

Очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва основними солями алюмінію

О.М. Салавор, доцент кафедри біохімії та екологічного контролю Національного університету харчових технологій,

О.І. Семенова, завідувач кафедри біохімії та екологічного контролю Національного університету харчових технологій, доцент,

О.В. Ничик, доцент кафедри біохімії та екологічного контролю Національного університету харчових технологій,

О.В. Тогачинська, доцент кафедри біохімії та екологічного контролю Національного університету харчових технологій

Проведено дослідження ефективності використання основних солей алюмінію в якості коагулянтів для очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва. Встановлено, що дигідрокосульфат і гідроксохлорид алюмінію забезпечують високий ефект очищення води і значне видалення всіх груп мікроорганізмів.

Ключові слова: транспортерно-мийна вода, дигідрокосульфат алюмінію, гідроксохлорид алюмінію, коагуляція, видалення мікроорганізмів, піноутворення.

Проведено исследование эффективности использования основных солей алюминия в качестве коагулянтов для очистки транспортерно-моечной воды свеклосахарного производства. Установлено, что дигидрокосульфат алюминия и гидроксохлорид алюминия обеспечивают высокий эффект очистки воды и значительное удаление всех групп микроорганизмов.

Ключевые слова: транспортерно-моечная вода, дигидрокосульфат алюминия, гидроксохлорид алюминия, коагуляция, удаление микроорганизмов, пенообразование.

There was held the research on the efficiency of the main salts of usage as coagulants for the purification of the water for transport washing from the beet sugar production. It was found that aluminum dihydrocosulfate and aluminum hydroxychloride provide the high effect of the water purification and the significant disinfection in all groups of microorganisms.

Key words: water, aluminum dihydrocosulfate, aluminum hydroxychloride, coagulation, disinfection, foam-formation.

Вступ. Оборотна система гідротранспорту та миття буряків - одна з основних систем водопостачання цукрового заводу. Транспортерно-мийна вода складає більше 60% від загального обсягу води, що використовується цукровим заводом. Останнім часом спостерігається зниження якості води оборотної системи гідротранспорту та миття буряків [1]. Через недостатнє очищення води, на тракт подачі буряку додатково вводиться значна кількість механічних і хімічних домішок, а також мікроорганізмів, що викликає труднощі при транспортуванні

буряку, його переробленні та, як наслідок, призводить до зниження продуктивності виробництва.

Транспортерно-мийна вода за ступенем забруднення відноситься до концентрованих стічних вод цукрового виробництва. Забруднюючі речовини транспортерно-мийної води представляють собою механічні домішки, які надходять у воду разом з коренеплодами буряку і знаходяться в ній в завислому стані.

Крім механічних домішок, транспортерно-мийна вода забруднена хімічними речовинами органічного і мінерального похо-

дження, які за ступенем диспергування поділяють на грубодисперсні, високодисперсні, колоїдні і розчинні. При цьому велику частину розчинних органічних речовин становить цукроза, вміст якої при багаторазовому використанні транспортерно-мийної води в оборотній системі водопостачання збільшується в 5...7 разів [2].

До хімічних забруднюючих речовинах транспортерно-мийної води відноситься сапонін. Ця речовина є одним з основних піноутворювачів в бурякоцукровому виробництві, а піна в значній мірі перешкоджає

ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

ефективній роботі очисних споруд, бурякопідймальної станції, устаткування для очищення буряків від легких і важких домішок і призводить до зниження продуктивності роботи заводу. Сапонін характеризується високою токсичністю для риб, надає воді неприємного смаку і запаху, порушує кисневий обмін у водоямищах.

Ступінь забрудненості транспортерно-мийної води як механічними домішками, так і розчинними речовинами, залежить від забрудненості цукрового буряку, його складу, складу ґрунту, на якому вирощували буряк, погодних умов під час збору врожаю, механізмів та обладнання, за допомогою яких проводився збір і транспортування врожаю. Усереднені значення параметрів, що характеризують рівень забруднення транспортерно-мийної води: завислі речовини 2250-20150 мг/дм³, ХСК 2700-6500 мг О₂/дм³, сапонін 5-20 мг/дм³ [3].

Багаторазова рециркуляція води оборотної системи гідротранспорту та миття буряку призводить до накопичення в ній механічних і хімічних забруднень, серед яких багато органічних речовин, які є живильним середовищем для розвитку у воді мікроорганізмів. Мікрофлора води оборотної системи гідротранспорту та миття буряку дуже різноманітна, що залежить від тривалості її рециркуляції, методів очищення, знезараження та інших факторів. У 1 мл транспортерно-мийної води може налічуватися до декількох мільярдів спор бактерій, а також клітин міцеліальних грибів і дріжджів. Мікроорганізми з транспортерно-мийної води залишаються на поверхні здорових і, особливо, механічно пошкоджених коренеплодів, і, в результаті своєї життєдіяльності, підвищують втрати цукрози від розкладання. Тому транспортерно-мийна вода потребує додаткового очищення та дезінфекції [2, 4].

Основні методи очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва: механічні, хімічні, фізико-механічні та фізико-хімічні. Існуючі способи очищення транспортерно-мийної води не дозволяють комплексно вирішувати питання очищення, знезараження води і запобігання піноутворення в ній. Тому актуальною є розробка нових способів очищення транспортерно-мийної води, які б забезпечували високий ефект очищення по завислих речовинах і ХСК, значне освітлення води, видалення всіх груп мікроорганізмів і зниження піноутворення води. Це дасть можливість зменшити питомі витрати свіжої води і кількість стічних вод на одиницю переробленого буряку і, як наслідок, покращить екологічний стан на бурякопереробних заводах.

Мета даної роботи - визначення параметрів процесів очищення транспортерно-мийної води цукробурякового виробництва основними солями алюмінію для досягнення максимального ефекту очищення, видалення мікроорганізмів і запобігання піноутворенню.

Методика експерименту. Досліди проводили в лабораторних умовах. При визначенні основних фізико-хімічних, технологічних і мікробіологічних показників очищення води (ХСК; вміст завислих речовин; оптична густина; ефективність очищення, розрахована як відношення кількості видалених забруднюючих речовин до їх початкової концентрації по ХСК; ефект видалення основних фізіологічних груп мікроорганізмів) були використані стандартні методики [4, 5].

Результати та їх обговорення. Проведено дослідження ефективності використання основних солей алюмінію в якості коагулянтів для очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва.

На першому етапі проведено порівняльні дослі-

дження фізико-хімічних показників транспортерно-мийної води, очищеної дигідроксосульфатом алюмінію (Al₂(SO₄)₂(OH)₂·11H₂O), гідроксохлоридом алюмінію (Al₂(OH)₅Cl і сульфатом алюмінію (Al₂(SO₄)₃). Транспортерно-мийну воду з наступними показниками: ХСК - 3700 мгО₂/дм³, вміст завислих речовин - 4917 мг/дм³, оптична густина - 0,765 од. опт. густ., рН 7,2 використовували як вихідну.

Паралельно транспортерно-мийну воду очищали дигідроксосульфатом, гідроксохлоридом і сульфатом алюмінію в кількостях 0,01 і 0,1% до маси води при t = 20°C, тривалість обробки - 20 хв. Отримані результати представлені в табл. 1.

Ефект очищення транспортерно-мийної води сульфатом алюмінію становить: по завислих речовинах 86,6-87%; по ХСК - 35,14-48,65%; ефект знебарвлення 75,68-75,95%. Значення рН транспортерно-мийної води знаходиться в слабо-кислій області.

Ефект очищення транспортерно-мийної води гідроксохлоридом алюмінію становить: по завислих речовинах 89,5-91,1%; по ХСК - 45,0-51,0%; ефект знебарвлення 76,47-77,78%. Значення рН транспортерно-мийної води, очищеної гідроксохлоридом алюмінію, знаходиться в межах 5,66-6,35.

Ефект очищення транспортерно-мийної води дигідроксосульфатом алюмінію складає по завислих речовинах 91,3-92,6%; по ХС - 46,0-54,05%; ефект знебарвлення - 77,25-78,17%. Значення рН транспортерно-мийної води знаходиться в слабо-кислій області, що забезпечує низьку піноутворюючу здатність води [6].

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що найкращі фізико-хімічні показники мали проби транспортерно-мийної води, очищеної дигідроксосульфатом алюмінію; незначно відрізняються показни-

ки транспортерно-мийної води, очищеної гідроксохлоридом алюмінію. Низький ефект очищення транспортерно-мийної води при використанні сульфату алюмінію пояснюється низькою пластівцеутворювальною здатністю коагулянту. Міцели, утворені в результаті його гідролізу, мають низький позитивний заряд, і, відповідно, більш низьку адсорбційну здатність, ніж, відповідно, міцели дигідроксосульфату алюмінію і гідроксохлориду алюмінію. Крім того, при розчиненні у воді сульфату алюмінію накопичуються аніони сульфатної кислоти, що робить воду агресивною і призводить до корозії обладнання [7]. Розчини основних солей алюмінію менш агресивні в порівнянні з сульфатом алюмінію, що значно знижує кислотну корозію обладнання та комунікацій.

Необхідно відзначити, що дигідроксосульфат алюмінію в якості коагулянту має переваги перед сульфатом алюмінію: краще розчиняється у воді, працює

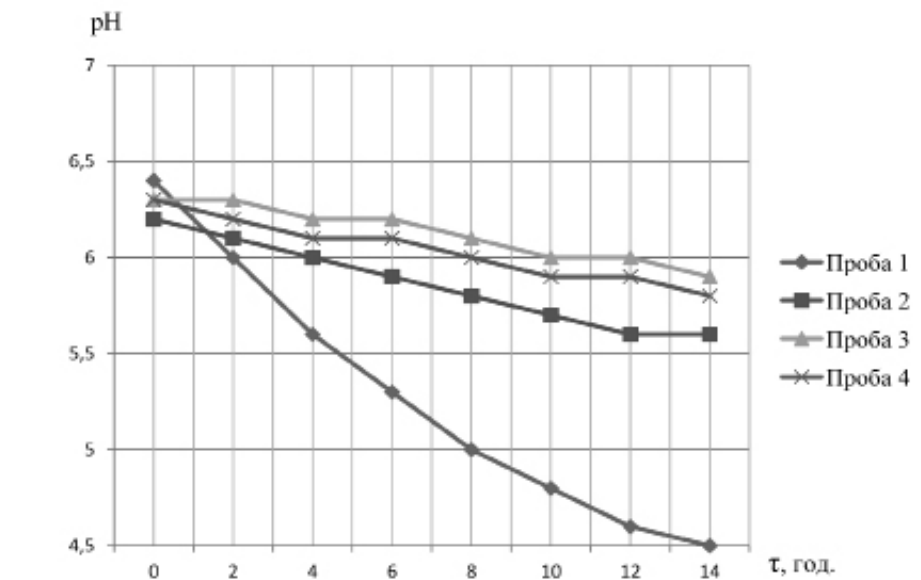


Рис. 1. Кінетика зміни рН обробленої та необробленої реagentaми транспортерно-мийної води

Номер проби: 1- транспортерно-мийна вода, не оброблена реagentaми; 2 - транспортерно-мийна вода, оброблена сульфатом алюмінію; 3 - транспортерно-мийна вода, оброблена дигідроксосульфатом алюмінію; 4 - транспортерно-мийна вода, оброблена гідроксохлоридом алюмінію.

в широкому інтервалі значень рН води, що очищається, вимагає меншого лужного резерву і має значно кращу пластівцеутворювальну здатність, особливо

при низьких температурах. Кращі коагуляційні властивості дигідроксосульфату алюмінію обумовлені його здатністю до утворення при гідролізі полімер-

Таблиця 1
Порівняльні дослідження фізико-хімічних показників транспортерно-мийної води, очищеної різними реagentaми

№ п/п	Витрати реagentів, % до маси води	ХСК, мгО ₂ /дм ³	Ефект очищення по ХСК, %	Вміст завислих речовин, мг/дм ³	Ефект очищення по завислих речовинах, %	Оптична густина, одиниць оптичної густини	Ефект знебарвлення, %	рН
1	Відстоювання без реagentів	3700	-	4917	-	0,765	-	7,2
2	0,01% сульфату алюмінію	2400	35,14	659	86,6	0,186	75,68	6,5
3	0,1% сульфату алюмінію	1900	48,65	639	87,0	0,184	75,95	5,95
4	0,01% гідроксохлориду алюмінію	2035	45,0	516	89,5	0,180	76,47	6,35
5	0,1% гідроксохлориду алюмінію	1813	51,0	438	91,1	0,170	77,78	5,66
6	0,01% дигідроксосульфату алюмінію	2000	46,0	428	91,3	0,174	77,25	6,25
7	0,1% дигідроксосульфату алюмінію	1700	54,05	364	92,6	0,167	78,17	5,45

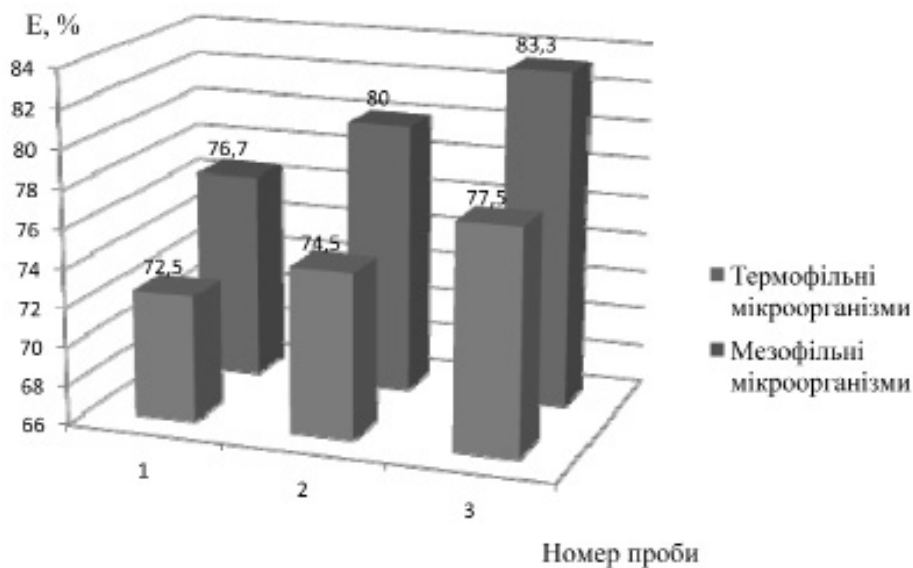


Рис. 2. Ефект видалення термофільних і мезофільних мікроорганізмів транспортерно-мийної води різними реагентами.

- 1 - транспортерно-мийна вода, оброблена сульфатом алюмінію;
 2 - транспортерно-мийна вода, оброблена гідроксохлоридом алюмінію;
 3 - транспортерно-мийна вода, оброблена дигідроксосульфатом алюмінію.

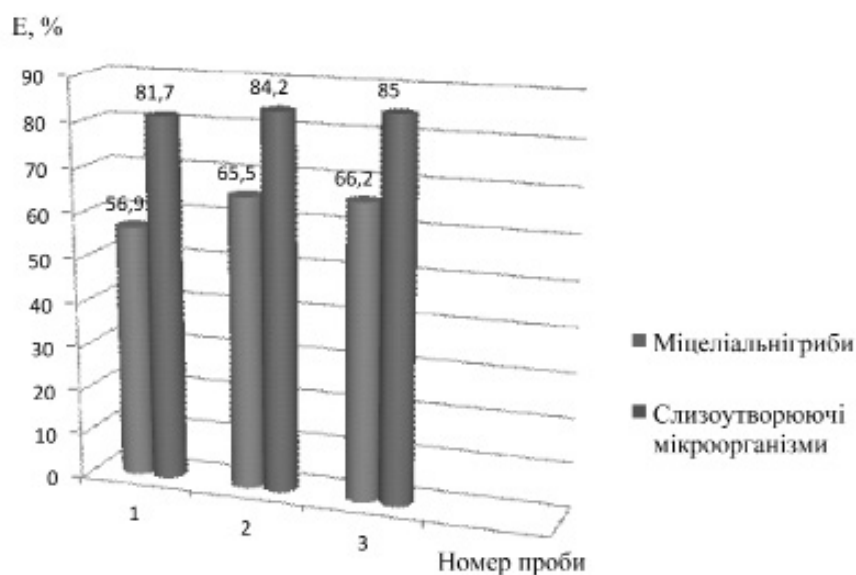


Рис. 3. Ефект видалення міцеліальних грибів та слизоутворюючих мікроорганізмів транспортерно-мийної води різними реагентами.

- Номер проби: 1 - транспортерно-мийна вода, оброблена сульфатом алюмінію; 2 - транспортерно-мийна вода, оброблена гідроксохлоридом алюмінію; 3 - транспортерно-мийна вода, оброблена дигідроксосульфатом алюмінію.

них гідросококомплексів, які несуть високий позитивний заряд. Утворюються різні полімерні форми, наприклад: $[Al_6(OH)_{15}]^{3+}$, $[Al_8(OH)_2]^{4+}$, $[Al_{13}(OH)_{34}]^{5+}$ і т.д. [8, 9].

Завдяки утворенню в транспортерно-мийної воді продуктів гідролізу дигідроксосульфату алюмінію, які мають сильно розвинену поверхню і позитивний заряд, відбуваються про-

цеси гетерокоагуляції найбільш високодисперсних частинок глинистих мінералів і адсорбція на поверхні гідроксиду алюмінію органічних речовин.

Для виробництва дигідроксосульфату алюмінію потрібно значно менше (на 33%) сульфатної кислоти, що дозволяє істотно зменшити його собівартість. Витрати цього коагулянту (у перерахунку на Al_2O_3) на 15-20%,

а іноді на 30-35% нижче витрат сульфату алюмінію [8].

З метою визначення мікробіологічної забрудненості транспортерно-мийної води спостерігали за зміною значення рН води протягом 14 годин. Якщо зниження рН до значення 5,6-5,8 відбувається менше, ніж за 10 годин, то транспортерно-мийна вода вважається інфікованою і потребує дезінфекції [4]. Нами досліджувалися транспортерно-мийна вода без реагентів і вода, оброблена сульфатом алюмінію, гідроксохлоридом алюмінію і дигідроксосульфатом алюмінію. Отримані дані представлені на **рис 1**.

Значення рН вихідної транспортерно-мийної води вже через 4 години знизилося до 5,8, що свідчить про нестабільність якості води та протікання мікробіологічних процесів і процесів бродіння. Така вода потребує дезінфекції. Транспортерно-мийна вода, оброблена сульфатом алюмінію, гідроксохлоридом алюмінію і дигідроксосульфатом алюмінію, має значення рН близьке до нейтрального, і зберігає його протягом 10 годин, що свідчить про стабільність її якості. При обробці води гідроксохлоридом алюмінію і дигідроксосульфатом алюмінію спостерігалася практично однакова динаміка зміни рН протягом часу. Високу ефективність видалення мікроорганізмів при обробленні води дигідроксосульфатом алюмінію підтверджує значення рН 6,0 через 10 годин після оброблення.

Також були проведені дослідження ефективності дії сульфату алюмінію і основних солей алюмінію стосовно видалення різних фізіологічних груп мікроорганізмів транспортерно-мийної води. Витрата всіх досліджуваних реагентів складала 0,01% до маси води. В якості порівняння використовували транспортерно-мийну воду, відстояну без реагентів.

Результати ефективності видалення мезофільних і термофільних мікроорганізмів пред-

ставлені на **рис. 2**, а слизоутворюючих мікроорганізмів і міцеліальних грибів - на **рис. 3**.

У ході досліджень доведено значний ефект видалення мікроорганізмів транспортерно-мийної води гідроксохлоридом і дигідроксосульфатом алюмінію: по термофілах - 74,5-77,5%; по мезофілах - 80,0-83,3%; по слизоутворюючих мікроорганізмах - 84,2-85%; по міцеліальних грибах - 65,5-66,2%. Ступінь видалення мікроорганізмів основними солями алюмінію вище, ніж сульфатом алюмінію, навіть при меншій витраті.

Основні солі алюмінію у воді утворюють гідрофобні колоїдні системи, які, завдяки присутності протилежно заряджених колоїдів, коагулюють з утворенням пластівців гідроксиду алюмінію. Ці пластівці сорбують на своїй поверхні забруднення, в тому числі і мікроорганізми. Пластівці гідроксиду алюмінію швидко укрупнюються і під дією сили тяжіння осідають, додатково захоплюючи завислі частинки і мікроорганізми. У ході досліджень спостерігався дещо кращий ефект видалення всіх груп мікроорганізмів дигідроксосульфатом алюмінію в порівнянні з гідроксохлоридом алюмінію.

Отже, використання в якості коагулянтів для очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва основних солей алюмінію, таких як дигідроксосульфат алюмінію $(Al_2(SO_4)_2(OH)_2 \cdot 11H_2O)$ і гідроксохлорид алюмінію $(Al_2(OH)_5Cl)$, забезпечує високий ефект очищення води по завислих речовинах і ХСК, значне знебарвлення води і зниження мікробіологічної забрудненості за різними групами мікроорганізмів.

Висновки. Вода, очищена гідроксохлоридом і дигідроксосульфатом алюмінію, відповідає вимогам до якості очищеної транспортерно-мийної води [10,11,12]. Використання запропонованих коагулянтів дозволить комплексно вирішувати питання очищення води, видалення мікроорганізмів і запобігання піноутворенню. Це забезпечить можливість зменшення питомих витрат свіжої води і кількості стічних вод на одиницю перероблених буряків, що дуже актуально в наш час для значного покращення екологічної ситуації бурякоцукрового виробництва в цілому. ■

Список використаних джерел

1. *Запольський А.К., Українець А.І.* Екологізація харчових виробництв. – К.: Вища шк., 2005. – 423 с.
2. *Лукиянчук О.Ю., Салавор О.М., Ничик О.В.* Екологічні аспекти очищення транспортерно-мийної води бурякоцукрового виробництва основними солями алюмінію [Електронний ресурс] / Збірник наукових статей «III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю». Вінниця, 2011. – Том 2. – С.543-545. Режим доступу: <http://eco.com.ua/>
3. *Полищук Н.И.* Водоиспользование на предприятиях пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1989. – 127 с.
4. *Грегірчак Н.М.* Мікробіологія харчових виробництв : лаб. практикум. – К. : НУХТ, 2009. – 302 с.
5. *Муравьев А.Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. – СПб. : Кримас,

2004. – 248 с.

6. *Штангеева Н.И., Клименко Л.С., Салавор О.М., Сорокін А.І.* Дослідження піноутворення у воді оборотної системи гідротранспорту та миття буряків // Наукові праці УДУХТ, Київ – 2000. – №7. – С. 59-62.

7. *А.К. Запольський, Н.А. Мишкова-Клименко, І.М. Астрелін та ін.* Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник – К. : Лібра, 2000. – 552 с.

8. *Физико-химическая теория коагуляционной очистки воды/ А.К. Запольський; 2-е изд., дополн. и перераб. – Житомир: ЖНАЭУ, 2013. – 72 с.*

9. *Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник / А.К. Запольський. – К. : Вища шк., 2005. – 671 с.*

10. *Сергієнко В.І., Самойленко В.С., Сорокін А.І.* Інструкція з питань водного господарства цукрових заводів. – К. : УкрНДЦП, 1994. – 114 с.

11. *Деклараційний патент на винахід 38799А України, МПК⁷ С13D3/00, С02F1/66.* Спосіб очищення транспортерно-мийної води буряко-цукрового виробництва / Штангеева Н.І., Клименко Л.С., Салавор О.М., Милькевич В.М., Острейко Є.О., Константинов О.П., Лівшиць Л.М. – Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

12. *Деклараційний патент на винахід 46485А України, МПК⁷ С13D3/00, С02F1/66.* Спосіб очищення транспортерно-мийної води буряко-цукрового виробництва / Гусятинський Н.М., Гусятинська Н.А., Ліпец А.А., Салавор О.М., Штангеева Н.І., Клименко Л.С., Сорокін А.І. – Опубл. 15.05.2002, Бюл. № 5, 2002 р.

Рецензент: Н.А. Гусятинська, д.т.н., проф.