

С. В. СТЕПАНОВ  
О. С. СОЛКИНА  
П. П. АВДЕЕНКОВ  
А. В. БЕЛЯКОВ  
А. С. СТЕПАНОВ

## МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### MECHANICAL AND PHYSICOCHEMICAL METHODS OF WASTEWATER TREATMENT IN THE FISH PROCESSING INDUSTRY

*В настоящее время утверждена Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Для реализации стратегии запланировано строительство новых и реконструкция существующих предприятий. Сточные воды, образующиеся при переработке рыбы, содержат большое количество чешуи, остатков внутренностей (печень, кишки, ястыки), белков и липидов. Поэтому при разработке технологии необходимо уделять повышенное внимание механической и физико-химической предварительной очистке сточных вод, в связи с чем в статье обобщен опыт зарубежных и отечественных исследований по данной теме. Представлены результаты исследований по очистке сточных вод двух предприятий по переработке рыбы. Показано, что применение  $Al_2(SO_4)_3$  с дозой 50 мг/л по  $Al_2O_3$  дало наилучшие результаты в лабораторном эксперименте.*

**Ключевые слова:** сточные воды, рыбохозяйственный комплекс, канализационные очистные сооружения, рыбоперерабатывающая промышленность, механическая очистка, физико-химическая очистка, коагулирование, флотация

*Currently, the Strategy for the development of the fishery sector of the Russian Federation for the period up to 2030 has been approved. To implement this strategy, the construction of new and reconstruction of existing enterprises is planned. Wastewater from fish processing contains a large amount of scales, remnants of entrails (liver, intestines, ovaries), proteins and lipids. Therefore, when developing a treatment technology, it is necessary to pay increased attention to mechanical and physicochemical pre-treatment of effluents. This article summarizes the experience of foreign and domestic research on mechanical and physical-chemical wastewater treatment. Also presented are the results of studies on wastewater treatment of two fish processing enterprises. The use of  $Al_2(SO_4)_3$  at a dose of 50 mg/l for  $Al_2O_3$  gave the best results in a laboratory experiment.*

**Key words:** waste water, fishery complex, sewage treatment facilities, fish processing industry, mechanical treatment, physical and chemical treatment, coagulation, flotation

В настоящее время утверждена Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, согласно которой добыча (вылов) биологических ресурсов будет увеличена до 5396 тыс. т к 2030 году. Для реализации этой стратегии запланировано строительство новых и реконструкция существующих предприятий, судов рыбопромыслового флота [1, 2].

Производство рыбной продукции неразрывно связано с генерацией большого количества сточных вод.

Характерной чертой сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий является высокое содержание органических загрязнений – белков, жиров, небелковых азотистых за-

грязнений, моющих средств, поваренной соли. Загрязнения, как правило, содержатся в виде взвешенных частиц, суспензий, эмульсий, коллоидных систем и растворенных в воде веществ в молекулярной или ионной форме [3].

Механическая очистка направлена на выделение из сточных вод грубодисперсных органических и минеральных включений. Главная её задача – подготовка стоков к другим методам очистки. В российской и зарубежной литературе практически отсутствуют данные по работе решёток, грохотов, сит, процеживателей и т. д. Результат работы установок механической очистки очень важен, так как в сточных водах рыбоперерабатывающей промышленности присутствуют ткани рыб, слизь, которые могут

забивать прозоры решеток и сетки барабанных процеживателей. Результаты исследований по безреагентному отстаиванию сточных вод рыбоконсервной промышленности приведены в табл. 1.

Эффективность безреагентного отстаивания была достаточно низкая, %: ХПК – 30-57, взвешенные вещества – 46-61, жиры – 44-75.

Применение различных коагулянтов было изучено для очистки сточных вод пресервного завода, качество исходного стока которого составляло, мг/л: ХПК – 4817, взвешенные вещества – 1600, жиры – 1674. Наиболее эффективным коагулянтом оказался оксихлорид алюминия с дозой 56 мг/л по  $Al_2O_3$ , эффективность, %: ХПК – 80, взвешенные вещества – 92,1, жиры – 96,3 [6].

В работе [8] исследована очистка сточных вод производства рыбных консервов, вид перерабатываемой рыбы – сардина и скумбрия. Физико-химический состав сточной воды, мг/л: БПК<sub>5</sub> – 989, ХПК – 1324, взвешенные вещества – 4485, жиры и масла – 320,5,  $NH_3$  – 31,  $NO_3$  – 5,5, белок – 812,5, pH – 6,6-7,1. Средний объем сточных вод в сутки составлял 20 м<sup>3</sup>. Применялись реагенты  $FeCl_3$  и  $Ca(OH)_2$  с дозами 0,4 г Fe/л и 0,2 г Ca/л соответственно. Эффективность составила, %: БПК<sub>5</sub> – 79,4, ХПК – 75,8, взвешенные вещества – 95,4, общее содержание белка – 91,9, масла и жиры – 79,4.

В работе [5] исследования проводились на сточной воде предприятия рыбоконсервной промышленности, вид перерабатываемой рыбы – сардина. В результате введения  $Al_2(SO_4)_3$  с дозами 75 и 150 мг/л pH снижалось до 5-5,5, полученная эффективность, %: ХПК – 30 и 32, жиры и масла – 90 и 87, взвешенные вещества – 77 и 63 соответственно.

В рассмотренных работах выявлена высокая эффективность неорганических коагулянтов  $FeCl_3$  и  $Ca(OH)_2$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ . Органические коагулянты, такие как RIFLOC 1815, RIPOL 070, в работе [9] показали высокую эффективность – 85-99 % только для удаления масел и жиров. В целом, при применении коагулянта для очистки сточных вод рыбоперерабатывающей промышленности (пресный сток), можно рассчитывать на увеличение эффективности, в сравнении с безреагентным отстаиванием, по ХПК – 70-80 %, взвешенным веществам – 90-95 %, маслам и жирам – 70-80 %. Преимуществом  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$  является относительно низкая цена. По имеющимся литературным данным трудно сделать выводы о применении того или иного коагулянта. Исходные сточные воды имеют отличающийся качественный и количественный состав, при этом современные производители реагентов предлагают различные коагулянты – неорганические, органические и смесевые. Поэтому рекомендуемые дозы коагулянтов колеблются в широких пределах. В каждом конкретном случае подбор коагулянта должен осуществляться индивидуально.

Поддержание pH в пределах 6,5-7,5 благоприятствует уменьшению остаточного содержания алюминия и железа в очищенной воде и снижению её коррозионных свойств [10]. Во всех рассмотренных работах значение pH ниже данного интервала, а информация по содержанию остаточных компонентов, к сожалению, отсутствует.

В сточных водах рыбоперерабатывающих производств зачастую встречается повышенное содержание солей, которое связано с применением NaCl в производстве, а также с использованием морской воды. В работе [11]

Таблица 1  
Эффективность безреагентной седиментации для различных производств

Показатель	Сардины (консервы) [4]		Сардины, скумбрия, тунец (консервы) [5]		Пресервы [6]		Рыбокомбинат [7]	
	исходная	очищенная	исходная	очищенная	исходная	очищенная	исходная	очищенная
Взвешенные вещества, мг/л	360	187,2	1800	710	1600	870	150-770	60-340
Растворённый органический углерод, мг/л	694	666,2	-	-	-	-	-	-
ХПК, мг $O_2$ /л	-	-	7900	5500	4817	2084	-	-
Масла и жиры, мг/л	67	16,75	1250	360	1674	930	300-870	120-290
Продолжительность отстаивания, мин	90		30		120		120	

проводились исследования реагентного метода очистки сточных вод предприятия, использующего морскую воду в технологии переработки рыбы и морепродуктов. Содержание морской воды в сточных водах – 40-80 %. Характеристики сточной воды, мг/л: ХПК – 1500-3000, БПК<sub>5</sub> – 600-1500, взвешенные вещества – 100-1500, жиры – 100-2000,  $\text{NH}_4$  – 70-100, фосфаты – 10-30,  $\text{Cl}^-$  – 9000-15000,  $\text{Mg}^{2+}$  – 500-1000,  $\text{Ca}^{2+}$  – 170-320. Метод пробного коагулирования показал, что полиоксихлорид алюминия менее эффективен для данного вида сточных вод, чем  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , которые имеют сопоставимую эффективность. Далее использовался сульфат алюминия. Была определена оптимальная доза  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  для сточных вод с различным содержанием морской воды, которая составила 80-90 мг/л по  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Соосаждение ионов кальция, магния и алюминия из сточных вод с содержанием морской воды 30-80 % наступило при pH 9,1-9,6 и в течение 30 мин после начала коагуляции pH снижалось до 8,8-8,6, поэтому перед сбросом в морской водоем не требуется нейтрализация. Достигалась высокая эффективность очистки по БПК<sub>5</sub> – 91-93 %. Скорость осаждения хлопьев составила 0,16 мм/с. Натурные испытания пилотной установки показали, что при рециркуляции осадка в объеме 4 % оптимальная доза коагулянта сокращается с 85 до 70 мг/л по  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . По результатам испытаний пилотной установки выявилась необходимость в дополнительном фильтре с загрузкой из пенополистирола, так как происходил вынос отдельных мелких хлопьев из отстойника. Эффективность с применением фильтра составила, %: взвешенные вещества – 99, БПК<sub>5</sub> – 91-93.

В сточных водах рыбоперерабатывающих предприятий в основном преобладают вещества с аполярным и гетерополярным строением молекул. Такие вещества обладают наименьшей смачиваемостью и потому легко флотируются. Характерным фактором флотируемости сточных вод является величина поверхностного натяжения. Сточные воды рыбоперерабатывающих предприятий содержат кровь, слизь, растворенные органические и поверхностно-активные вещества, которые вызывают понижение величины поверхностного натяжения этих вод. При определении на приборе академика П.А. Ребиндера значение поверхностного натяжения составило 0,0625 Дж/м<sup>2</sup>, что показало возможность применения флотационного способа без добавления флотореагентов [7].

В работе [12] проводились экспериментальные исследования пневматического безреагентного флотатора (аэрируемая жироловка) для извлечения жировых загрязнений из сточ-

ных вод рыбообрабатывающих предприятий. Средний диаметр капель жировых загрязнений был равен 50 мкм. Пузырьки воздуха имели диаметр 0,2-1 мм со средним значением 0,3 мм, средняя скорость всплытия пузырьков составляла 0,032 м/с, интенсивность аэрации – 13-15 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч). Исследования проводились на сточных водах производств соленой, копченой и мороженой рыбы с исходной концентрацией, мг/л: ХПК – 1630, БПК – 1210, взвешенные вещества – 595,6, жиры – 430,1. Продолжительность обработки была 20 мин, в качестве аэраторов использовались перфорированные трубки из синтетического каучука, диаметр которых составлял 8 мм, толщина стенок – 3 мм, диаметр отверстий – 0,08 мм, частота перфорации – 40 отверстий на 1 см<sup>2</sup>, глубина погружения аэрационной системы – 1 м. Результаты работы жироловки, мг/л: ХПК – 326, БПК – 245, взвешенные вещества – 147,6, жиры – 94,0. Степень извлечения загрязнений составила, %: жиры – 78,1, взвешенные вещества – 75,2, БПК – 79,7.

В работах [4, 7] изучался метод напорной флотации на сточных водах рыбоконсервного производства. В [4] сточная вода имела следующие характеристики, мг/л: взвешенные вещества – 350, масла и жиры – 405. Наилучшая эффективность была получена при давлении 6 кг/см<sup>2</sup>, коэффициенте рециркуляции 0,67 – по взвешенным веществам 43,2 %, по жирам – 93,5 %. Для улучшения процесса применялся реагент  $\text{FeCl}_3$  – 400 мг/л. Вид реагента и его доза были взяты согласно предварительным исследованиям по коагуляции. Применение  $\text{FeCl}_3$  ухудшило эффективность напорной флотации по взвешенным веществам с 43,2 до 41 %, но улучшило по маслам и жирам с 93,5 до 96 %. Применение  $\text{FeCl}_3$  в качестве реагента для напорной флотации оказалось малоэффективным. В [7] изучалось насыщение воздухом не всего объема очищенной воды, а только 30 и 50 %, остальной объем впускался во флотатор в исходном состоянии для совместной очистки. Начальное давление в напорном резервуаре составляло 2,94 кг/см<sup>2</sup>, продолжительность насыщения – 2 мин, флотации – 10 мин. Качественный состав исходных сточных вод, мг/л: жиры – 610, взвешенные вещества – 933. Наилучшая эффективность получена при насыщении воздухом всего объема очищенной воды, %: жиры – 98,4, взвешенные вещества – 86,5. Также проводились исследования на экспериментальной флотационной установке. Время пребывания стоков во флотационной камере было принято 20 мин, давление воздуха было в пределах 2,45-2,94 кг/см<sup>2</sup>, расход воздуха – 35-45 л/м<sup>3</sup> сточных вод. Эффективность очистки составила, %: взвешенные вещества – 77,7, жиры – 97,9, ХПК – 45,2.

В работе [12] был изучен метод флотации. В качестве реагентов применялись следующие коагулянты:  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ . Исследования проводились на сточной воде с  $\text{pH} = 8,7-9,6$  и ХПК – 5285-7997 мг/л. Наиболее эффективными реагентами для флотационной очистки сточных вод производства рыбьего жира оказались  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{FeCl}_3$ . В случае применения хлорида железа (III) при дозе 500 мг/л эффективность процесса составляла 96 %, а остаточное содержание жировых загрязнений в воде – 100 мг/л. При предварительной обработке сточных вод завода медицинского жира сернокислым алюминием при дозах 400 мг/л и выше эффективность очистки была стабильна и составляла 98,5-95 %. Остаточное содержание жировых веществ в очищенных стоках при этом не превышало 100-110 мг/л.

Применение реагентной напорной флотации позволило получить эффективность по взвешенным веществам 41 %, по маслам и жирам – 93,5-98 %. При применении пневматического безреагентного флотатора наблюдалась

эффективность, %: по жировым загрязнениям – 78,1, взвешенным веществам – 75,2, БПК – 79,7. Таким образом, применение напорной реагентной флотации целесообразно в случае необходимости удаления жиров при его содержании в исходной воде более 400 мг/л, для удаления других загрязнений она малоэффективна.

Таким образом, наилучшая эффективность очистки была получена при применении напорной флотации с давлением в напорном резервуаре 2,94 кг/см<sup>2</sup>, продолжительностью насыщения 2 мин и флотации 10 мин, %: жиры – 98,4, взвешенные вещества – 86,5. Как и для предыдущих методов, выбор параметров флотации в каждом конкретном случае необходимо осуществлять индивидуально.

Авторами были проведены исследования по очистке сточных вод ООО «Сызранский рыбокомбинат № 1, 2» с применением коагулянтов. Предприятие перерабатывает как морскую, так и речную рыбу. Количество готовой продукции, включающей консервы, пресервы, копченую, вяленую и соленую рыбу, составляет

Таблица 2

Результаты проведенных экспериментов

Реагент	Доза коагулянта, мг/л по $\text{Me}_2\text{O}_3$	Доза $\text{NaOH}$ , мг/л	pH	ХПК, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	Остаточный $\text{Al}$ , мг/л
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	0	-	6,52	735	292	0,04
	25	-	6,29	322	95	1,1
	50	-	5,78	284	78	0,41
	75	-	5,77	380	90	0,84
	100	-	5,37	362	58	1,4
	125	-	4,93	342	104	1,2
Аква-Аурат 10М	0	-	6,52	735	292	0,04
	50	-	5,74	398	108	0,04
	75	-	5,37	376	94	0,04
	100	-	5,35	428	65	0,04
	150	-	5,22	395	85	0,04
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	0	-	6,69	686	458	0,04
	25	29,4	6,98	470	164	1,12
	50	58,8	6,96	392	140	1,07
	75	88,2	6,82	451	48	0,79
	100	117,6	6,97	451	40	0,45
	125	146,7	6,96	470	88	0,99
Аква-Аурат 10М	0	-	6,69	686	458	0,04
	50	0,75	6,8	507	125	0,24
	75	11	6,75	507	170	-
	100	15	6,72	470	128	0,32
	125	19	6,98	490	118	0,45
$\text{FeCl}_3$	0	-	6,69	686	458	0,04
	100	115,2	6,86	507	156	-
	100	-	6,39	470	126	-

3 т/сут. Расход сточных вод – 8 м³/сут за восьмичасовую смену.

Пробное коагулирование проводили в цилиндрах объемом 500 мл. После добавления растворов реагентов сточную воду сначала интенсивно перемешивали в течение 10 с со скоростью 120 об/мин, затем медленно перемешивали в течение 60 с со скоростью 45 об/мин. Далее смесь отстаивали в течение 30 мин. Ис-

следование состояло из двух серий опытов: первая – применение  $Al_2(SO_4)_3$  и Аква-Аурата 10М без корректировки pH; вторая – применение тех же реагентов с подщелачиванием едким натром. Также во второй серии было проведено коагулирование хлоридом железа (III) с подщелачиванием и без него.

Результаты эксперимента приведены в табл. 2 и на рис. 1 и 2.

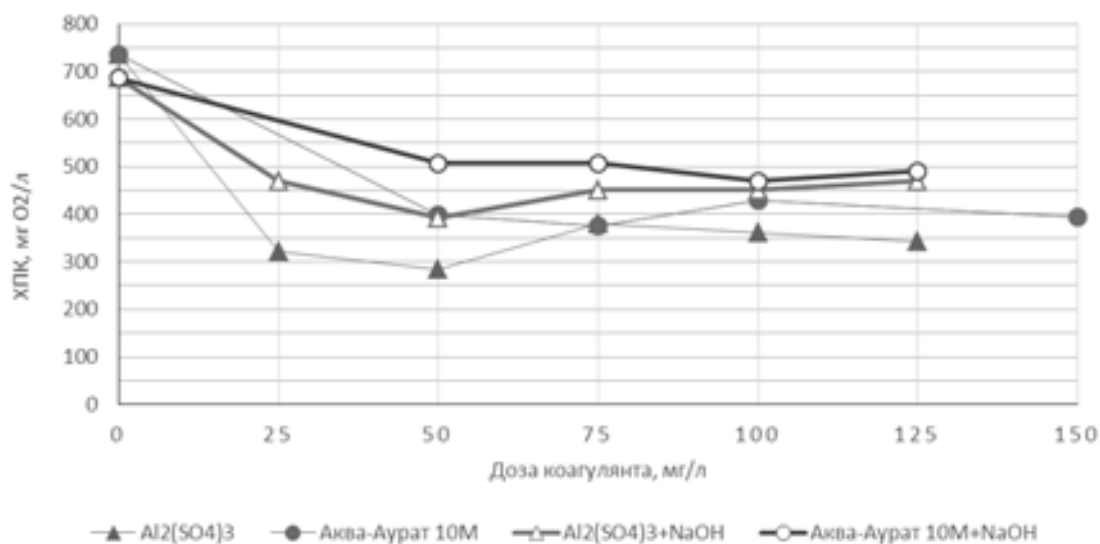


Рис. 1. Зависимость ХПК от дозы коагулянта

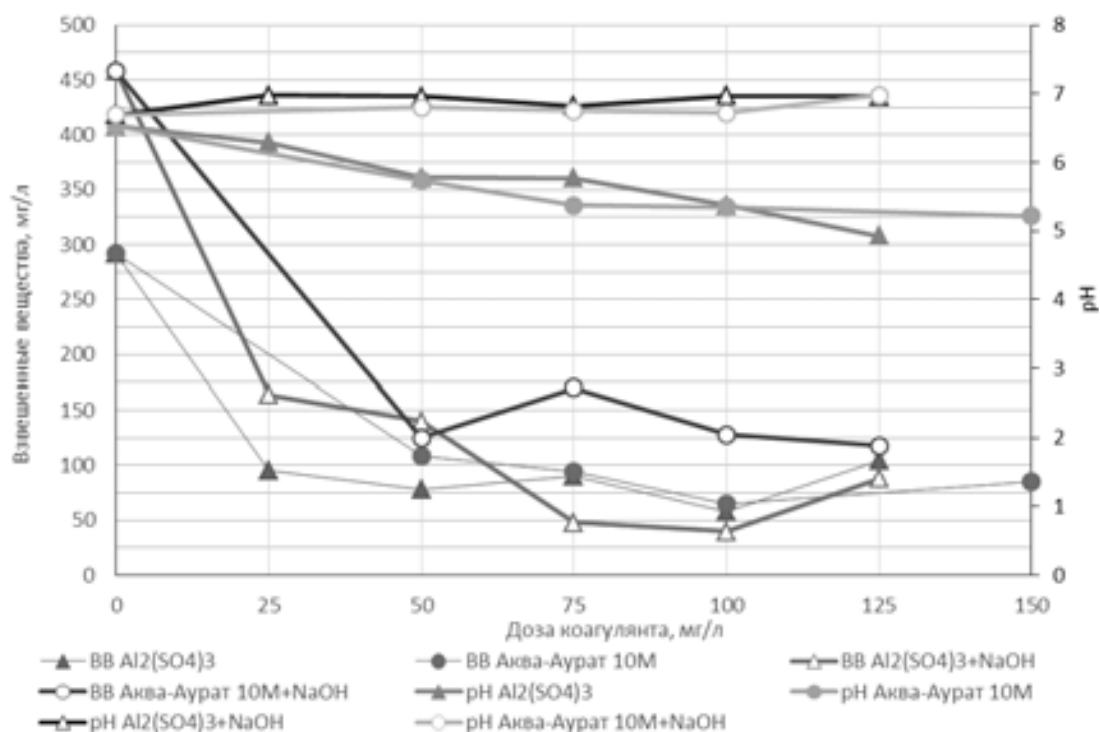


Рис. 2. Зависимость взвешенных веществ от дозы примененного коагулянта

В первой серии опытов наилучший результат при применении  $Al_2(SO_4)_3$  был получен с дозой 50 мг/л по  $Al_2O_3$ . Эффективность удаления при использовании сульфата алюминия оказалась, %: ХПК – 61,4, взвешенные вещества – 73,3. При применении Аква-Аурат 10М наилучший результат был достигнут с дозой 75 мг/л по  $Al_2O_3$ . Эффективность удаления в этом случае составила, %: ХПК – 48,9, взвешенные вещества – 67,8. Остаточное содержание алюминия при использовании Аква-Аурата 10М не превышало 0,04 мг/л, а в опытах с  $Al_2(SO_4)_3$  этот показатель был высоким – 0,41-1,4 мг/л. Во второй серии опытов наилучший результат при применении  $Al_2(SO_4)_3$  был получен при той же дозе 50 мг/л по  $Al_2O_3$ . Эффективность удаления при этом была ниже, чем в первой серии, %: ХПК – 42,9, взвешенные вещества – 69,4. При применении Аква-Аурата 10М наилучший результат был достигнут при дозе 100 мг/л по  $Al_2O_3$ . Эффективность удаления, %: ХПК – 31,5, взвешенные вещества – 72,0. Применение  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  дало следующую эффективность, %: ХПК – 31 и 26, взвешенные вещества – 72 и 66 без корректировки pH и с ней соответственно. Корректировка pH ухудшила эффективность очистки по всем трём реагентам, остаточное содержание алюминия стало превышать ПДК даже при применении Аква-Аурата 10М.

Результаты экспериментов показали, что наилучший результат был получен при применении  $Al_2(SO_4)_3$  с дозой 50 мг/л по  $Al_2O_3$  без корректировки pH. Эффективность удаления, %: ХПК – 61,4, взвешенные вещества – 73,3.

Исследования в производственных условиях были проведены нами на рыбоперерабатывающем заводе «Русская треска», г. Мурманск. Данное предприятие производит около 15 т/сут филе трески и не менее 1 т/сут продукции из отходов рыбного производства. Для очистки сточных вод была разработана и изготовлена компанией «ЭКОЛОС» следующая схема производительностью 10 м³/ч: приемный колодец с корзиной, барабанная решетка с прозорами 2 мм, горизонтальный жироловитель, усреднитель, установка напорной реагентной флотации. Реагент Аква-Аурат 10М подавался насосом-дозатором производительностью 30 л/ч с дозой 52,8 мг/л по  $Al_2O_3$ . В табл. 3 представлен качественный состав исходной и очищенной воды после флотатора.

Как показали результаты, приведенные в табл. 3, эффективность работы сооружений физико-химической очистки была больше для более высоких исходных концентраций загрязнений и лежала в интервалах, %: ХПК – 39,5-59,4, БПК<sub>полн</sub> – 43,5-78,3, взвешенные вещества – 47,1-74,9.

Таблица 3

Качественный состав исходных и очищенных сточных вод, мг/л

Показатель	28.02.2020		17.04.2020	
	исходная	очищенная	исходная	очищенная
ХПК	430	260	1289,5	523
БПК <sub>полн</sub> (БПК <sub>5</sub> *)	200	113	745*	162*
Взвешенные вещества	85	45	231	58
pH	7,52	6,26	6,68	7,78
Жиры	2,1	1,6	-	-
Фосфаты по фосфору	3,50	2,24	93,82	14,14
Аммоний	24	25	50,40	4,46
Нитриты	0,4	0,094	<0,033	0,069
Нитраты	5,3	0,17	<0,10	0,739
АПРАВ	1,2	1,5	-	-
Хлориды	190	160	89,0	243,5
Сульфаты	11	24	-	-

**Выводы.** 1. Анализ литературных данных показал, что эффективность безреагентного отстаивания сточных вод рыбоперерабатывающих производств достаточно низкая, %: ХПК – 30-57, взвешенные вещества – 46-61, жиры – 44-75.

2. Анализ литературных данных показал, что эффективность безреагентного отстаивания

сточных вод рыбоперерабатывающих производств достаточно низкая, %: ХПК – 30-57, взвешенные вещества – 46-61, жиры – 44-75.

3. Обзор технической литературы выявил высокую эффективность неорганических коагулянтов  $FeCl_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$  и  $Al_2(SO_4)_3$ . Органические коагулянты показали высокую эффек-

тивность – 85-99 % только для удаления масел и жиров. При применении коагулянтов для очистки пресных сточных вод рыбоперерабатывающей промышленности, можно рассчитывать на значительно большую эффективность по сравнению с безрегентным отстаиванием: по ХПК – 70-80 %, взвешенным веществам – 90-95 %, маслам и жирам – 70-80 %.

4. Анализ литературных данных по очистке соленосодержащих сточных вод показал, что наилучшие результаты были достигнуты при использовании сульфата железа (II) и сульфата алюминия, которые имели сопоставимую эффективность. Оптимальная доза  $Al_2(SO_4)_3$  для сточных вод с различным содержанием морской воды составила 80-90 мг/л по  $Al_2O_3$ . При применении дополнительной ступени фильтрации достигался высокий эффект очистки по БПК<sub>5</sub> – 91-93 %.

5. Результаты лабораторного эксперимента показали, что наилучший результат был получен при применении  $Al_2(SO_4)_3$  с дозой 50 мг/л по  $Al_2O_3$  без корректировки pH. Эффективность удаления составила, %: ХПК – 61,4, взвешенные вещества – 73,3, однако наблюдалось высокое значение остаточного алюминия – 0,41 мг/л. Корректировка pH ухудшила эффективность очистки по всем трём реагентам, остаточное содержание алюминия превышало ПДК даже при применении Аква-Аурат 10М, чего не было в серии опытов без применения NaOH.

6. Производственный эксперимент показал, что эффективность совместной работы сооружений механической (барабанная решетка, горизонтальный жирословитель) и физико-химической (напорный флотатор плюс коагулянт) очистки сильно зависела от концентрации загрязнений в исходном стоке. Эффективность очистки составила, %: по ХПК – 39,5-59,4, по БПК<sub>полн</sub> – 43,5-78,3, по взвешенным веществам – 47,1-74,9.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение от 26 ноября 2019 года № 2798-р. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года.
2. Распоряжение правительства Российской Федерации от 30 июня 2016 г. № 1378-р.
3. <https://docplayer.ru/42358184-Socialnym-voprosam-po-otraslyam-akvakultura-morskaya-i-presnovodnaya-na-beregu-i-v-more.html>
4. Raquel O. Cristovao, Cidalia M. Botelho, Ramiro J.E. Martins, Jose M. Loureiro, Rui A.R. Boaventura, Primary treatment optimization of a fish canning wastewater from a Portuguese plant, Water Resources and Industry, volume 6, August 2014, Pages 51-63 (83).
5. A.L.C. Aguiar, G.L. Sant'Anna, Liquid effluents of the fish canning industries of Rio de Janeiro state – treatment alternatives Environ. Technol. Lett., 9 (1988), pp. 421-428.
6. Аль-Букай, Бассам Умар. Исследования по ультрафильтрационной очистке сточных вод пресервных заводов: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.23.04. СПб., 1993. 18 с. : ил.
7. Шифрин С.М., Хосид Е.В. Очистка сточных вод предприятий рыбоперерабатывающей промышленности. М. : Пищевая пром-сть, 1977. 111 с.
8. Fahim F.A.; Fleita D.H.; Ibrahim A.M.; El-Dars F.M.S. (2001.): Evaluation of some methods for fish canning wastewater treatment. Water, Air and Soil Pollution, 127, 205-226.
9. Raquel O. Cristovao, Cidalia M. Botelho, Ramiro J.E. Martins, Jose M. Loureiro, Rui A.R. Boaventura, Chemical and Biological Treatment of Fish Canning Wastewaters, International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 2, No. 4, July 2012.
10. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. Л.: Химия, 1987. 208 с.
11. Кунденко С.Б. Технология реагентной очистки стоков с высоким содержанием морской воды рыбоперерабатывающих предприятий // Вестник ИШ ДВФУ. 2019. № 3 (40). С. 20-25.
12. Берёза И.Г., Совершенствование систем водного хозяйства предприятий рыбоперерабатывающей промышленности: дис. ... доктора техн. наук: 05.23.04. СПб., 2004. 382 с.

## REFERENCES

1. *Rasporyazhenie ot 26 noyabrya 2019 goda № 2798-r. Strategiya razvitiya rybohozyajstvennogo kompleksa Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda* [The development strategy of the fisheries complex of the Russian Federation for the period until 2030 and the plan for its implementation of 27.11.2019, № 2798-r].
2. *Rasporyazhenie pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 30 iyunya 2016 g. № 1378-r.* [Order of the Government of the Russian Federation dated June 30, 2016 № . 1378-r].
3. *Rukovodstvo po ekologicheskim i social'nyim voprosam po otraslyam AKVAKULTURA (MORSKAYA I PRESNOVODNAYA) – NA BEREГУ I V MORE* [Environmental and Social Guidelines by Sector AQUACULTURE (MARINE & FRESHWATER) – ON SHORE & AT SEA]. Available at: <https://docplayer.ru/42358184-Socialnym-voprosam-po-otraslyam-akvakultura-morskaya-i-presnovodnaya-na-beregu-i-v-more.html>
4. Raquel O. Cristovao, Cidalia M. Botelho, Ramiro J.E. Martins, Jose M. Loureiro, Rui A.R. Boaventura. Primary treatment optimization of a fish canning wastewater from a Portuguese plant. Water Resources and Industry, 2014, vol 6, no. 83, pp. 51-63.
5. A.L.C. Aguiar, G.L. Sant'Anna, Liquid effluents of the fish canning industries of Rio de Janeiro state –

treatment alternatives. Environ. Technol. Lett., 1988, no. 9, pp. 421-428.

6. Al-Buqai, Bassam Umar. *Issledovaniya po ul'tra-fil'tracionnoj ochistke stochnyh vod preseronyh zavodov : avtoref... dis. kan. nauk: 05.23.04* [Research on ultrafiltration treatment of waste water from preserves: abstract of ... dis. can. Sciences: 05.23.04]. SPb., 1993.18 p.

7. Shifrin S.M. *Ochistka stochnyh vod predpriyatij ryboobrabatyvayushchej promyshlennosti* [Wastewater treatment of fish industry enterprises]. M., Food industry, 1977. 111 p.

8. Fahim F.A.; Fleita D.H.; Ibrahim A.M.; El-Dars F.M.S. Evaluation of some methods for fish canning wastewater treatment. Water, Air and Soil Pollution, 2001, no. 127, 205-226.

9. Raquel O. Cristovao, Cidalia M. Botelho, Ramiro J.E. Martins, Jose M. Loureiro, Rui A.R. Boaventura. Chemical and Biological Treatment of Fish Canning Wastewaters. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, 2012, vol. 2, no. 4.

10. Zapolsky A.K., Baran A.A. *Koagulyanty i flokulyanty v processah ochistki vody: Svoystva. Poluchenie. Primenenie* [Coagulants and flocculants in water purification processes: Properties. Receiving. Application]. L., Chemistry, 1987. 208 p.

11. Kundenok S.B. Technology of reagent purification of wastewater with a high content of sea water from fish processing enterprises. Vestnik Inzhenernoj shkoly DVFU [The Far Eastern Federal University: School of Engineering Bulletin], 2019, no. 3 (40), pp. 20-25. (in Russian)

12. Beryoza I.G. *Sovershenstvovanie sistem vodnogo hozhaystva predpriyatij ryboobrabatyvayushchej promyshlennosti: dis. ... doktora tekhn. nauk: 05.23.04* [Improvement of water management systems of fish processing industry: dis. ... doctor tech. Sciences: 05.23.04]. SPb., 2004. 382 p.

Об авторах:

#### **СТЕПАНОВ Сергей Валериевич**

доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры водоснабжения и водоотведения  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: stepanovsv3@yandex.ru

#### **STEPANOV Sergey V.**

Doctor of Engineering Science,  
Professor of the Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: stepanovsv3@yandex.ru

#### **СОЛКИНА Ольга Сергеевна**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры водоснабжения и водоотведения  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: olga\_solkina@mail.ru

#### **SOLKINA Olga S.**

PhD in Engineering Science  
Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: olga\_solkina@mail.ru

#### **АВДЕЕНКОВ Павел Павлович**

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: avdeenkovpp@mail.ru

#### **AVDEENKOV Pavel P.**

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: avdeenkovpp@mail.ru

#### **БЕЛЯКОВ Андрей Владимирович**

кандидат технических наук, технический директор  
ООО «Торговый Дом «ЭКОЛОС»  
443036, Россия, г. Самара, ул. Набережная реки  
Самары, 1  
E-mail: tehdir@ecolos.ru

#### **BELYAKOV Andrey V.**

PhD in Engineering Science, Technical Director  
LLC «Trading House «ECOLOС»  
443036, Russia, Samara, Naberezhnaya reki Samary, 1  
E-mail: tehdir@ecolos.ru



**СТЕПАНОВ Александр Сергеевич**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры водоснабжения и водоотведения  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: alstepanov@ecolos.ru

**STEPANOV Aleksandr S.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the  
Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244  
E-mail: alstepanov@ecolos.ru

Для цитирования: Степанов С.В., Солкина О.С., Авдеенков П.П., Беляков А.В., Степанов А.С. Механические и физико-химические методы очистки сточных вод рыбоперерабатывающей промышленности // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 1. С. 63–71. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.8.

For citation: Stepanov S.V., Solkina O.S., Avdeenko P.P., Belyakov A.V., Stepanov A.S. Mechanical and physicochemical methods of wastewater treatment in the fish processing industry. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 1, Pp. 63–71. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.8.

**НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ**

**Направления  
деятельности**



Лабораторно-аналитическое обеспечение обращения с отходами и экологический мониторинг компонентов окружающей среды, разработка комплексных программ и концепций в области экологической безопасности, разработка и внедрение технологий по переработке и использованию промышленных отходов, очистке сточных вод, восстановлению техногенно-нарушенных земель, разработка проектно-сметной документации и авторский надзор за новым строительством, реконструкцией и демонтажом существующих объектов промышленного назначения, разработка природоохранной документации

**Руководитель**



**Дмитрий Евгеньевич БЫКОВ**  
доктор технических наук, профессор

**Контакты**



443100, Самара, ул. Первомайская, 1  
(846) 337-15-97, 337-21-20  
ncpe@mail.ru