

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

УДК 628.34:66.081.3

ТЕХНОЛОГИЯ ИОНООБМЕННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И РЕГЕНЕРАЦИИ АМФОЛИТА АКА-Т НА ПИЛОТНОЙ УСТАНОВКЕ ИОУ-4Ф

Драбкова Татьяна Владимировна, Абдугалипова Нелля Мударисовна,
Рахматуллаев Файзулла Нигматуллаевич, Исанова Рахима Рахимжановна

Ташкентский государственный технический университет

Аннотация. Представлена ионообменная технология очистки сточных вод на пилотной установке ИОУ-4Ф с применением амфолита АКА-Т. Описаны режимы фильтрации и двухстадийная регенерация. Производственные испытания подтвердили эффективность очистки >99%.

Ключевые слова: ионообменная технология, очистка сточных вод, тяжёлые металлы, амфолит АКА-Т, регенерация ионитов, установка ИОУ-4Ф.

Введение. Проблема очистки промышленных сточных вод, содержащих комплексные загрязнения в виде катионов тяжелых металлов и анионов (сульфатов, хлоридов), требует разработки компактных, эффективных и регенерационных технологий [1, 2]. Целью работы являлась апробация и оптимизация технологии глубокой очистки на основе единого амфотерного ионообменного материала – амфолита АКА-Т [3], совмещающего катионо- и анионообменные свойства, на пилотной модульной установке ИОУ-4Ф [4, 5].

Задачи исследований включали: 1) оценку эффективности очистки модельных растворах, имитирующих сточные воды, в динамических условиях; 2) разработку и сравнительный анализ режимов регенерации насыщенного амфолита; 3) проверку работоспособности и эксплуатационных характеристик установки ИОУ-4Ф.

Объекты и методы исследований: В качестве сорбента использован синтезированный амфолит АКА-Т, представляющий собой сополимер, содержащий одновременно карбоксильные ($-\text{COO}^- \text{H}^+$) и

аминогруппы ($-\text{NH}_3^+ \text{OH}^-$). Очищаемым раствором служили имитированные сточные воды с исходными концентрациями Cu^{2+} , $\text{Fe}^{2+/3+}$ до 50 мг/л, SO_4^{2-} до 1500 мг/л. При температуре 24 °С и pH среды 5,0–5,5. Для регенерации применяли растворы H_2SO_4 , NaOH , HCl , HNO_3 , $\text{NaOH}+\text{NaCl}$, NH_4OH различной концентрации.

Исследования проводились на пилотной ионообменной установке ИОУ-4Ф (рис. 1), состоящей из четырех последовательных колонн с восходящим потоком жидкости 1,5 л/мин. Каждая колонна загружена псевдоожиженным слоем амфолита АКА-Т (высота слоя 0,21 м). Контроль процесса осуществляли путем отбора проб через коллекторы после каждой колонны с последующим химическим анализом на содержание металлов (атомно-адсорбционная спектрометрия) и сульфат-ионов (турбидиметрически) [6]. Эффективность регенерации оценивали по остаточному содержанию ионов в ионите и воспроизводимости его обменной емкости. Гидродинамические условия: расход 1,5 л/мин, промывка обратным потоком после регенерации.

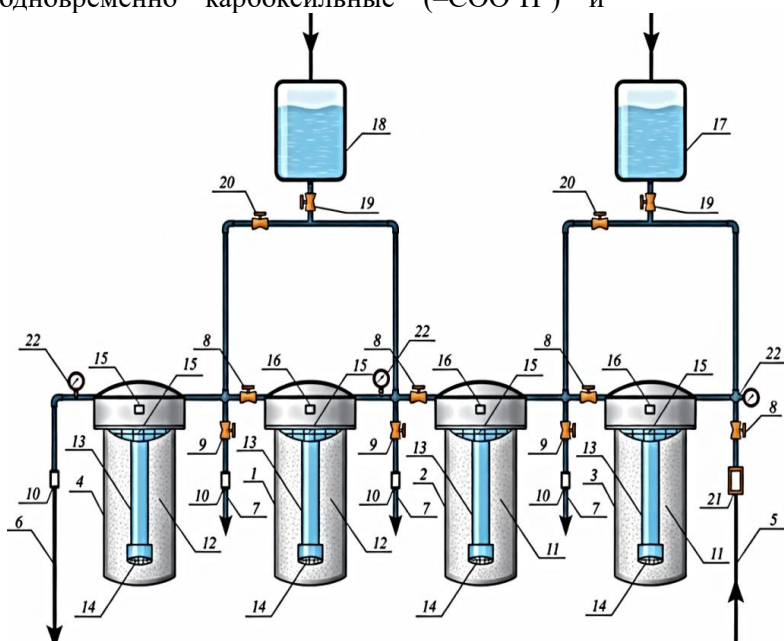


Рис. 1. Технологическая схема процесса очистки и регенерации на ионообменной установке ИОУ-4Ф

1–4 – ионообменные колонны;
5 – коллектор исходного раствора;
6 – коллектор для очищенного раствора;
7 – коллектор для отбора проб;
8–9 – шаровые краны;
10 – штуцер;
11–12 – фильтры для загрузки катионитов/анионитов;
13 – дренажная система;
14–15 сетчатые фильтры;
16 – подача воздуха;
17–18 – резервуары регенерационных растворов;
19–20 – регулирующий клапан;
21 – расходомер; 22 – манометр.

Результаты исследований. Технология обеспечила глубокую очистку сточных вод за один проход через каскад из четырех колонн. При восходящем потоке и расходе 1,5 л/мин достигнута степень извлечения ионов меди,

железа и сульфатов >99%. Конструкция колонн (коническая форма, нижний распределительный фильтр) и режим восходящей фильтрации предотвратили уплотнение слоя и обеспечили стабильные гидродинамические условия.

Таблица 1.

Эффективность очистки сточных вод на пилотной ионообменной установке ИОУ-4Ф с амфолитом АКА-Т

Параметр очистки	Исходная вода	После 1-й колонны	После 2-й колонны	После 3-й колонны	После 4-й колонны	Эффективность очистки, %
Cu ²⁺ , мг/л	50.0	8.5 ± 0.5	1.5 ± 0.2	0.4 ± 0.05	0.12 ± 0.02	99.7
Fe (общ.), мг/л	50.0	8.5 ± 0.5	1.2 ± 0.2	0.2 ± 0.05	< 0.05	> 99.9
SO ₄ ²⁻ , мг/л	1500.0	320.0 ± 20.0	45.0 ± 5.0	8.0 ± 1.5	1.2 ± 0.3	99.9
pH	5.0 – 5.5	4.8 – 5.2	5.0 – 5.5	5.2 – 5.8	5.5 – 6.5	–
Электропроводность, мкСм/см	~3500	~1200	~350	~80	< 50	–

Восстановление обменной емкости амфолита требует последовательной обработки кислотой и щелочью для регенерации катионо- и анионообменных групп соответственно. Результаты сравнительных испытаний различных регенерантов представлены в табл. 2.

Наиболее эффективным и рекомендуемым является двухстадийный режим: обработка 5-10% H₂SO₄ (2-3 BV) с последующей подачей 5% NaOH (2-3 BV). Данный режим обеспечивает почти полную десорбцию катионов металлов и сульфат-ионов с высокой воспроизводимостью (>95%) в повторных циклах. Альтернативные

одностадийные методы (смесь NaOH+NaCl или NH₄OH) менее эффективны и ведут к постепенной потере емкости.

Конструкция установки доказала свою эффективность: автономность (питание от солнечной панели), простота управления запорной арматурой, удобство отбора проб и обслуживания (съёмные бункера, система дренажа с фильтрами 100 мкм). Регенерация (рис. 2) с отдельными емкостями для кислоты и щелочи обеспечила безопасное и рациональное проведение восстановительных операций.

Таблица 2

Результаты регенерации амфотерного ионита АКА-Т

Регенерирующий раствор	Концентрация и объем регенерирующего раствора:		Остаточное содержание в ионите после регенерации, мг/г			Воспроизводительность регенерации
	%	BV	Cu ²⁺	Fe ^{2+/3+}	SO ₄ ²⁻	
H ₂ SO ₄ (1-ст.)	5	2-3	< 0.1	< 0.05	–	> 98
	10	2-3	< 0.05	< 0.02	–	> 99
NaOH (2-ст.)	5	2-3	–	–	< 0.5	> 98
HCl	5	2-3	< 0.08	< 0.03	–	> 97
HNO ₃	5	2-3	< 0.1	< 0.05	–	> 96
NaOH + NaCl	5% NaOH + 5% NaCl	3-4	< 0.15	< 0.1	< 0.8	92-95
NH ₄ OH	5-10	3-4	< 0.2	< 0.15	< 1.5	90-93

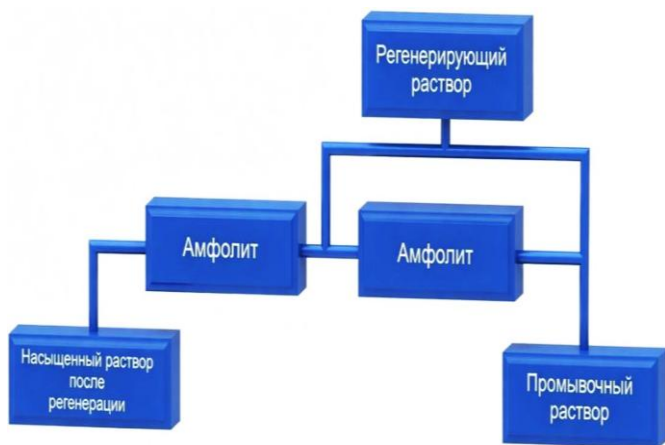


Рис.2. Схема регенерации аминокарбоксильных амфолитов на ионообменной установке

Заключение. Представленная технология на установке ИОУ-4Ф с использованием амфолита АКА-Т и двухстадийной регенерации 5-10% H₂SO₄ / 5% NaOH обеспечивает стабильную и глубокую очистку сточных вод от тяжелых металлов и сульфатов с эффективностью >99%. Конструкция установки (каскад колонн с восходящим потоком, автономное энергоснабжение, раздельная система регенерации) оптимизирована для надежной работы, минимальных эксплуатационных затрат, удобства контроля и возможности применения в полевых условиях. Технология является экономически и технологически перспективной для внедрения на объектах, образующих сточные воды со сложным солевым составом.

Abdullayev F.K., Yuldoshev O.Ch., Chorshanbiyev Sh.M., To'rayev A.N., Kholmatov E.M., Abdusamadova O.A., Khojimukhamedova L.T, Suvonova M.Y. Analysis of the chemical composition of 300X28H2Л white cast iron	132
Xandamov D.A., Xoliqulov B.N., Eshqulov X.O'., Bekmirzayev A.Sh., Xonqulov Sh.B. Adsorbsiya experimental tajribalarining aniqligini turli xatolik funksiyalari yordamida tahlil qilish	136
Рўзиқулов Қ.М., Сайназаров А.М., Икромов М.Э. Рух кекини вельцлашда ҳосил бўладиган хомаки вельц оксиди таркибли маҳсулотларни ўрганиш	139
Драбкова Т.В., Абдугалипова Н.М., Рахматуллаев Ф.Н., Исанова Р.Р. Технология ионообменной очистки сточных вод и регенерации амфолита АКА-Т на пилотной установке ИОУ-4Ф	142
Kodirov O., Safarov T. Synthesis of corrosion inhibitor based on p-phenylenediamine, formalin, and alanine and its inhibition efficiency by electrochemical method	144

6. Проблемные обзоры

Абед Ф.Ж., Иногамов С.Е., Туреева Г.А. Полимерные лекарственные пленки: свойства, классификация и перспективы применения в медицине	149
Расулов А.Х., Умирзакова Ф.Б. Турдимуродов Ш.З. “Дехқонобод калий ўғитлар заводи” корхонаси учун конвейер роликларини ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш	153
Пхамов М.А., Munosibov Sh.M., Matkarimov S.T., Karimjonov B.R., Maksudov Sh.A. Tarkibida rux oksidi bo'lgan po'lat eritish changlarini koks yordamida tiklash jarayonining tadqiqoti	156
Umurova Sh.Sh. Mahalliy xom-ashyolardan sorbentlar olish jarayoniga haroratning ta'siri	158
Karabayeva G.B., Yaxshiyeva Z.Z., Shukurova N.R., Nurmatova F.U. Nikel (II) ionining O-nitrozofenol bilan kompleks hosil bo'lishini elektrokimyoviy usulda aniqlash	161
Xalilov M.N., Mengpo'latov A.F. Burg'ilash eritmasining xususiyatlarini nazorat qilish uchun ko'p qatlamli polimer struktura hosil qiluvchi agentlarni o'rganish	164
Рашидова К.Х., Акбаров Х.И., Тургунов А.И., Абдирахмонова У.Х., Умарова Н.А., Тайланова З.Р. Синтез и свойства биметаллического фосфида NI-Fe-P как эффективные электрокатализатор для расщепления воды	166

7. Вести из лаборатории

Yakubov M.M., Yoqubov O.M., Maqsudxodjayeva M.S. Piro-metallurgik mis ishlab chiqarishida texnogen chiqindilar komponentlarining qayta ishlash jarayonida o'zaro ta'sir jarayonlarini tadqiq etish	169
Норхуджаев Ф.Р. Совуқ ҳолда штамплаш усулида олинган штамп деталларини пухталаш технологиясини ишлаб чиқиш	171
Панжиев О.Х., Салимова С.А., Негматов С.С., Талипов Н.Х. Изучения влияния добавок на сроки схватывания облегченных тампонажных цементов	174
Yakubov M.M., Samadova L.Sh., Karimova T.P., Maksudxodjayeva M.S. Rangli metallar ishlab chiqarishda texnogen chiqindilar	176
Сайдалиева У.Р. Анализ структурных характеристик текстильно-полимерных композитов, применяемых при формообразовании головных уборов	178
Умирзакова Ф.Б., Турдимуродов Ш.З. Инновацион вольфрам-кобальт қопламаси тузулиши, хоссалари ва ишлаш самарадорлиги	180
Saydumarov B.M. Prokatlash jo'valarining konstruksiyasi, ishlash sharoiti, ekspluatatsion xossalarini tahlili va ularning chidamliligini oshirish usullari	182
Исаходжаева Н.А. Исследование структурных характеристик современных полимерных композитов, применяемых при изготовлении цельномеховых головных уборов	184
Негматов С.С., Эрнйёзов Н.Б., Негматова К.С., Субанова З.А., Бозоров А.Н., Менгалиев Ф.А. Ишлаб чиқилган композицион ион алмашинувчи сорбентнинг физик-кимёвий ва механик хусусиятларини тадқиқ қилиш	186