от расхода отработанной эмульсионной жидкости.

Осадок представляет собой суспензию с содержанием твердой фазы  $80\text{--}100 \text{ г/дм}^3$ .

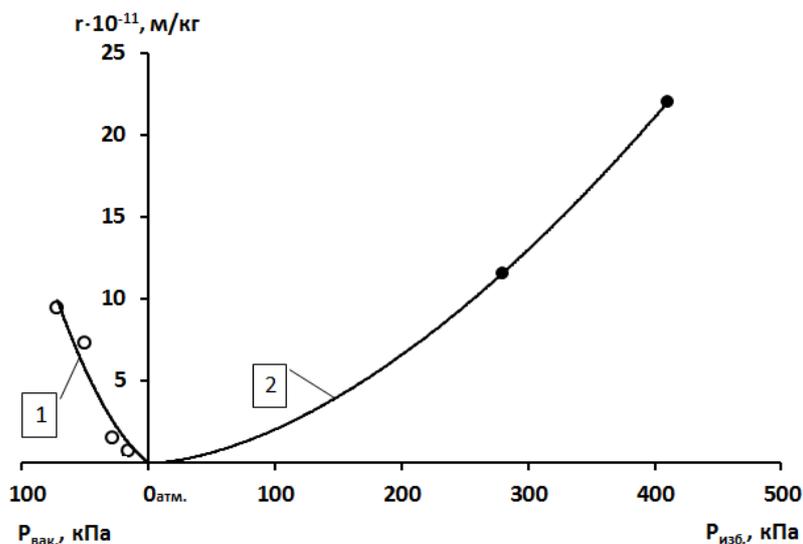
Нами выполнены лабораторные эксперименты по обезвоживанию данного осадка методом фильтрования в гравитационных условиях, под вакуумом и избыточным давлением. Моделирование работы технологического оборудования произведено в соответствии с общеизвестными методиками [9, 10]. В качестве фильтровальной перегородки использована ткань ТЛФ-5 [11].

Установлено, что метод фильтрования в гравитационных условиях для исследуемого осадка не эффективен, поскольку после обезвоживания в течение длительного времени в дренажном бункере осадок представляет собой пасту влажностью 85–90 %, транспортировка которой к месту утилизации или дальнейшей переработки технически затруднительна.

При фильтровании осадка под вакуумом или избыточным давлением на фильтровальной перегородке образуется сильносжимаемый осадок. В подтверждение этому на рисунке приведена зависимость удельного массового сопротивления осадка от разности давлений фильтрования.

В результате аппроксимации экспериментальных данных степенными функциями, как рекомендовано в [12], определено, что средний показатель сжимаемости осадка составляет 1,74. Полученное значение превышает показатели сжимаемости осадков хозяйственно-бытовых сточных вод (0,9–1,14) и осадков станций водоподготовки (1–1,14).

По-видимому, высокие значения обусловлены специфическими физико-химическими свойствами



Зависимость удельного массового сопротивления осадка ( $r$ ) от разности давлений фильтрования ( $P_{\text{вак.}}$ ,  $P_{\text{изб.}}$ ):  
1 – обезвоживание осадка под вакуумом,  
2 – обезвоживание осадка под избыточным давлением

Технологические параметры механического обезвоживания осадка

Тип оборудования	Камерный фильтр-пресс	Барабанный вакуум-фильтр
Разность давлений, фильтрования, кПа	280	50
Фильтроцикл:		
заполнение камер, ч	0,051	Не производится
фильтрование, ч	1,5	0,057
сушка, ч	0,05	0,078
раскрытие плит, ч	0,033	Не производится
регенерация, ч	0,333	0,021
сжатие плит, ч	0,033	Не производится
ВСЕГО, ч	2	0,156
Коэффициент запаса [6]	1,5	1,3
Удельная нагрузка по сухому веществу осадка с учетом коэффициента запаса, кг/(м <sup>2</sup> ·ч)	5	13
Кратность снижения объема осадка	6,2	3,2
Влажность обезвоженного осадка, %	40	75
Толщина обезвоженного осадка, мм	30	10
Отделяемость осадка от фильтроткани ТЛФ-5	Хорошая	Удовлетворительная

осадка, которые в ходе дальнейшей работы нами будут изучены полнее. На данной стадии исследований можно сделать вывод, что фильтровать рассматриваемый осадок при высоких перепадах давлений нецелесообразно.

На модельном нутч-фильтре при разности давлений фильтрования 15...30 кПа влажность обезвоженного осадка составляет 50%. Поскольку процесс выгрузки осадка из данного аппарата достаточно трудоемкий, то его целесообразно внедрять в случае образования малого количества осадка.

Ленточный вакуум-фильтр может быть применен для обезвоживания осадка только при использовании слоя фильтровспомогательного вещества [13].

Наилучшие результаты получены при фильтровании осадка на моделях барабанного вакуум-фильтра и камерного фильтр-пресса.

В таблице приведены основные технологические параметры работы промышленного обезвоживающего оборудования, определенные по результатам лабораторных экспериментов.

Использование для механического обезвоживания камерного фильтр-пресса позволяет получить осадок с наименьшей влажностью. Однако удельная производительность этого аппарата по сухому веществу осадка ниже, чем в случае применения барабанного вакуум-фильтра. В то же время после фильтрования под вакуумом осадок хуже отделяется от фильтроткани и имеет большую влажность.

Таким образом, в случае, если осадок можно направить на утилизацию с влажностью 75%, то целесообразно фильтровать осадок на барабанном вакуум-фильтре, а если осадок предполагается дальше обезвоживать методом термической сушки или сжигать, то рекомендуется предусмотреть камерный фильтр-пресс, поскольку величину затрат

на теплоноситель будет определять влажность осадка.

#### Литература

1. Испытания эмульсолов фирмы Henkel на непрерывном пятиклетевом стане 2030 бесконечной прокатки / А.П. Долматов и др. // *Металлург.* – 2014. – № 9. – С. 80–86.
2. Abe, H. Lubrication of tube in cold pilgering / H. Abe, T. Nomura, Y. Kubota // *Journal of material processing technology.* – 2014. – V. 214, № 8. – P. 1627–1637.
3. Flynn, D.J. *The Nalco water handbook*. 3<sup>rd</sup> ed. / D.J. Flynn. – New York: McGraw-Hill Professional, 2009. – 1280 p.
4. Свиридов, В.В. Регулирование смачиваемости тонкодисперсных материалов с помощью органических модификаторов / В.В. Свиридов, А.Ф. Никифоров // *Известия Челябинского научного центра УрО РАН.* – 2004. – № 1. – С. 153–159.
5. Дриккер, Б.Н. Новые технологии экономии / Б.Н. Дриккер, А.Н. Обожин // *ТехНадзор* № 12. – Екатеринбург: ТехНадзор, 2009. – С. 52–53.
6. Yuan, S., Tong, M., Wu G. Destabilization of emulsion by natural minerals / S. Yuan, M. Tong, G. Wu // *Journal of hazardous materials.* – 2011. – V. 192. – P. 1882–1885.
7. Очистка эмульсионных сточных вод / Ю.А. Галкин и др. *Водоочистка* № 5. – М.: Некоммерческое партнерство Издательский дом «Промсвещение», 2008. – С. 45–48.
8. Галкин, Ю.А. Разработка технологии разложения отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей прокатных станов ЛПЦ-5 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» / Ю.А. Галкин, Д.О. Дробный, О.Ф. Дробный // *Актуальные проблемы современной науки, техники и*

образования: материалы 71-й международной научно-технической конференции. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2014. – Т. 1. – С. 195–199.

9. Tarleton, E.S. *Solid/liquid separation: equipment selection and process design*. 1<sup>st</sup> ed. / E.S. Tarleton, R.J. Wakeman. – Amsterdam; Boston: Butterworth-Heinemann, 2007. – 448 p.

10. Туровский, И.С. *Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание* / И.С. Туровский. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 376 с.

11. ГОСТ 26095-84. *Ткани полиэфирные технические фильтровальные. Технические условия (с Изменением № 1)*. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 14 с.

12. Жужиков, В.А. *Фильтрация: теория и практика разделения суспензий* / В.А. Жужиков. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1980. – 400 с.

13. *Водное хозяйство промышленных предприятий* / В.И. Аксенов, Ю.А. Галкин и др. – М.: Теплотехник, 2005. – 432 с.

**Аксенов Валентин Иванович**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Водное хозяйство и технология воды», Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), aksvi@bk.ru

**Царев Николай Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водное хозяйство и технология воды», Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), nstzar@mail.ru

**Николаенко Елена Валентиновна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), mail.nikolaenko@inbox.ru

**Ничкова Ирина Ивановна**, кандидат химических наук, доцент кафедры «Водное хозяйство и технология воды», Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), nii.7@mail.ru

*Поступила в редакцию 13 апреля 2015 г.*

---

## DEWATERING OF SLUDGE FORMED DURING THE REAGENT DECOMPOSITION OF WASTE EMULSION FLUIDS

*V.I. Aksenov, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russian Federation, aksvi@bk.ru*

*N.S. Tsarev, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russian Federation, aksvi@bk.ru*

*E.V. Nikolaenko, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, mail.nikolaenko@inbox.ru*

*I.I. Nichkova, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russian Federation, nii.7@mail.ru*

The article presents the results of studies on mechanical dewatering of sludge formed during the decomposition of waste emulsion fluids by a solid-phase reagent based on modified bentonite clay and flocculants. The sludge on the basis of emulsion fluids, produced in metallurgical and mechanical engineering enterprises, in the liquid form are discharged into the “dirty” recycling of water supply in industrial companies. It’s inadmissible, as it leads to their accumulation in the solid state. This work presents the results of laboratory experiments on dehydration of the sludge by filtering under gravitational conditions, vacuum and extra pressure, with the use of flocculants of various actions. The simulation of the manufacturing equipment operation is made in accordance with well known techniques. The best results are obtained by sludge filtration on the models of a drum vacuum filter and a chamber filter press. The article presents main technological parameters of industrial equipment for dehydration, specified according to the results of laboratory experiments and recommendations for choosing the technology of mechanical dewatering of the considered sediment. These data can be used when designing facilities for treatment of waste water in metallurgical and mechanical engineering companies.

*Keywords: waste emulsion fluid, modified bentonite clay, flocculants, sludge, dewatering.*

### References

1. Dolmatov A.P. [Test soluble of Henkel continuous five-stand mill 2030 of endless rolling]. *Metallurg* [Metallurg], 2014, no. 9, pp. 80–86 (in Russ).
2. Abe H., Nomura T., Kubota Y. [Lubrication of tube in cold pilgering]. [Journal of material processing technology], 2014, vol. 214, no. 8, pp. 1627–1637.
3. Flynn D.J. [The Nalco water handbook]. New York, McGraw-Hill Professional Publ., 2009. 1280 p.
4. Sviridov V.V., Nikiforov A.F. [Regulation of the wettability of particulate materials by using organic modifiers]. *Izvestija Cheljabinskogo nauchnogo centra UrO RAN*, 2004, no. 1, pp. 153–159 (in Russ).
5. Driker B.N., Obozhin A.N. [New saving technology]. *TehNadzor*, 2009, no. 12, pp. 52–53 (in Russ).
6. Yuan S., Tong M., Wu G. [Destabilization of emulsion by natural minerals]. *Journal of hazardous materials*, 2011, vol. 192, pp. 1882–1885.
7. Galkin Yu.A., Ulasovets E.A., Selitskiy G.A., Klimenkov E.V., Mustafin A.R., Popov Yu.G. [Cleaning emulsion wastewater]. *Vodoochistka*. Moscow, Prosveshhenie Publ., 2008, no. 5, pp. 45–48 (in Russ.).
8. Galkin Ju.A., Drobnyj D.O., Drobnyj O.F. [Development of technology for the decomposition of the waste of Metalworking fluids rolling mills-rolling LPC-5 OAO "Magnitogorsk iron and steel works"]. *Aktual'nye problemy sovremennoj nauki, tehniki i obrazovanija: materialy 71-oj mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Actual problems of modern science, technology and education: proceedings of the 71st international scientific-technical conference]. Magnitogorsk, Magnitogorskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet im. G. I. Nosova Publ., 2014, vol. 1, pp. 195–99 (in Russ.).
9. Tarleton E.S., Wakeman R.J. [Solid/liquid separation: equipment selection and process design]. Amsterdam, Boston, Butterworth-Heinemann Publ., 2007, 1st ed, 448 p.
10. Turovskij I.S. *Osadki stochnyh vod. Obvezozhivanie i obezzarazhivanie* [Sewage sludge. Dehydration and decontamination]. Moscow, DeLi print Publ., 2008. 376 p.
11. GOST 26095-84. *Tkani polijefirnye tehnicheckie fil'troval'nye. Tehnicheckie uslovija (s Izmenenijem № 1)* [State Standart 26095-84. Fabric postelyer technical filter. Technical specifications (amendment no. 1)]. Moscow, Standartinform Publ., 1984. 14 p.
12. Zhuzhikov V.A. *Fil'trovaniye: teorija i praktika razdelenija suspenzij* [Filtration: theory and practice of separation of suspensions.]. Moscow, Himija Publ., 1980. 400 p.
13. Aksekov V.I., Aksekov E.V., Galkin Yu.A., Ladygichev M.G., Nikulin V.A. *Vodnoe hozjajstvo promyshlennyh predpriyatij* [Water management of industrial enterprises]. Moscow, Teplotehnik Publ., 2005. 432 p.

Received 13 April 2015

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Обезвоживание осадков, образующихся при реагентном разложении отработанных эмульсионных жидкостей / В.И. Аксенов, Н.С. Царев, Е.В. Николаенко, И.И. Ничкова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 53–57.

### FOR CITATION

Aksenov V.I., Tsarev N.S., Nikolaenko E.V., Nichkova I.I. Dewatering of Sludge Formed During the Reagent Decomposition of Waste Emulsion Fluids. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2015, vol. 15, no. 3, pp. 53–57. (in Russ.)