

2. Буркат В.С., Друкарев В.А. Сокращение выбросов в атмосферу при производстве алюминия. СПб, 2005. 275 с.
3. Воробьев А.П. Изменение в структуре и динамике потребления алюминия на мировом рынке // Бюллетень иностранной коммерческой информации. 2004. № 109. С. 13-16.
4. Веселков В.В., Овченков В.Л., Щетников А.И. Модернизация действующего электролизного производства предприятий ОАО «СУАЛ» с целью сокращения выбросов загрязняющих веществ // Алюминий Сибири – 2005. Сб. докл. XI междунар. конф. Красноярск: «Бона компании», 2005. С. 264-272.
5. Прокопов И.В. Российская алюминиевая промышленность и некоторые современные тенденции развития мирового рынка алюминия // Режим доступа: [<http://www.alfametal.ru/?id=tendent>] (16 ноября 2005 г.).
6. Гринберг И.С., Громов Б.С., Рагозин Л.В., Школьников М.Р., Громов С.Б., Веселков В.В., Зельберг Б.И., Черных А.Е. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе. С.-Пб.: МАНЭБ, 2005. 691 с.
7. Русанов Ю.В. Метеорологические условия загрязнения атмосферы над Томской областью // География и природные ресурсы. 1992. № 3. С. 60-65.
8. Аргучинцева А.В., Аргучинцев В.К., Батуринов В.А. и др. Моделирование и управление процессами регионального развития. М.: Физматлит, 2001. 431 с.
9. Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В. Модели и методы для решения задач охраны атмосферы, гидросферы и подстилающей поверхности. Иркутск: ИГУ, 2001. 114 с.
10. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерполяции метеорологических данных. Л.: Гидрометеизд, 1976. 357 с.

УДК 570:628.35

### Использование бактериальной суспензии *Thiobacillus ferrooxidans* для очистки сточных вод

К.А. Таскараева, А.У. Исаева, В.К. Бишимбаев  
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова

В сточных водах ряда предприятий ЮКО степень очистки составляет в среднем по содержанию взвешенных веществ 24,1%, сухого остатка 19,4%, фосфатов 42,1%, хлоридов 40,2%, а нефтепродуктов 100%. Бактериальная суспензия раствор *Thiobacillus ferrooxidans* перспективно использовать в качестве коагулянта для очистки сточных вод химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности.

In South Kazakhstan Region in sewage of some plants the degree of cleaning on average reaches 24,1% of respirable particles, 19,4% of solid residue, 42,1% of phosphates, 100% of oil. Bacterial suspension *Thiobacillus ferrooxidans* can be used in perspective as coagulant for the sewage purification in chemical, oil-chemical and pharmaceutical industry.

Ключевые слова: серобактерии, биоочистка, коагулянты

Образование значительных количеств сточных вод в республике Казахстан, загрязнённых различными химическими веществами, повышение требований к качеству очищенных сточных вод обуславливают применение разнообразных методов их очистки. В промышленных и городских очистных сооружениях для очистки сточных вод широко применяются известные методы, согласно которым для очистки сточных вод используются биофильтры первой и второй ступени, введение источника сульфид-ионов в виде солей сероводородной кислоты и для очистки от неорганических соединений, поступающих в аэротенк, в виде биостимулятора вводят раствор фталоилжелатина [1]. Одна-

ко вышеперечисленные методы очистки обладают рядом существенных недостатков, а именно: требуется относительно длительное время, значительные эксплуатационные затраты.

В последнее время для осаждения различных примесей используются коагулянты. Метод очистки сточных вод осаждением загрязняющих примесей в виде труднорастворимых соединений является одним из основных, применяемых на производствах [2]. В качестве альтернативы эффективно использование биотехнологических методов очистки. Так, культуральную жидкость бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* можно использовать как коагулянт для очистки сточных вод предприятий от ионов металлов и некоторых

органических загрязнителей. Тионовые бактерии *Thiobacillus ferrooxidans* окисляют в кислых условиях среды закисное железо в окисное. В благоприятных условиях скорость бактериального окисления железа в 200 – 500 тысяч раз выше, чем в условиях химического контроля. Минимальное содержание  $Fe^{2+}$ , обеспечивающее рост бактерий, составляет 125 мг/л, оптимальная концентрация – несколько граммов в литре. При окислении 1 г/атома  $Fe^{2+}$  прирост сухой массы клеток достигает 0,35 г [3]. По сравнению с известными методами процесс с использованием *Thiobacillus ferrooxidans* осуществляется достаточно быстро (24 часа).

Для изучения возможности использования способа биологической очистки сточных вод были проведены лабораторные исследования. В исследованиях был использован штамм *Thiobacillus ferrooxidans* БИТ 1, который получен из рудных вод одного из урановых месторождений Южного Казахстана. Штамм *Thiobacillus ferrooxidans* БИТ 1 – это мелкие грам-отрицательные палочковидные клетки с одним полярным жгутиком, не образуют спор, большинство строгие аэробы. Отдельные виды растут при рН от 0,5 до 9,0. Оптимальная температура для роста около 28-30°С. Содержание Г+Ц в ДНК колеблется в пределах 48 – 68 мол.%, титр бактерий  $10^8 - 10^7$  кл/мл.

При развитии бактерий жидкая среда, сначала прозрачная, приобретает янтарный оттенок, переходящий в красно-коричневый от образования окисного железа. Колонии на твердых средах мелкие (от 1,0 до 1,5 мм в диаметре), округлые, гладкие с отложениями окислов железа. На жидкой среде с серой образует равномерную муть, а рН среды снижается до 1,0 – 1,5. На твердых средах с  $S_2O_3^{2-}$  образует мелкие колонии (от 1,0 до 2,0 мм в диаметре).

Штамм тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* выращивается на питательной среде, которая включает, г/л:  $H_2SO_4 - 5,0$ ;  $FeSO_4 \cdot 7H_2O - 25,0$ ;  $(NH_4)_2SO_4 - 1,0$ ;  $NH_4H_2PO_4 - 0,4$ ;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O - 0,05$ ; KCL – 0,03;  $H_2O - 1$  л. В питательную среду вводят суспензию штаммов в соотношении питательная среда: суспензия штаммов – 5:1, выращивание осуществляют при температуре 25 – 32°С и аэрации с удельным расходом воздуха 8 – 10 м<sup>3</sup>/ч·м<sup>2</sup> [4].

В результате лабораторных исследований было установлено, что используемое в производствах для коагулятивной очистки сточных вод трёхвалентное железо вполне можно заменить бактериальной суспензией *Thiobacillus ferrooxidans*, содержащей  $Fe_2(SO_4)_3$ . В экспериментах были использованы сточные воды та-

ких предприятий, как ОАО «ПетроКазахстан», ЗАО «JTL Central Asia (Кабиско)», АО «Энергоцентр-3», ТОО «Шымкент-сут», ТОО «Омар», ТОО «Дани-нан», ЗАО «Химфарм». В промышленно-бытовые стоки был введён биокоагулянт бактериальной суспензии тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans*  $10^6$  кл/мл в количестве 0,004 – 0,1% от массы стока. В результате внесения *Thiobacillus ferrooxidans* отмечено снижение содержания ряда ингредиентов в сточных водах.

После обработки бактериальной суспензией *Thiobacillus ferrooxidans* химический состав сточных вод изменился. По полученным результатам в сточных водах предприятий ЮКО концентрация взвешенных веществ снизилась от 7,6 (ЗАО «Химфарм») до 61,8% («JTL Central Asia»), содержание сухого остатка от 8,5 (ЗАО «Химфарм») до 35,9% (ТОО «Дани-нан»). Аналогичные результаты получены с ионами фосфатов и хлоридов, содержание которых изменилось от 24,2 (АО «Энергоцентр-3») до 65,2% (ЗАО «Химфарм») и от 6,2 («JTL Central Asia») до 64,5% (ЗАО «Химфарм») соответственно. Данные анализов опытов показали снижение ионов аммония от 17,5 (ТОО «Омар») до 78,7% (АО «Энергоцентр-3»), а нитрит-ионы от 64,3 (ТОО «Дани-нан») до 100%.

Полученные результаты показали, что при использовании бактериальной суспензии *Thiobacillus ferrooxidans* наибольшая эффективность достигается в очистке сточных вод от нефтепродуктов, степень очистки составляет 100%. При этом также снижается содержание взвешенных веществ, сухого остатка, фосфатов и хлоридов на 24,1, 19,4, 42,1 и 40,2% соответственно.

Таким образом, было установлено, что бактериальную суспензию *Thiobacillus ferrooxidans* можно использовать в качестве коагулянта для очистки сточных вод химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности.

## Литература

1. Предварительные патенты SU 1664755, CO2 F3/02, Б.№27, 1991г., SU 1832118, CO2 F3/02, Б.№29, 1993г., SU 1813735, CO2 F3/02, Б.№7, 1995 г.
2. Креймер Л.Л. Влияние условий коагуляции при очистке сточных вод, содержащих ионы цветных металлов на уплотнение осадков. Научно-техническая конференция МГТУ, 2000.
3. Камалов М.Р. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. А.-А., Гылым», 1990.
4. Предпатент «Способ промышленного культивирования штаммов тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans*», № 2003/0334.1. 14812.