

АНАЛИЗ ОБЪЕМОВ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И. И. Полоз, кандидат сельскохозяйственных наук

А. И. Чухольский, научный сотрудник

С. Н. Рожко, научный сотрудник

*Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация

Представлен анализ объемов осадков сточных вод, образующихся в результате деятельности основных отраслей промышленности Республики Беларусь. Рассмотрены ключевые источники загрязнения. Установлено, что основную массу образующихся осадков составляют осадки производственных сточных вод предприятий пищевой промышленности: от общего объема осадков в 2019 и 2020 гг. это составило 50,0 и 70,7 % соответственно. Наименьший объем осадков приходится на горнодобывающую промышленность – 2,2 т (или 0,003 %).

Ключевые слова: *сточные воды, осадок сточных вод, промышленность, объемы образования, экологический мониторинг, производственные отходы, статистический анализ.*

Abstract

I. I. Poloz, A. I. Chukhol'skiy, S. N. Rozhko

ANALYSIS OF SEWAGE SLUDGE VOLUMES RESULTING FROM THE ACTIVITIES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

An analysis of the volumes of sewage sludge generated as a result of the activities of the main industries of the Republic of Belarus presents. Key sources of pollution are considered. It was established that the bulk of the sludge generated in the republic is sludge from industrial wastewater of food industry enterprises, which amounted to 50.0 and 70.7% of the total sludge volume in 2019 and 2020, respectively. The smallest volume of sludge comes from the mining industry, 2.2 tons, which is 0.003%.

Keywords: *sewage, sewage sludge, industry, generation volumes, environmental monitoring, industrial waste, statistical analysis.*

Введение

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов приобретает в наши дни все большее значение. Увеличение количества образующихся отходов, в том числе и осадков сточных вод (далее – ОСВ), их безопасное размещение в окружающей среде является актуальной задачей как для коммунальных систем очистки сточных вод (далее – СВ), так и для производственных и перерабатывающих предприятий различных форм собственности. Образование ОСВ связано с различными процессами, происходящими в производстве, и может оказывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

За период с 2016 по 2019 гг. объем воды, использованной промышленными предприятиями Беларуси, составил от 190 до 196 миллионов кубических метров [1], что свидетельствует о необходимости повышения эффективности

процессов обработки СВ, так как их очистка и утилизация представляют собой ключевые элементы управления водными ресурсами.

Одним из основных видов отходов, возникающих в процессе очистки СВ, являются осадки. ОСВ очистных сооружений принадлежит к числу крупнотоннажных и ежедневных отходов городских населенных пунктов. Под ОСВ следует понимать твердую фракцию СВ, состоящую из органических и минеральных веществ, выделенных в процессе очистки СВ методом отстаивания (сырой осадок), и комплекса микроорганизмов, участвовавших в процессе биологической очистки СВ и выведенных из технологического процесса (избыточный активный ил) [2]. Годовой объем образования ОСВ в Беларуси превышает 2 млн тонн [3]. Весь этот объем (95–96 %) практически не вовлекается в хозяйственный оборот, накапливаясь на площадках очистных

сооружений или специально отведенных территориях [4]. В настоящее время наблюдается критическая ситуация: большинство иловых площадок переполнены, и дальнейшее расширение площадей под складирование ОСВ практически невозможно [5]. По состоянию на конец 2023 г. накоплено не менее 13,7 млн тонн влажных ОСВ, что делает экологический мониторинг объемов образования, а также разработку и внедрение эффективных и экологически безопасных технологий их переработки особенно актуальной задачей [6].

Накапливаясь в больших объемах на иловых картах, осадки формируют крупные очаги загрязнения прилегающих территорий, явля-

Материалы и методы исследований

Объем образования ОСВ определяли по данным от основных отраслей промышленности Республики Беларусь за 2019 и 2020 гг. Государственная статистическая отчетность (форма отчетности 1-отходы (Минприроды) «Отчет об обращении с отходами производства») за 2019–2020 гг. использована в качестве первичного источника данных, полученных из официального архива Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия Бел НИЦ «Экология». Обработка ма-

Основная часть

В Беларуси учет ОСВ ведется на уровне субъектов хозяйствования, на уровне территориальных образований и республики в целом. На основании Общегосударственного классификатора Республики Беларусь 021-2019 (далее – ОКРБ) организован учет образующихся отходов, проводится инвентаризация отходов производства, разрабатываются инструкции по обращению с отходами, выдаются разрешения на хранение и захоронение отходов производства, а также составляется государственная статистическая отчетность в области обращения с отходами [7].

При организации учета ОСВ на предприятиях как одного из видов отходов в соответствии с действующим ОКРБ 021-2019 необходимо руководствоваться положениями Технического кодекса установившейся практики 17.02-12-2014 «Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок ведения учета в области охраны окружающей среды

ясь стабильными источниками органических, минеральных и биологических загрязнений всех компонентов биосферы, включая поверхностные и подземные воды [4]. Различные виды загрязнителей (химические элементы и их соединения, микробные агенты) оказывают воздействие на водную биоту и трансформируют сообщества гидробионтов.

Объемы образования ОСВ от основных отраслей промышленности Республики Беларусь требуют тщательного анализа и мониторинга. Поэтому целью данного исследования является определение объема образования ОСВ от основных отраслей промышленности нашей страны.

Материалов проводилась с использованием программного обеспечения *Microsoft Excel 2019*.

Расчет доли каждой отрасли промышленности в общем объеме образования ОСВ для каждого года определяли по формуле (1):

$$W_i = (V_i / \Sigma V) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где W_i – доля i -й отрасли в общем объеме образования ОСВ;

V_i – объем ОСВ, образуемый в i -й отрасли;

ΣV – суммарный объем образования ОСВ по всем рассмотренным отраслям.

и заполнения форм учетной документации в области охраны окружающей среды» (далее – ТКП 17.02-12-2014) [8].

На основании информации, которая заносится в журналы учета соответствующих предприятий по формам ПОД-9, ПОД-10 ТКП 17.02-12-2014, представляется форма государственной статистической отчетности 1-отходы (Минприроды) «Отчет об обращении с отходами производства», утвержденной Постановлением № 103 Национального статистического комитета Республики Беларусь от 10 октября 2018 г.

Для анализа количества образующихся и накопленных ОСВ руководствуются данными, поданными собственниками, эксплуатирующими очистные сооружения СВ, и отраженными в вышеназванной государственной статистической отчетности.

Госстатотчетность 1-отходы представляют юридические лица, обособленные подразде-

ления юридических лиц, имеющие отдельный баланс, осуществляющие деятельность, связанную с обращением с отходами производства (кроме юридических лиц, обособленных подразделений юридических лиц, имеющих отдельный баланс, у которых образуются только отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения, незагрязненные отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства, отходы упаковочных бумаги, картона, гофрокартона, отработанные люминесцентные трубки и ртутные лампы – при общем объеме таких отходов 50 и менее т в год).

В отчете отражаются объемы отходов, образующихся как в собственном производстве, так и отходов, полученных от других организаций в соответствии с ОКРБ 021-2019.

Юридические лица, обособленные подразделения юридических лиц, имеющие отдельный баланс, составляют отчет, включая данные по входящим в их структуру подразделениям, не имеющим отдельного баланса, расположенным на одной с ними территории (в районах, городах областного подчинения, Минске).

Юридические лица, обособленные подразделения юридических лиц, имеющие отдельный баланс, в структуре которых имеются подразделения, не имеющие отдельного баланса, расположенные на других территориях (в районах, областных городах и столице Беларуси), составляют отдельный отчет по всем структурным подразделениям, не имеющим отдельного баланса, находящимся в пределах одной территории, при этом в реквизите «Сведения о респонденте» по строке «Территория нахождения структурного подразделения» указывается фактическое место нахождения данных подразделений (район, город областного подчинения, г. Минск).

Анализ информации, представленной РУП «Бел НИЦ «Экология», охватывает основные отрасли, такие как пищевая промышленность, легкая промышленность, нефтехимическая промышленность, горнодобывающая промышленность, деревообрабатывающая и прочие (машиностроение, производство строительных материалов и медицина).

На сегодняшний день Беларусь является одним из ведущих мировых экспортеров *про-*

довольствия; она занимает самые высокие места по поставкам отдельных его видов: в частности, в 2019 г. – четвертое место в мире по экспорту сухого обезжиренного молока, седьмое место – по экспорту масла животного, девятое место – по экспорту сухого цельного молока, десятое место – по экспорту сыров и творога. За 2020 г. экспорт сельскохозяйственной продукции и продуктов питания составил 5,8 млрд долл. США, а доля этой продукции в общем объеме экспорта Беларуси составила 19,9 %. В настоящее время производственные предприятия пищевой промышленности выпускают мясную и молочную продукцию, шоколад, детское питание, сахар, соки, алкоголь, солод [9]. Основные загрязняющие вещества от данной промышленности включают органические соединения, жиры и белки.

Нефтехимическая промышленность на территории нашей страны представлена производственной деятельностью по изготовлению кокса, продуктов нефтепереработки, химических продуктов, производству резиновых и пластмассовых изделий, которую осуществляет ряд предприятий, объединенных в концерн «Белнефтехим». Организации, входящие в его состав, формируют около 20 % промышленной продукции Беларуси, производят более 500 видов нефтехимической и химической продукции, которая экспортируется почти в 95 стран мира [10]. Основные компоненты осадков включают тяжелые металлы и токсичные органические соединения.

Общая структура *лесопромышленного комплекса* Республики Беларусь представлена следующими отраслями: лесозаготовительная (13,5 % от общего объема выпуска продукции), деревообрабатывающая (69,5 %), целлюлозно-бумажная (16,4 %) и лесохимическая промышленность (0,6 %). Основные районы заготовок древесины расположены в Витебской, Гомельской, Минской и Брестской областях. Так, государственный концерн «Беллесбумпром» объединяет 49 различных предприятий, которые обеспечивают около 70 % переработки древесины и примерно 45 % мебельного производства в стране. Важной частью лесопромышленного комплекса является и фанерное производство. Производство древесностружечных и древесноволокнистых плит сосредоточено на предприятиях, распо-

ложенных в Бобруйске, Витебске, Борисове, Пинске, Мостах, Речице, Ивацевичах [11].

Отрасль легкой промышленности Беларуси – это почти 2 тыс. организаций с общей численностью более 82 тыс. сотрудников (по предварительным данным за 2023 г.) [12]. На этих предприятиях образуется не только осадок от биологической очистки производственных сточных вод, но и осадки сетей хозяйственно-фекальной канализации. По уровню потребления населением продукция легкой промышленности занимает третье место после продовольственных товаров и расходов на транспорт.

Горнодобывающая промышленность – это вид экономической деятельности в промышленности, который включает добычу полезных ископаемых, встречающихся в природе в виде твердых пород (уголь и руда), в жидком состоянии (нефть) или в газообразном состоянии (природный газ). Добыча полезных ископаемых может осуществляться способами подземной и открытой разработки месторождений, а также путем эксплуатации скважин [13].

При добыче полезных ископаемых лишь около 3 % руд используется как конечный продукт. Остальные 97 % добываемого сырья – отходы и промышленные сбросы, которые хранятся на территории горнодобывающих предприятий в виде отвалов. Они создают экологическую опасность для почв, поверхностных и подземных вод за счет миграции химических элементов.

В связи с осушением месторождений и сбросом дренажных и сточных вод (отходов переработки полезных ископаемых) в поверхностные водоемы и водотоки резко изменяются гидрогеологические и гидрологические условия в районе месторождения, ухудшается качество подземных и поверхностных вод [14].

Основными химическими веществами, входящими в состав подотвальных вод, являются сульфаты, чье высокое содержание снижает эффективность работы очистных сооружений, приводит к регулярно возникающим гипсовым отложениям в оборудовании, а также загрязнению водоемов и почв из-за сложного процесса очистки.

Анализ объемов образования производственных ОСВ от основных отраслей промыш-

ленности Республики Беларусь за 2019 г. показал, что основную массу осадков составляют ОСВ предприятий пищевой промышленности – 44 535,03 тонны, что составляет 58, 0% от общего объема образования осадков (см. рис. 1). Это свидетельствует о значительном объеме сточных вод, генерируемых пищевой промышленностью, и, следовательно, о потенциально высокой антропогенной нагрузке на окружающую среду. Наименьший объем осадков приходится на горнодобывающую промышленность – 2,2 тонны (0,003 % от общего объема). Нефтехимическая и деревообрабатывающая промышленность занимают промежуточное положение, на их долю приходится 21,5 и 20,1 % соответственно. Группа «Прочие отрасли промышленности» (машиностроение, производство строительных материалов и др.) составляет незначительную долю – 0,297 %.

Анализ результатов оценки количества образованных осадков производственных СВ по основным видам промышленности за 2020 г. в Беларуси показал, что их основную массу, как и в 2019 г., составляют осадки производственных СВ предприятий пищевой промышленности – 44 729,82 т, или 70,7 % от общего объема образования осадков за 2020 г. (см. рис. 2).

Наименьший объем осадков, как и в 2019 г., приходится на горнодобывающую промышленность, – 2,2 т (0,003 %). На нефтехимическую и деревообрабатывающую промышленность приходится по 15,8 и 13,1 % соответственно от общего объема образования осадка производственных сточных вод; на прочие отрасли промышленности – 0,107 % ОСВ.

В целом проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости дальнейшего мониторинга и совершенствования системы управления ОСВ в Республике Беларусь, а также о разработке и реализации программ по снижению объемов и степени загрязнения сточных вод от основных отраслей промышленности.

Для дальнейшего снижения объемов образования ОСВ от основных отраслей промышленности в нашей стране необходимо внедрять современные технологии очистки СВ, стимулировать предприятия к использованию ресурсосберегающих технологий и повышению уровня ответственности за состояние окружающей среды.

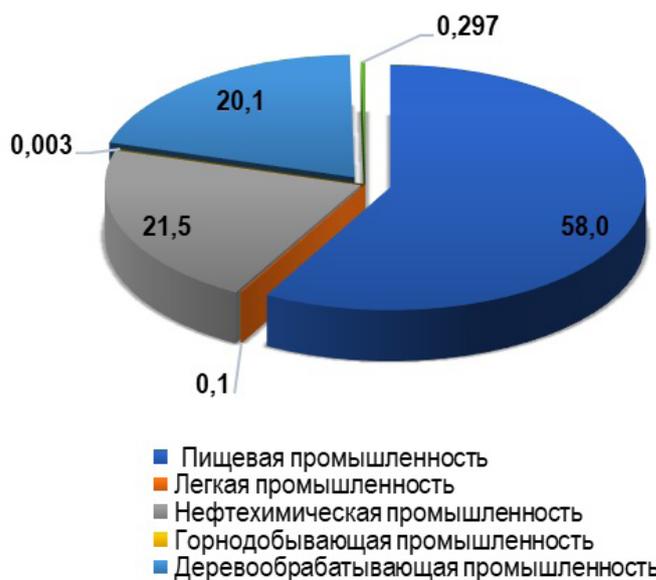


Рис. 1. Анализ образования осадков сточных вод по основным отраслям производства в Республике Беларусь (2019 г.), %



Рис. 2. Анализ образования осадков сточных вод по основным отраслям производства в Республике Беларусь (2020 г.), %

Заключение

Результаты исследования показали, что наиболее значительными источниками загрязнения являются пищевая, нефтехимическая и деревообрабатывающая промышленности, которые вносят основной вклад в образование осадков, содержащих опасные для экологии вещества.

Анализ объемов ОСВ, образующихся в результате деятельности промышленных предприятий Республики Беларусь, показал, что в 2019 и 2020 гг. осадки, образующиеся на предприятиях пищевой промышленности, составили 50,0 и 70,7 % от общего объема осадков

соответственно. В то же время горнодобывающая промышленность внесла наименьший вклад в образование осадков, составив всего 2,2 тонны, что эквивалентно 0,003 % от общего объема как в 2019-м, так и в 2020 году.

Эти данные подчеркивают необходимость разработки эффективных стратегий управления ОСВ, особенно в секторах с высоким уровнем их образования. Поэтому мониторинг и контроль за состоянием СВ и образованием осадков должны стать приоритетными направлениями в области охраны окружающей среды.

Библиографический список

1. Состояние природной среды Беларуси / Р. В. Михалевич [и др.]; под общ. ред. М. А. Ересько. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2020. – 101 с.
2. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений : ГОСТ Р 17.4.3.07–2001. – Введ. 23.01.2001. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 5 с.
3. Вага, И. И. Утилизация органических отходов в ЖКХ / И. И. Вага // Наука и инновации. – 2022. – № 5 (231). – С. 17–21.
4. Ануфриев, В. Н. Оценка перспектив утилизации осадков сточных вод для получения биотоплива на основе выращивания древесных энергетических культур / В. Н. Ануфриев, О. И. Родько, П. Н. Захарко // Природопользование и экологические риски : материалы науч.-пр. конф., 5 июня 2019 г., г. Минск / Белорус. гос. технолог. ун-т. – Минск, 2019. – С. 84–88.
5. Марцуль, В. Н. Обращение с осадками очистных сооружений канализации в Республике Беларусь / В. Н. Марцуль, И. В. Войтов // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления : материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., 19–21 окт. 2016 г., г. Минск / Белорус. гос. технолог. ун-т ; гл. ред. И. В. Войтов. – Минск, 2016. – С. 5–8.
6. Басалай, Е. Н. Пригодность осадков сточных вод, образующихся в городах Беларуси, для использования в качестве удобрений / Е. Н. Басалай // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны : материалы Междунар. науч. эколог. конф., посвящ. 100-летию КубГАУ, 29–31 марта 2022 г., г. Краснодар / Кубан. гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина; редкол.: А. Г. Кощяев. – Краснодар, 2022. – С. 19–21.
7. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. – Минск : Энергопресс, 2019. – 286 с.
8. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок ведения учета в области охраны окружающей среды и заполнения форм учетной документации в области охраны окружающей среды : ТКП 17.02-12-2014 (02120). – Введ. 03.03.2014. – 29 с.
9. Пищевая промышленность. Производство продуктов питания, напитков и табачных изделий [сайт]. – Минск, 2025. – URL: <https://president.gov.by/ru/belarus/economics/osnovnyye-otrasli/promyshlennost/pishhevaya> (дата обращения: 10.01.2025).
10. Нефтехимическая промышленность [сайт]. – Минск, 2025. – URL: <https://president.gov.by/ru/belarus/economics/osnovnyye-otrasli/promyshlennost/neftehimicheskaja> (дата обращения: 10.01.2025).
11. Деревообработка [сайт]. – Минск, 2025. – URL: <https://zavodfoto.livejournal.com/6513790.html> (дата обращения 10.11.2024).
12. Лёгкая промышленность [сайт]. – Минск, 2025. – URL: <https://president.gov.by/ru/belarus/economics/osnovnyye-otrasli/promyshlennost/liogkaya> (дата обращения 10.11.2024).
13. Шавель, А. Н. Горнодобывающая промышленность Беларуси / А. Н. Шавель // География производственных комплексов Республики Беларусь : сб. ст. / БГУ, географ. ф-т ; сост.: А. Н. Шавель. – Минск, 2018. – С. 12–21.
14. Шимова, О. С. Проблемы оценки экологизации производства и потребления / О. С. Шимова // Белорус. эколог. журн. – 2005. – № 1. – С. 21–24.

Поступила 27 февраля 2025 г.