



**Т. И. ХАЛТУРИНА  
М. М. ОРЛОВА  
О. В. ЧУРБАКОВА**

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ КОАГУЛЯНТОВ POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS И РЕАГЕНТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ШЛАКА, НА СВОЙСТВА СМЕШАННОГО ОСАДКА МАСЛОЭМУЛЬСИОННЫХ И КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

**EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE EFFECT OF POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F,  
POLYPACS-PFS AND REAGENT FROM SLAG ON PROPERTIES OF OIL EMULSION  
AND ACID-BASED WASTE**

Представлены результаты экспериментальных исследований по интенсификации обезвоживания смешанных осадков маслоэмульсионных и кислотно-щелочных сточных вод. Проведено изучение определения оптимальных доз коагулянтов POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS и реагента, полученного из шлака. Найдены свойства смешанных осадков. Показаны результаты с помощью рентгенофазового и термогравиметрического анализа на приборах D8 ADVANCE фирмы Bruker (Германия) в  $\text{Cu-K}_\alpha$ -излучении и NETZSCHSTA 449 F1 по определению состава осадков. Состав шлака был определен с помощью рентгенофазового (РФА) и рентгеноспектрального (РСА) анализа. Съемка рентгенограмм осуществлялась на автоматизированном рентгеновском дифрактометрическом оборудовании фирмы «Shimadzu XRD-7000S» (излучение  $\text{CuK}\alpha$ ). РФА проводился с использованием информационно-поисковой системы рентгенофазовой идентификации материалов (ИПС ФИ), совмещающей качественный и полуколичественный (по методу «корундовых чисел») анализ. Для полуколичественного РСА применялся метод фундаментальных параметров (волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр фирмы «Shimadzu XRF-1800»). Полученные данные по исследованию свойств и состава смешанных осадков могут быть использованы для разработки технологии утилизации.

This paper presents the results of experimental studies on the intensification of dehydration of mixed sediments of oil emulsion and acid-base wastewater. The study of determining the optimal doses of coagulants POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS was carried out. The properties of mixed sediments were found. The results are shown using X-ray phase and thermogravimetric analyzes on the D8ADVANCE devices of the firm Bruker (Germany) in  $\text{Cu-K}_\alpha$ -radiation and NETZSCHSTA 449 F1 by determining the composition of precipitation. The composition of the slag was determined using X-ray fluorescence analysis - X-ray phase and X-ray X-ray spectral analyzes. The X-ray patterns were taken on an automated X-ray diffractometric equipment from ShimadzuXRD-7000S ( $\text{CuK}\alpha$  radiation). XRF was carried out using an information retrieval system of X-ray phase identification of materials (IPS FI), combining qualitative and semi-quantitative (by the method of "corundum numbers") analysis. For semi-quantitative XRD, the method of fundamental parameters was used (wave X-ray fluorescence spectrometer of the ShimadzuXRF-1800 company). Obtained data on the study of the properties and composition of mixed precipitation can be for the development of technology utilization.

**Ключевые слова:** осадок, состав, структура, коагулянт, POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS, шлак, интенсификация, обезвоживание, методы рентгенофазовый, рентгеноспектральный, термогравиметрический

**Keywords:** sediment, composition, coagulant structure, POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS, slag, intensification, dehydration, X-ray phase, X-ray, thermogravimetric methods.

## Введение

В процессе подготовки осадков сточных вод к механическому обезвоживанию применяют реагентную обработку как распространенный способ кондиционирования. При этом имеет значение правильное определение дозы химических реагентов [1]. В технологии очистки воды применяют разнообразные коагулянты, однако наиболее распространены соли алюминия и железа [2]. В работах [3, 4] показано применение флокулянтов для интенсификации обезвоживания осадков. Известно [5], что при использовании флокулянтов в сочетании с коагулянтами могут быть получены смешанные реагенты, интенсифицирующие процессы.

Цель исследования – улучшение водоотдающей способности и определение свойств и состава смешанных осадков маслоэмульсионных и кислотно-щелочных сточных вод при обработке коагулянтами POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS и реагента, полученного из шлака для их последующей утилизации.

## Материалы и методы

Экспериментальные исследования проводились на натуральных смешанных осадках маслоэмульсионных и кислотно-щелочных сточных вод предприятий металлообработки. Обработка осадков коагулянтами POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS и реагентом, полученным из шлака. Найдены составы смешанных осадков с помощью рентгенофазового и термогравиметрического анализа на приборах D8 ADVANCE фирмы Bruker (Германия) в  $\text{CuK}\alpha$ -излучении и NETZSCH STA 449 F1. Состав шлака был определен с помощью рентгенофазового (РФА) и рентгеноспектрального (РСА) анализа. Съемка рентгенограмм осуществлялась на автоматизированном рентгеновском дифрактометрическом оборудовании фирмы «Shimadzu XRD-7000S» (излучение  $\text{CuK}\alpha$ ). РФА проводился с использованием инфор-

мационно-поисковой системы рентгенофазовой идентификации материалов (ИПС ФИ), совмещающей качественный и полуколичественный (по методу «корундовых чисел») анализ. Для полуколичественного РСА применялся метод фундаментальных параметров (волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр фирмы «Shimadzu XRF-1800»). Раствор реагента, полученный при обработке металлургического шлака раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , был исследован на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой «iCAP-6500» для определения концентрации ионов, перешедших в раствор.

## Результаты и обсуждение

Для проведения эксперимента были выбраны коагулянты трех видов POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS. До начала исследований по обработке осадков коагулянтами были определены состав и свойства исходного натурального осадка маслоэмульсионных и кислотно-щелочных сточных вод, которые представлены в табл. 1.

Для исследования процесса реагентной обработки был принят коагулянт POLYPACS-30 LF – органический коагулянт полиалюминия хлорид. Он представляет собой порошок светло-желтого цвета с массовой долей оксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )  $\geq 30\%$ .

Как видно из табл. 1, осадок обладает высоким значением удельного сопротивления осадка фильтрации. Для улучшения водоотдающей способности осадка были проведены экспериментальные исследования по обработке его коагулянтом POLYPACS-30 LF. Данные эксперимента представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, применение POLYPACS-30 LF позволяет снизить удельное сопротивление осадка фильтрации в 3,4 раза при добавлении оптимальной дозы  $1 \text{ мг/дм}^3$ , что позволит увеличить производительность обезвоживающих аппаратов.

Таблица 1  
Свойства смешанного осадка маслоэмульсионных и кислотно-щелочных сточных вод

Вид осадка	Плотность, $\text{г/см}^3$	Влажность осадка, %	Влажность кека, %	Сухой остаток после просушивания, $\text{г/дм}^3$	Прокал. остаток, $\text{г/дм}^3$		Потери при прокаливании, $\text{г/дм}^3$		Зольность, %		Удельное сопротивление осадка фильтрации, $\text{см/г}$
					450 °C	800 °C	450 °C	800 °C	450 °C	800 °C	
Исходный	0,96	97,8	86,6	22	9,3	6,7	12,7	15,3	42,2	30,45	$509,9 \times 10^{10}$

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований					
Доза коагулянта, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	1	2,5	5	7,5
Удельное сопротивление осадка фильтрации, см/г	366,2	150,49	158,37	287,38	350,32

Изменение свойств осадков было подтверждено при использовании термического метода исследования. Наряду с дифференциальной сканирующей калориметрией применялся термогравиметрический метод (ТГ), основанный на изменении массы используемых образцов осадка при нагревании в зависимости от температуры. Исследования проводились на приборе NETZSCH STA 449 F1 в диапазоне 30/20,0 (К/мин)/1000 при использовании программного обеспечения NETZSCH Proteus. Термограммы осадков представлены на рис. 1 и 2 в виде кривых ДСК – ТГ (где ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия, мкВ/мг; ТГ – кривая изменения массы, %; ДТГ – дифференциальная термогравиметрическая кривая, %/мин).

При сопоставлении термограмм исходного осадка и осадка, обработанного

POLYPACS-30 LF, видны отличия по значениям термоэффектов и ширине пиков. Эндоэффекты при  $t = 119,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 1) и  $t = 123,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 2) показывают удаление слабосвязанной воды; при  $t = 303,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 1) и  $t = 301,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 340,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 2) происходят полиморфные превращения гидроокислов алюминия. При  $t = 430\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 1) и  $t = 363,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 2) наблюдается эндоэффект обезвоживания и дегидроксилирования гиббсита- $\gamma\text{-Al(OH)}_3$ . При  $t = 460,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t = 440,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 2) пики характерны для сгорания масел. Пик при  $t = 788,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 2) объясняется разложением карбонатов [6]. В данной работе был поставлен эксперимент по обработке осадка коагулянтom POLYPACS-F – это неорганический полимер на основе полиалюминия хлорида с содержанием оксида железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 2,5\text{ }\%$ . В табл. 3 представлены свойства осадка, обработанного данным коагулянтom оптимальной дозой  $5\text{ мг/дм}^3$ .

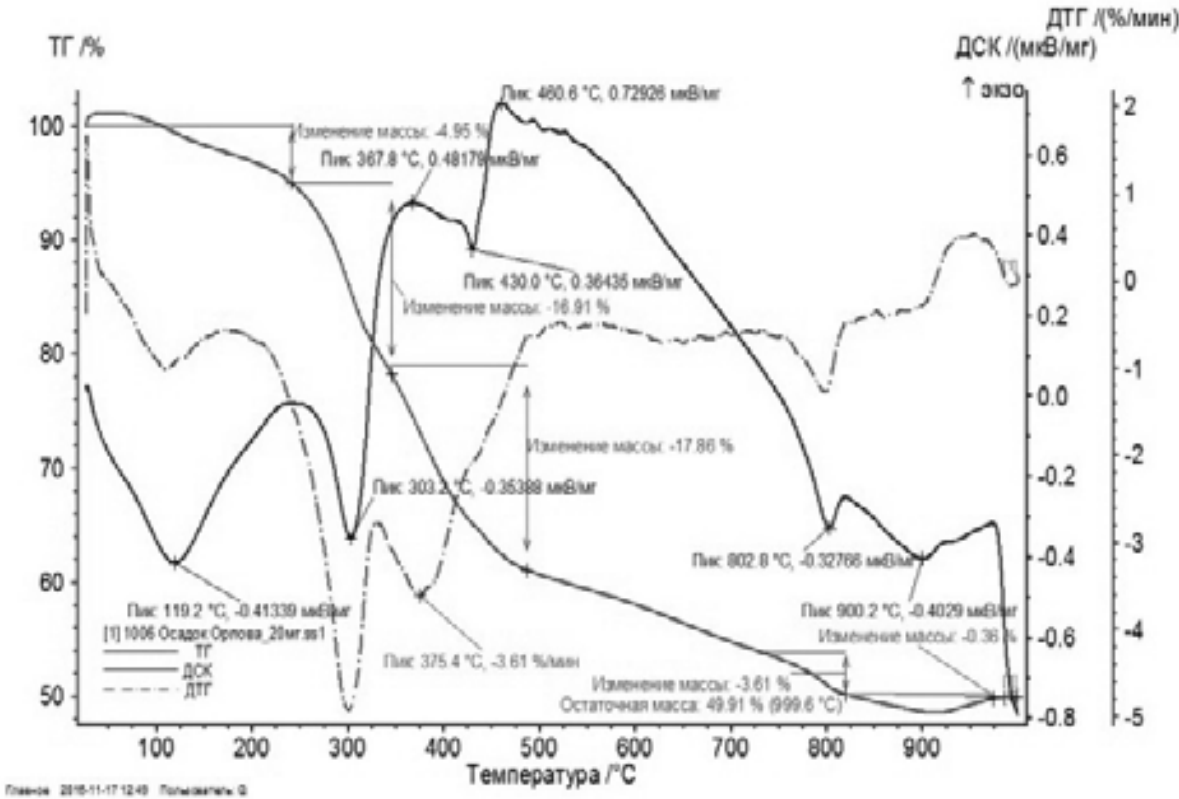


Рис. 1. Термограмма исходного смешанного осадка

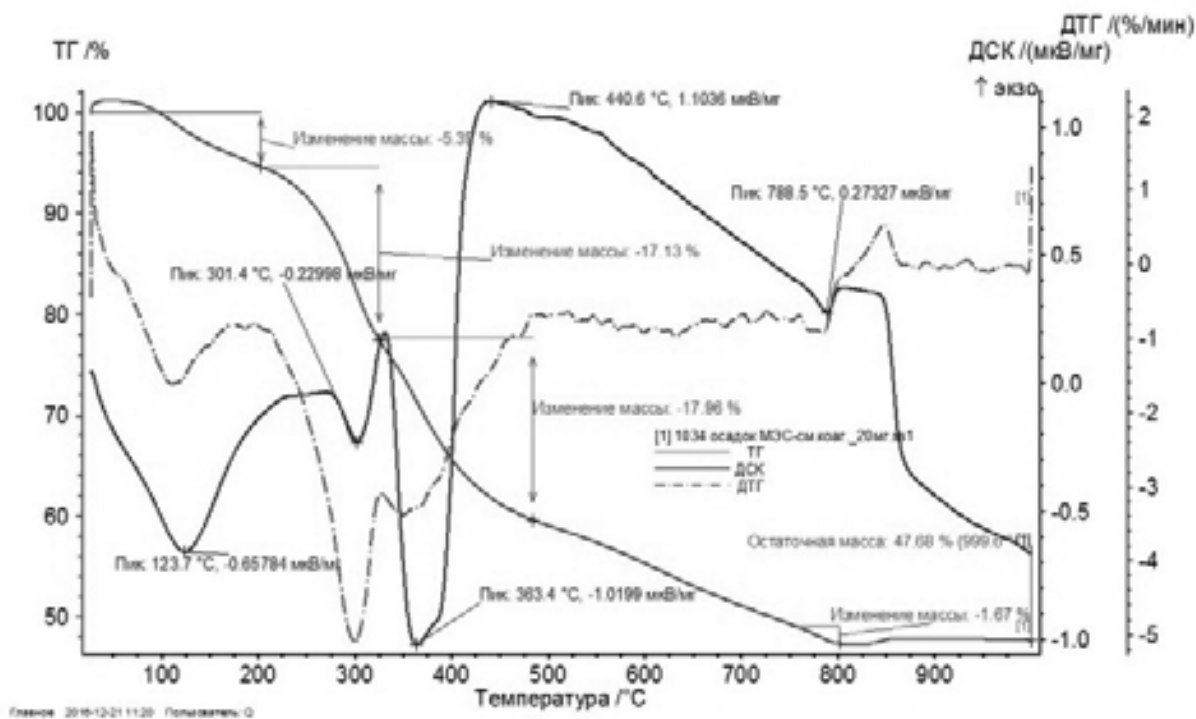


Рис. 2. Термограмма смешанного осадка, обработанного POLYPACS-30 LF

Таблица 3

Свойства осадка, обработанного коагулянтом POLYPACS-F

Влажность W, %	Плотность ρ, г/см³	Сухой остаток 105 °С, г/дм³	Остаток после прокаливания, г/дм³		ППП, г/дм³		Удельное сопротивление осадка фильтрации, см/г
			450 °С	800 °С	450 °С	800 °С	
96,57	0,987	33,86	23,08	19,26	25,98	29,79	139,7*1010

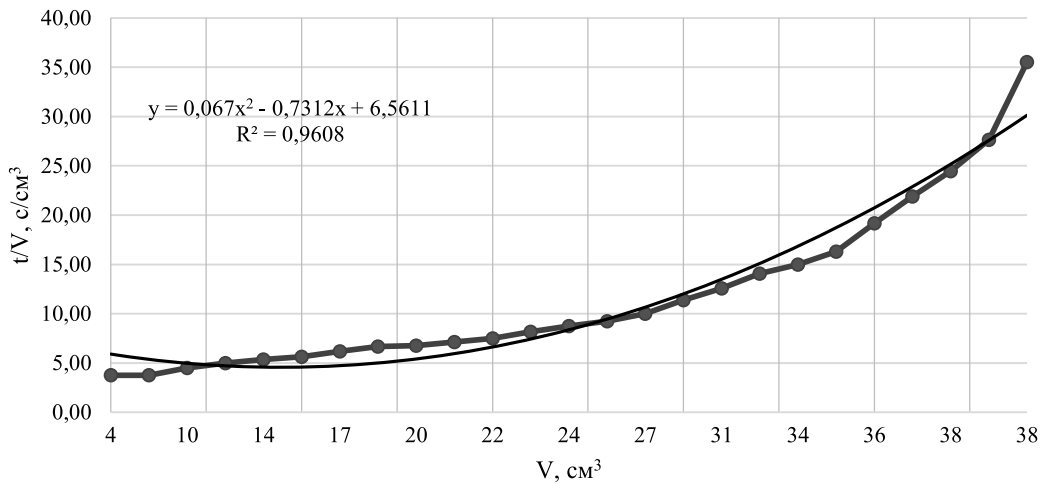


Рис. 3. График для параметра  $v$ , определяющий удельное сопротивление осадка фильтрации кондиционированным коагулянтом POLYPACS-F

Для определения удельного сопротивления осадка, кондиционированного коагулянтом POLYPACS-F, были обработаны экспериментальные данные в табличном процессоре Excel, построен график для параметра  $\nu$  и получено уравнение аппроксимации (рис. 3).

Как видно из табл. 3, удельное сопротивление осадка фильтрации снижается в 3,6 раза.

Для изучения состава осадков, обработанных коагулянтом POLYPACS-F, были проведены рентгенофазовый и термогравиметрический анализы на приборах D8ADVANCE фирмы Bruker (Германия) в  $\text{CuK}_2$ -излучении при использовании рентгеновской картотеки PDF-2 (2008) и NETZSCHSTA 449 F1. Дифрактограмма и термограмма представлены на рис. 4, 5.

На дифрактограмме (рис. 4) наблюдаются линии, характерные для гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $d=3,019$ ;  $2,77$ ;  $2,37$ ;  $2,32 \text{ \AA}^0$ ), интенсивные линии характерны для гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $d=3,5$ ;  $2,66$ ;  $2,01$ ;  $1,69 \text{ \AA}^0$ ), для гиббсита, байерита и бемита линии с  $d=3,48$ ;  $2,66$ ;  $2,4 \text{ \AA}^0$ , для карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$   $d=2,83$ ;  $1,98 \text{ \AA}^0$ .

Как видно из термограммы рис. 5, на кривой ДСК наблюдаются эндоэффекты. Пик при  $t = 129^\circ\text{C}$  связан с дегидратацией, пик при  $t = 305^\circ\text{C}$  характеризует полиморфные превращения гидроокислов алюминия. Термоэффект при  $t = 747^\circ\text{C}$  объясняется разложением  $\text{CaCO}_3$ . Пики при  $t = 275^\circ\text{C}$  и  $t = 375^\circ\text{C}$  указывают на наличие окислов железа, при  $t = 480^\circ\text{C}$  объясняются выгоранием нефтепродуктов. Остаточная масса составляет 59,23 %.

Были изучены свойства и состав осадков, обработанных коагулянтом POLYPACS-PFS (полиоксисульфат железа (полимерный сульфат железа)  $\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-n/2}$  ( $n < 2$ ,  $m = f(n)$ ), он представляет собой высокоэффективный неорганический коагулянт с помощью рентгенофазового и термогравиметрического анализов (табл. 4, рис. 6, 7).

Как видно из табл. 3, удельное сопротивление осадка фильтрации снижается в 3,32 раза.

Исследование также проводилось с помощью рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ADVANCE D8 фирмы Bruker-AXS (Германия) при использовании рентгеновской картотеки PDF-2, 2008. Дифрактограмма осадка представлена на рис. 6.

Как следует из дифрактограммы, основу кристаллической фазы составляют гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $d=3,68$ ;  $2,2$ ;  $1,86$ ;  $1,64 \text{ \AA}^0$ ) и магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $d=1,69 \text{ \AA}^0$ ). Кроме того, на дифрактограмме осадка наблюдаются фазы, представленные оксидами алюминия ( $d = 3,56$ ;  $3,1$ ;  $2,17$ ;  $2,07$ ;  $1,97$ ;  $1,74 \text{ \AA}^0$ ),  $\text{CaSO}_4$  ( $d = 3,47$ ;  $2,84$ ;  $2,32 \text{ \AA}^0$ ),  $\text{CaCO}_3$  ( $d = 3,1 \text{ \AA}^0$ ).

Определение состава осадка также было проведено с помощью термогравиметрического анализа на приборе NETZSCHSTA 449 F1 в диапазоне 30/20,0 (к/мин)/1000 в режиме ДСК–ТГ (где ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия, мкВ/мг; ТГ – кривая изменения массы, %; ДТГ – дифференциальная термогравиметрическая кривая, %мин). Термограмма представлена на рис. 7.

Как видно из термограммы рис. 7, на кривых ДСК показан эндоэффект при  $t = 122,8^\circ\text{C}$ . Пик

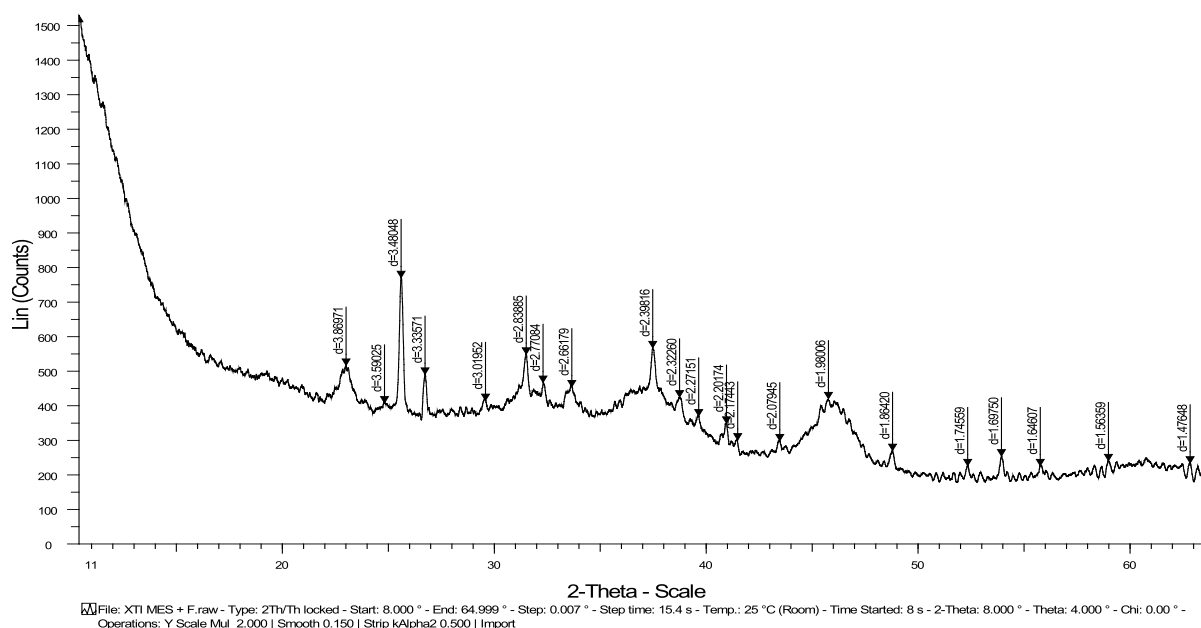


Рис. 4. Дифрактограмма осадка, обработанного коагулянтом POLYPACS-F

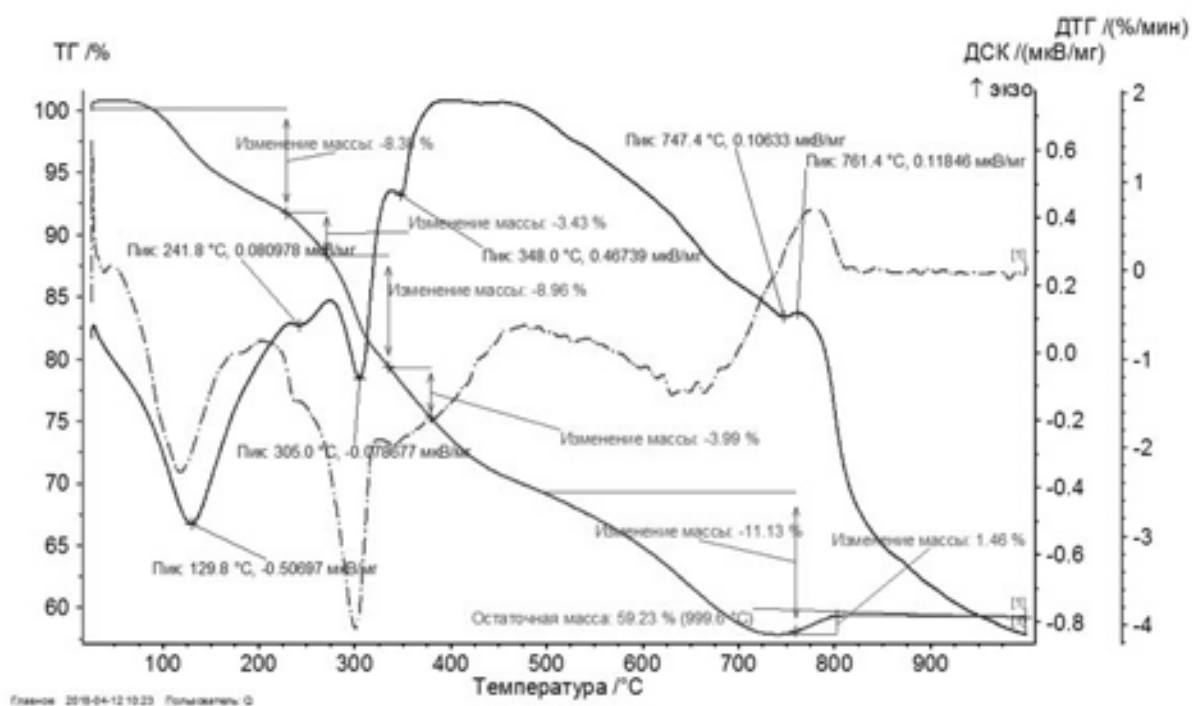


Рис. 5. Термограмма осадка, обработанного коагулянтom POLYPACS-F

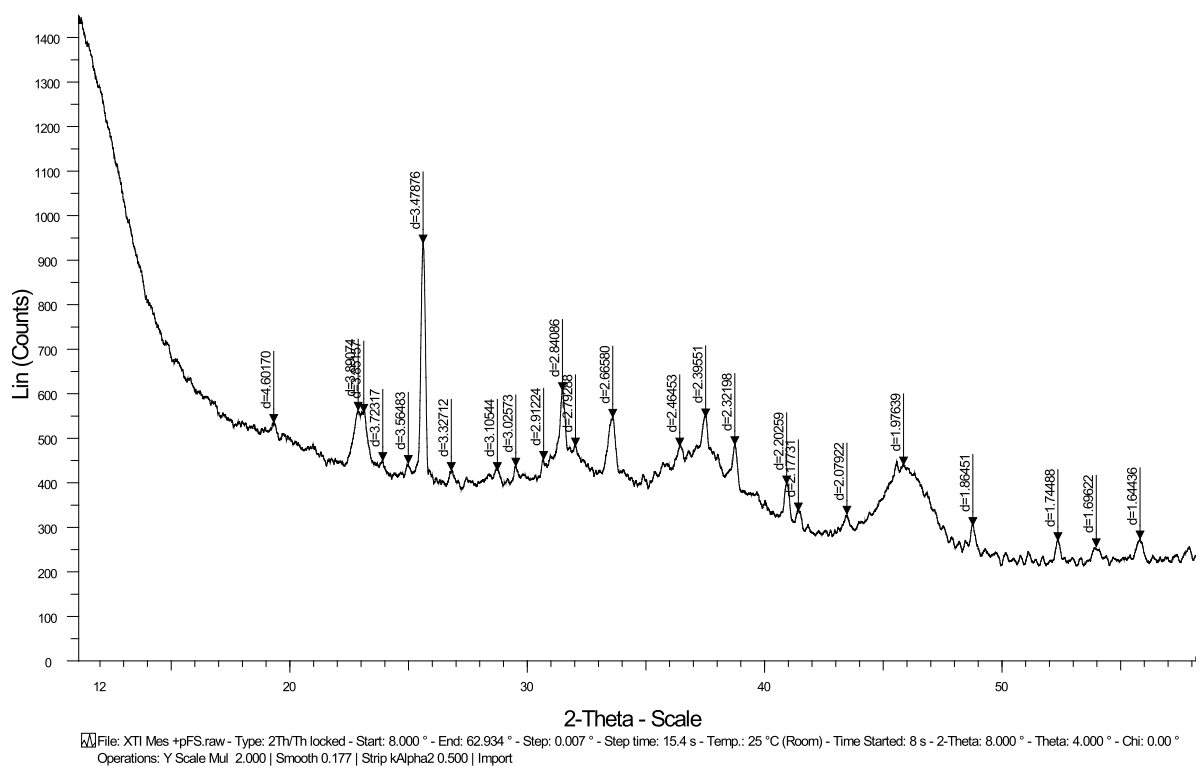


Рис. 6. Дифрактограмма осадка, обработанного коагулянтom POLYPACS-PFS

при  $t = 242,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  характерен для полиморфных превращений оксигидратных форм алюминия. Эндотермический эффект при  $t = 305,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  связан с наличием в образце  $\text{FeO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Термический эффект при  $t = 342,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  характерен для магнетита  $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Эффект при  $t = 375,0\text{--}480,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  свидетельствует о горении масел. Пики при  $t = 873,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t = 898,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  характерны для разложения карбонатов. Термогравиметрические кривые (ТГ) показывают, что все основные тепловые эффекты сопровождаются изменением массы образца осадка в зависимости от температуры. Остаточная масса составляет 52,22 %.

Альтернативным решением обработки осадка является реагентная обработка при использовании коагулянтов, полученных из шлака металлургических предприятий. Учитывая региональные условия и наличие отходов производства – гранулированного металлургического шлака [7], была изучена возможность интенсификации обезвоживания осадка при применении раствора реагента, полученного из шлака. В качестве сырья для получения раствора коагулянта использовали металлургический шлак Норильского никелевого завода. Состав шлака был определен с помощью рентгенофазового и рентгено-

Таблица 4

Свойства осадка, обработанного коагулянтом POLYPACS-PFS

Влажность W, %	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Сухой остаток, г/дм <sup>3</sup>	Остаток после прокаливания, г/дм <sup>3</sup>		ППП, г/дм <sup>3</sup>		Удельное сопротивление осадка фильтрации, см/г
		105 °C	450 °C	800 °C	450 °C	800 °C	
96,9	0,979	30,39	20,55	18,58	9,85	11,81	$153,26 \times 10^{10}$

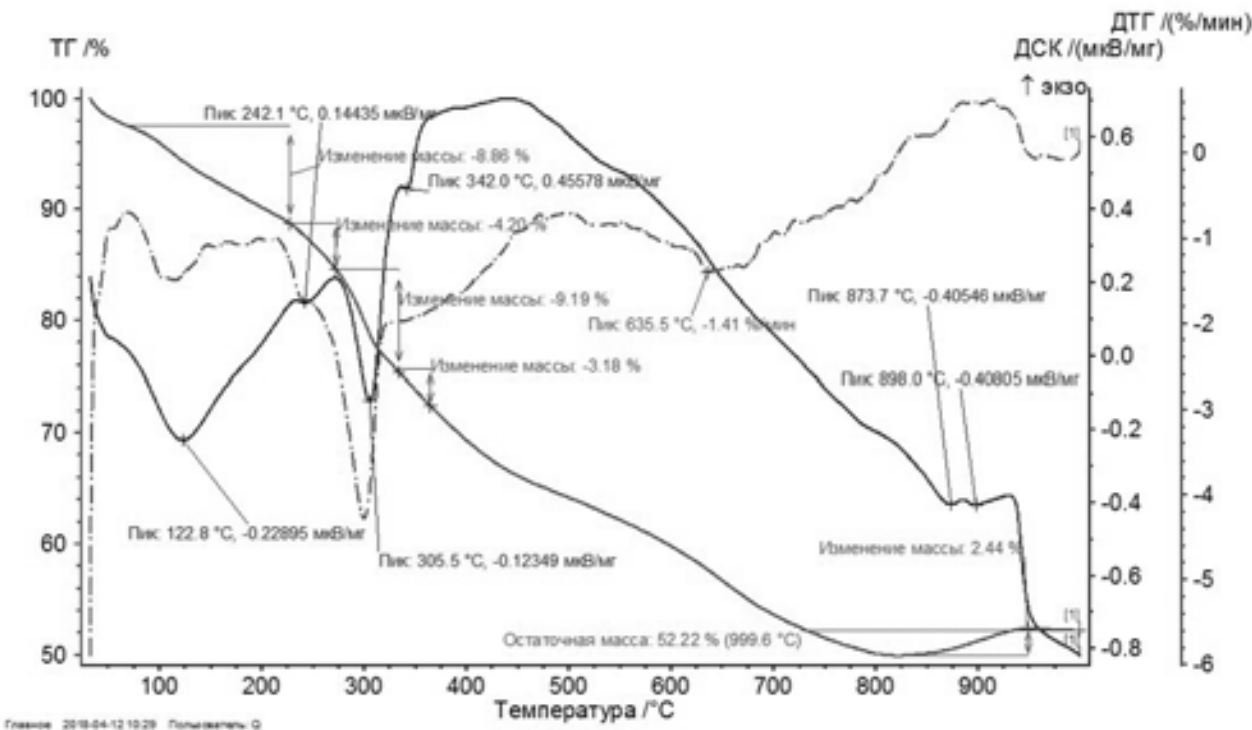


Рис. 7. Термограмма осадка, обработанного коагулянтом POLYPACS-PFS

спектрального анализа. Съемка рентгенограмм осуществлялась на автоматизированном рентгеновском дифрактометрическом оборудовании фирмы «Shimadzu XRD-7000S» (излучение  $\text{CuK}_\alpha$ ). РФА проводился с использованием информационно-поисковой системы рентгенофазовой идентификации материалов (ИПС ФИ), совмещающей качественный и полуколичественный (по методу «корундовых чисел») анализ. В табл. 5 показан фазовый состав образца шлака по данным РФА. Для полуколичественного РСА применялся метод фундаментальных параметров (волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр фирмы «Shimadzu XRF-1800»). На рис. 8 представлена рентгенограмма образца шлака никелевого производства. Элементный и фазовый составы исходного и обработанного реагентом осадка были

определены также с помощью рентгенофазового и рентгеноспектрального анализа.

В табл. 6 представлен химический состав образца шлака по данным рентгеноспектрального анализа.

Установлено, что гранулированный металлургический шлак содержит в большей мере такие элементы, как железо, кремний, алюминий, кальций, магний.

При обработке шлака кислотой образуется раствор смешанного коагулянта, содержащий ионы  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и активную кремниевую кислоту. Частицы активной кремниевой кислоты способствуют коагуляции гидратов окислов железа, алюминия. Как известно, смешанный коагулянт обладает более эффективными коагулирующими свойствами, позволяющими заметно

Таблица 5

Фазовый состав по данным РФА, масс. %

Формула	Содержание, %
$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	87,2
$\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$	10,2
$\text{SiO}_2$	2,46

Таблица 6

Химический состав шлака по данным РСА, масс. %

Элемент	O	Fe	Si	C	Ca	Al	S	Na
<b>Концентрация</b>	35,9435	27,8176	17,5664	3,8917	3,8464	3,6342	2,3717	1,5378
Элемент	Mg	K	F	Ti	Cu	Ni	Co	Cr
<b>Концентрация</b>	1,3917	0,8663	0,3009	0,196	0,1907	0,1182	0,0958	0,0628
Элемент	Mn	Ba	P	Zn	Sr	Cl	Rb	
<b>Концентрация</b>	0,0561	0,0401	0,0186	0,0216	0,0149	0,0127	0,0043	

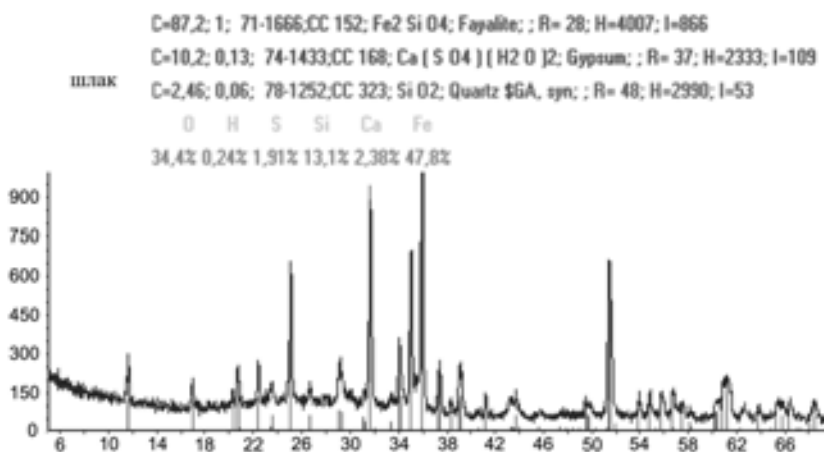


Рис. 8. Рентгенограмма образца шлака



снизить чувствительность процесса коагуляции к солевому составу и расширить ее зоны.

Раствор реагента, полученный при обработке металлургического шлака раствором  $H_2SO_4$ , был исследован на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой «iCAP-6500» для определения концентрации ионов, перешедших в раствор. В табл. 7 представлены концентрации ионов в растворе, полученном из шлака.

Обработка экспериментальных данных по определению зависимости удельного сопротивления фильтрации осадка от дозы реагента, полученного из металлургического шлака, была проведена в табличном процессоре «Excel» для получения уравнения аппроксимации (рис. 9).

Как видно из рис. 9, оптимальная доза реагента для снижения удельного сопротивления осадка фильтрации составляет 960  $мг/дм^3$  или 2 % от массы сухого вещества осадка.

Таблица 7

Концентрация ионов в растворе, полученном из шлака

Ионы химического элемента	$Al^{3+}$	$Fe^{2+}$	$Co^{2+}$	$Ni^{2+}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Si^{4+}$
Концентрация, $мг/дм^3$	1002,075	11757,501	11,057	18,153	1061,25	846,253	129,333

Таблица 8

Свойства осадка исходного (осадок № 1) и обработанного раствором из шлака осадка (осадок № 2)

Вид осадка	Плотность, $г/см^3$	Влажность осадка, %	Влажность кека, %	Сухой остаток после просушивания, $г/дм^3$	Прокаленный остаток, $г/дм^3$		Потери при прокаливании, $г/дм^3$		Зольность, %		Замасленность, %	Удельное сопротивление фильтрации, $г*10^{10} см/г$
					450 °C	800 °C	450 °C	800 °C	450 °C	800 °C		
№ 1	0,987	89,819	88,142	100,510	53,240	45,450	47,270	55,060	52,970	45,219	47,030	303,390
№ 2	0,975	89,161	86,273	105,660	66,780	30,900	38,880	74,760	63,203	29,245	36,797	57,257

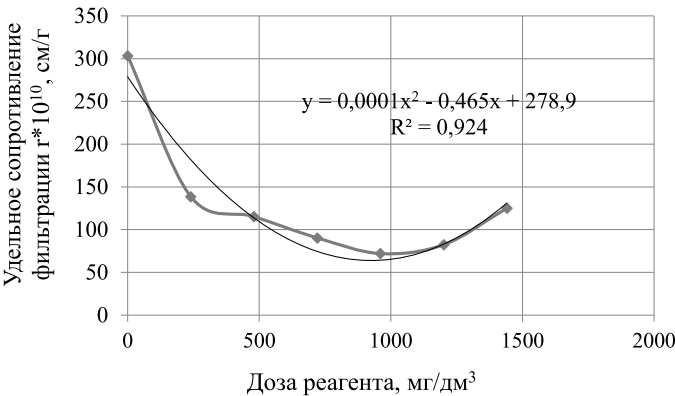


Рис. 9. Зависимость удельного сопротивления фильтрации осадка от дозы реагента

В табл. 8 представлены свойства осадка исходного (осадок № 1) и обработанного раствором коагулянта, полученного из шлака (осадок № 2).

Из табл. 8 видно, что значение удельного сопротивления при обработке раствором смешанного коагулянта, полученного из шлака, снижается в 5,3 раза, а нефтесодержание осадка уменьшается на 10,4 %, что позволит использовать его в качестве реагента для очистки МЭС.

**Выводы.** 1. Проведено изучение определения оптимальных доз коагулянтов POLYPACS-30 LF, POLYPACS-F, POLYPACS-PFS и реагента, полученного из шлака.

2. Найден состав смешанных осадков с помощью рентгенофазового (РФА) и термogravиметрического (РСА) анализа на приборах D8 ADVANCE фирмы Bruker (Германия) в CuK2-излучении и NETZSCHSTA 449 F1.

3. Определен состав шлака с помощью рентгенофазового (РФА) и рентгеноспектрального (РСА) анализа. Съемка рентгенограмм осуществлялась на автоматизированном рентгеновском дифрактометрическом оборудовании фирмы «Shimadzu XRD-7000S» (излучение CuK $\alpha$ ). РФА проводился с использованием информационно-поисковой системы рентгенофазовой идентификации материалов (ИПС ФИ), совмещающей качественный и полуквантитативный (по методу «корундовых чисел») анализ.

4. Применялся метод фундаментальных параметров (волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр фирмы «Shimadzu XRF-1800») для полуквантитативного РСА.

5. Полученные данные по исследованию свойств и состава смешанных осадков могут быть использованы для разработки технологии утилизации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Туровский И.С. Обработка осадка сточных вод. М.: Стройиздат, 1988. 256 с.
2. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища шк., 1986. 352 с.
3. Халтурина Т.И., Чурбакова О.В. Повышение эффективности процесса обезвоживания осадков маслоэмульсионных сточных вод // Известия вузов «Строительство». 2012. № 11–12. С. 84–89.
4. Халтурина Т.И., Хомутова Ю.В., Чурбакова О.В. Интенсификация процесса обезвоживания осадков металлообрабатывающих предприятий // Известия вузов «Строительство». 2004. № 12 (552). С. 69–72.
5. Гандурина Л.В. Органические флокулянты и технологии очистки природных и промышленных сточных вод и обработки осадков: аналитический обзор. М.: Изд-во ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», 2001. 74 с.

6. Иванова В.П., Касатов Б.П., Красавина Т.Н., Розинова Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. М.: Недра, 1974. 399 с.

7. Халтурина Т.И. К вопросу утилизации металлургического шлака никелевого производства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 4(111). С. 178–186.

## REFERENCES

1. Turovsky I.S. *Obrabotka osadka stochnykh vod* [Sewage sludge treatment]. Moscow, Stroizdat Publ. 1988. 256p.
2. Kulsy L.A., Strokach P.P. *Tekhnologiya ochistki prirodnnykh vod* [Tehnologiya purification of natural waters]. 2nd ed., Pererab. and additional. K. Looks of schk. The main publishing house in 1986. 352p.
3. Khalturina T.I., Churbakova O.V. Improving the efficiency of the process of dewatering of oil emulsion sludge sludge. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of High Schools. Construction], 2012 no. 11–12, pp. 84–89. (in Russian)
4. Khalturina T.I., Khomutova Yu.V., Churbakova O.V. Intensification of the process of dewatering of metal-working enterprises sludge. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of High Schools. Construction], 2014, no. 12 (552), pp. 69–72. (in Russian)
5. Gandurina L.V. *Organicheskie flokulyanty i tekhnologii ochistki prirodnnykh i promyshlennykh stochnykh vod* [Organic flocculants and technologies for purification of natural and industrial wastewater and sludge treatment: an analytical review]. Moscow, Publishing house DAR. VODGEO, 2001. 74 p.
6. Ivanov V.P., Kasatov B.P., Krasavina T.N., Rozinova E.L. *Termicheskiy analiz mineralov i gornyykh porod* [Thermal analysis of minerals and rocks]. Nedra Publ, 1974, 399 p.
7. Khalturina T.I. On the issue of utilization of metallurgical slag from nickel production. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University], 2016, no. 4 (111). pp. 178–186. (in Russian)

Об авторах:

**ХАЛТУРИНА Тамара Ивановна**

кандидат химических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений  
Сибирский федеральный университет  
Инженерно-строительный институт  
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, ауд. А-137  
E-mail: THal1965@yandex.ru

**KHALTURINA Tamara I.**

PhD in Chemistry, Professor of the Engineering Systems of Buildings and Structures Chair  
Siberian Federal University  
School of Engineering and Construction  
660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny av., 82  
E-mail: THal1965@yandex.ru

**ОРЛОВА Мария Михайловна**

аспирант  
Сибирский федеральный университет  
Инженерно-строительный институт  
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, ауд. А-137  
E-mail: mm.orlova@rambler.ru

**ORLOVA Maria M.**

Postgraduate Student  
Siberian Federal University  
School of Engineering and Construction  
660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny av., 82  
E-mail: mm.orlova@rambler.ru

**ЧУРБАКОВА Ольга Викторовна**

кандидат технических наук, доцент  
Сибирский федеральный университет  
Инженерно-строительный институт  
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, ауд. А-137  
E-mail: ochurbacova@mail.ru

**CHURBAKOVA Olga V.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor  
Siberian Federal University  
School of Engineering and Construction  
660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny av., 82  
E-mail: ochurbacova@mail.ru

Для цитирования: Халтурина Т.И., Орлова М.М., Чурбакова О.В. Экспериментальные исследования по влиянию коагулянтов Polypacs-30 LF, Polypacs-F, Polypacs-PFS и реагента, полученного из шлака, на свойства смешанного осадка маслоэмульсионных и кислотно-щелочных сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 3. С. 74–84. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.10.

For citation: Khalturina T.I., Orlova M.M., Churbakova O.V. Experimental Research on the Effect of Polypacs-30 lf, Polypacs-f, Polypacs-pfs and Reagent from Slag on Properties of Oil Emulsion and Acid-Based Waste // Urban construction and Architecture. 2019. V.9, 3. Pp. 74–84. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.10.

---

Уважаемые читатели!

Научно-технический центр «АРХИГРАД» приглашает к сотрудничеству.

*Основные направления деятельности Центра:*

- градостроительство, градостроительная реконструкция
- территориальное планирование
- архитектурное и ландшафтное проектирование
- реконструкция зданий и сооружений
- экспертная деятельность
- повышение квалификации руководителей и специалистов организаций

Руководитель Вавилонская Татьяна Владимировна

Контакты:

443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, корпус 13, каб. 0102  
тел. (846) 242-52-21  
E-mail: baranova1968@mail.ru