

УДК 504.062

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**П. Н. Захарко**

*Начальник отдела нормирования воздействия на окружающую среду, РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь, e-mail: polina.k.85@mail.ru*

### Реферат

В Республике Беларусь предприятия молочной промышленности занимают лидирующие позиции как по объемам производства молочной продукции, так и по объемам использования воды среди иных предприятий, производящих продукты питания. Последние десять лет на данных предприятиях активно осуществлялось техническое переоснащение, что позволило в полном объеме вовлечь в производственный процесс побочные продукты переработки молока и получить новые виды молочной продукции. В тоже время за счет внедрения новых технологий расширился перечень производственного оборудования, изменилась структура водопотребления и водоотведения. Увеличился расход сточных вод на тонну поступившего молока на предприятиях, осуществляющих производство сыров и переработку сыворотки. Диапазон увеличения нормативов водоотведения по отношению к водопотреблению составил от 10 до 30 %. На отдельных предприятиях внедрены системы повторного использования воды после санитарной обработки оборудования, пермеата после установок мембранной фильтрации сыворотки. По результатам проведенного анализа технологических процессов, статей расходов воды и образования сточных вод разработана методика расчета водопользования для предприятий по производству молочных продуктов (Методика). С учетом подходов, изложенных в Методике, проводится расчет индивидуальных технологических нормативов водопотребления и водоотведения на единицу перерабатываемого сырья или производимой продукции, определение диапазона отклонения фактического водопользования от нормативного, направлений организационно-технических мероприятий по оптимизации водопользования.

Проведен блок исследований по изучению качественного состава сточных вод как по отдельным производственным потокам, так и общего потока сточных вод в увязке с видами производимой молочной продукции. Сформированы диапазоны концентраций загрязняющих веществ в сточных водах при производстве сыра твердого (полутвердого), сыворотки концентрированной, масла, ЦМП, сухих молочных продуктов.

Предложен комплексный подход в регулировании водопользования на предприятиях молочной промышленности, реализованный через компьютерную программу. В статье использованы основные тезисы и выводы, приведенные в диссертационной работе П. Н. Захарко.

**Ключевые слова:** молочная промышленность, водопользование, качество сточных вод, прогнозирование, компьютерная программа.

## INTEGRATED APPROACH TO WATER USE REGULATION IN DAIRY INDUSTRY ENTERPRISES

**P. N. Zakharko**

### Abstract

In the Republic of Belarus, dairy industry enterprises occupy leading positions both in terms of dairy production volumes and water consumption volumes among other food manufacturing enterprises. Over the past ten years, these enterprises have been actively re-equipping, which has allowed them to fully involve by-products of milk processing in the production process and obtain new types of dairy products. At the same time, due to the introduction of new technologies, the list of production equipment has expanded, the structure of water consumption and water disposal has changed. Wastewater consumption per ton of incoming milk has increased at enterprises engaged in cheese production and whey processing. The range of increase in water disposal standards in relation to water consumption was from 10 to 30%. Some enterprises have introduced systems for the reuse of water after sanitization of equipment, permeate after whey membrane filtration units. Based on the results of the analysis of technological processes, water consumption items and wastewater formation, a Methodology for calculating water use for dairy production enterprises (Methodology) has been developed. Taking into account the approaches set out in the Methodology, the calculation of individual technological standards for water consumption and water disposal per unit of processed raw materials or manufactured products is carried out, the range of deviation of actual water use from the standard is determined, and the directions of organizational and technical measures to optimize water use are determined.

A block of studies was conducted to study the qualitative composition of wastewater for both individual production flows and the total wastewater flow in conjunction with the types of dairy products produced. Concentration ranges of pollutants in wastewater during the production of hard (semi-hard) cheese, concentrated whey, butter, CMP, and dry milk products were formed.

An integrated approach to regulating water use at dairy industry enterprises, implemented through a computer program, was proposed. The article uses the main theses and conclusions given in the dissertation work of P. N. Zakharko.

**Keywords:** dairy industry, water use, wastewater quality, forecasting, computer program.

### Введение

Предприятия молочной промышленности достаточно водоемкие, практически на всех этапах производственных процессов требуется вода питьевого качества. При этом за счет специфики осуществляемых технологических процессов можно выделить общие направления геоэкологических проблем, сформировавшихся на данных предприятиях [1]:

- превышение дебита скважины при пиковом водопотреблении за счет водоемкости санитарной обработки оборудования [1];
- недостаточное развитие систем повторного водоснабжения за счет преимущественного использования питьевой воды в технологических процессах [1];

- увеличение объема водоотведения по отношению к водопотреблению за счет переработки побочного продукта (молочной сыворотки) [1];
- ухудшение работы очистных сооружений объектов жилищно-коммунального хозяйства за счет сброса сильнозагрязненных сточных вод [1];
- организация новых точечных источников воздействия на водные объекты в виде выпусков сточных вод [1].

В сложившихся условиях разнонаправленного воздействия на водные объекты необходимо внедрение на предприятиях комплексного подхода регулирования водопотребления и водоотведения, качественного состава сточных вод с целью оперативного реагирования на изменения в технологических процессах.

**Подходы к регулированию водопользования**

Регулировать водопотребление и водоотведение на предприятиях молочной промышленности возможно за счет нормирования объема воды и качественного состава сточных вод.

Научные исследования как в части снижения водопотребления и водоотведения, так и в части улучшения качественного состава сточных вод проводились еще в период существования СССР. Разрабатывались сборники укрупненных норм водопотребления и водоотведения для промышленности [2, 3], мероприятия по организации систем оборотного и повторного водоснабжения на предприятиях молочной промышленности [4, 5], снижению объемов использования свежей воды и сброса сточных вод [6, 7, 8, 9], переработке побочных продуктов с использованием мембранных технологий [10], очистке сточных вод предприятий молочной промышленности [11, 12].

Методические основы разработки нормативов водопользования, заложенные в советское время, были взяты в дальнейшем РУП «Институт мясо-молочной промышленности» (Беларусь) для разработки Инструкции по нормированию водопотребления и водоотведения в молочной промышленности (2007) [13], которая до настоящего времени не переработана с учетом внедренных новых технологий производства молочной продукции.

Также в Беларуси продолжались отдельные научные исследования по изучению качественного состава сточных вод и подбору технологий по очистке сточных вод предприятий молочной промышленности [14–18].

Однако ни в одной работе не рассмотрен комплексный подход к нормированию водопользования на предприятиях молочной промышленности: разработка методики нормирования водопользования, расчет индивидуальных технологических нормативов водопользования, проведение сравнительного анализа фактического и нормативного водопользования, изучение качественного состава сточных вод, ежедневное регулирование водопользования, качественного состава сточных вод через программный продукт, разработка мероприятий по оптимизации водопользования [1].

Сравнительный анализ водопользования подсекции СА «Производства продуктов питания, напитков и табачных изделий» и группы 105 «Производство молочных продуктов» [19], проведенный по данным Государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) за период 2018–2022 гг. [20], показал о постоянном увеличении объема добычи воды и сброса сточных вод предприятиями молочной промышленности (таблица 1).

**Таблица 1** – Сводные данные водопользования подсекции СА и группы 105 за период 2018–2022 гг. [20]

Год	Добыча, тыс. м <sup>3</sup> /год			Изъятие, тыс. м <sup>3</sup> /год			Сброс сточных вод в водные объекты, тыс. м <sup>3</sup> /год		
	СА	105	%	СА	105	%	СА	105	%
2018	44800	22614	<b>50,5</b>	5700	327	<b>5,7</b>	7900	1799	<b>22,8</b>
2019	45000	23719	<b>52,7</b>	4400	343	<b>7,8</b>	8100	2486	<b>30,7</b>
2020	47100	24279	<b>51,5</b>	3600	318	<b>8,8</b>	7900	2524	<b>32,9</b>
2021	45060	23844	<b>52,9</b>	2955	210	<b>7,1</b>	8200	2997	<b>36,5</b>
2022	45930	25397	<b>55,3</b>	3688	309	<b>8,3</b>	8508	2952	<b>34,7</b>

Примечание:

1. СА – подсекции СА «Производства продуктов питания, напитков и табачных изделий».
2. Группа 105 «Производство молочных продуктов».
3. % – доля воды группы 105 к подсекции СА.

Анализ видов и ассортиментов выпускаемой молочной продукции на 73 предприятиях страны показал, что у 60 % предприятий в ассортименте молочной продукции присутствуют твердые, полутвердые и/или мягкие сыры с одновременной переработкой сыворотки (концентрирование и/или сушка) либо ее отгрузкой [3]. Также предприятия по производству сыров зачастую специализируются на производстве цельномолочной продукции, масла, казеина, молочных консервов, мороженого [3].

Учитывая, что на предприятиях по производству сыра наибольшее количество технологических процессов, повторяющихся на более узких производствах, задействовано от начала до завершения процесса наибольшее количество оборудования, дальнейшее детальное изучение на данных предприятиях водопотребления и водоотведения в увязке с видами производимой продукции, качественным составом сточных вод позволило в целом охарактеризовать водопользование в молочной промышленности [3].

По технологии производства сыры подразделяются на твердые (полутвердыми) сычужные, мягкие и рассольные, плавленные [20]. Сыры могут вырабатываться с использованием различных способов коагуляции (ферментной – с помощью молокосвертывающих ферментов, кислотной или термодокислотной), с посолкой или без посолки, с созреванием (зрелые) или без созревания (свежие) [20].

На основании представленных предприятиями технологических схем (инструкций) составлена общая схема производства твердых (полутвердых) сыров, включающая входящее сырье, побочные продукты, дополнительные потоки в канализацию (рисунок 1).

Каждый этап технологической схемы включает несколько единиц оборудования, которое необходимо вымыть после каждого использования или в конце рабочего цикла:

- пост приемки молока – моется 2–3 раза в сутки;
- резервуары для сырья – после каждого опорожнения;
- сепараторы, бактофуги, пастеризаторы – через 4–6 часов непрерывной работы;

- сыроизготовители, где непосредственно формируется сырное зерно – смыв зерна после каждой варки сыра (4–10 раз в сутки), мойка сыроизготовителя – 2–3 раза в сутки;

- формы для сыра, пресса – 2–5 раз в сутки.

При этом циклы мойки по отдельному оборудованию могут отличаться: полный цикл (вода – щелочь – вода – кислота – вода – дезинфекция – вода), неполный цикл (вода – щелочь – вода – дезинфекция – вода), сокращенный цикл (вода – щелочь – вода). Практика работы с предприятиями молочной промышленности показала, что наибольшее количество оборудования ежедневно моется по неполному циклу.

Кроме того, при производстве сыров образуются как дополнительные потоки в канализацию предприятия, так и побочные продукты. Дополнительные потоки формируются:

- при работе сепараторов (бактофуг), которые имеют гидросистему для выгрузки осадка из барабана и промывки приемника осадка;
- при концентрировании сыворотки на мембранных установках сбрасывается пермеат;
- при сгущении сыворотки на вакуум-выпарных установках перед ее сушкой сбрасывается испаренная влага.

Побочным продуктом является подсырная сыворотка, выгружаемая из сыроизготовителя в процессе формирования сырного зерна.

В целом молочная сыворотка в Республике Беларусь перерабатывается по двум схемам [22]:

- неполная переработка сыворотки – концентрирование сыворотки и дальнейшая ее отгрузка на иное предприятие [22];
- полная переработка сыворотки – концентрирование, сгущение и последующая сушка сыворотки [22].

Применяется несколько способов концентрирования (мембранной фильтрации) сыворотки: обратный осмос (ОО), нанофильтрация (НФ), ультрафильтрация (УФ) и микрофильтрация (МФ) [23]:

- МФ применяют для предварительной обработки сырья с целью снижения бактериальной обсемененности сыворотки и удаления жира [23];

- УФ применяют для получения белковых концентратов из сы­воротки, которые затем используют при производстве молочных и других продуктов [23];
- НФ и ОО используют в основном для концентрирования сы­воротки или ультрафильтрованных пермеатов [23].

В процессе концентрирования сы­воротки на мембранной уста­новке образуется концентрат (сы­воротка концентрированная) с вы­соким содержанием белка и пермеат (раствор лактозы, минераль­ных солей и других низкомолекулярных соединений) (дополнитель­ный поток) [21].



Рисунок 1 – Общая технологическая схема производства твердых (полутвердых) сыров

После концентрирования установка электродиализа использует­ся только при необходимости получения предприятием сухой деминерализованной сы­воротки.

В процессе деминерализации сы­воротки на установке электро­диализа, образуется обессоленная сы­воротка (сы­воротка демине­рализованная) и концентрат солей (раствор минеральных солей), который отводится в сети канализации предприятия (дополнитель­ный поток) [21].

При отсутствии электродиализа сы­воротка концентрированная направляется для сгущения на вакуум-выпарную установку (ВВУ). При работе ВВУ образуется испаренная влага (выпар), отделяющая­ся от капель сы­воротки и конденсируемая в конденсаторе. Выпар загрязнен органическими веществами и его дальнейшее использо­вание затруднено без предварительной очистки, поэтому в полном объеме отводится в сети канализации предприятия. После ВВУ сгу­щенная сы­воротка направляется на сушильную установку [23].

За счет водоёмкости технологических процессов практически на всех этапах как основного, так и вспомогательного производства образуются производственные сточные воды.

#### Источники сточных вод основного производства

После наружной и внутренней мойки автомолцистерн, охлажде­ния оборудования по прямоточной системе, при выгрузке осадка из сепаратора (бактофуги), санитарной обработке технологического оборудования, сбросе отработанных моющих и дезинфицирующих растворов, промывке фильтров водоподготовки котельной [24].

По данным статьям образуется наиболее загрязненные сточные воды с высокими концентрациями органических веществ, сухого остатка, взвешенных веществ. Может увеличиваться объем сточных вод за счет переработки побочного продукта (сы­воротки).

#### Источники сточных вод вспомогательного производства

Сброс дезинфицирующих растворов, промывных вод при мойке скважин, водоводов, резервуара чистой воды, при промывке филь­тров станции обезжелезивания воды, при прямоточном охлаждении компрессоров (конденсаторов), от лаборатории и прачечной [24].

По данным статьям сточные воды в основном слабозагрязнен­ные, высокие концентрации азота общего и фосфора общего, СПАВ (анион.), могут фиксироваться в сточных водах прачечной.

По результатам проведенного анализа технологических процес­сов, статей расходов воды и образования сточных вод, включая дополнительные потоков, на предприятиях, специализирующих пре­имущественно на производстве сыров твердых (полутвердых), пере­работке сы­воротки и производстве иной молочной продукции, раз­работана методика расчета водопользования для предприятий по производству молочных продуктов (далее – Методика), детализи­рующая статьи водопотребления и водоотведения, которые в даль­нейшем используются для расчета индивидуальных технологических нормативов водопользования на единицу производимой продукции или перерабатываемого сырья [13].

В Методике обоснована необходимость изменения терминологи­и в части нормирования водопользования (термин «норматив»

предлагается заменить на термин «норма»<sup>1</sup>, разработаны критерии по выбору двух подходов к разработке индивидуальных технологических норм водопользования, детализированы статьи водопотребления и водоотведения, а также уточнены отдельные параметры их расчета [13].

На основании разработанной Методики проведен расчет индивидуальных технологических норм водопотребления и водоотведения для тринадцати предприятий по производству сыров, из них пять осуществляют полную переработку сыворотки, восемь предприятий осуществляют отгрузку концентрированной сыворотки на иные предприятия.

Диапазон нормы водопотребления для предприятий, осуществляющих концентрирование сыворотки, составил от 1,18 до 3,9 м<sup>3</sup>/т, нормы водоотведения от 1,65 до 4,47 м<sup>3</sup>/т.

Наименьшие нормы водопотребления и водоотведения на предприятии, где на переработку помимо сырого молока поступает сырая сыворотка (доля сыворотки от общего объема поступившего сырья составляет 27 %). За счет небольших в целом по предприятию объемов водопотребления на производственные нужды, но в то же время значительных объемов переработки сыворотки, норма водопотребления уменьшается.

Наибольшие нормы водопотребления и водоотведения составили на предприятии, где большая часть оборудования моется два раза в сутки, а отдельные резервуары три раза в сутки.

Диапазон нормы водопотребления для предприятий, осуществляющих сушку сыворотки, от 2,30 до 5,84 м<sup>3</sup>/т, нормы водоотведения от 2,94 до 6,37 м<sup>3</sup>/т.

Наименьшие нормы водопотребления и водоотведения составили на предприятии, где поступают большие объемы переработки молока (в среднем 465 т в сутки) и в то же время не большой расход воды на производственные нужды (большая часть оборудования моется один раз в сутки, включая резервуары, большой возврат конденсата в котельную (60 %)).

Наибольшие нормы водопотребления и водоотведения на предприятии, где поступают небольшие объемы молока (в среднем 195 т в сутки), но в то же время большие расходы воды на санитарную обработку технологического оборудования, на нужды котельной за счет отсутствия системы возврата конденсата в котельную (100 % сброс конденсата в канализацию).

Наиболее водоемкими статьями расхода воды являются «санитарная обработка оборудования» (водопотребление 47–80 % от общего расхода воды на производственные нужды), «невозврат конденсата котельной, продувка котла, водоподготовка котловой воды» (водопотребление до 25 %), «обеспечение технологических параметров оборудования (прямоточное охлаждение, выгрузка осадка и др.)» (водопотребление до 15 %), «наружная и внутренняя мойка автомолцистерн» (водопотребление до 15 %).

Детализация водопользования на предприятиях по производству сыров и переработки сыворотки (концентрирование и/или сушка) позволила выделить диапазон увеличения водоотведения по отношению к водопотреблению, который составил от 10 до 30 % [24]. Процент увеличения зависит от ряда условий: суточного объема переработки молока, суточного объема поступления сторонней сыворотки на переработку, суточного объема производства иной молочной продукции, кроме сыров.

На предприятиях, не осуществляющих переработку сыворотки, норма водоотведения меньше водопотребления за счет отсутствия сброса дополнительных потоков [3]. Разница между нормой водопотребления и водоотведения будет зависеть от величины потерь воды на различных этапах технологических процессов [3].

На основании разработанных норм водопользования проведено сравнение нормативного водопотребления с фактическим. Согласно проведенному анализу статистических данных по тринадцати предприятиям, установлено, что отклонение нормативного водополь-

вания от фактического в диапазоне от 0 до 20 % является рациональным и переработка норм водопользования не требуется.

Также при сравнении в дальнейшем предприятием фактического водопользования с нормативным как в сутки, так и в месяц, диапазон отклонения данных до 20 % считается рациональным. При отклонении фактического водопользования более 20 % предприятию необходимо проработать соответствующие организационно-технические мероприятия для выяснения причин расхождения.

На всех этапах производства молочной продукции образуются производственные сточные воды, которые можно разделить на сточные воды, образующиеся непосредственно от производственных цехов (участков), и сточные воды вспомогательного производства [24].

Мониторинг сточных вод осуществлялся с применением автоматического пробоотборника, что позволило получить суточные пробы сточных вод по каждому изучаемому потоку. На рисунке 2 приведен автоматический пробоотборник и пример организации мониторинга сточных вод на канализационном колодце.



Рисунок 2 – Пример организации мониторинга сточных вод

<sup>1</sup> Далее по тексту статьи будет использоваться термин норма водопотребления и норма водоотведения.

Учитывая, что на большинстве предприятий по производству молочной продукции организовано несколько выпусков сточных вод от одного цеха (участка) в общесплавную сеть канализации, разработан алгоритм организации мониторинга сточных вод для получения наиболее полной информации о качественном составе сточных вод по потокам:

- сточные воды после наружной мойки автомолцистерн отбирать с учетом функционирования локальных очистных сооружений (при их наличии);
- сточные воды аппаратного участка отбирать с учетом мойки сепараторов (бактофуг) и выгрузки из них осадка;
- при наличии нескольких выпусков от сырцевого преимущественно отбирать поток, включающий мойку сепараторов (при наличии в сырце аппаратного участка), сыроизготовителей, сырных форм;
- при наличии нескольких выпусков от участка концентрирования сыворотки отбирать поток, включающий сброс пермеата.

Отбор проб сточных вод осуществлялся на двадцати одном предприятии как по отдельным этапам технологического процесса (внутренняя мойка автомолцистерн, аппаратный участок, пермеат от мембранных установок, котельная), так и на общем потоке цеха при производстве конкретного вида молочной продукции.

Диапазоны концентраций загрязняющих веществ в сточных водах получены при производстве следующих видов молочной продукции: сыр твердый (полутвердый), сыворотка концентрированная, масло, ЦМП, сухие молочные продукты [24].

По результатам отбора проб сточных вод по отдельным потокам можно спрогнозировать качество сточных вод в контрольном колодце.

В качестве примера использовано предприятие с суточным объемом переработки молока 140 т, годовым объемом производства сыров твердых (полутвердых) 2900 т, отгрузки сливок полуфабриката 980 т, отгрузки сыворотки молочной нанофильтрованной 8300 т.

Мониторинг сточных вод был организован на следующих потоках:

- участок наружной и внутренней мойки автомолцистерн;
- участок приемки молока и отдельный поток сырцевого (мойка сыроизготовителя);

- сырцевого основной поток (без учета сыроизготовителя) и аппаратный участок;
- участок сгущения сыворотки.

Располагая нормативными объемами сточных вод по отдельным потокам, полученным при разработке индивидуальных технологических норм водопотребления и водоотведения, проведено распределение фактического объема водоотведения по потокам.

С учетом концентраций загрязняющих веществ и объемов сточных вод по отдельным потокам проведен расчет массы загрязняющих веществ. Результаты приведены в таблице 2.

Вспомогательное производство включало следующие потоки сточных вод: от лаборатории, промывки фильтров водоподготовки воды, прачечной, мойки РЧВ, прамочного охлаждения конденсатора.

Лабораторные исследования проведены только для сточных вод от промывки фильтров водоподготовки воды. Качественный состав сточных вод от прачечной использован от предприятий-аналогов, качественный состав сточных вод от лаборатории, мойки РЧВ, охлаждения конденсатора принят на уровне качества питьевой воды, подаваемой в сеть предприятия.

Качественный состав хозяйственно-бытовых сточных вод рассчитан на основании требований СН 4.01.02-2019, таблица 10.1 [25].

Отдельно с 29.10 по 30.10 отбирался общий поток сточных вод от всего предприятия в контрольном колодце.

Располагая общей массой загрязняющих веществ от производственных сточных вод основного производства, производственных сточных вод вспомогательного производства, хозяйственно-бытовых сточных вод, спрогнозирована масса загрязняющих веществ в контрольном колодце. Сравнение расчетной массы в контрольном колодце с фактической показало, что 80 % значений попало в диапазон отклонения 0–20 % (таблица 3).

Наибольшее отклонение 26,8 % зафиксировано по взвешенным веществам, что может быть связано с поступлением незначительного объема поверхностных сточных вод в сети канализации предприятия в период отбора проб сточных вод.

**Таблица 2** – Качественный состав сточных вод по потокам за период 29–30.10.2024 г. (основное производство)

Наименование вещества (показателя)	Масса наружная и внутренняя мойка автомолцистерн, кг/сут	Масса приемка, сырце (сыроизготовитель), кг/сут	Масса сырце (СІР-мойка) и аппаратный участок, кг/сут	Масса участок сгущения сыворотки, кг/сут	Масса котельная, кг/сут <sup>2</sup>
БПК <sub>5</sub>	48,74	859,50	239,59	376,72	0,10
ХПК	118,47	2292,00	621,06	1047,13	0,22
Сухой остаток	42,83	1770,00	291,80	1121,81	8,91
Взвешенные вещества	18,59	52,72	4,79	10,76	0,24
Фосфор общий	0,51	20,77	4,04	21,17	0,00
Аммоний-ион	0,04	1,50	0,84	1,57	0,01
Азот общий	3,26	46,99	25,86	23,46	0,25
СПАВ (анион)	0,10	0,57	0,48	0,88	0,00
Сульфат-ион	1,09	11,35	5,42	13,90	0,41
Хлорид-ион	3,48	207,70	39,11	88,75	0,42

**Таблица 3** – Прогноз массы загрязняющих веществ в контрольном колодце

Наименование вещества (показателя)	Масса, основное производство, кг/сут	Масса, вспомогательное производство, кг/сут	Масса, хоз.-быт. сточные воды, кг/сут	Расчетная масса в КК, кг/сут	Фактич. масса в КК, кг/сут	Отклонение, %
БПК <sub>5</sub>	1524,66	1,49	12,42	1538,56	1721,89	<b>10,6</b>
ХПК	4078,88	3,87	24,84	4107,59	4785,99	<b>14,2</b>
Сухой остаток	3235,35	17,82	0,00	3253,17	3184,76	<b>-2,1</b>
Взвешенные вещества	87,10	3,35	13,46	103,91	142,04	<b>26,8</b>
Фосфор общий	46,49	0,29	0,41	47,20	43,11	<b>-9,5</b>
Аммоний-ион	3,97	0,03	2,07	6,06	4,90	<b>-23,6</b>
Азот общий	99,81	0,12	0,00	99,93	92,78	<b>-7,7</b>
СПАВ (анион)	2,03	0,06	0,00	2,09	2,37	<b>11,9</b>
Сульфат-ион	32,17	1,57	0,00	33,74	40,27	<b>16,2</b>
Хлорид-ион	339,45	1,16	1,86	342,48	337,39	<b>-1,5</b>

Примечание – КК – контрольный колодец.

<sup>2</sup> Для расчета использовалось качество предприятий-аналогов.

Таким образом, при правильной организации суточного мониторинга сточных вод по потокам можно спрогнозировать качественный состав сточных вод в контрольном колодце при производстве разных видов молочной продукции.

Проведение расчетов как в части водопотребления и водоотведения, так и качественного состава сточных вод требует обработки значительного объема данных.

Поэтому для автоматизации расчета индивидуальных технологических норм водопотребления и водоотведения, прогноза водопользования и качественного состава сточных вод разработана компьютерная программа. Компьютерная программа позволяет оптимизировать процедуру расчета водопользования для предприятий по производству молочных продуктов [13]. Созданы и программно реализованы алгоритмы, реализующие технологию регулирования водопользования на предприятиях по производству молочных продуктов [13].

В основу разработанного алгоритма положена следующая последовательность действий:

- формирование перечня перерабатываемого сырья производимой продукции;

- формирование статей водопользования;
- проведение расчёта водопотребления и водоотведения, безвозвратного водопотребления и потерь воды;
- обобщение статей водопользования;
- расчет индивидуальных технологических норм водопотребления и водоотведения на единицу перерабатываемого сырья или на единицу производимой продукции;
- прогноз водопользования с учетом фактических объемов поступления сырья, продукции;
- формирование информации о качественном составе сточных вод предприятия;
- прогноз качественного состава сточных вод в зависимости от режима водопользования.

Разработанная компьютерная программа дополнительно включает контроль исходных данных с учётом установленных математических зависимостей между показателями водопотребления, водоотведения, безвозвратного водопотребления и потерь воды.

Общий вид компьютерной программы приведен на рисунке 3.

## Расчет водопользования на предприятиях по производству молочных продуктов

Организация: Цех по производству сыров г.п. Белынич

Главная Информационный справочник

Организация ▾ aivpmp Выход

### Исходные данные

Информация о предприятии

Исходное сырье

Производимая продукция

Наименование цехов (участков)

### Группировка исходных данных

Расчетный расход сырья на продукцию  
(заполняется при расчете ИТН водопользования на продукцию)

Выбор статьей водопользования

### Нормативное водопользование (расчет ИТН водопользования)

Расчет нормативного водопользования

Расчет ИТН водопользования на сырье

Расчет ИТН водопользования на продукцию

### Анализ водопользования

Анализ водопользования (сырье)

Анализ водопользования (продукция)

### Прогноз качественного состава сточных вод

Исходные данные

Информация о качественном составе сточных вод

Прогноз качественного состава сточных вод

© ЦНИИКИВР 2025

Рисунок 3 – Компьютерная программа по водопользованию

На основании суточного (месячного) анализа статистических данных по водопотреблению и водоотведению, качественному составу сточных вод, предприятие может оценить рациональность использования водных ресурсов при производстве разных видов молочной продукции. В программе приведен набор мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов, снижению массы загрязняющих веществ, позволяющих предприятию сформировать направления по оптимизации водопользования на производстве [26].

Таким образом, предложенный комплексный подход в регулировании водопользования на предприятиях молочной промышленности, реализованный через компьютерную программу, позволяет предприятию оперативно реагировать на любые отклонения фактического водопользования от нормативного и оперативно принять соответствующие меры, направленные на рациональное водопользование.

#### Заключение

Проведенные научные исследования показывают, что даже на предприятиях, имеющих ряд водоёмких технологических процессов, требующих использование воды питьевого качества, можно вне-

дуть комплексный подход в регулировании водопользования. Эффективное управление водными ресурсами на предприятиях молочной промышленности неразрывно связано как с нормированием объема водопотребления и водоотведения, так и качественного состава сточных вод. Постоянный анализ режимов водопользования в увязке с объемами переработки сырья и производства продукции позволит в дальнейшем предприятиям молочной промышленности снизить антропогенную нагрузку на водные ресурсы.

#### Список цитированных источников

1. Захарко, П. Н. Геоэкологические проблемы, создаваемые молочной промышленностью / П. Н. Захарко, С. А. Дубенок // Современные проблемы природопользования и природообустройства : сборник тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящённой 50-летию кафедры природообустройства, редкол.: А. А. Волчек [и др.] – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 19.
2. Укрупненные нормы расхода воды и количества сточных вод на единицу продукции для различных отраслей промышленности. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т ВОДГЕО Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1973. – 367 с.

3. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. Совет эконом. взаимопомощи. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т ВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1978. – 590 с.
4. Межова, С. А. Применение оборотных и последовательно-повторных систем водоснабжения в проектах предприятий молочной промышленности / С. А. Межова, И. Р. Соломонов // Молочная промышленность. – 1977. – № 6. – С. 15–18.
5. Кондратавичюс, В. И. Система оборотного и повторного использования воды на предприятиях молочной промышленности: обзорная информация ЦНИИТЭИ мясомолпром / В. И. Кондратавичюс. – М.: Стройиздат, 1983. – 55 с.
6. Лисенкова, Л. Л. Использование конденсата соковых паров молока для оборотного водоснабжения / Л. Л. Лисенкова // Молочная промышленность. – 1974. – № 1. – С. 24–26.
7. Свинаярева, Г. А. Линия подготовки конденсата вакуум-выпарных установок к использованию в паровых котлах / Г. А. Свинаярева, Н. Г. Солодянкина // Молочная промышленность. – 1980. – № 7. – С. 30–34.
8. Магдалина, Г. И. Система механизированной мойки сушильных установок / Г. И. Магдалина // Молочная промышленность. – 1986. – № 4. – С. 7–8.
9. Рабилизиров, М. Н. Сбор и переработка смывных вод / М. Н. Рабилизиров, Л. Л. Лисенкова, И. Р. Давыдова // Молочная промышленность. – 1988. – № 4. – С. 11–13.
10. Конаныхин, А. В. О применении мембранной техники в молочной промышленности / А. В. Конаныхин, Э. Ф. Кравченко // Молочная промышленность. – 1987. – № 5. – С. 41–44.
11. Очистка сточных вод молочных предприятий / Х. А. Лооритс, Р. Р. Мунтер, Э. К. Сийрде, Л. Л. Лисенкова // Молочная промышленность. – 1975. – № 4. – С. 27–30.
12. Лисенкова, Л. Л. Характеристика сточных вод молочных предприятий и физико-химические методы их анализа ЦНИИТЭИ мясомолпром / Л. Л. Лисенкова. – М.: Стройиздат, 1984. – 32 с.
13. Захарко, П. Н. Методика расчета водопользования для предприятий по производству молочных продуктов с учетом перерабатываемого сырья и производимой продукции / П. Н. Захарко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2021. – № 2. – С. 93–103.
14. Оптимизация комбинированных биоокислителей при очистке сточных вод молокоперерабатывающих предприятий. – URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/153596/165-173.pdf?sequence=1> (дата обращения: 16.06.2025).
15. Яромский, В. Н. Выбор методов и сооружений механической очистки сточных вод предприятий молочной промышленности / В. Н. Яромский, Т. И. Головач // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2001. – № 2. – С. 67–70.
16. О проблемах очистки сточных вод на предприятиях пищевой промышленности. – URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/153596/165-173.pdf?sequence=1> (дата обращения: 16.06.2025).
17. Яромский, В. Н. Безотходная технология очистки сточных вод предприятий молочной промышленности / В. Н. Яромский // Рациональное использование природных ресурсов: труды Междунар. конф. «Научные аспекты рационального использования природных ресурсов», Брест, 20–22 октября 1998 года / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский политехнический институт; редкол.: М. В. Голуб [и др.]. – Брест: Центр Трансфера Технологий (ЦТТ), 1998. – С. 121–125.
18. Полетаева, М. А. Пути решения проблемы очистки сточных вод молочного предприятия / М. А. Полетаева, О. С. Осадчая, Н. А. Рузаев // Ползуновский вестник. – 2013. – № 1. – С. 54–60.
19. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь: постановление Государственного комитета по стандартизации Респ. Беларусь, 5 дек. 2011 г. № 85: с изм. и доп. от 29 окт. 2021 г. № 99 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2025.
20. Государственный водный кадастр: информационные ресурсы на сайте РУП «ЦНИИКИВР». – URL: <http://www.cricuwr.by/gvkinfo> (дата обращения: 16.06.2025).
21. Производство напитков, молока и молочной продукции: ИТС 45-2017. – Введ. 29.11.2017. – М.: Росстандарт, 2017. – 190 с.
22. Захарко, П. Н. Формирование водного баланса предприятия по производству сыров при использовании различных технологий переработки молочной сыворотки / П. Н. Захарко, С. А. Дубенок // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 167–174.
23. Михайленко, И. Г. Мембранные технологии и переработка молочной сыворотки / И. Г. Михайленко. – URL: [http://www.vniitti.ru/conf/conf2016/article/Mikhaylenko.I.G.\\_BudrikV.G.\\_statya.pdf?ysclid=ltu5gahh u286233320](http://www.vniitti.ru/conf/conf2016/article/Mikhaylenko.I.G._BudrikV.G._statya.pdf?ysclid=ltu5gahh u286233320) (дата обращения: 16.06.2025).
24. Захарко, П. Н. Устойчивое водопользование на основе регулирования водопотребления, водоотведения, качества сточных вод на предприятиях по производству молочных продуктов / П. Н. Захарко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2021. – № 2. – С. 93–103.
25. Канализация. Наружные сети и сооружения: Строительные нормы 4.01.02-2019: постановление Министерства архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 31 окт. 2019 г. № 59: с изм. и доп. от 27 марта 2024 г. № 20 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.
26. Zakharko, P. Approaches to calculation of water use for enterprises of dairy industry / P. Zakharko // Actual environmental problems Proceedings of the IX International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, reviewers.: A. N. Batyn [et al.] – Minsk: ISEI of BSU, 2019. – P. 234–235.

#### References

1. Zaharko, P. N. Geoekologicheskie problemy, sozdavaemye molochnoj promyshlennost'yu / P. N. Zaharko, S. A. Dubenok // Sovremennye problemy prirodopolzovaniya i prirodobustrojstva: sbornik tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, posvyashchyonnoj 50-letiyu kafedry prirodobustrojstva, redkol.: A. A. Volchek [i dr.] – Brest: BrGTU, 2022. – S. 19.
2. Ukpurnennye normy raskhoda vody i kolichestva stochnyh vod na edinicu produkci dlya razlichnyh otraslej promyshlennosti. Vsesoyuzn. nauch.-issled. in-t VODGEO Gosstroya SSSR. – M.: Strojizdat, 1973. – 367 с.
3. Ukpurnennye normy vodopotrebleniya i vodootvedeniya dlya razlichnyh otraslej promyshlennosti. Sovet ekonom. vzaimopomoshchi. Vsesoyuzn. nauch.-issled. in-t VODGEO Gosstroya SSSR. – M.: Strojizdat, 1978. – 590 с.
4. Mezghova, S. A. Primenenie oborotnyh i posledovatel'no-povtornyh sistem vodosnabzheniya v proektah predpriyatij molochnoj promyshlennosti / S. A. Mezghova, I. R. Solomonov // Molochnaya promyshlennost'. – 1977. – № 6. – S. 15–18.
5. Kondratavichyus, V. I. Sistema oborotnogo i povtornogo ispol'zovaniya vody na predpriyatiyah molochnoj promyshlennosti: obzornaya informaciya CNIITEI myasomolprom / V. I. Kondratavichyus. – M.: Strojizdat, 1983. – 55 с.
6. Lisenkova, L. L. Ispol'zovanie kondensata sokovyh parov moloka dlya oborotnogo vodosnabzheniya / L. L. Lisenkova // Molochnaya promyshlennost'. – 1974. – № 1. – S. 24–26.
7. Svinareva, G. A. Liniya podgotovki kondensata vakuum-vyparnyh ustanovok k ispol'zovaniyu v parovyh kotlah / G. A. Svinareva, N. G. Solodyankina // Molochnaya promyshlennost'. – 1980. – № 7. – S. 30–34.
8. Magdalina, G. I. Sistema mekhanizirovannoj moiки sushil'nyh ustanovok / G. I. Magdalina // Molochnaya promyshlennost'. – 1986. – № 4. – S. 7–8.
9. Rabilizirov, M. N. Sbor i pererabotka smyvnyh vod / M. N. Rabilizirov, L. L. Lisenkova, I. R. Davydova // Molochnaya promyshlennost'. – 1988. – № 4. – S. 11–13.
10. Konanyhin, A. V. O primenenii membranoj tekhniki v molochnoj promyshlennosti / A. V. Konanyhin, E. F. Kravchenko // Molochnaya promyshlennost'. – 1987. – № 5. – S. 41–44.

11. Ochistka stochnyh vod molochnyh predpriyatij / H. A. Loorits, R. R. Munter, E. K. Sijrde, L. L. Lisenkova // *Molochnaya promyshlennost'*. – 1975. – № 4. – S. 27–30.
12. Lisenkova, L. L. *Harakteristika stochnyh vod molochnyh predpriyatij i fiziko-himicheskie metody ih analiza* CNIITEI myasomolprom / L. L. Lisenkova. – M. : Strojizdat, 1984. – 32 c.
13. Zaharko, P. N. Metodika rascheta vodopol'zovaniya dlya predpriyatij po proizvodstvu molochnyh produktov s uchetom pererabatyvaemogo syr'ya i proizvodimoy produkcii / P. N. Zaharko // *ZHurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya*. – 2021. – № 2. – С. 93–103.
14. Optimizaciya kombinirovannyh biookislitelej pri ochistke stochnyh vod molokopererabatyvayushchih predpriyatij. – URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/153596/165-173.pdf?sequence=1> (data obrashcheniya: 16.06.2025).
15. YAromskij, V. N. *Vybor metodov i sooruzhenij mekhanicheskoy ochistki stochnyh vod predpriyatij molochnoj promyshlennosti* / V. N. YAromskij, T. I. Golovach // *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. – 2001. – № 2. – S. 67–70.
16. O problemah ochistki stochnyh vod na predpriyatiyah pishchevoj promyshlennosti. – URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/153596/165-173.pdf?sequence=1> (data obrashcheniya: 16.06.2025).
17. YAromskij, V. N. *Bezohtodnaya tekhnologiya ochistki stochnyh vod predpriyatij molochnoj promyshlennosti* / V. N. YAromskij // *Racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov : trudy Mezhdunar. konf. «Nauchnye aspekty racional'nogo ispol'zovaniya prirodnyh resursov»*, Brest, 20–22 oktyabrya 1998 goda / Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Brestskij politekhnicheskij institut ; redkol.: M. V. Golub [i dr.]. – Brest : Centr Transfera Tekhnologij (CTT), 1998. – S. 121–125.
18. Poletaeva, M. A. *Puti resheniya problemy ochistki stochnyh vod molochnogo predpriyatiya* / M. A. Poletaeva, O. S. Osadchaya, N. A. Ruzaev // *Polzunovskij vestnik*. – 2013. – № 1. – S. 54–60.
19. *Ob utverzhenii, vvedenii v dejstvie obshchegosudarstvennogo klassifikatora Respubliki Belarus' : postanovlenie Gosudarstvennogo komiteta po standartizacii Resp. Belarus', 5 dek. 2011 g. № 85 : s izm. i dop. ot 29 okt. 2021 g. № 99* // *Biznes-Info / OOO «Professional'nye pravovye sistemy»*. – Minsk, 2025.
20. *Gosudarstvennyj vodnyj kadastr : informacionnye resursy na sajte RUP «CNIKIIVR»*. – URL: <http://www.cricuwr.by/gvkinfo> (data obrashcheniya: 16.06.2025).
21. *Proizvodstvo napitkov, moloka i molochnoj produkcii : ITS 45-2017*. – Vved. 29.11.2017. – M. : Rosstandart, 2017. – 190 s.
22. Zaharko, P. N. *Formirovanie vodnogo balansa predpriyatiya po proizvodstvu syrov pri ispol'zovanii razlichnyh tekhnologij pererabotki molochnoj syvorotki* / P. N. Zaharko, S. A. Dubenok // *Innovacionnye tekhnologii v vodnom, kommunal'nom hozyajstve i vodnom transporte : materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. / redkol.: S. V. Haritonchik [i dr.]*. – Minsk : BNTU, 2024. – S. 167–174.
23. Mihajlenko, I. G. *Membrannye tekhnologii i pererabotka molochnoj syvorotki* / I. G. Mihajlenko. – URL: [http://www.vniitti.ru/conf/conf2016/article/Mikhaylenko.I.\\_BudrikV.G.\\_statya.pdf?ysclid=ltu5gahhu286233320](http://www.vniitti.ru/conf/conf2016/article/Mikhaylenko.I._BudrikV.G._statya.pdf?ysclid=ltu5gahhu286233320) (data obrashcheniya: 16.06.2025).
24. Zaharko, P. N. *Ustojchivoe vodopol'zovanie na osnove regulirovaniya vodopotrebleniya, vodootvedeniya, kachestva stochnyh vod na predpriyatiyah po proizvodstvu molochnyh produktov* / P. N. Zaharko // *ZHurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya*. – 2021. – № 2. – С. 93–103.
25. *Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya : Stroitel'nye normy 4.01.02-2019 : postanovlenie Ministerstva arhitektury i stroitel'stva Resp. Belarus', 31 okt. 2019 g. № 59 : s izm. i dop. ot 27 marta 2024 g. № 20* // *Biznes-Info / OOO «Professional'nye pravovye sistemy»*. – Minsk, 2024.
26. Zakharko, P. *Approaches to calculation of water use for enterprises of dairy industry* / P. Zakharko // *Actual environmental problems Proceedings of the IX International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, reviewers.*: A. N. Batyn [et al.] – Minsk : ISEI of BSU, 2019. – P. 234–235.

*Материал поступил 25.06.2025, одобрен 06.07.2025, принят к публикации 07.07.2025*