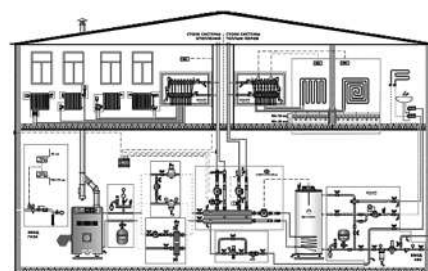


ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ



УДК 628.311 + 628.312

DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.05

С. В. СТЕПАНОВ
О. С. ПОНОМАРЕНКО
П. П. АВДЕЕНКОВ
А. В. БЕЛЯКОВ
А. С. СТЕПАНОВ
Ю. В. РУЗАНОВА

АНАЛИЗ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ANALYSIS AND TREATMENT OF WASTE WATER FROM FISH PROCESSING ENTERPRISES

Отличительной особенностью сточных вод предприятий переработки рыбы является высокое содержание органических веществ: ХПК – 620-3500 мг/дм³, БПК_{полн} – 220-2860 мг/дм³. Соотношение БПК_{полн}: ХПК=0,68-0,83 в сточных водах рыбоперерабатывающих предприятий показывает высокий потенциал применения биологических методов очистки. Дальнейшего изучения требует вопрос удаления биогенных элементов, т. к., например, для рыбоконсервного завода, отношение БПК_{полн}: N:P=100:3,79:1,08 и 100:4,77:0,57. В данной статье представлен опыт проектирования, строительства, пуска и наладки канализационных очистных сооружений предприятия рыбоперерабатывающей промышленности. Для очистки сточных вод была разработана и изготовлена компанией «ЭКОЛОС» следующая схема: приемный колодец с корзиной, барабанная решетка, горизонтальный жиросушитель, усреднитель, установка напорной реагентной флотации, мембранный биореактор, ультрафиолетовое обеззараживание. Качество сточной воды на выходе из очистных сооружений соответствует требованиям Нормативно-допустимого сброса, представленным ООО «Русская треска».

Ключевые слова: сточные воды, рыбохозяйственный комплекс, очистные сооружения, рыбоперерабатывающая промышленность, напорная реагентная флотация, мембранный биореактор (МБР), шнековый обезвоживатель

A distinctive feature of waste water of fish processing enterprises is the high content of organic substances: COD – 620-3500 mg/L, BOD=220-2860 mg/L. The ratio of BOD:COD=0.68-0.83 in the waste water of fish processing enterprises shows a high potential for the use of biological treatment methods. Further study requires the removal of biogenic elements, because, for example, for a fish cannery, the ratio of BOD:N:P=100:3.79:1.08 and 100:4.77:0.57. This article presents the experience of design, construction, start-up and adjustment of sewage treatment facilities of a fish processing enterprise. For wastewater treatment, the following scheme was developed and manufactured by the ECOLOS company: a receiving well with a basket, a drum grate, a horizontal grease trap, an homogenizer, a reagent pressure flotation unit, a membrane bioreactor, and ultraviolet disinfection. The quality of waste water at the outlet of the treatment facilities meets the requirements of the Normative-permissible discharge provided by LLC «Russkaya Treska».

Keywords: sewage, fishery complex, treatment facilities, fish processing industry, pressure reagent flotation, membrane bioreactor (MBR), screw dehydrator

В связи с утверждением Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 года планируется строительство новых и реконструкция существующих рыбоперерабатывающих предприятий, существование которых без современных канализационных очистных сооружений невозможно.

Качественный и количественный состав сточных вод, образующихся на рыбоперерабатывающих предприятиях, зависит от перерабатываемой рыбы, ассортимента выпускаемой продукции, технологического процесса (количество сточных вод на единицу продукции, виды переработки продукции, применяемого оборудования), режима работы, объёма производства, используемых добавок (рассол, масло для процесса консервирования и др.), морской или пресной воды [1–3].

Белки, жиры, небелковые азотистые загрязнения, поваренная соль и моющие средства являются отличительной особенностью сточных вод рыбоперерабатывающей промышленности. Чаще всего загрязнения присутствуют в виде суспензий, взвешенных частиц, коллоидных систем, эмульсий, растворенных веществ

в молекулярной и ионной формах. В табл. 1 представлены обобщённые сведения о характеристике сточных вод различных предприятий рыбоперерабатывающей промышленности.

Значения рН сточных вод от рыбоперерабатывающих заводов обычно нейтральные. Исключениями являются производства рыбной муки и жиромучные комбинаты, где рН составляет 9–10 и 12,4 соответственно [9].

В целом сточные воды, образующиеся при переработке рыбы, содержат большое количество **взвешенных веществ**. В основном это чешуя, остатки внутренностей (печень, кишки, ястыки), белки и липиды. Поэтому при разработке технологии очистки необходимо уделять повышенное внимание механической и физико-химической предочистке стоков. Наибольшие концентрации взвеси встречаются в сточных водах пресервных цехов – до 5730 мг/дм³, а наименьшие – при замораживании рыбы – от 330–650 мг/дм³.

Органические загрязнения находятся в растворимой, коллоидной и дисперсной формах, которые сильно различаются в зависимости от типа переработки и вида рыбы [10]. Большое количество органических веществ по-

Таблица 1

Характеристика сточных вод различных предприятий рыбоперерабатывающей промышленности, мг/дм³

Производство	ХПК	БПК _{полн}	Взвешенные вещества	Жиры	N _{общ.}	N _{NH₄}	Фосфаты	Источник
Рыбообрабатывающие, сбытовые	2940	2000	1430	1800	121	61	14	[4]
Рыбокомбинат, сбыт	1650	1170	850	500	60	20	10	[5]
Рыбоконсервный завод	1130-2160	820-1570	640-2500	98-880	31,1-75	3,4-31	8,9-9	[4–9]
Коптильно-вылочный цех	1800	110-1300	1100-1350	375-400	23-91	10-12	13-23	[4–6]
Цех посола	1060-1100	660-670	480-2500	120-218	96-210	10	-	[4–6]
Рыбомучное производство	3300	2220	2800	1900	224	31	72	[4, 5]
Пресервный цех	620-3500	510-2750	400-5730	62-500	6-240	15	-	[6]
Жиромучное производство	3265-3295	220-2250	2800	1900-1940	217-224	25,8-31	72-72,7	[6, 8]
Жироперерабатывающие	-	-	800	800	9,6-60	0,2-0,5	-	[4]
Кулинарное производство	1180-2000	820-1350	500-1350	200-650	33-38	3,5-14	16,8-17	[5–8]
Мороженая рыба	789-2300	-	300-980	27-70	86	5	53	[4]
Холодильник	560-1800	370-1650	330-650	27-14430	32-54	-	-	[6]
Общий сток производства солёной, вяленой и копчёной продукции	600-3400	512-2860	170-2630	80-320	24-120	8-14	-	[6]

падает в сточную воду при разделке рыбы и с водой, поступающей из трюма кораблей при выгрузке рыбы. Самые большие концентрации ХПК и БПК₅ приходится на производство рыбной муки и жиромучные комбинаты. Известно, что сточные воды, образующиеся при производстве рыбной муки, несут чрезвычайно высокую органическую нагрузку. Важным параметром является отношение БПК_{полн}:ХПК. В соответствии с табл. 1 данное соотношение для всех видов производств лежит в диапазоне 0,68–0,83, что свидетельствует о целесообразности применения биологической очистки.

Жиры, масло. Отличительной особенностью промышленных сточных вод рыбообработывающей отрасли является высокое содержание жировых загрязнений. Жиры рыб и морских животных отличаются присутствием сильно насыщенных жирных кислот с четырьмя–шестью двойными связями. При проведении различных технологических операций жир подвергается действию тепла, воды, кислорода, что приводит к образованию новых веществ с изменёнными физическими, химическими свойствами и органолептическими признаками. Всё это следует учитывать при выборе способов очистки жиросодержащих сточных вод разных отраслей промышленности [11]. Около 60 % жира и масла поступает в сточные воды при разделке. Остальная часть масел и жиров вносится во время операций по консервированию и переработке рыбы.

Соединения азота. Высокие концентрации азота обусловлены в основном большим содержанием белка в сточных водах (белок составляет 15–20 % от сырого веса рыб). В основном азотистые небелковые вещества присутствуют в клеточной плазме и межклеточной жидкости мышц рыб. К ним относятся также и продукты распада белков. В среднем количество небелкового азота у морских рыб составляет 9–18 % общего азота, например камбала и тресковые (пикша, треска) – 9–14 %, сельдеобразные – 14–18 % [12].

На ряде рыбоперерабатывающих заводов общая концентрация аммиака составляла от 0,7 до 69,7 мг/дм³. В рыбном конденсате, образующемся при производстве рыбной муки, общее содержание аммиака может достигать 2000 мг/дм³ [9].

Наибольшие концентрации общего азота наблюдаются в пресервных цехах – 240 мг/дм³ и рыбо-жиромучном производстве – 224 мг/дм³.

Фосфор попадает в сточные воды при переработке рыбы, а также вместе с моющими и чистящими средствами [9, 10]. Концентрация зависит от перерабатываемой рыбы. Данные по содержанию фосфора в сточных водах представлены в табл. 1.

Согласно табл. 1, соотношение БПК_{полн}:N:P=100:5:1 выполняется не всегда. Например для рыбоконсервного завода БПК_{полн}:N:P=100:3,79:1,08 и 100:4,77:0,57, что может потребовать искусственного внесения биогенных элементов, которое приведёт к увеличению эксплуатационных расходов.

Для очистки сточных вод рыбоперерабатывающего завода «Русская треска» – совместное предприятие ООО «Русская Рыбопромышленная Компания» и группы компаний «Агама», г. Мурманск, была разработана технология очистки, изготовлено и запущено в эксплуатацию оборудование комплекса очистных сооружений. Данное предприятие производит около 15 т/сут филе трески и не менее 1 т/сут продукции из вторичного сырья рыбного производства.

Разработка технологии, которая описана ниже, и поставка оборудования проводились специалистами ГК «ЭКОЛОС».

Исходные сточные воды предприятия по переработке рыбы с максимальным расходом 181,0 м³/сут самотеком поступали в канализационную насосную станцию (КНС) горизонтального исполнения, откуда с помощью погружных насосных агрегатов подавались на тонкую механическую очистку. С целью усреднения пикового расхода сточных вод, образующегося при дефростации сырья, КНС рассчитана с регулирующим объемом V = 20 м³. Для удаления грубых примесей на входе в КНС была установлена корзина.

Механическая очистка осуществлялась на решетках барабанного типа. Профиль барабана решетки обеспечивал его постоянную очистку в процессе работы: твердые включения задерживались на внутренней поверхности барабана, вода проходила через ячейки барабана наружу в нижней его части. Производительность барабанной решетки 20 м³/ч, размер прозоров 2,5 мм для удаления остатков внутренностей рыб (кишки, ястыки, печень), чешуи. Задержанные отходы сбрасываются в контейнер с последующей утилизацией.

Далее механически очищенные сточные воды поступают в жируловитель, который представляет собой цилиндрическую горизонтальную емкость из стеклопластика. Принцип действия заключается в разделении суспензий сточных вод отстаиванием. Конструкция жируловителя предусматривает его деление с помощью перегородок на несколько технологических зон, общее время пребывания составляет 30 мин. В камере первичного отстаивания происходит накапливание всплывающего жира и осаждение взвешенных веществ. Из первого отделения стоки через перегородку с зубчатым

водосливом перетекают во второе основное отделение. Наличие зубчатого водослива успокаивает поток и обеспечивает его равномерное распределение по всему корпусу жируловителя. Пройдя через рабочую зону, поток стоков проходит под полупогружной перегородкой, поднимается вверх и переливается через водослив в выходную камеру, откуда через отводящий патрубок поступает в усреднительную емкость.

Усреднительная емкость представляет собой горизонтальный цилиндрический резервуар из стеклопластика 60 м³, предназначенный для усреднения расхода и концентраций сточной воды. Это необходимо для обеспечения стабильной и эффективной работы технологического оборудования, рассчитанного на среднесуточный режим работы. Во избежание выпадения осадка в усреднителе предусмотрено перемешивание при помощи системы рециркуляции стока от напорного патрубка. Из усреднительной емкости погружными насосными агрегатами (один рабочий, один резервный) сточные воды направлялись на физико-химическую очистку.

Основным оборудованием физико-химического метода очистки является установка реагентной напорной флотации производительностью 10 м³/ч. Установка предназначена для улавливания и удаления эмульгированных жиров, масел и коллоидных взвешенных веществ. Конструкция флотатора включает в себя камеру флотации и две камеры сепарации равных объемов. Из камер сепарации очищенный сток (рециркуляционный поток) забирается подсосной трубой бустера, расположенного перед циркуляционным насосным агрегатом. Применение бустера позволяет создать подпор на входе насоса, который складывается с давлением (напором) насосного агрегата. Напор бустера складывается с напором, развиваемым насосным агрегатом. Таким образом, схема циркуляции работает по принципу гидравлического трансформатора, в котором относительно большой расход и малый напор циркуляционного насоса преобразуется в требуемые малый расход (30–50 % полезного расхода сточных вод) и большой напор (45–50 м вод.ст.) на ответвлении от циркуляционного кольца. Давление контролируется манометром. Одновременно в подсосную трубу бустера подается воздух от компрессора. При этом в стоке, циркулирующем по бустерному кольцу, включающему сатуратор, образуется водовоздушная смесь. Далее водовоздушная смесь поступает в камеру флотации, куда также поступает исходный сток. Происходит резкое снижение давления. При этом растворенный воздух вы-

деляется в виде мелких пузырьков, которые задерживают на своей поверхности загрязнения, имеющиеся в стоке, образуя на зеркале (поверхности) флотатора пенный слой. Из камеры флотации сток перетекает в камеры сепарации с расположенными в них ламелями. В камерах сепарации происходит тонкослойное разделение воды и частиц загрязнений, налипших к пузырькам воздуха. Общее время очистки в установке составляет 20–30 мин. Образовавшийся на зеркале установки флотошлам удаляется в лоток механизмом шламоудаления. Из камеры сепарации часть очищенного стока поступает на рециркуляцию в бустер, другая часть – в камеру очищенного стока.

Для повышения эффективности процесса очистки во флотаторе используется коагулянт полиоксихлорид алюминия Аква-Аурат 10М с дозой 52,8 мг/л. Подача коагулянта обеспечивается насосом-дозатором в трубчатый флокулятор, который снабжен трубным смесителем для смешения стоков с подающимися реагентами.

После механической и физико-химической очистки сток по напорному коллектору из канализационной насосной станции подавался на сооружения биологической очистки. В рассматриваемом случае биологическая очистка реализована на мембранной технологии разделения активного ила от очищенной воды с применением ультрафильтрационных полуволоконных мембранных касет.

Мембранный биореактор состоит из двух линий, в состав которых входят денитрификатор, аэротенк-нитрификатор и мембранный резервуар. В денитрификаторе органические загрязнения окисляются активным илом в аноксидных условиях с выделением свободного азота. Для предотвращения осаждения иловой смеси в денитрификаторе установлена погружная мешалка. Иловая смесь из денитрификатора через разделительную перегородку поступает в аэротенк-нитрификатор.

В аэротенке расположена мелкопузырчатая система аэрации, которая обеспечивает концентрацию растворенного кислорода в пределах 2–3 мг/л, что необходимо для окисления органических веществ и обеспечения нитрификации.

Далее из аэротенка-нитрификатора через разделительную перегородку сточные воды поступали в мембранный резервуар, где были установлены погружные мембранные касеты. Модель касеты GEMINI-2000X14, количество модулей – 14 шт., общая площадь одной касеты – 434 м², размер пор мембран – 0,02 мкм.

Каждая мембранная касета имеет подключение к коллектору пермеата, который

соединен со всасывающим патрубком центрального насоса. Под действием разрежения, создаваемого насосом, очищенные сточные воды (пермеат) поступают сквозь поры через внешнюю сторону полволоконных мембран внутрь их. Далее по трубопроводу пермеата очищенная вода с помощью насоса отводится в резервуар чистой воды (РЧВ), имеющий перелив, через который она самотеком поступает на установку УФ-обеззараживания. Обеззараженные сточные воды по отводящему коллектору отводятся на сброс в отводящий канализационный коллектор.

Иловая смесь с помощью погружного насосного агрегата перекачивается из конца аэротенка-нитрификатора в денитрификатор, кратность циркуляции иловой смеси составляет $K_m = 3$, при этом циркуляционный расход равен произведению кратности циркуляции на среднечасовой расход – $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ для каждой линии. За счет рециркуляции обеспечивается денитрификация и однородность иловой смеси внутри установки. Доза ила $a_i - 8 \text{ г/л}$, зольность $s - 0,3 \text{ г/г}$, иловый индекс $J_i - 150 \text{ см}^3/\text{г}$. Общий расход воздуха на аэрацию нитрификатора и мембранных каскад составляет $Q_{\text{возд}} = 211 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Качество сточной воды на выходе из очистных сооружений соответствует требованиям Нормативно-допустимого сброса, предоставленным ООО «Русская треска».

Шлам от флотационной установки и избыточный активный ил отводятся в накопительную емкость – шламонакопитель. В шламонакопителе установлена мешалка для обеспечения однородности шлама и предотвращения его расслоения на жидкую и твердую фракции. По сигналу от ультразвукового датчика уровня шлам подается винтовыми насосами на шнековый обезвоживатель. Сначала осадок поступает в дозирующую емкость, где смешивается миксером с поступающим флокулянтom SUPERFLOC марки А-130 с дозой 6 г/кг до образования флоккул. Образующиеся флоккулы попадают в зону ступенчатого обезвоживающего барабана. Шнек перемещает ступенчатый осадок в зону обезвоживания, давление в барабане возрастает, осадок отжимается. Таким образом, влажность осадка снижается до 85% . Обезвоженный осадок собирается в контейнер с последующим вывозом на специализированные полигоны.

Технико-экономические показатели работы локальных очистных сооружений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технико-экономические показатели работы локальных очистных сооружений

Показатель	Ед. изм.	Количество/сумма
Максимальная суточная производительность	$\text{м}^3/\text{сут}$	181
Электропотребление	$\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$	896 250,8
Электропотребление удельное	$\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$	13,6
Затраты на электроснабжение	руб./год	2 700 000
Затраты на реагенты	руб./год	1 700 000
Расходы на содержание штата	руб./год	473 700
Прочие эксплуатационные затраты	руб./год	448 300
Эксплуатационные затраты	руб./год	5 322 000
Эксплуатационные затраты удельные	руб./ м^3	80,6

Выводы. 1. Отличительной особенностью сточных вод предприятий переработки рыбы является высокое содержание органических веществ: ХПК – $620-3500 \text{ мг}/\text{дм}^3$, БПК_{полн} – $220-2860 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

2. Биологическая очистка для сточных вод переработки рыбы крайне эффективна, целесообразна, так как отношение БПК_{полн}:ХПК= $0,68-0,83$.

3. Удаление биогенных элементов при помощи биологических методов может быть обосновано, например, для рыбоконсервного завода, так как отношение БПК_{полн}:N:P= $100:3,79:1,08$ и $100:4,77:0,57$.

4. Для очистки сточных вод рыбоперерабатывающего предприятия ООО «Русская

треска» принята схема, включающая в себя механическую, физико-химическую, биологическую очистку на основе мембранных технологий и обеззараживание ультрафиолетовым облучением.

5. Обезвоживание осадков предусмотрено на шнековом обезвоживателе. Влажность обезвоженного шлама составляет 85% .

6. Реализованная схема очистных сооружений позволяет достичь требований, предъявляемых к отведению очищенных сточных вод в водоемы рыбохозяйственного значения.

7. Удельные эксплуатационные затраты составили $80,6 \text{ руб.}/\text{м}^3$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берёза И.Г. Совершенствование систем водного хозяйства предприятий рыбообработывающей промышленности: дис. ... доктора техн. наук: 05.23.04. Санкт-Петербург, 2004. 382 с.
2. Fish canning industry wastewater treatment for water reuse – a case study/ Raquel O. Cristóvão, Cidália M. Botelho, Ramiro J. E. Martins, José M. Loureiro, Rui A. R. Boaventura // *Journal of Cleaner Production*–2015. V. 87. P. 603–612.
3. Канализация населенных мест и промышленных предприятий /Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; под общ.ред. В. Н. Самохина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.
4. Трухин Н.В. Очистка сточных вод рыбообработывающих предприятий // Инф. пакет «Обработка рыбы и рыбных продуктов»; ВНИЭРХ. 1993. № 3 (1). 1993. 38 с.
5. Патент 1669868. Способ очистки сточных вод рыбоперерабатывающих производств / Александрова Л. А.; заявл.: 25.04.1989 г.; опубл.: 15.08.1991.
6. Егорова Н. И. Промышленная экология рыбообработывающих предприятий. Керчь: КГМТУ, 2008. 201 с.
7. Шифрин С.М., Хосид Е.В. Очистка сточных вод предприятий рыбоперерабатывающей промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1977. 67 с.
8. Саинова В.Н. Интенсификация биологической очистки и обеззараживания сточных вод рыбоперерабатывающей промышленности: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. М., 1996. 163 с.
9. Pankaj C. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review /Pankaj Chowdhury, T. Viraraghavan, A. Srinivasan // *Bioresource Technology*. 2010. V. 101. P. 439–449.
10. Shobha M., Kanagaratnam B. Organic and nutrient reduction in a fish processing facility – A case study // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2013. V. 85. P. 563–570.
11. Барышникова Т.Н. Очистка высококонцентрированных стоков рыбообработывающих производств методом ультрафильтрации: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Санкт-Петербург, 2001. 214 с.
12. Станкевич О.И. Совершенствование процесса биологической очистки сточных вод рыбообработывающих производств методом нитри-денитрификации: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Мурманск, 2003. 128 с.
13. Шифрин С.М., Хосид Е.В. Очистка сточных вод предприятий рыбообработывающей промышленности [Sewerage of settlements and industrial enterprises]. Moscow, Stroyizdat, 1981. 639 p.
14. Trukhin N.V. Wastewater treatment of fish processing enterprises. *Otkrytoe akcionernoe obshchestvo "vse-rossijskij nauchno-issledovatel'skij i proektно-konstruktorskij institut ekonomiki, informacii i avtomatizirovannyh sistem upravleniya rybnogo hoz'yajstva* [Open joint stock company " all-russian research and design institute of economics, information and automated management systems of fisheries], 1993, no. 3 (1). 38 p.
15. Patent 1669868 Method for treating waste water from fish processing plants L. Aleksandrova; application: 04/25/1989; published: 15.08.1991.
16. Egorova N.I. *Promyshlennaya ekologiya ryboobrabatyvayushchih predpriyatij* [Industrial ecology of fish processing enterprises]. Kerch: KGMТУ, 2008. 201 p.
17. Shifrin S.M., Hosid E.V. *Ochistka stochnyh vod predpriyatij rybopererabatyvayushchej promyshlennosti* [Wastewater treatment of fish processing industry enterprises]. Moscow: Food Industry, 1977. 111 p.
18. Sainova V.N. *Intensifikaciya biologicheskoy ochistki i obezzarazhivaniya stochnyh vod rybopererabatyvayushchej promyshlennosti. Kand, Diss.* [Intensification of biological treatment and disinfection of wastewater from the fish processing industry. Cand. Diss.]. Moscow, 1996. 163 p.
19. Pankaj C. and the others. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. *Bioresource Technology*, 2010, Vol. 101, pp. 439–449.
20. Shobha M. and others. Organic and nutrient reduction in a fish processing facility - A case study. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2013, Vol. 85, pp. P. 563–570.
21. Baryshnikova T.N. *Ochistka vysokokoncentrirovannyh stokov ryboobrabatyvayushchih proizvodstv metodom ul'trafil'tracii. Kand, Diss.* [Purification of highly concentrated wastewater from fish processing industries by ultrafiltration. Cand. Diss.]. St. Petersburg, 2001. 214 p.
22. Stankevich O.I. *Sovershenstvovanie processa biologicheskoy ochistki stochnyh vod ryboobrabatyvayushchih proizvodstv metodom nitri-denitifikacii. Kand, Diss.* [Improvement of the process of biological treatment of waste waters of fish processing industries by the method of nitri-denitrification. Cand. Diss.]. Murmansk, 2003. 128 p.

REFERENCES

1. Beryzoza I.G. *Sovershenstvovanie sistem vodnogo hoz'yajstva predpriyatij ryboobrabatyvayushchej promyshlennosti. Kand, Diss.* [Improvement of water management systems of fish processing industry enterprises. Cand. Diss.]. St. Petersburg, 2004. 382 p.
2. Raquel O. Fish canning industry wastewater treatment for water reuse – a case study. *Journal of Cleaner Production*, 2015, Vol. 87, pp. 603–612.
3. Likhachev N. I., Larin I. I., Haskin S.A. and others. *Kanalizaciya naselennyh mest i promyshlennyh predpri-*

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 str., 244
E-mail: stepanovsv3@yandex.ru

ПОНОМАРЕНКО 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

PONOMARENKO 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 str., 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 str., 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»»
443100, 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 the Water Supply and
Wastewater Chair
Samara State Technical University
Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

РУЗАНОВА Юлия Владимировна

руководитель инженерной группы
ООО «Торговый Дом "ЭКОЛОС"»
443036, Россия, г. Самара, ул. Набережная реки
Самары, 1
E-mail: engineer10@ecolos.ru

RUZANOVA Julia V.

Head of the engineering group
LLC «Trading House «ECOLOС»»
443100, Russia, Samara, Naberezhnaya reki Samary, 1
E-mail: engineer10@ecolos.ru

Для цитирования: Степанов С.В., Пономаренко О.С., Авдеенков П.П., Беляков А.В., Степанов А.С., Рузанова Ю.В. Анализ и очистка сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 30–36. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.05.

For citation: Stepanov S.V., Ponomarenko O.S., Avdeenkov P.P., Belyakov A.V., Stepanov A.S., Ruzanova Yu.V. Analysis and Treatment of Waste Water from Fish Processing Enterprises. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, Pp. 30–36. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.05.