

- та, 2003. Строительные материалы и изделия. Пенза : Изд-во ПГАСА, 2003. – Ч. 1. – С. 194–198.
26. Ma W., Tobin J. M. Удаление из сточных вод тяжелых металлов методом биосорбции. Development of multimetal binding model and application to binary metal biosorption onto peat biomass. Water Res. 2003. 37, N 16, с. 3967-3977.
27. Ho Y. S., McKay G. Сорбция Cu(2+) из водных растворов торфом. Sorption of copper (II) from aqueous solution by peat. Water, Air, and Soil Pollut. 2004. 158, N 1–4, С. 77–97.
28. Sun Q. Y., Lu P., Yang L. Z. Адсорбция свинца и меди из водных растворов модифицированным торфом. The adsorption of lead and copper from aqueous solution on modified peat-resin particles. Environ. Geochem. and Health. 2004. 26, N 2, С. 311–317.
29. Дремичева, Е. С. Изучение кинетики сорбции на торфе ионов железа(III) и меди(II) из сточных вод / Е. С. Дремичева // Вестн. Моск. ун-та. сер. 2. Химия. – 2017. – Т. 58. – № 4.
30. Житенёв, Б. Н. Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Б. Н. Житенёв, Д. Д. Сенчук // Вестник Брестского государственного технического университета, БрГТУ, 2019, № 2 (104). – Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – С. 61–65.
31. Житенев, Б. Н. Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов кадмия, свинца и меди / Б. Н. Житенев, А. Д. Гуринович, Д. Д. Сенчук // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – Вып. 11. – С. 1534–1545. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.11.1534-1545.

УДК: 504.062

## РЕГУЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*П. Н. Захарко, С. А. Дубенок*

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь, polina.k.85@mail.ru

### **Аннотация**

Детализация отдельных производственных процессов на предприятиях по производству молочных продуктов позволяет выделить факторы, влияющие на качественный состав производственных сточных вод. Сформированные зависимости между осуществляемыми технологическими процессами и качественным составом сточных вод необходимы для выбора технологии очистки сточных вод.

**Ключевые слова:** качество, сточные воды, лабораторные испытания, водопользование.

# REGULATION OF THE QUALITATIVE COMPOSITION OF WASTE WATER IN THE FACTORIES FOR THE PRODUCTION OF DAIRY PRODUCTS

*P. N. Zakharko, S. A. Dubianok*

## **Abstract**

The detailing of individual production processes at dairy enterprises makes it possible to single out the factors that affect the qualitative composition of industrial wastewater. Formed dependencies between the ongoing technological processes and the qualitative composition of wastewater are necessary for the selection of wastewater treatment technology.

**Keywords:** quality, waste water, laboratory tests, water use.

**Введение.** Предприятия по производству молочных продуктов, по сравнению с иными предприятиями пищевой промышленности, занимают лидирующие позиции как по объемам производимой продукции, так и по объемам использования воды питьевого качества на производственные нужды, объемам сброса сточных вод в систему канализации населенных пунктов и в окружающую среду.

Регулирование предприятиями по производству молочных продуктов качественного состава сточных вод в настоящее время является особенно актуальным при наблюдаемой последние пять лет тенденции переориентации сброса их сточных вод: сокращение объемов сброса сточных вод в системы канализации населенных пунктов и организация выпусков сточных вод после очистных сооружений непосредственно в водные объекты.

**Материалы и методы.** На предприятии по производству молочных продуктов по условиям образования можно выделить три вида сточных вод:

- производственные незагрязненные (слабозагрязненные);
- производственные загрязненные органическими и минеральными веществами;
- хозяйственно-бытовые.

Производственные сточные воды образуются на всех этапах производства молочной продукции и могут быть разделены на производственные сточные воды основного производства, образующиеся непосредственно в производственных цехах (участках), и производственные сточные воды, образующиеся при вспомогательных процессах производства.

К производственным сточным водам основного производства относятся:

- сточные воды от наружной и внутренней мойки автомолцистерн;
- сточные воды от работы технологического оборудования;
- сточные воды от санитарной обработки оборудования, включая сброс отработанных моющих растворов;
- сточные воды от работы оборудования котельной.

К производственным сточным водам вспомогательного производства отнесены:

- сточные воды лаборатории;
- сточные воды от сооружений водоподготовки питьевой воды;

- сточные воды от продувки оборотной системы аммиачной холодильной установки [1].

В технологических процессах производства молочных продуктов возможно увеличение объема образования сточных вод по отношению к объёму водопотребления на отдельных этапах производства: вторичный пар вакуум-выпарных установок (ВВУ), пермеат (при переработке сыворотки), использование моющих и дезинфицирующих растворов [2].

Проведение отборов проб и лабораторных испытаний сточных вод, образующихся на различных этапах производственных процессов предприятий по производству молочных продуктов, позволило сформировать зависимость между осуществляемыми технологическими процессами и качественным составом сточных вод.

**Результаты и обсуждение.** Концентрации загрязняющих веществ в составе производственных сточных вод значительно изменяются в зависимости от осуществляемых технологических процессов и уровня оптимизации водопользования.

Детализация осуществления отдельных производственных процессов на предприятиях по производству молочной продукции позволила выделить факторы, влияющие на качественный состав производственных сточных вод, и определить типовой перечень загрязняющих веществ в производственных сточных водах. Далее последовательно рассмотрены основные технологические процессы (этапы) на предприятиях по производству молочной продукции, определяющие качественный состав производственных сточных вод.

На этапе приемки сырья на предприятии осуществляется наружная и внутренняя обработка автомолцистерн, доставляющих молоко.

Наружная санитарная обработка автомолцистерн осуществляется вручную при помощи шлангов либо с использованием установки высокого давления. На предприятиях может использоваться автоматизированный наружный обмыв автомолцистерн. Дополнительно может осуществляться наружный обмыв колес установкой высокого давления или при помощи моечных шлангов. Внутренняя мойка автомолцистерн осуществляется в следующем порядке: обработка наружных и внутренних поверхностей патрубков дезраствором, после опорожнения автомолцистерн продавливание проточной водой маршрута прокачки сырья, обработка уплотнительных резинок, крышек люков, горловин, воздушных клапанов, мойка внутренней поверхности автомолцистерн автоматической линией, включающей гидроголовки [3].

Сточные воды, образующиеся на данном технологическом этапе, содержат органические вещества (за счет поступления остатков сырья) и минеральные вещества в виде взвешенных веществ, песка с наружной поверхности колес автотранспорта, а также нефтепродукты. При этом соединения азота и фосфора представлены как в органической (остатки сырья), так и неорганической форме за счет сброса отработанных моющих и дезинфицирующих растворов.

Сточные воды непосредственно от работы технологического оборудования могут быть разделены на два вида:

- незагрязненные – прямоточное охлаждение оборудования (пастеризационно-охладительная установка, заквасочник, маслоизготовитель, маслообразователь, вакуум-насосы ВВУ и др.), подача горячей воды в стерилизатор;

- загрязненные – при смыве остатка продукта в плунжерных гомогенизаторах; при выгрузке осадка из самовыгружающегося сепаратора, концентрат при получении обессоленной воды [4]. При работе гомогенизатора и сепаратора образуются сточные воды, содержащие высокие концентрации легко и трудноокисляемых органических веществ, выраженных по БПК и ХПК, соединений азота и фосфора. Особенно высокие концентрации перечисленных веществ и показателей фиксируются на этапе выгрузки осадка из сепаратора, где фактически выгружаются остатки молока с осадком. Объем выгрузки осадка составляет от 5 до 30 литров, периодичность выгрузки осадка зависит от объема грязевой емкости и в среднем осуществляется с периодичностью 4–6 раз в час [5].

Получение обессоленной воды, которая в дальнейшем используется как для получения пастеризованной воды, добавляемой в сыроизготовитель, так и для санитарной обработки мембранных установок, осуществляется на установках обратного осмоса и нанофильтрации. При работе мембранных установок образуется концентрат, содержащий высокие концентрации солей. Выход концентрата в среднем составляет 20–30 % от объема воды, поступающей на установку. Однако учитывая небольшие объемы образования данных сточных вод их вклад в общий объем производственных сточных вод незначительный.

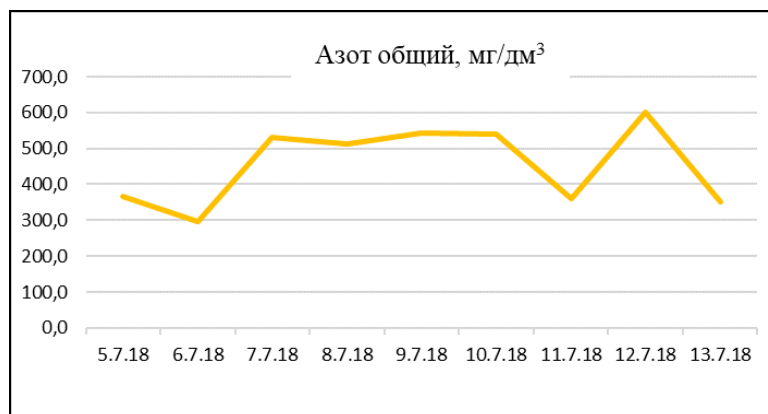
Наиболее загрязненные сточные воды образуются при санитарной обработке оборудования, которая может осуществляться ручным или механизированным способом. В настоящее время большая часть оборудования на предприятиях по производству молочных продуктов преимущественно моется механизированным способом. Ручным способом моются съемные части оборудования, осуществляется наружный обмыв оборудования.

При ручной санитарной обработке оборудование моется в специальных моечных ваннах, включающих 2–4 секции, при этом в секции добавляются моющие и дезинфицирующие растворы. Мойка осуществляется в следующей последовательности: детали ополаскиваются водой, затем помещаются в секции с моющим (дезинфицирующим) раствором и далее повторно ополаскиваются проточной водой.

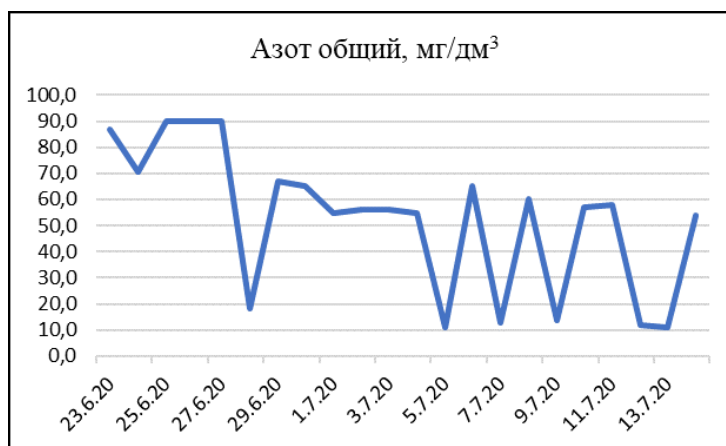
Механизированная санитарная обработка оборудования осуществляется с использованием балансировочных бачков или емкостей СИП-моек. В балансировочных бачках вода и моющие растворы циркулируют в течение одного цикла мойки и далее сбрасываются в канализацию. СИП-мойки осуществляются в автоматическом режиме, при котором моющие растворы после цикла мойки возвращаются в специальные емкости и используются многократно. Также возможно использование емкостей повторной воды, в которые подается вода после последнего ополаскивания оборудования для последующей первой мойки оборудования [6].

Порядок проведения санитарной мойки и дезинфекции оборудования определен постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 16 августа 2012 г. № 53 «Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил мойки и дезинфекции производственных и бытовых помещений, оборудования, транспортных средств, инвентаря и тары при производстве молока и молочных продуктов» [7]. На основании данного нормативно-правового акта предприятия молочной промышленности разрабатывают собственные санитарные инструкции по мойке и дезинфекции оборудования.

Сточные воды, образующиеся при санитарной обработке оборудования содержат высокие концентрации легко и трудноокисляемых органических веществ, выраженных по БПК и ХПК, соединений азота и фосфора, СПАВ, взвешенных веществ и жиров. Загрязненность данных сточных вод во многом определяется порядком осуществления санитарной обработки оборудования. При отлаженной работе системы циркуляции моющих растворов (растворы азотной кислоты и щелочи) поступление неорганических форм соединений азота в сточные воды значительно снижается. Так, на рисунках 1 и 2 приведен качественный состав сточных вод предприятия, у которого налажен возврат моющих растворов, и предприятия, у которого ежедневно сбрасывается большая часть отработанных растворов [8, 9].



**Рисунок 1** – Концентрация азота общего в суточном разрезе (без циркуляции моющих растворов) [8]



**Рисунок 2** – Концентрация азота общего в суточном разрезе (с циркуляцией моющих растворов) [9]

На рисунках 1 и 2 приведена суточная динамика концентраций азота общего в сточных водах предприятий в контрольных колодцах. Из приведенных рисунков видно, что на предприятии, где не налажен должным образом возврат моющих средств, концентрации азота общего в общем потоке сточных вод находятся в диапазоне от 295 мг/дм<sup>3</sup> до 600 мг/дм<sup>3</sup>. В то же время на предприятии, где налажен возврат моющих средств, концентрации азота общего в общем потоке сточных вод существенно ниже и находятся в диапазоне от 11 мг/дм<sup>3</sup> до 90 мг/дм<sup>3</sup>. Данный факт свидетельствует о том, что сбор моющих растворов позволяет значительно снизить концентрацию соединений азота в сточных водах, что в дальнейшем позволит предприятию при подборе технологии удаления соединений азота из сточных вод, снизить соответствующие финансовые затраты на их очистку [8, 9].

Основным направлением работы котельной на предприятии по производству молочных продуктов является выработка пара, который используется в различных технологических процессах:

- для подогрева молока (пластинчатый подогреватель, пастеризационно-охлаждающая установка, трубчатый теплообменник);
- при плавлении сырной массы, приготовлении сахарного сиропа (сироповарочный котел);
- при сгущении сырья в вакуум-выпарных установках (ВВУ);
- при ультрапастеризации молока путем использования прямого нагрева – впрыскивание (инъекция) пара в молоко или подача молока в среду пара;
- при дезинфекции оборудования паром и др.

При этом большая часть пара в виде конденсата должна возвращаться в котельную для его повторного использования. Потери, связанные с невозвратом конденсата, в основном обусловлены загрязнением пара при работе ВВУ и при ультрапастеризации молока путем использования прямого нагрева.

Водопотребление котельной представляет собой сумму расходов воды на [10]:

- восполнение невозврата конденсата пара;
- продувку котлов;
- подпитку тепловой сети;
- потери с выпаром деаэратора;
- собственные нужды водоподготовки.

Питание котлов осуществляется конденсатом, возвращаемым с производства с добавлением химически очищенной воды, компенсирующей потери конденсата и котловой воды. Невозврат конденсата на предприятиях находится в диапазоне от 20 до 70 %.

Учитывая, что вода в паровых котлах испаряется, а растворенные в ней соли почти целиком остаются, в котловой воде с течением времени накапливается все больше солей жесткости. Перенасыщая раствор воды в котле, соли выпадают в виде накипи и шлака и для их удаления котлы продуваются, т.е. часть воды из котла сбрасывается, а взамен добавляется питательная вода, полученная после водоподготовки. Выделяют периодические и постоянные продувки, величина которых зависит от качества котловой воды.

Часть воды котельной используется на подпитку тепловой сети, величина подпитки зависит от объема теплосети и возраста теплотрассы.

Удаление из питательной воды растворенных в воде газов называется деаэрацией. Данная процедура необходима во избежание коррозии материалов парового котла, паропроводов и элементов конденсаторной системы.

Система водоподготовки котловой воды в основном включает установку умягчения в виде натрий-катионитовых фильтров. На отдельных предприятиях молочной промышленности встречается сложная система водоподготовки, в состав которой входят: установка обезжелезивания, умягчения, обратного осмоса. Расход воды на нужды водоподготовки зависят от качества исходной воды, подаваемой в котельную.

Сточные воды, образующиеся при работе котельной, отнесены к незагрязненным производственным сточным водам (сброс конденсата, продувка котла), за исключением сточных вод после промывки установок водоподготовки, которые характеризуются высоким содержанием минерализации, хлорид-иона, взвешенных веществ, железа общего (при работе установки обезжелезивания). В целом сточные воды от работы котельной являются одним из основных источников разбавления загрязненных сточных вод предприятия по производству молочных продуктов и при необходимости могут быть собраны в емкость-накопитель и использованы для дозированной подачи в загрязненный поток производственных сточных вод.

Сточные воды вспомогательного производства в основном являются слабозагрязненными. На предприятиях по производству молочных продуктов функционируют несколько лабораторий различного профиля: микробиологическая, радиологическая, физико-химическая. В лабораториях водопотребляющим оборудованием являются: аквадистиллятор для приготовления дистиллированной воды, водяные бани, стерилизатор. Основной объем воды используется для приготовления дистиллированной воды и охлаждения дистиллятора, мойки лабораторной посуды.

Использование на предприятиях по производству молочных продуктов установок по обезжелезиванию питьевой воды обусловлено наличием собственного источника водоснабжения в виде подземного водозабора. Подземная вода в основном характеризуется повышенным содержанием железа общего, которое необходимо осадить из воды, перед ее подачей в распределительную сеть предприятия. Периодичность промывок фильтров обезжелезивания зависит от качества исходной воды, подаваемой на установку, и в среднем осуществляются ежедневные промывки с расходом воды от 5 до 15 м<sup>3</sup> на 1 фильтр. Сточные воды после промывки фильтра содержат высокие концентрации железа общего и взвешенных веществ, которые могут быть собраны в емкость-накопитель и после отстаивания, использованы для дозированной подачи в загрязненный поток производственных сточных вод для из разбавления.

Аммиачная холодильная установка (АХУ) предназначена для холодоснабжения как производства, так и участков хранения сырья и готовой продукции. В АХУ охлаждаются испарительные конденсаторы. Для

охлаждения испарительных конденсаторов применяется градирня. Сточные воды образуются только при продувке оборотной системы, при замене воды в системе «лед-вода» (в среднем замена осуществляется 1–2 раза в год) и являются незагрязненными. Однако в связи с небольшим объемом их образования, оказывают незначительную роль в разбавлении загрязненных производственных сточных вод.

Качественный состав хозяйственно-бытовых сточных вод во многом определяется наличием в составе предприятия столовой и прачечной. При функционировании на предприятии столовой, в сети канализации могут поступать высокие концентрации соединений азота и фосфора (за счет сброса остатков пищи, моющих средств), жиров. Исключение сброса в канализацию остатков пищи осуществляется установкой жируловителя под мойками в столовой, что позволяет частично снизить в дальнейшем нагрузку на общезаводские очистные сооружения по легко и трудноокисляемым органическим веществам, выраженным по БПК и ХПК.

Качественный состав сточных вод прачечной напрямую зависит от применяемых моющих средств. Зачастую предприятиями закупаются наиболее дешевые моющие средства с высоким содержанием соединений азота, фосфора, ПАВ, поступление которых в составе сточных вод в сети канализации предприятия создаёт дополнительную нагрузку на общезаводские очистные сооружения по соединениям неорганического азота и фосфора.

**Заключение.** Проведенная детализация основных технологических процессов показывает необходимость составления баланса водопользования, который позволяет разделить потоки сточных вод по объему и характеру загрязнения, и сформировать в дальнейшем соответствующие мероприятия по оптимизации очистки сточных вод.

Регулировать качественный состав производственных сточных вод возможно на отдельных этапах производства: организация на пункте наружного обмыва автомолцистерн песколовки и бензомаслоуловителя; в цехе централизованных моек – циркуляции моющих растворов и станции нейтрализации сточных вод; в цехе по производству масла – жируловителей; на станции обезжелезивания – отстойников. Локальная очистка сточных вод позволяет снизить концентрацию отдельных загрязняющих веществ и, соответственно, нагрузку на общезаводские очистные сооружения сточных вод.

#### **Список цитированных источников**

1. Захарко, П. Н. Структура водопотребления и водоотведения на предприятиях молочной промышленности / П. Н. Захарко // Сб. материалов XI Междунар. Науч.-практ. конф., молодых ученых «Устойчивое развитие: региональные аспекты». – 2019. – № 2. – С. 231–234.
2. Захарко, П. Н. Методика расчета водопользования для предприятий по производству молочных продуктов с учетом перерабатываемого сырья и производимой продукции / П. Н. Захарко, С. А. Дубенок // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2021. – № 2. – С. 93–103.



3. Мойка автомолцистерн: новая одностадийная технология/ З. В. Ефимова [и др.] // Молочная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 36.
4. Удовкин, А. И. Гомогенизаторы для молока и молочных продуктов / А. И. Удовкин // Монография / И. В. Назаров, Т. Н. Толстоухова – М., 2017. – С. 7–36.
5. Оборудование для пищевой промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://afp.by/index.php/>. – Дата доступа : 03.09.2021.
6. Вы по-прежнему сливаете свою прибыль в канализацию? Системы вытеснения (пиг-системы/pigging systems) / KIEZELMANN // Молочная промышленность. – 2014. – № 11. – С. 21–22.
7. Об утверждении Ветеринар-но-санитарных правил мойки и дезинфекции производственных и бытовых помещений, оборудования, транспортных средств, инвентаря и тары при производстве молока и молочных продуктов [Электронный ресурс] : постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 16 авг. 2012 г., № 53 // ЭТА-ЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
8. Сравнительный анализ и оценка предложений по закупке технологии очистки сточных вод предприятия по производству молочной продукции: отчет о НИР (этап 1) : / ЦНИИКИВР ; рук. П. Н. Захарко. – М., 2018. – 25 с. – Инв. № 306.
9. Научное обоснование нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод, планируемых предприятием по производству ЦМП в водный объект после проектируемых очистных сооружений, с учетом ассимилирующей способности р. Лидейка: отчет о НИР (закл.) : / ЦНИИКИВР ; рук. П. Н. Захарко. – М., 2021. – 52 с. – Инв. № О-92.
10. Инструкция по нормированию водопотребления и водоотведения в молочной промышленности, РУП «Институт мясомолочной промышленности» в 2007 г. Утверждена первым заместителем Министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

УДК 502.7

## **СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССА**

*В. Н. Ильина*

ФГБОУ ВО Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия, [5iva@mail.ru](mailto:5iva@mail.ru)

### **Аннотация**

Осуществлена комплексная оценка природно-территориальных комплексов Самарского Заволжья, в том числе 50 памятников природы регионального значения, с использованием методов фитосозологической оценки и методов иссле-