

А. В. Ёдчик¹, С. А. Дубенок²¹Государственное предприятие «Экологияинвест», Минск, Беларусь,
e-mail: anna.yodchyk@yahoo.com,²Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов,
Минск, Беларусь,
e-mail: dsnega@list.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ ОТРАСЛЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Обращение со сточными водами, которые образуются в процессе производственной деятельности предприятий и сбрасываются ими в окружающую среду, в том числе через системы канализации населенных пунктов, является важной природоохранной задачей. Выбор и обоснование применения технологии очистки сточных вод должны осуществляться предприятием на основе совокупности экологических и экономических показателей с учётом отраслевых особенностей производства. Научно-практические подходы, представленные в статье, позволяют из совокупности технических, экологических и экономических аспектов деятельности предприятия выбрать наиболее оптимальные способы предотвращения образования сточных вод и технологии их очистки.

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, технология очистки, наилучшие доступные технические методы

A. V. Yodchyk¹, S. A. Dubianok²¹State Enterprise «Ecologyinvest», Minsk, Belarus,
e-mail: anna.yodchyk@yahoo.com,²Central Research Institute for Complex Use of Water Resources, Minsk, Belarus,
e-mail: dsnega@list.ru

SCIENTIFIC-PRACTICAL APPROACHES TO THE SELECTION OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES

Abstract. The management of wastewater, that is generated in the course of production activities of enterprises and discharged into the environment, including through the sewage systems of settlements, is an important environmental task. The choice and justification for the use of wastewater treatment technology should be carried out by the enterprise based on a set of environmental and economic indicators, taking into account the industry-specific characteristics of production. The scientific-practical approaches presented in the article make it possible to choose the most optimal ways to prevent the formation of wastewater and wastewater treatment technologies from the totality of technical, environmental and economic aspects of the enterprise.

Keywords: wastewater, treatment facilities, treatment technology, best available techniques

А. В. Ёдчык¹, С. А. Дубянок²¹Дзяржаўнае прадпрыемства «Экалогіяінвест», Мінск, Беларусь,
e-mail: anna.yodchyk@yahoo.com,²Цэнтральны навукова-даследчы інстытут комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў, Мінск, Беларусь,
e-mail: dsnega@list.ru

НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫЯ ПАДЫХОДЫ ДА ВЫБАРУ ГАЛІНОВЫХ ТЭХНАЛОГІЙ АЧЫСТКІ СЦЁКАВЫХ ВОД

Анотацыя. Зварот са сцёкавымі водамі, якія ўтвараюцца ў працэсе вытворчай дзейнасці прадпрыемстваў і скідаюцца імі ў навакольнае асяроддзе, у тым ліку праз сістэмы каналізацыі населеных пунктаў, з'яўляецца важнай прыродаахоўнай задачай. Выбар і абгрунтаванне прымянення тэхналогіі ачысткі сцёкавых вод павінен ажыццяўляцца прадпрыемствам на аснове сукупнасці экалагічных і эканамічных паказчыкаў з улікам галіновых асаблівасцей вытворчасці. Навукова-практычныя падыходы, прадстаўленыя ў артыкуле, дазваляюць у сукупнасці тэхнічных, экалагічных і эканамічных аспектаў дзейнасці прадпрыемства выбраць найбольш аптымальныя спосабы прадукінення ўтварэння сцёкавых вод і тэхналогіі іх ачысткі.

Ключавыя словы: сцёкавыя воды, ачышчальныя збудаванні, тэхналогія ачысткі, найлепшыя даступныя тэхнічныя метады

Введение. Обеспечение благоприятной окружающей среды – конституционное право граждан Республики Беларусь. Водные ресурсы являются одним из основных компонентов природной среды, качество которых для человека имеет первостепенное значение. При этом водные ресурсы могут выступать сырьем, вспомогательным материалом, неотъемлемой частью технологического процесса для большинства видов экономической деятельности. В результате использования водных ресурсов на большинстве предприятий образуются сточные воды, содержащие

различные загрязняющие вещества и показатели. Отведение сточных вод предприятий осуществляется как напрямую в окружающую среду (в поверхностные водные объекты или в подземные горизонты с использованием методов почвенной очистки сточных вод), так и в централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов с последующим их поступлением на очистные сооружения сточных вод населенных пунктов. Таким образом, основными «поставщиками» загрязняющих веществ в водные объекты являются предприятия водопроводно-канализационного и жилищно-коммунального хозяйств, на балансе которых находятся коммунальные очистные сооружения населенных пунктов, а также крупные промышленные предприятия страны, которые отводят сточные воды в окружающую среду посредством самостоятельных выпусков.

По данным Государственного водного кадастра объем сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в 2020 г. составил 1034,5 млн м³ [1]. В 2020 г. в водные объекты в составе сточных вод сброшено 15 тыс. т взвешенных веществ, 11 тыс. т органических веществ (по БПК₅), 74 тыс. т хлорид-ионов, 46 тыс. т сульфат-ионов, 5 тыс. т аммоний-ионов, а также значительное количество металлов (270 т железа, 17 т цинка, 3 т меди) и другие специфические загрязняющие вещества.

Преобладающая часть промышленных предприятий, сбрасывающих сточные воды в централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов, не имеет собственных очистных сооружений (пищевая промышленность, деревообработка, энергетика, фармацевтика, машиностроение), что обусловлено отсутствием национальных требований по предварительной очистке производственных сточных вод перед их отведением в систему канализации населенного пункта.

Производственные сточные воды при их сбросе в централизованную систему водоотведения (канализации) населенного пункта без предварительной очистки, особенно при залповом сбросе, существенно нарушают работу коммунальных очистных сооружений, ухудшая процессы биологической очистки сточных вод на них. Вследствие снижения эффективности работы коммунальных очистных сооружений ухудшается качество сточных вод, отводимых после очистки в водные объекты.

В законодательстве Республики Беларусь установлена обязательность внедрения природопользователями наилучших доступных технических методов (НДТМ), в том числе для очистки сточных вод. Вместе с тем выбор наиболее оптимальных для предприятия НДТМ является сложным процессом, требующим глубокого многофакторного анализа существующей экологической ситуации на предприятии, технологического процесса и оказываемого на всех его этапах воздействия на окружающую среду, оценки технической, технологической и экономической возможности применения того или иного метода.

Методическая часть. Согласно основополагающему законодательному акту Республики Беларусь в области охраны и использования водных ресурсов – Водному кодексу, сточные воды – воды, сбрасываемые от жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после использования их в хозяйственной и иной деятельности, а также воды, образующиеся при выпадении атмосферных осадков, таянии снега, поливке и мытье дорожных покрытий (поливомоечные работы) на территории населенных пунктов, объектов промышленности, строительных площадок и других объектов и сбрасываемые в окружающую среду, в том числе через систему канализации [2].

Таким образом, производственная площадка любого предприятия является источником поступления производственных, хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод. И если хозяйственно-бытовые и поверхностные сточные воды в большинстве своем от источника к источнику имеют сопоставимый состав качественных характеристик, производственные сточные воды, их объем и качественный состав существенно разнятся в зависимости от вида экономической деятельности предприятия.

Согласно национальному законодательству, сброс сточных вод в поверхностные водные объекты допускается, если содержание загрязняющих веществ и показателей в них не превышает установленных разрешениями на специальное водопользование или комплексными

природоохранными разрешениями нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод [2]. При этом показатели сброса сточных вод в поверхностные водные объекты включают:

сброс нормативно очищенной сточной воды – объем сточной воды, содержание загрязняющих веществ в которой не превышает нормативы допустимого сброса химических и иных веществ в составе сточной воды, установленные в разрешениях на специальное водопользование или комплексных природоохранных разрешениях;

сброс недостаточно очищенной сточной воды – объем сточной воды, сброшенной с нарушением, в том числе в результате аварийного загрязнения, либо содержание загрязняющих веществ и показателей в которой превышает нормативы допустимого сброса химических и иных веществ в составе сточной воды, установленные в разрешениях на специальное водопользование или комплексных природоохранных разрешениях;

сброс сточной воды в поверхностные водные объекты без предварительной очистки – объем сточной воды, качество которой позволяет сбрасывать ее в поверхностный водный объект без предварительной очистки.

Динамика обеспечения качества сбрасываемых сточных вод в окружающую среду за десятилетний период (табл. 1) указывает, что преобладающий объем сточных вод за 2012–2020 гг. сбрасывается именно в поверхностные водные объекты (89,3–92,4 % от всего объема сточных вод) [3].

Т а б л и ц а 1. Динамика сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в 2012–2020 гг. [3]

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сброс сточных вод в окружающую среду, всего, млн м ³	1099	1058	1034	948	1153	1163	1152	1141	1152
в том числе в водные объекты, млн м ³	1015,4	973,9	954,4	869,8	1048,4	1052,3	1034,0	1019,1	1034,5
Доля сточных вод, сброшенных в водные объекты, %	92,4	92,1	92,3	91,8	90,9	90,1	89,8	89,3	89,8
в том числе сброс сточных вод в водные объекты по категориям очистки:									
нормативно очищенных сточных вод, млн м ³	667,0	654,0	635,0	618,0	703,0	694,0	689,1	689,2	692,5
недостаточно очищенных сточных вод, млн м ³	3,4	2,9	3,4	5,7	6,4	4,3	4,0	4,1	2,7
сточных вод без их предварительной очистки, млн м ³	345,0	317,0	316,0	246,1	339,0	354,0	340,9	325,8	339,3

Как видно из табл. 1, основной объем составляет сброс нормативно очищенных сточных вод, доля которых находится в диапазоне 65,7–71,1 % от общего объема сточных вод, сброшенных в водные объекты в период 2012–2020 гг. Объемы недостаточно очищенных сточных вод за анализируемый период находятся на уровне 6,4–2,7 млн м³ в год и составляют 0,4–0,9 % от общего объема сточных вод, прошедших очистку перед сбросом в водные объекты.

Анализируя структуру сброса недостаточно очищенных сточных вод необходимо отметить, что к основным предприятиям, осуществляющим сброс таких вод (более 70 % от объема сброса недостаточно очищенных сточных вод), относятся предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), обслуживающие коммунальные очистные сооружения населенных пунктов.

В соответствии с Общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» (далее – ОКЭД РБ) [4] и проведенным анализом данных государственной статистической отчетности по форме 1-вода (Минприроды) [5], организации ВКХ и ЖКХ, осуществляющие сбор, транспортировку и очистку сточных вод, относятся к подвидам экономической деятельности «Сбор и обработка сточных вод» и «Сбор, обработка и распределение воды» и занимают преобладающую долю по объему сброса сточных вод по виду экономической деятельности «Водоснабжение, удаление отходов».

Распределение сброса сточных вод по видам экономической деятельности за 2020 г. представлено на рис. 1. Очевидно, что основной объем сброса сточных вод (49,7 % от общего объема сброса сточных вод в водные объекты) приходится на предприятия ВКХ и ЖКХ, принимающие значительные объемы производственных сточных вод от предприятий и организаций для их последующей очистки на очистных сооружениях населенных пунктов.

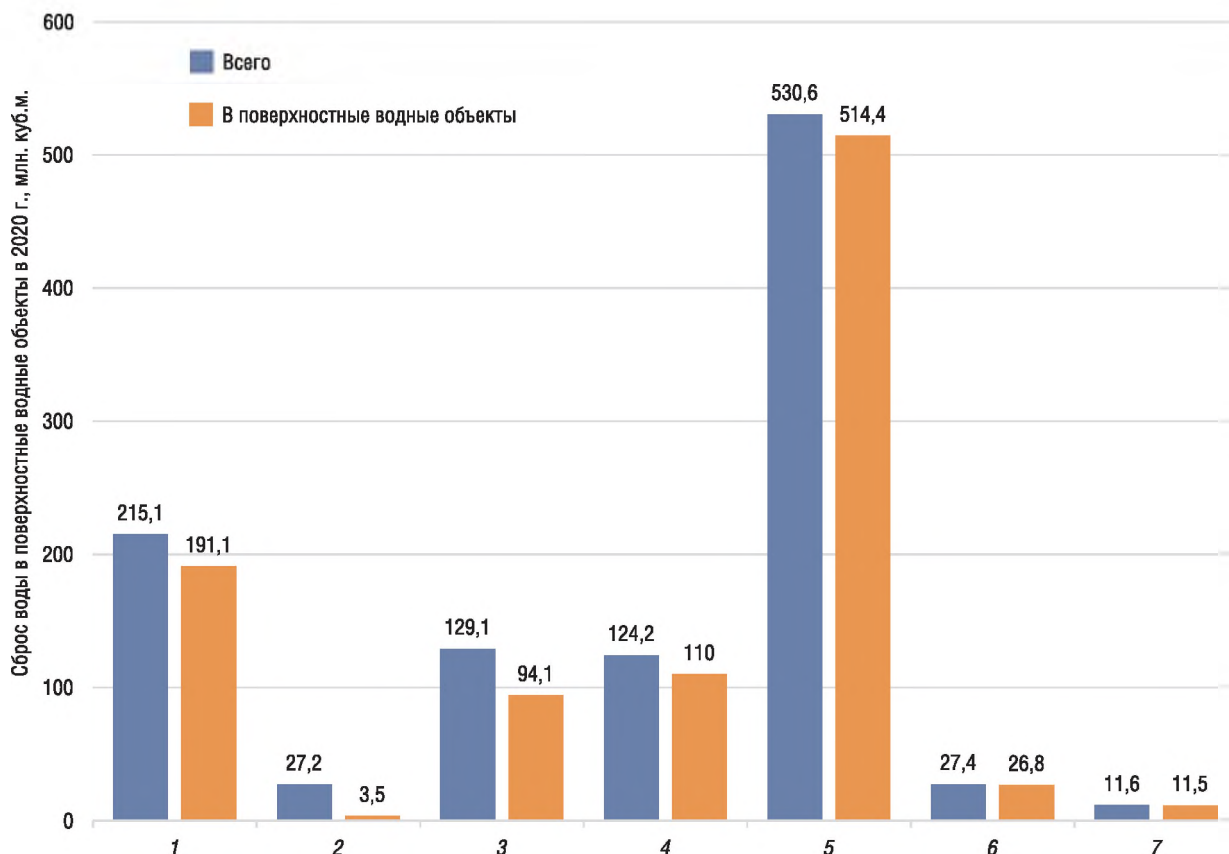


Рис. 1. Сброс сточных вод по видам экономической деятельности за 2020 г.: 1 – сельское, лесное и рыбное хозяйства; 2 – горнодобывающая промышленность; 3 – обрабатывающая промышленность; 4 – снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой; 5 – водоснабжение, удаление отходов; 6 – строительство; 7 – услуги по временному проживанию и питанию

Согласно данным государственной статистики и проводимым РУП «ЦНИИКИВР» исследованиям по данной тематике [6], для г. Минска и пяти областных городов страны доля производственных сточных вод колеблется от 4,61 до 26,22 % от общего объема сточных вод на приемной камере очистных сооружений населенного пункта, в отдельных районных центрах объем производственных сточных вод достигает 49,91 % от общего объема.

Отраслевая специфика предприятий и существующие на них технологические процессы непосредственно влияют на качество производственных сточных вод и диапазоны содержания в них специфических загрязняющих веществ даже в пределах одного вида экономической деятельности, вследствие чего необходим дифференцированный подход к формированию отраслевых технологий очистки производственных сточных вод с учетом возможности применения НДТМ при их очистке.

Основными загрязняющим веществами, содержащимися в большинстве производственных сточных вод, являются взвешенные вещества, масла и нефтепродукты, ионы тяжелых металлов, а также органические загрязнения, характеризующиеся показателями БПК и ХПК, соединениями азота и фосфора. Анализ имеющихся европейских справочных руководств по НДТМ на предмет содержания в них информации по перечню специфических загрязняющих веществ в составе сточных вод позволил определить основные виды экономической деятельности с наиболее широким спектром загрязняющих веществ и показателей в составе производственных сточных вод в зависимости от применяемых производственных процессов.

В сельском хозяйстве сточные воды образуются преимущественно на животноводческих и птицеводческих комплексах, а также при сбросе воды при опорожнении рыбоводных прудов. Сточные воды сельскохозяйственных производств содержат прежде всего большое количество

органических загрязняющих веществ. В поверхностных и подземных водах, находящихся вблизи животноводческих и птицеводческих комплексов, отмечается наличие соединений азота и фосфора, солей отдельных тяжелых металлов, высокая бактериальная обсемененность, в том числе и патогенными микроорганизмами [7].

Сточные воды нефтеперерабатывающей промышленности включают в себя следующие загрязняющие вещества: взвешенные вещества, нефтепродукты, масла, фенол, карбамид, ароматические углеводороды, аммонийный азот, парафины, сульфаты, жирные кислоты, поверхностно-активные вещества и др. [8].

При производстве аммиака наиболее загрязненными являются сточные воды установок медно-аммиачной и щелочной очистки газа и регенерации медно-аммиачного раствора. Очистку сточных вод от аммиака производят различными методами (электролиз, паровая отдувка, ионный обмен и т. д.) [9].

Получение карбамида, наиболее востребованного азотного удобрения, связано с образованием большого количества реакционной воды. Сточными водами при производстве карбамида являются также конденсат острого пара, вода, образующаяся при охлаждении сальников плунжерных насосов, смывы с полов и другие неорганизованные сбросы сточных вод [10].

При производстве серной и соляной кислот образуются сточные воды с остаточным содержанием применяемых и обрабатываемых продуктов. Для их нейтрализации применяют известковые или доломитовые фильтры. Производство фосфорной кислоты и фосфорных удобрений сопряжено с образованием сточных вод с высоким содержанием общего фосфора [10].

Образующиеся на металлургических предприятиях основные объемы сточных вод связаны с эксплуатацией оборотных циклов (систем) водоснабжения и загрязнены в основном взвешенными веществами, маслами, нефтепродуктами. Сточные воды холодного проката содержат применяющиеся в процессах смазочно-охлаждающие жидкости в виде эмульсии и мелкодисперсные механические примеси, потому система их очистки включает физико-химические методы с использованием реагентов [11].

Технологическое металлургическое производство включает также травильные цехи, от которых образуются сточные воды, представляющие отработанные травильные растворы и промывные воды, для очистки которых применяются нейтрализация, ионный обмен, электрохимическая очистка и др. Заводы полного металлургического цикла включают коксохимическое производство, в котором образуются фенольные, аммиачные сточные воды, где, кроме того, содержатся мелкодисперсные взвешенные частицы. Сточная вода может содержать сульфиды, цианиды, сульфаты, хлориды, смолы, масла. Очистка сточных вод коксохимического производства осуществляется механическими, физико-химическими и биохимическими методами [11].

Сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной промышленности характеризуются многокомпонентным составом, содержащим значительное количество взвешенных веществ, растворенных неорганических компонентов, легко- и трудноокисляемых органических веществ (по БПК и ХПК) [12].

Сточные воды предприятий энергетического комплекса образуются от процессов водоподготовки (регенерационные и шламовые воды от водоподготовительных установок), промывки механических фильтров, удаления шламовых вод осветлителей, регенерации фильтров, мойки оборудования, от систем гидрозолоулавливания и мазутного хозяйства. Они содержат прежде всего высокие концентрации солей кальция, магния, натрия, алюминия, железа, масел и нефтепродуктов [13].

Сточные воды предприятий пищевой промышленности имеют наиболее широкий спектр загрязняющих веществ, напрямую зависящий от специализации пищевого производства [14]. В соответствии с Общегосударственным классификатором Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» (ОКЭД) предприятия, относящиеся к пищевой промышленности, входят в состав подсекции СА «Производство продуктов питания, напитков и табачных изделий» секции С «Обрабатывающая промышленность». Проанализировав количество предприятий пищевой промышленности, представляющих го-

сударственную статистическую отчетность по форме 1-вода (Минприроды), а также учитывая специфику технологических процессов, можно сделать вывод, что наибольший объем сточных вод образуется при осуществлении следующих видов деятельности в соответствии с ОКЭД: переработка молока, кроме консервирования, и производство сыров (85 предприятий), производство продуктов из мяса и мяса сельскохозяйственной птицы (39 предприятий) и переработка и консервирование мяса (9 предприятий). Указанные предприятия отрасли характеризуются значительными объемами водопотребления на производственные нужды и более 50 % из них отводит производственные сточные воды в централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов, оставшиеся предприятия сбрасывают сточные воды после очистки в водные объекты или отводят в подземные горизонты с использованием методов почвенной очистки сточных вод (поля фильтрации).

Сточные воды от указанных видов деятельности образуются при мойке сырья, оборудования, производственных помещений, а также после использования воды и пара в технологических процессах. Образующиеся сточные воды (как в виде локальных, так и смешанных потоков) содержат широкий спектр органических загрязняющих веществ: животные и растительные жиры, белки (в том числе кровь), крахмал, сахар, а также соли, углеводы, красители, загустители, ПАВы, консерванты, ароматизаторы, усилители вкуса и т. п.

Специфика технологических процессов рассматриваемых предприятий обуславливает внутрисуточную неравномерность образования сточных вод и их поступления на очистные сооружения, а также значительные колебания диапазонов концентраций загрязняющих веществ и показателей в их составе, что требует, как минимум, усреднения потоков сточных вод после их механической очистки и отстаивания. Для очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности используют комплекс методов механической, физико-химической и биологической очистки, при этом наличие очистных сооружений и их состав зависит от приемника сточных вод (централизованная система канализации населенного пункта или водный объект).

В качестве методов физико-химической очистки используют, как правило, реагентную или безреагентную флотацию. При необходимости использования биологической очистки используют биологическую очистку в искусственных условиях (в аэротенках, на биологических фильтрах и в биореакторах) от растворенных органических веществ [15].

Таким образом, отраслевые промышленные процессы определяют состав образующихся сточных вод, что в обязательном порядке должно учитываться при выборе метода их очистки для обеспечения максимально возможной эффективности удаления загрязняющих веществ из сточных вод.

При производстве мяса и птицы сточные воды являются основным неблагоприятным видом воздействия на окружающую среду [16]. Главными особенностями сточных вод от процессов переработки мяса являются неравномерность их образования и поступления, колебание состава и концентрации загрязняющих веществ, значительное содержание органических веществ.

Рассмотрим аспекты производственных процессов мясоперерабатывающих предприятий, влияющие на условия образования и состав сточных вод. Общими для производства большинства видов продукции мясоперерабатывающей промышленности типовыми операциями являются (рис. 2): перемещение и хранение материала, размораживание, разделка, нарезание ломтиками, шинкование, помол через мясорубку, протирание и прессование, смешивание/купажирование, гомогенизация, растирание/помол и дробление, формовка/разливка по формам и экструдирование.

Сточные воды указанных технологических процессов образуются по причине утечек при очистке оборудования и характеризуются содержанием растворов кислоты/щелочи, жиров, нитратов, нитритов, аммиака и фосфатов. В зависимости от конечного продукта, последующие операции включают: соление/вяление и маринование, копчение, варку.

В процессе соления/вяления и маринования рассол (или его избыточное количество) удаляется после использования – сбрасывается как сточные воды в систему канализации предприятия, обуславливая повышенные концентрации в сточной воде поваренной соли, а также

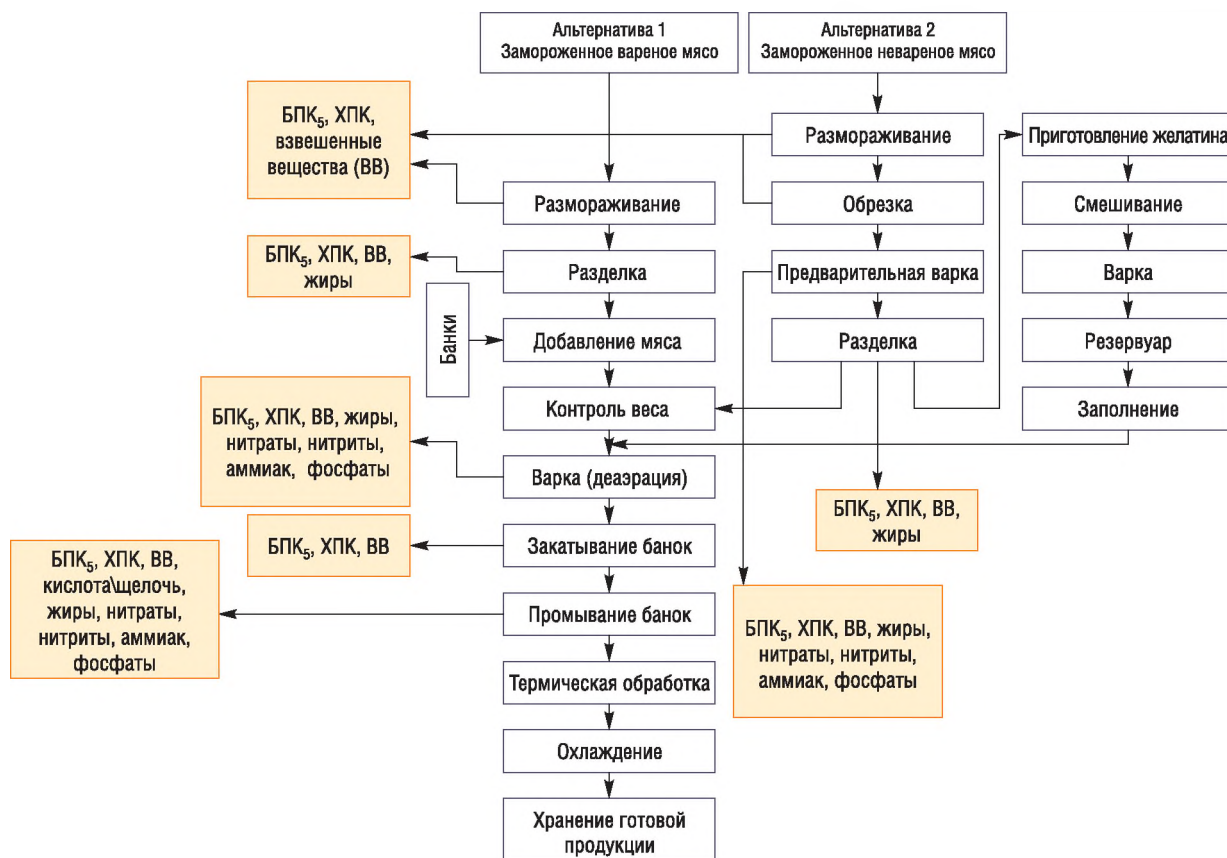


Рис. 2. Схема основного технологического процесса переработки и консервирования мяса и птицы и влияние основных этапов на соответствующие показатели сточных вод

растворимых компонентов продукта, таких как белки, жиры, кислоты, которые выделяются из продукта во время соления. При очистке помещений и оборудования также образуются сточные воды, содержащие остатки посолочных компонентов, остатки продукта, растворенные органические вещества, растворенные твердые частицы и взвешенные вещества, моющие и дезинфицирующие средства. Сточные воды от процесса копчения содержат растворимые органические вещества, остатки химических компонентов пара и жидкую фазу дыма. Сточные воды от процесса варки образуются во время переработки и очистки, содержат в основном остатки продукта, растворенные органические и взвешенные вещества, жиры, растворенные твердые частицы и, возможно, нитраты, нитриты, аммиак и фосфаты.

Учитывая образование сточных вод на различных стадиях технологического процесса, методы, позволяющие сократить объем образования и загрязнения сточных вод, должны быть интегрированными в технологический процесс и не ограничиваться только методами «на конце трубы»: выравнивание (усреднение) потока сточных вод; первичное просеивание твердых веществ, осаждение; применение жироловок; нейтрализация сточных вод; флотация; биологическая очистка, включая глубокое удаление азота; реагентное удаление фосфора; обращение с осадком сточных вод (сбраживание осадка и использование метана для производства тепла и/или энергии); повторное использование воды после ее очистки и дезинфекции. Осадок сточных вод также может быть переработан путем его стабилизации, уплотнения, обезвоживания и сушки.

Кроме того, существует ряд методов, позволяющих сократить образование сточных вод: автоматическая подача воды на отдельные техпроцессы (исключение ручных моек); разморозка на воздухе; исключение прямоточных систем мойки оборудования; возврат в производство и повторное использование конденсата и т. д.

Проведенный по результатам анкетирования анализ существующих на мясоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь методов предотвращения образования/загрязнения и очистки сточных вод позволил сформировать следующие основные тенденции в использовании НДТМ:

1. На большинстве предприятий имеются интегрированные в технологический процесс методы, позволяющие сократить образование сточных вод и частично снизить их загрязнение: устранение протечек и проливов, наличие ловушек над стоками в полу; на некоторых предприятиях применяются СІР-мойки и сухая мойка оборудования; с целью сокращения расхода воды моечные шланги оборудованы управляемыми вручную пусковыми механизмами.

2. Состав очистных сооружений варьирует от одноступенчатых сооружений механической очистки до сооружений полной биологической очистки сточных вод в искусственных условиях с элементами доочистки от азота и фосфора.

3. Наблюдается тенденция применения механической очистки сточных вод на предприятиях, где используются интегрированные в процесс методы сокращения загрязнения сточных вод и, наоборот, на предприятиях, на которых такие методы не применяются, функционируют более сложные системы очистки сточных вод.

4. Анализ эффективности эксплуатируемых очистных сооружений указывает, что средняя эффективность очистки сточных вод колеблется на уровне 60–70 %, а по ряду показателей – значительно ниже или даже стремится к нулю, что позволяет предположить, что выбор используемых методов очистки не является оптимальным и, вероятно, не учитывает технологическую специфику предприятий.

Водным кодексом Республики Беларусь определено, что водопользователи обязаны внедрять НДТМ, которые в отношении обращения со сточными водами можно охарактеризовать как технологические процессы, методы, порядок организации производства продукции, выполнения работ или оказания услуг, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающие уменьшение и (или) предотвращение поступления загрязняющих веществ в составе сточных вод по сравнению с применяемыми и являющиеся наиболее эффективными для обеспечения нормативов сброса сточных вод при условии экономической целесообразности и технической возможности их применения.

Таким образом, следует найти такой метод (совокупность методов, технологий), который обеспечит сбор и очистку сточных вод до установленных значений при минимально возможных экономических затратах. Критериями, по которым можно выбрать подходящий НДТМ, в общем случае являются: использование малоотходных технологий и менее опасных веществ, материалов и реагентов; возможность восстановления и рециркуляция веществ, образующихся и используемых в процессе очистки; характер, последствия и объем соответствующих выбросов, образования отходов; возможность использования отходов, образующихся в процессе очистки; расход материалов и реагентов, используемых в процессе очистки сточных вод; промышленный опыт применения технологии; энергоэффективность.

Выбор подходящий НДТМ для очистки сточных вод можно при сопоставлении экологических, экономических и технических факторов (рис. 3).

Учитывая разноплановость указанных на рис. 3 факторов, процесс выбора НДТМ является достаточно сложным, но вместе с тем он должен в качестве результата представлять понятные и сопоставимые данные. Предлагаемый алгоритм выбора НДТМ включает следующие этапы, представленные на рис. 4, и предполагающие проведение как качественных, так и количественных оценок.

На начальном этапе определяется проблема, решить которую призвано внедрение НДТМ, например, большой объем водоотведения или регулярное превышение допустимой концентрации загрязняющего вещества или показателя в составе сбрасываемых сточных вод.

Исходя из обозначенной проблемы на втором этапе необходимо определить как можно более широкий перечень «потенциальных» НДТМ, которые могут использоваться для решения проблемы. Формирование перечня НДТМ следует осуществлять на основании пособий по наилучшим доступным техническим методам.



Рис. 3. Факторы выбора технологии очистки сточных вод

На третьем этапе проводится оценка технической осуществимости выбранного НДТМ, которая предполагает, что метод уже используется на аналогичных предприятиях в аналогичных условиях, т.е. имеется реальный практический опыт его применения.

На четвертом этапе проводится качественная оценка экологической эффективности метода: как его внедрение повлияет на иные компоненты природной среды (будет ли увеличен объем образования отходов в виде осадка сточных вод, будет ли метод (технология) сопровождаться выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух), т.е. важно оценить не спровоцирует ли его применение иные проблемы. Таким образом, проводя качественную оценку, можно «отсеять» неподходящие методы и в дальнейшем анализировать оставшиеся.

«Качественная» экологическая оценка предполагает анализ сравнения данных о фактическом применении метода в сопоставимых условиях с текущим состоянием на предприятии и установленными нормативами.

Следующим шагом является переход к третьей «составляющей» НДТМ – экономической, которая предполагает сбор информации о затратах на внедрение метода (технологии). На данном этапе сбор информации должен основываться как на информации производителей и поставщиков природоохранных технологий, так и по возможности на опыте других предприятий, применяющих данный метод (технологии). При этом затраты должны включать: затраты на приобретение основного и вспомогательного (запасного) оборудования, аппаратуры и инструментов, а также их доставку; на установку и монтаж оборудования; эксплуатационные затраты; затраты на охрану окружающей среды; на закупку энергоносителей (электроэнергии, природного газа или других видов топлива); на оплату труда специалистов, эксплуатирующих оборудование.

Заключительным этапом для выбора НДТМ является определение экономической эффективности каждого метода (технологии), т.е. сопоставление затрат, рассчитанных на третьем этапе, и потенциально достигнутого экологического эффекта, что проводится по формуле:

$$KE = \frac{\text{годовые затраты, руб}}{\text{годовое сокращение массы загрязняющего вещества, кг}}$$

Таким образом, проведя эколого-экономическую оценку каждого из потенциальных НДТМ и сравнивая результаты их экономической эффективности по приведенной выше формуле, можно выбрать наилучший метод, обеспечивающий максимальное сокращение воздействия на окружающую среду при минимальных затратах. Важным аспектом качественного проведения оценки по описанному алгоритму является полнота и достоверность используемых данных, а также точность расчетов.

Сбор, накопление и распространение информации о практическом опыте применения НДТМ становится все более актуальным, что требует создания соответствующей базы данных, формируемой прежде всего на основе информации природопользователей и территориальных органов Минприроды о применяемых НДТМ. Это предусмотрено как одно из мероприятий проекта Национального плана действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь до 2025 года. Несмотря на то что проведение оценки методов (технологий) очистки сточных вод по предлагаемой методологии является достаточно трудоемким процессом, это позволит исключить ошибки неправильного выбора методов очистки, повысить ее эффективность и способствовать сохранению качества воды водных объектов.

Заключение. В Республике Беларусь ежегодный объем сброса сточных вод в окружающую среду составляет около 1 млрд м³, при этом около 90 % от общего объема образования сточных вод сбрасывается в поверхностные водные объекты. Основными источниками поступления загрязняющих веществ в водные объекты являются промышленные предприятия, сбрасывающие сточные воды либо напрямую в окружающую среду (в поверхностные водные объекты или в подземные горизонты с использованием методов почвенной очистки сточных вод), либо через централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов. Качество производственных сточных вод зависит как от применяемых технологий производства, сырья, материалов, так и применяемых методов предотвращения образования сточных вод и применяемых технологий их очистки. Для сохранения качества воды водных объектов и учитывая моральный и физический износ, низкую эффективность очистки сточных вод очистных сооружений населенных пунктов, предприятия все чаще сталкиваются с вопросом выбора методов (технологий) очистки сточных вод.

При этом следует учитывать, что исключительно очистные сооружения – это метод «на конце трубы», и он не всегда является оптимальным решением проблемы загрязнения водных объектов. Поиск комбинации интегрированных в процесс производства методов с одновременным применением различных технологий очистки сточных вод позволит найти оптимальное решение с экономической и экологической точек зрения, а также учесть технологические особенности предприятия.

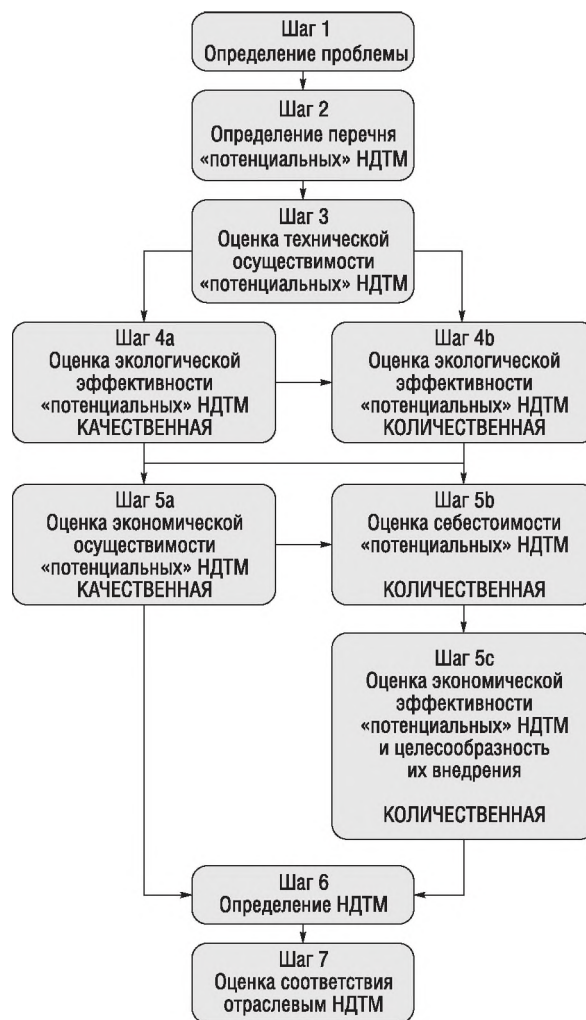


Рис. 4. Алгоритм выбора НДТМ при очистке сточных вод

Указанная концепция носит название «наилучшие доступные технические методы», которые не являются унифицированными и подлежат определению для каждого конкретного предприятия с учетом его особенностей, условий и проблем. Учитывая, что внедрение НДТМ – законодательно закреплённая норма, разработка практических механизмов и методов их подбора становится актуальной задачей практически для каждого предприятия Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Государственный водный кадастр Республики Беларусь [Электронный ресурс]: // РУП «Центр. науч.-исследоват. ин-т комплексного использования водных ресурсов». – Режим доступа: <http://178.172.161.32:8081/watstat/data/>. – Дата доступа: 21.09.2021.
2. Водный кодекс Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь, 30 апреля 2014 г., №149-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь, 16 мая 2014 г. – №2/2147.
3. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь за 2017 год: стат. сб. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/ofitsialnye-publikatsii_17/index_17589/. – Дата доступа: 20.09.2021.
4. Виды экономической деятельности: общегосударственный классификатор Республики Беларусь, ОКРБ 005-2011. – Введ. 01.01.2016/. – Минск: Гос. комитет по стандарт., 2016.
5. Об утверждении формы государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании воды» и указаний по ее заполнению: постановление Национального статистического комитета Республики Беларусь, 11 ноября 2016 г., №169// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
6. Голод, Ю.В. Совершенствование законодательства Республики Беларусь в области учета сточных вод, поступающих в централизованные системы канализации населенных пунктов / Ю.В. Голод, С.А. Дубенок // XVI Междунар. науч.-практ. симпозиум и выставка «Чистая вода России-2021», Екатеринбург 17–20 мая 2021 г. / Рос. науч.-исследоват. ин-т комплексного использования и охраны водных ресурсов; редкол. М.Г. Морозов [и др.]. – Екатеринбург, 2021 – С. 22–30.
7. Reference Document on Best Available Techniques for the Intensive Rearing of Poultry and Pigs / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – July 2003. – P. 383.
8. Reference Document on Best Available Techniques for the Refining of Mineral Oil and Gas Text / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – October 2014. – P. 654.
9. Reference Document on Best Available Techniques for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector Text / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – August, 2016. – P. 664.
10. Reference Document on Best Available Techniques for the Large Volume Inorganic Chemical – Ammonia, Acids and Fertilisers / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – August, 2007. – P. 446.
11. Reference Document on Best Available Techniques for the Ferrous Metals Processing Industry / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – December, 2001. – P. 538.
12. Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Pulp, Paper and Board / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – July, 2015. – P. 906.
13. Reference Document on Best Available Techniques for the Large Combustion Plants / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – July, 2006. – P. 618.
14. Reference Document on Best Available Techniques for the Food, Drink and Milk Industries Text / Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). – August, 2006. – P. 682.
15. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Классификация очистных сооружений сточных вод: гос. стандарт Респ. Беларусь, СТБ 17.06.02-03-2015. – Введ. 01.12.2015/ – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 32 с.
16. Охрана окружающей среды и природопользование. Наилучшие доступные технические методы для производства продуктов питания, напитков и молока: пособие в области охраны окружающей среды: П-ООС 17.02-03-2012. – Минск, Центр по наил. дост. техн. методам, 2012. – 707 с.

Поступила 13.10.2021