

# ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья

УДК 628.3:675

DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2024.1.76>

EDN: NIJXIJ

## Разработка эффективной технологии очистки сточных вод кожевенных предприятий

Д. Лассана<sup>✉</sup>, В. Н. Саинова

Астраханский государственный технический университет (г. Астрахань)

lassanakarifo@gmail.com<sup>✉</sup>

**Аннотация.** *Введение.* Очистка сточных вод кожевенной промышленности представляет собой сложную задачу из-за присутствия в них как органических, так и неорганических веществ.

*Цель работы* – оценить эффективность технологии, сочетающей физико-химический (адсорбция) и биологический (в аэротенке) методы очистки, с точки зрения потенциала снижения содержания загрязняющих веществ в сточных водах кожевенных заводов с сохранением при этом качества воды и обеспечением устойчивого управления природными ресурсами. Для достижения цели поставлены следующие *задачи*: изучить перспективную технологию очистки сточных вод кожевенных заводов, определить оптимальные параметры процессов физико-химической и биологической очистки.

*Методы и материалы.* Технология была исследована на реальных сточных водах кожевенного завода. Эксперименты осуществлялись в лабораторных условиях в Астраханском государственном техническом университете. Процесс адсорбции ионов хрома проводили на овощных отходах (картофельной кожуре) с исходной концентрацией хрома в сточной воде 37,5 мг/л при следующих условиях: pH = 2,5; время контакта воды с адсорбентом 1 час; скорость вращения мешалки 300 оборотов в минуту.

*Результаты.* С увеличением дозы адсорбента скорость удаления ионов хрома возрастает до определенного порогового значения. Эффективность удаления ионов хрома повышается с 44 до 99,93 % при изменении дозы адсорбента от 0,5 до 8 г. Сточная вода после физико-химической очистки подвергалась биологической очистке в аэротенке. Эффективность биологической очистки контролировали по ряду показателей: концентрации загрязнений в исходной и в очищенной воде по БПК<sub>5</sub>, расходу воздуха, концентрации активного ила, концентрации растворенного кислорода. Результаты показали, что максимальная скорость окисления составляет 87,53 (мг субстрата на 1 г ила в час); оптимальными параметрами процесса являются доза ила 3,5 г/л, продолжительность аэрации 6 часов, концентрация кислорода 4 мг/л.

*Выводы.* В результате проведенных исследований выяснилось, что применение эффективной технологии очистки сточных вод кожевенного завода позволит достичь глубокой очистки до требований, соответствующих стандартам сбросов. Оптимальными параметрами процесса физико-химической очистки являются продолжительность перемешивания 1 час, скорость вращения мешалки 300 об/мин, доза адсорбента 5 г. Оптимальные параметры процесса биологической очистки следующие: продолжительность аэрации 6 часов; доза активного ила 3,5 г/л; концентрация растворенного кислорода 4 мг/л. Эффективность удаления ионов хрома физико-химическим процессом (адсорбцией) составляет 99,93 %; эффективная скорость окисления, полученная в ходе биологической очистки, 87,53 мг субстрата на 1 г ила в час. Данная технология эффективна для очистки сточных вод кожевенной промышленности с целью сохранения окружающей среды от негативного воздействия этой отрасли.

**Ключевые слова:** сточные воды; адсорбция; адсорбент; активный ил; хром; БПК<sub>5</sub>; аэротенк.

**Финансирование:** авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

---

**Для цитирования:** Лассана Д., Саинова В. Н. Разработка эффективной технологии очистки сточных вод кожевенных предприятий // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2024. № 1 (29). С. 76–85. DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2024.1.76>; EDN: NIJXIJ

---

## Введение

Кожевенная промышленность успешно развивается во многих странах мира: Китае, России, Италии, Турции, Индии, Франции, Марокко, Алжире, Гане, Эфиопии и т. д., однако при производстве кожи образуется большое количество сточных вод, содержащих вещества, вредные для окружающей среды и здоровья человека.

В кожевенной промышленности вода и химикаты используются практически на всех этапах – от подготовки до получения конечного продукта, то есть кожи. Расход воды на тонну свежих шкур составляет от 25 до 60 м<sup>3</sup>, а выход – 500 килограммов готовой кожи. В результате производства каждого килограмма обработанных шкур образуется 30 литров сточных вод [1]. При хромовом дублении используются различные химические вещества, такие как гидроксид натрия, гипохлорит натрия, дихромат калия, сульфат хрома, известь, хлориды, серная кислота, муравьиная кислота, поверхностно-активные вещества, сульфид натрия, соли натрия и аммония и т. д. [2], которые могут быть токсичными и вредными для окружающей среды, если их не удалить из сточных вод.

Дубление кожи с применением хрома остается наиболее распространенным способом благодаря не только скорости технологических процессов, но и получению готового продукта (кожи) более однородного и стойкого. Это экономичнее, чем использование других методов. Однако при дублении кожи образуются отходы, которые включают в себя такие соедине-

ния, как фенол, сульфиды, хлориды, ионы хрома и формальдегид [3, 4], которые содержатся в воде, образующейся в результате технологических процессов.

Ионы хрома, особенно его шестивалентная форма, являются чрезвычайно токсичными, высококанцерогенными и мутагенными для живых организмов. Поэтому хром считается более опасным, чем другие тяжелые металлы [5, 6]. Хром и сульфиды – наиболее проблемные загрязняющие вещества в сточных водах кожевенной промышленности, относящихся к третьей группе промышленных сточных вод, поскольку содержат как минеральные, так и органические вещества [7]. Поэтому они представляют собой серьезную экологическую проблему. Это наблюдение побудило экспертов в области охраны окружающей среды потребовать, чтобы промышленники этого сектора обеспечили глубокую очистку этой воды перед ее сбросом в соответствии с требованиями. Однако сложный химический состав и большое количество загрязняющих компонентов, содержащихся в сточных водах кожевенных производств, существенно усложняют процесс очистки [8].

Из многочисленных способов очистки сточных вод всё чаще преимущество отдается безотходным технологиям производства и системам с замкнутым циклом водоснабжения [9]. Большинство существующих методов очистки сточных вод кожевенных предприятий характеризуется высокой стоимостью реагентов и недостаточностью ожидаемых результатов. Этим

вызвана необходимость разработки эффективных технологий очистки сточных вод, позволяющих минимизировать их негативное воздействие.

Альтернативой традиционной очистке сточных вод кожевенного производства является применение очистки адсорбцией ионов хрома на овощных отходах с последующей биологической очисткой активным илом. Сочетание этих двух методов имеет большое экономическое и экологическое преимущество по сравнению с методами с использованием химических реагентов.

Адсорбция является наиболее эффективным методом, широко используемым для удаления хрома из промышленных вод [10]. Удаление ионов хрома путем адсорбции на адсорбентах из кожуры фруктов или овощей остается эффективным и действенным методом [11], поскольку он снижает концентрацию ионов хрома ниже установленных норм.

Биологическая очистка активным илом сточных вод кожевенных заводов с незначительным содержанием ионов хрома снижает концентрацию параметров загрязнения до значений, соответствующих допустимым нормам сброса. Технология, сочетающая эти два вышеперечисленных метода, выгодна вдвойне, поскольку, с одной стороны, снижается стоимость, а с другой – она является экологичной из-за уменьшения негативного воздействия на биологическую и физическую среду.

**Основной задачей исследований** являлось изучение перспективной технологии очистки сточных вод кожевенных заводов. **Цель исследований** – оценить эффективность этой технологии, подобрать оптимальные параметры процесса.

Новизна исследований заключается в том, что впервые был исследован процесс адсорбции ионов хрома на овощных отходах (картофельной кожуре) с реальными стоками кожевенной промышленности, а также в применении для очистки этих стоков одновременно процессов физико-химической и биологической очистки.

### Методы и материалы исследования

Исследования проводили с реальными сточными водами кожевенного завода.

В качестве адсорбента использовали кожуру картофеля. Кожура картофеля была отобрана в ресторане города Астрахани. Её промывали водопроводной водой для удаления грязи и примесей, затем замачивали в дистиллированной воде на несколько часов. Чистую кожуру высушивали на солнце в течение 24 часов, а затем помещали в печь при температуре 75 °С до полного высыхания. Высушенную кожуру измельчали, затем просеивали через ряд сит размером 1; 0,50; 0,25 и 0,125 мм. Для проведения испытаний по адсорбции была выбрана фракция порошка картофельной кожуры, прошедшая через сито размером 0,125 мм.

Испытания проводились в прерывистом режиме в стаканах ёмкостью 250 мл каждый. 100 мл пробы сточных вод кожевенного завода, содержащей начальную концентрацию ионов хрома 37,5 мг/л, были помещены соответственно в десять различных ёмкостей.

В каждую ёмкость добавляли разные дозы адсорбента. Все они обрабатывались при температуре окружающей среды и pH = 2,5. Стаканы помещали на многостанционную магнитную мешалку на 1 час при скорости вращения 300 об/мин. После встряхивания суспензии адсорбента из разных ёмкостей пробу фильтровали через бумажный фильтр. Фильтрат из каждого флакона анализировали на определение остаточной концентрации ионов хрома [12]. Определение ионов хрома проводили методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии с пламенным распылением.

Адсорбционную способность кожуры картофеля рассчитывали по уравнению

$$Q_e = \frac{C_i - C_f}{m} \cdot V, \text{ мг/л}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем сточных вод, содержащих ионы хрома, л;

$C_i$  – исходная концентрация ионов  $Cr$  до адсорбции, мг/л;

$C_f$  – концентрация ионов  $Cr$  после адсорбции, мг/л;

$m$  – масса адсорбента, г.

Сточная вода после физико-

химической очистки (адсорбция) подвергалась биологической очистке на лабораторной установке, состоящей из аэротенков первой и второй ступени и илоотделителей. Схема установки представлена на рисунке.

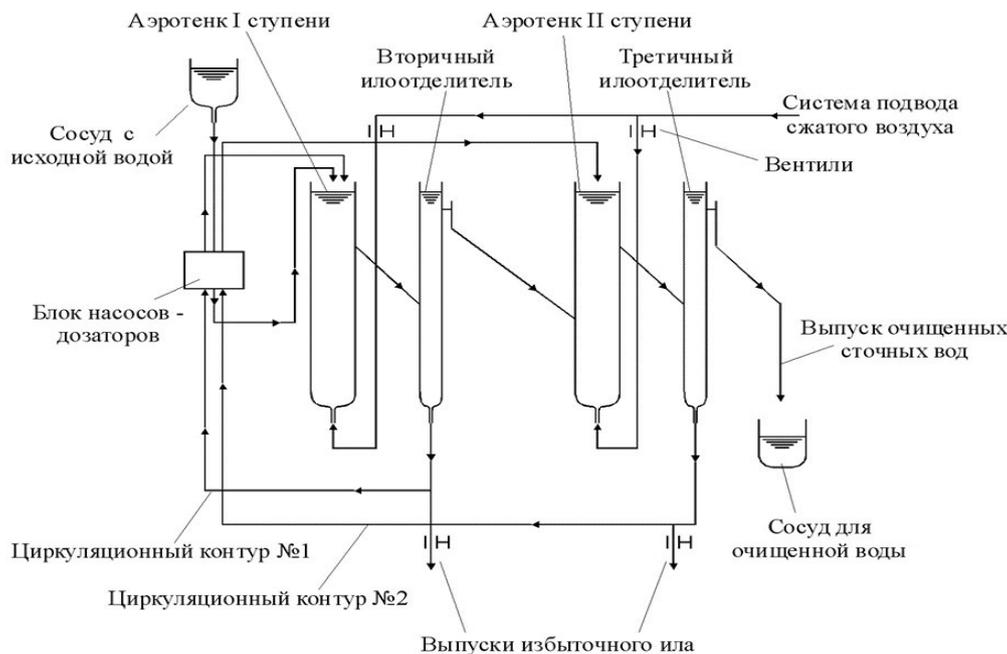


Схема двухступенчатой лабораторной установки  
The scheme of a two-stage laboratory installation

Установка работала так же, как и использованная Е. В. Скосыревой в исследованиях процесса очистки сточных вод кондитерских предприятий [13]. Очищенные сточные воды затем отбирались и анализировались для определения концентрации остаточных загрязнений в пересчете на БПК<sub>5</sub> с целью оценки эффективности работы технологической системы. Продолжительность каждого опыта варьировалась от одной до двух недель.

В ходе эксперимента концентрацию загрязнений в сточной  $S_0$  и очищенной воде  $S_T$ , мг/л, контролировали по БПК<sub>5</sub> один раз в 5-7 суток. Расход сточных вод  $Q$ , л/ч, измеряли один раз в час, расход воздуха  $Q_{вз}$ , л/ч, – один раз в сутки. Концентрацию активного ила  $X_0$ , г/л, определяли химическим анализом один раз в

сутки; концентрацию растворенного кислорода  $CO_2$ , мг/л, – один раз в час; иловый индекс  $I$ , см<sup>3</sup>/г, – один раз в сутки; концентрацию активного ила в очищенной воде  $X_0$ , мг/л, – один раз в сутки. Величину pH в аэротенке определяли по показаниям pH-метра один раз в час.

Величину удельной скорости очистки  $\rho$ , мг субстрата на 1 г ила в час, рассчитывали по формуле

$$\rho = \frac{S_0 - S_T}{X_0 \cdot (1 - Z) \cdot T_a} \quad (2)$$

Для поддержания концентрации активного ила в заданных пределах из аэротенка удаляли избыточный ил, количество которого определяли по формуле

$$W_{изб} = \frac{(X_{O2} - X_{O1}) \cdot W_A}{X_{O2}} \quad (3)$$

где  $W_A$  – объем аэротенка, л;

$X_{O1}$  и  $X_{O2}$  – концентрация ила за предыдущие и текущие сутки соответственно, г/л.

Зольность ила  $Z$ , доли единиц, определяли химическим анализом один раз в 5-7 дней. Период аэрации  $T_A$ , ч, определяли один раз в час по формуле

$$T_A = \frac{W_A}{Q}. \quad (4)$$

Степень рециркуляции ила  $R_{ц}$  задавалась по формуле

$$R_{ц} = \frac{X_o \cdot 100}{1000 / (1 - X_o)}. \quad (5)$$

Температуру воды  $T$ , °С, измеряли по показанию термометра один раз в час.

#### Результаты и их обсуждение

**Физико-химическая очистка.** Степень удаления хрома в процессе адсорбции представлена в таблице 1.

Таблица 1. Степень удаления хрома в процессе адсорбции с использованием кожуры картофеля  
Table 1. The degree of chromium removal during the adsorption process using potato peel

Количество используемого адсорбента, г	Концентрация хрома в очищенной воде, мг/л	Адсорбционная способность, мг/г	Процент удаления хрома, %
0,5	21	3,3	44
1	17	2,05	54,666
2	12,44	1,253	66,826
3	9,53	0,932	74,586
4	4,75	0,818	87,333
5	0,025	0,749	99,933
6	0,025	0,624	99,333
7	0,025	0,535	99,333
8	0,025	0,468	99,333

В результате исследования процесса адсорбции ионов хрома из сточных вод кожевального завода выяснилось, что эффективность удаления ионов хрома повышается с увеличением дозы адсорбента в растворе до тех пор, пока она не станет постоянной (т.е. оптимальная степень удаления 99,93 %) примерно при 5 г адсорбента. Это объясняется большей доступностью адсорбционных центров адсорбента и тем самым облегчением проникновения ионов хрома к адсорбционным центрам [14]. Аналогичные результаты были получены при адсорбции ионов хрома на золе в псевдооживленном слое [15].

Обработка сточных вод кожевального производства путем адсорбции на картофельных очистках показала оптимальную адсорбционную способность последних по ионам хрома, оцениваемую в 3,3 мг/г. Этот результат аналогичен полученному для рисовой соломы [16]. Однако процесс адсорбции не может снизить уровень

всех загрязняющих веществ в сточных водах до допустимых стандартов сброса. Принимая во внимание наличие других загрязняющих веществ, считаем необходимой и целесообразной очистку сложных стоков кожевального завода путем сочетания двух процессов, а именно физико-химической и биологической очистки, для устранения всех видов загрязнения в соответствии с требованиями к сбросу.

**Биологическая очистка.** Результаты исследований процесса биологической очистки сточных вод представлены в таблице 2.

Эффективность процесса удаления загрязнений по БПК<sub>5</sub> исследовали при продолжительности аэрации 6, 10 и 12 часов, концентрации кислорода 1, 2, 4 мг/л и дозе ила 3; 3,5; 4; 5 г/л. Полученные результаты выявили влияние некоторых параметров на изменение скорости очистки от загрязнений, а именно: дозы ила, времени аэрации и концентрации кислорода.

Таблица 2. Параметры очистки сточных вод кожевенного завода в двухступенчатой системе «аэротенк–отстойник» (вторая ступень)

Table 2. Parameters of wastewater treatment of a tannery in a two-stage system "aerotank-sump" (second stage)

№ опытов	Регулирующие параметры						Контролируемые параметры				
	$T_A$ , ч	$X_0$ , г/л	$C_{O_2}$ , мг/л	$S_0$ , мг/л	$Q$ , л/ч	$T$ , °C	$S_T$ , мг/л	$I$ , см <sup>3</sup> /г	Z, доли ед.	pH	$\rho$ , мг/г·ч
1	6	4	4	1800,79	1	21	130	100	0,122	6,2	79,28
2	6	3,5	4	1705,29	1	23	128	57,14	0,142	6,3	87,53
3	12	5	4	1825,33	1	22	131,5	80	0,169	6,2	33,97
4	12	3,5	4	1976,73	1	20	135	51,42	0,265	6,2	59,66
5	10	3,5	4	1957,56	1	19	132,78	57,14	0,139	6,4	60,55
6	10	3,5	2	1810,77	1	18	131	71,42	0,291	6,5	67,69
7	6	5	4	1832,37	1	21,5	132	28,57	0,195	6,3	70,40
8	12	4	4	2053,78	1	21	138	100	0,156	6,5	47,28
9	6	5	4	2067,32	1	22,5	140	120	0,199	6,2	80,20
10	10	3	1	2087,92	1	20	155	66,66	0,159	6,2	76,61

Условные обозначения:  $T_A$ , ч, – период аэрации;  $X_0$ , г/л, – концентрация активного ила;  $C_{O_2}$ , мг/л, – концентрация растворенного кислорода;  $S_0$ , мг/л, – концентрация загрязнений в сточной воде (БПК<sub>5</sub>);  $Q$ , л/ч, – расход сточных вод;  $T$ , °C, – температура воды;  $S_T$ , мг/л, – концентрация загрязнений в очищенной воде (БПК<sub>5</sub>);  $I$ , см<sup>3</sup>/г, – иловый индекс;  $\rho$ , мг/г·ч, – удельная скорость очистки; pH – концентрация ионов водорода; Z, доли единиц, – зольность активного ила.

Скорость очистки от загрязнений повышается с увеличением периода аэрации в аэротенке, как показано в таблице 2.

Анализ результатов показал, что эффективное удаление загрязнений (скорость окисления 87,53 мг субстрата на 1 г ила в час) было достигнуто при дозе активного ила 3,5 г/л и 6-часовом периоде аэрации. Этот эффект аналогичен эффекту, полученному С. Хайдаром и соавторами в среднеконцентрированных сточных водах кожевенного завода [17].

Полученные результаты показывают, что обработка сточных вод активным илом дает лучший эффект очистки при средних нагрузках субстрата (БПК<sub>5</sub>).

Наличие небольших концентраций ионов хрома в фильтрате не препятствует деятельности микроорганизмов активного ила. Это подтверждается выводами некоторых исследований, проведенных, например, М. Ахмедом и соавторами (очистка сточных вод кожевенных заводов методом активного ила в лабораторном масштабе в непрерывном режиме в 2014 г.) [18], в ходе

которых был получен эффект удаления ионов хрома 98,8 %. Подобные результаты объясняются тем, что некоторые бактерии устойчивы к низким концентрациям ионов хрома в сточных водах.

### Выводы

В результате проведенных исследований по разработке эффективной технологии очистки сточных вод кожевенного завода выяснилось, что применение данной технологии позволит достичь глубокой очистки до требований, соответствующих стандартам сбросов.

Оптимальными параметрами процесса физико-химической очистки являются продолжительность перемешивания 1 час, скорость вращения мешалки 300 об/мин, доза адсорбента 5 г. Оптимальные параметры процесса биологической очистки следующие: продолжительность аэрации 6 часов; доза активного ила 3,5 г/л; концентрация растворенного кислорода 4 мг/л.

Эффективность удаления ионов хрома физико-химическим процессом (адсорбцией) составляет 99,93 %; эффективная

скорость окисления, полученная в ходе биологической очистки, 87,53 мг субстрата на 1 г ила в час.

С учетом полученных результатов можно сделать вывод о том, что данная

технология эффективна для очистки сточных вод кожевенной промышленности с целью сохранения окружающей среды от негативного воздействия этой отрасли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Midha V., Dey A. Biological treatment of tannery wastewater for sulfide removal // *International Journal of Chemical Sciences*. 2008. Vol. 6(2). P. 472-486.
2. Les effluents de tannerie caractérisation et impact sur le milieu marin / M. A. Aboulhassan, S. Souabi, A. Yaacoubi, N. Zaim, F. Z. Bouthir // *Revue des sciences de l'eau*. 2008. Vol. 21(4). P. 463-473.
3. Biodegradation of gallotannins and ellagitannins / M. Li, Y. Kai, H. Qiang, J. Dongying // *Journal of basic microbiology*. 2006. Vol. 46(1). P. 68-84.
4. Hasegaven M. C., Barbosa A. M., Takashina K. Biotreatment of industrial tannery wastewater using *Biorhizobium rhodirium* // *Journal of Serbia Chemical Society*. 2010. Vol. 76. P. 1-8.
5. Toxicological profile for chromium / S. Wilbur, H. Abadin, M. Fay, D. Yu, B. Tencza, L. Ingerman, J. Klotzbach, S. James. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US), 2012.
6. Babu B. V., Gupta S. Removal of Cr (VI) from wastewater using activated tamarind seeds as an adsorbent // *Journal of Environmental Engineering and Science*. 2008. Vol. 7(5). P. 553-557.
7. Лассана Д. Актуальные проблемы очистки сточных вод кожевенных заводов некоторых стран мира // Конкурс лучших студенческих работ: сборник статей XIII Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2022. С. 71-76.
8. Андреева С. А. Повышение эффективности технологических процессов очистки от органических компонентов в высококонцентрированных сточных водах // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2021. № 3(19). С. 77-88.
9. Очистка сточных вод с помощью УВМ и разработка конструкций сорбционных колонн / А. И. Сютова, С. Я. Алибеков, Н. П. Сютов, Н. Г. Крашенинникова, Е. В. Кутонова // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2023. № 1. С. 35-42.
10. Hasany S. M., Ahmad R. The potential of cost-effective coconut husk for the removal of toxic metal ions for environmental protection // *Journal of environmental management*. 2006. Vol. 81(3). P. 286-295.
11. Gupta S., Babu B. V. Experimental investigations and theoretical modeling aspects in column studies for removal of Cr(VI) from aqueous solutions using activated tamarind seeds // *Journal of Water Resource and Protection*. 2010. Vol. 2(8). P. 706-716.
12. Mutongo F., Kuipa O., Kuipa P. K. Removal of Cr (VI) from aqueous solutions using powder of potato peelings as a low cost sorbent // *Bioinorganic chemistry and applications*. 2014. Vol. 2014. P. 973153.
13. Саинова В. Н. Новые технологии и режимы процессов очистки сточных вод пищевых производств: монография. Астрахань: Изд. Сорокин Роман Васильевич, 2011. 102 с.
14. Mohan D., Singh K. P., Singh V. K. Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth // *Journal of hazardous materials*. 2006. Vol. 135(1-3). P. 280-295.
15. Potential of activated carbon from various sources as a low-cost adsorbent to remove heavy metals and synthetic dyes / Y. A. Neolaka, A. A. Riwu, U. O. Aigbe, K. E. Ukhurebor, R. B. Onyanha, H. Darmokoesoemo, H. S. Kusuma // *Results in Chemistry*. 2022. Vol. 5. P. 100711.
16. Characterization of Cr(VI) removal from aqueous solutions by a surplus agricultural waste – Rice straw / H. Gao, Y. Liu, G. Zeng, W. Xu, T. Li, W. Xia // *Journal of Hazardous Materials*. 2008. Vol. 150. P. 446-452.
17. Haydar S., Aziz J. A., Ahmad M. S. Biological treatment of tannery wastewater using activated sludge process // *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2007. Vol. 1. P. 61-66.
18. Elmagd A. M. A., Mahmoud M. S. Tannery wastewater treatment using activated sludge process system (lab scale modeling) // *International Journal of Engineering and Technical Research*. 2014. Vol. 2(5). P. 21-28.

Статья поступила в редакцию 31.01.2024; одобрена после рецензирования 28.03.2024; принята к публикации 31.05.2024

### Информация об авторах

*ЛАССАНА Диоп* – аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань. Область научных интересов – новые технологии очистки сточных вод. Автор 5 научных публикаций. E-mail: lassanakarifo@gmail.com

*САИНОВА Виктория Николаевна* – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань. Область научных интересов – новые технологии очистки сточных вод. Автор более 80 научных публикаций. E-mail: sainovav@yandex.ru

**Вклад авторов:** Лассана Диоп – проведение эксперимента, обработка и анализ экспериментальных данных, составление статьи; Саинова В. Н. – концепция работы, корректировка статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

---

Scientific article

UDC 628.3:675

DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2024.1.76>

EDN: NIJXIJ

### Development of an effective technology for wastewater treatment at tannery enterprises

*D. Lassana*<sup>✉</sup>, *V. N. Sainova*

Astrakhan State Technical University (Astrakhan)

lassanakarifo@gmail.com<sup>✉</sup>

**Abstract.** *Introduction.* The presence of both organic and inorganic contaminants makes the purification of wastewater from the leather industry a challenging operation.

*The aim of the research* is to assess the effectiveness of a technology that combines physical-chemical methods (adsorption) with a biological approach (in an aerotank) for wastewater treatment, considering its potential to reduce the concentration of pollutants in the wastewater from leather factories, thus maintaining water quality and ensuring sustainability of natural resource management. The following research objectives were established in order to achieve the goal: to identify the ideal parameters for the physical-chemical and biological treatment processes; to investigate the potential technology of treating wastewater from tanneries.

*Materials and methods.* The technology was investigated using real wastewater from a leather factory. Experiments were conducted under laboratory conditions at Astrakhan State Technical University. The process of chromium ion adsorption was carried out using vegetable waste (potato peel) with an initial chromium concentration in the wastewater of 37.5 mg/L. The adsorption process was studied under the following conditions: pH = 2.5; contact time between water and the adsorbent was 1 hour, and the stirrer rotation speed was 300 revolutions per minute.

*Research results.* As the adsorbent dose increases, the removal rate of chromium ions increases to a certain threshold value. The removal efficiency of chromium ions increases from 44 to 99.93% when the adsorbent dose changes from 0.5 g to 8 g. In the aeration tank, wastewater undergoing physical and chemical treatment was then exposed to biological treatment. The efficiency of biological treatment was monitored by a number of indicators: concentration of contaminants in the initial and treated water by BOD<sub>5</sub>, air flow rate, activated sludge concentration, dissolved oxygen concentration. The results showed that the maximum oxidation rate is 87.53 (mg of substrate per 1 g of sludge per hour). The most optimal process parameters were 3.5 g/L of sludge, 6 hours of aeration, and 4 mg/L of oxygen.

*Conclusion.* As a result of the conducted research on the development of effective technology for wastewater treatment in tanneries, it was found that the application of this technology will allow to achieve deep purification to the requirements corresponding to the standards of discharges.

Optimal parameters of the process of physical and chemical purification are duration of stirring 1 hour, speed of rotation of the stirrer 300 r/min, adsorbent dose 5 g. Optimal parameters of the biological purification process are as follows: aeration duration 6 hours; activated sludge dose 3.5 g/l; dissolved oxygen concentration 4 mg/l. Efficiency of chromium ion removal by physical-chemical process (adsorption) is 99.93%; effective oxidation rate of chromium ions is 99.93%. This wastewater treatment method helps preserve the environment from the negative impact of leather manufacturing industry.

**Keywords:** wastewater; adsorption; adsorbent; activated sludge; chromium; BOD<sub>5</sub>; aeration tank.

**Funding:** this research received no external funding.

---

**For citation:** Lassana D., Sainova V. N. Development of an effective technology for wastewater treatment at tannery enterprises. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Constructions. Technologies.* 2024;(1):76–85. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2024.1.76>; EDN: NIJXIJ

---

#### REFERENCES

1. Midha V., Dey A. Biological treatment of tannery wastewater for sulfide removal. *International Journal of Chemical Sciences.* 2008;6(2):472-486.
2. Aboulhassan M. A., Souabi S., Yaacoubi A., Zaim N., Bouthir F. Z. Les effluents de tannerie caractérisation et impact sur le milieu marin. *Revue des sciences de l'eau.* 2008;21(4):463-473.
3. Li M., Kai Y., Qiang H., Dongying J. Biodegradation of gallotannins and ellagitannins. *Journal of basic microbiology.* 2006;46(1):68-84.
4. Hasegaven M. C., Barbosa A. M., Takashina K. Biotreatment of industrial tannery wastewater using bioryospharia rhodiria. *Journal of Serbia Chemical Society.* 2010;76:1-8.
5. Wilbur S., Abadin H., Fay M., Yu D., Tencza B., Ingerman L., Klotzbach J., James S. Toxicological profile for chromium. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US), 2012.
6. Babu B. V., Gupta S. Removal of Cr (VI) from wastewater using activated tamarind seeds as an adsorbent. *Journal of Environmental Engineering and Science.* 2008;7(5):553-557.
7. Lassana D. Current problems of wastewater treatment from tanneries in some countries of the world. *Academic contest for the best student paper: collection of articles of the XIII International Research Contest.* Penza: MCNS Nauka i Prosveshhenie; 2022. P. 71-76. (In Russ.).
8. Andreeva S. A. Improving the efficiency of technological processes of purification from organic components in highly concentrated wastewater. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Constructions. Technologies.* 2021;(3):77-88. (In Russ.).
9. Sjutova A. I., Alibekov S. Ja., Sjutov N. P., Krashennnikova N. G., Kutonova E. V. Wastewater treatment with cfm and sorption columns design. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Constructions. Technologies.* 2023;(1):35-42. (In Russ.).
10. Hasany S. M., Ahmad R. The potential of cost-effective coconut husk for the removal of toxic metal ions for environmental protection. *Journal of environmental management.* 2006;81(3):286-295.
11. Gupta S., Babu B. V. Experimental investigations and theoretical modeling aspects in column studies for removal of Cr(VI) from aqueous solutions using activated tamarind seeds. *Journal of Water Resource and Protection.* 2010;2(8):706-716.
12. Mutongo F., Kuipa O., Kuipa P. K. Removal of Cr (VI) from aqueous solutions using powder of potato peelings as a low cost sorbent. *Bioinorganic chemistry and applications.* 2014;2014:973153.
13. Sainova V. N. *New technologies and modes of wastewater treatment processes in food production:* monograph. Astrahan: Sorokin Roman Vasiljevich publ.; 2011. 102 p. (In Russ.).
14. Mohan D., Singh K. P., Singh V. K. Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth. *Journal of hazardous materials.* 2006;135(1-3):280-295.
15. Neolaka Y. A., Riwu A. A., Aigbe U. O., Ukhurebor K. E., Onyanha R. B., Darmokoesomo H., Kusuma H. S. Potential of activated carbon from various sources as a low-cost adsorbent to remove heavy metals and synthetic dyes. *Results in Chemistry.* 2022;5:100711.
16. Gao H., Liu Y., Zeng G., Xu W., Li T.,

- Xia W. Characterization of Cr(VI) removal from aqueous solutions by a surplus agricultural waste – Rice straw. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;150:446-452.
17. Haydar S., Aziz J. A., Ahmad M. S. Biological treatment of tannery wastewater using activated sludge process. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2007;1:61-66.
18. Elmagd A. M. A., Mahmoud M. S. Tannery wastewater treatment using activated sludge process system (lab scale modeling). *International Journal of Engineering and Technical Research*. 2014;2(5):21-28.

The manuscript was submitted on 31.01.2024; reviewed on 28.03.2024; adopted for publication on 31.05.2024

#### Information about the authors

*LASSANA Diop* – postgraduate student at the Department of Life Safety and Environmental Engineering, Astrakhan State Technical University, Astrakhan. Research interests – new wastewater treatment methods. Author of 5 publications. E-mail: lassanakarifo@gmail.com

*SAINOVA Victoria Nikolaevna* – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Life Safety and Environmental Engineering, Astrakhan State Technical University, Astrakhan. Research interests – new wastewater treatment technologies. Author of more than 80 publications. E-mail: sainovav@yandex.ru

**Contribution of the authors:** Lassana Diop – carrying out the experiment, processing and analyzing experimental data, drafting the manuscript; Sainova V. N. research concept, manuscript revision.

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

The authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.