

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГЕТТА ОКСАНА СЕРГІЇВНА

УДК 628.31

ДИСЕРТАЦІЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ
ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ ОЧИЩЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ РІДКИХ
ВІДХОДІВ

101 – Екологія

10 – Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

 О.С.Гетта

Ідентичність за змістом
з іншими примірниками
дисертації засвідчую
Вчений секретар НТУ «ХПІ»
проф. Заковеротний О.Ю.

Науковий керівник:
Шестопалов Олексій Валерійович
кандидат технічних наук, доцент



Харків 2021

АНОТАЦІЯ

Гетта О. С. Підвищення екологічної безпеки харчових виробництв шляхом очищення та утилізації рідких відходів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – «Екологія». – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Харків, 2021.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі Хімічної техніки та промислової екології Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Об'єктом дослідження є процеси очищення стічних вод харчових виробництв з порівнянням ефективності методів очищення стічних вод після миття картоплі для підвищення екологічної безпеки підприємств.

Предмет дослідження – рішення питань екологічної безпеки при очищенні стічних вод харчових підприємств та розробці обґрунтованої схеми очищення стічних вод після миття овочевої продукції.

Дисертаційне дослідження присвячене пошуку раціональних умов очищення стічних вод до норм водовідведення у міську каналізацію, а також пошук інноваційних екологічно безпечних рішень щодо вторинного їх використання на виробництві шляхом повторного їх використання із застосуванням фізико-хімічних методів коагуляції розчинних та завислих домішок, а також флокуляції дрібнодисперсних часток забруднень води з подальшим її освітленням.

У вступі обґрунтовано наукову актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі, визначено об'єкт, предмет і методи

дослідження, показано зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано наукову новизну та наведено практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ присвячено комплексному аналізу науково-технічної інформації щодо сучасних методів очистки, стічних вод харчових та підприємств. Визначено основні фактори впливу на навколишнє природне середовище стічних вод харчової промисловості. Проаналізовані сучасні методи очищення стічних вод.

Виявлено, що складність очищення таких стічних вод обумовлена полідисперсним складом забруднень та поєднанням органічних, неорганічних розчинних і нерозчинних сполук, які утворюють стійкі колоїди та дисперсні системи.

Встановлений перспективний метод підвищення екологічної безпеки підприємств харчової та переробної галузі є створення замкнених водооборотних схем та повторного використання очищеної води у виробництві, наприклад, для миття овочевої продукції.

У другому розділі проаналізовано склад стічних вод, харчових виробництв, описані методи відбору проб та методики дослідження характеристик води та способів експериментальної їх очищення в лабораторних умовах. Описані характеристики зразків реальних стічних вод виробництва картопляних чипсів, в результаті аналізу були встановлені, основні забруднюючі речовини. Склад стічних вод і їх властивості оцінювались за результатами санітарно-хімічного аналізу. Було запропоновано методику експериментального дослідження по очищенню стічних вод озонуванням. Всі експериментальні роботи з модельними зразками стічних вод проводилися в лабораторії кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХПІ» та також в лабораторії кафедри промислової та біомедичної електроніки.

Третій розділ присвячений результатам досліджень способів очищення стічних вод після миття овочей та аналізу закономірностей коагуляції та флокуляції модельних зразків стічних вод. Визначені розрахункові

залежності з отриманих результатів експерименту, які свідчать що концентрація озону впливає значно сильніше ніж час обробки, а також для менших концентрацій, що після 5 хвилин обробки починається різке зменшення показників загального мікробного числа.

У четвертому розділі були встановлені закономірності очищення стічних виробництва картопляних чипсів. За отриманими аналітичними даними надані такі висновки:

- проведено аналіз зразків стічних вод виробництва картопляних чипсів;
- встановлені методи очистки, які дозволяють отримати прозору воду, придатну до повторного використання для миття картоплі;
- визначено що для порушення стійкості дисперсної системи виявився коагулянт – сульфат алюмінію в кількості 250 мг/л. Для інтенсифікації осідання с коагульованих пластівців завислих часток підібрано неіоногенний флокулянт, який рекомендовано дозувати після введення коагулянту в кількості по 2,5 мл/л;
- встановлено залежність зміни швидкості осадження флокул від кількості флокулянту;
- проведено аналіз освітленої води, який свідчить про зниження концентрації завислих часток до 26 мг/л та зменшення ХСК та БСК₅ до значень 262 мг/л та 176 мг/л відповідно;
- запропоновано схему очищення стічної води після миття картоплі, яка складається з попереднього проціджування, реагентної обробки, освітлення води та зневоднення осаду.

У п'ятому розділі наведено науково-обґрунтовані рекомендації вибору технології обробки стічних вод харчових виробництв задля зменшення негативного впливу на довкілля та вторинного використання стічної води.

Запропонована екологічно безпечна технологічна схема очищення стічної води з можливістю її вторинного використання після миття

плодоовочевої продукції. Запропоновано рекомендації щодо екологізації харчових виробництв.

Ключові слова: флокуляція, коагуляція, екологізація виробництва, стічні води, екологічна безпека, виробництво картопляних чипсів, відстоювання, завислі частинки, фізико-хімічні методи очищення, озонування.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Шестопапов О.В., Гетта О.С., Рикусова Н.І. Сучасні методи очищення стічних вод харчової промисловості. *Екологічні науки*: 2019. Випуск №2 (25). С. 20–27.

2. Гетта О. С. Підвищення екологічної безпеки стічних вод харчових виробництв озонуванням шляхом очищення (знезараження). *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер.: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. зб. наук. пр. 2021. Харків: НТУ «ХПІ». №1.С. 24-29.

3. Hetta O., Shestopalov O., Duhanets V., Shubravskaya O., Rudkovskiy O., Paraniak N., Riazanova-Khytrovska N., Maksimenko O. Increase of ecological safety of production of chips by development of method of cleaning and recycling wastewaters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4, № 10 (112). P. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238732> (Scopus).

4. Shestopalov O., Briankin O., Rykusova N., Hetta O., Raiko V., Tseitlin M. Optimization of floccular cleaning and drainage of thin dispersed sludges. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2020. Vol. 3. P. 75–86. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001239> (Scopus).

Опубліковані праці апробаційного характеру:

5. Гетта О. С., Шестопапов О. В. Аналіз складу стічних вод підприємств з переробки овочів. *Теоретичні та практичні дослідження*

молодих вчених: матеріали XII міжнар наук.-практ. конф, м. Харків, 17–20 квіт. 2018р. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. С. 22

6. Гетта О. С., Шестопапов О. В. Аналіз впливу стічних вод харчової промисловості на довкілля. *5-й Міжнар. конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018.. С. 140.

7. Рикусова Н. І., Гетта О. С., Шестопапов О. В. Очищення стічних вод промислових підприємств за допомогою методу коагуляції та флокуляції. *Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland : International Multidisciplinary Conference*, 19–20 October 2018. Wolomin, 2018. P. 120–123.

8. Шестопапов А. В., Рыкусова Н. И., Брянкин А. С., Гетта О. С. Разработка структуры исследования агрегатообразования при очистке промышленных сточных вод от взвешенных частиц. *Natural sciences: history, the present time, the future, eu experience : international scientific and practical conference*, 2019, Wloclawek, September 27–28. P. 94–98.

9. Гетта О. С., Шестопапов О. В., Рикусова Н. І. Класифікація та загальна характеристика забруднюючих речовин у стічних водах харчової промисловості. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доп. XXVII міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Харків, 15–17 травня 2019 р. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. С. 29.

10. Гетта О. С., Шестопапов О. В. Методи та технології очищення стічних вод харчової промисловості. Пленері з питань природничих наук: матеріали III-го всеукр. наук.-практ. конф, м. Одеса, 20-22 червня 2019 р. Одеса: ОДЕКУ, 2019. С. 21.

11. Гетта О.С. Шестопапов О. В., Аліфіренко, О.В. Шляхи підвищення екологічної безпеки шляхом повторного використання стічної води на підприємствах переробки овочів та фруктів. *XIII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні*

та практичні дослідження молодих науковців» (19–22 листопада 2019 року): матеріали конференції / за ред. проф. Є.І. Сокола. Харків : НТУ «ХП», 2019. С. 550–551.

12. Рикусова Н. І., Шестопапов О. В., Гетта О. С. Розрахунок захоронення відходів газовидобутку. *Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали VII всеукр. наук. – техн. конф.*, м. Суми, 21–24 квіт. 2020 р. Суми : Сумський державний університет, 2020. С. 185–186.

13. Гетта О. С., Шестопапов О. В., Рикусова Н. І. Фізико-хімічні методи очищення стічних вод на підприємствах харчової промисловості. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. XXVIII міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Харків, 28–30 жовт. 2020 р.). Харків: НТУ «ХП», 2020. С. 14.

14. Гетта О.С., Шестопапов О. В. Створення замкнених водооборотних систем на підприємствах харчової промисловості. *Актуальні проблеми науковопромислового комплексу регіонів : матеріали VI всеукр. наук.-практ. конф.*, м. Рубіжне, 13–17 квіт. 2020 р. Рубіжне, 2020. С. 66–68.

15. Гетта О.С., Шестопапов О. В. Порівняльна характеристика методів очищення стічних вод промислових підприємств. *Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів : матеріали VI міжнар. наук.-техн. конф. ТК-2020*, м. Луцьк, 2–4 черв. 2020 р. Луцьк: Луцький нац. техн. університет, 2020. С.74–75.

16. Гетта О.С., Шестопапов О. В. Коагуляційно-флокуляційне очищення стічних вод промислових підприємств. *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених матеріали XIV міжнар наук.-практ. конф.*, м. Харків, 1–4 грудня 2020 р. Харків : НТУ «ХП», 2020. С. 369.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. Шестопапов А. В., Брянкин А. С., Рыкусова Н. И., Гетта О. С. Оптимизация процесса флокуляции очистки промышленных сточных вод.

Scientific Journal «*ScienceRise*». 2019. №12(65). С. 55–59.
<https://doi.org/10.15587/2313-8416.2019.189708>.

18. Shestopalov O., Briankin O., Tseitlin M., Raiko V., Hetta O. Studying patterns in the flocculation of sludges from wet gas treatment in metallurgical production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 5, № 10 (101). P. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181300> (Scopus).

19. Shestopalov O., Rykusova N., Hetta O., Ananieva V., Chynchyk O. Revealing patterns in the aggregation and deposition kinetics of the solid phase in drilling wastewater. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2019. №1/10 (97). P. 50–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.157242> (Scopus).

SUMMARY

Hetta O. Increasing the ecological safety of food industries by cleaning and utilizing liquid wastes. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of philosophy in specialty 101 – «Ecology». – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» of the Ministry of education and science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The dissertation work was performed at the Department of Chemical Engineering and Industrial Ecology of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» Ministry of Education and Science of Ukraine.

The object of the study – the processes of wastewater treatment of food production with a comparison of the effectiveness of wastewater treatment methods after washing potatoes to improve the environmental safety of enterprises.

The subject of the research – solving the issues of environmental safety in wastewater treatment of food enterprises and the development of a well-founded scheme of wastewater treatment after the washing of vegetable products.

The dissertation research is devoted to the search for rational conditions for wastewater treatment up to the standards of water disposal in urban sewers, as well as the search for innovative environmentally friendly solutions for their secondary use in production by reusing them using physico-chemical methods of coagulation of soluble and suspended impurities, as well as flocculation of fine particles of water pollution with its subsequent clarification.

The introduction provides the scientific relevance of the dissertation work, formulates the goal and objectives, identifies the object, subject and research methods, shows the connection of the work with scientific topics, formulates the scientific novelty and gives practical significance of the obtained results.

The first section is devoted to a comprehensive analysis of scientific and technical information on modern methods of treatment of wastewater of food industry and enterprises. The main factors of influence on the environment of

sewage waste water of the food industry. Modern methods of wastewater treatment are described.

It was found that the complexity of such wastewater treatment is caused by the polydispersed composition of the clogs and the combination of organic, inorganic impure and non-pure spolls that form stable colocations and dispersed systems.

The established promising method for increasing environmental safety of food and processing enterprises is the creation of closed water circulation schemes and reuse of treated water in production, for example, for washing vegetable products.

In the second section the composition of wastewater, food production, described methods of sampling and methods of research of water characteristics and experimental methods of their purification in laboratory conditions. Described the characteristics of real wastewater samples of potato chips production, as a result of the analysis were established, the main pollutants. The composition of wastewater and its properties were evaluated by the results of sanitary and chemical analysis. A method of experimental works with model samples of wastewater were carried out in the laboratory of the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology NTU "KPI" (the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute") as well as in the laboratory of the Department of Industrial and Biomedical Electronics.

The third section is devoted to the results of investigations of wastewater treatment methods after washing of vegetables and analysis of patterns of coagulation and flocculation of wastewater model samples. The estimated dependencies from the obtained results of the experiment indicate that the concentration of ozone affects significantly more strongly than the treatment time, as well as for lower concentrations that after 5 min. of treatment a sharp decrease in the indicators of the total microbial number begins.

In the fourth section the laws of purification of wastewater production of potato chips were established. The obtained analytical data provided the following conclusions:

- an analysis of wastewater samples from the potato chip production facility was carried out;
- the methods of coagulation-flocculation purification, which allow obtaining clear water that is suitable for reuse for washing potatoes, have been established;
- it was found that the coagulant – aluminum sulfate in the amount of 250 mg/l. was used to impair the stability of the disperse system. In order to intensify the coagulation of coagulated strata of suspended particles a non-ionic flocculant was selected, which is recommended to be dosed after the introduction of the coagulant in the amount of 2.5 ml/l;
- the dependence of changes in the flocculant precipitation rate on the amount of flocculant has been established;
- the analysis of the clarified water showed a decrease in the concentration of suspended solids to 26 mg/l and a decrease in COC (Chemical Oxygen Consumption) and BSA 5 (Biochemical Consumption of Acid) to 262 mg/l and 176 mg/l, respectively;
- the scheme of wastewater treatment after washing of potatoes, which consists of preliminary treatment, reagent treatment, clarification of water and sludge removal, has been proposed.

The fifth section contains scientific and substantiated recommendations for selecting the technology of wastewater treatment for food production facilities in order to reduce the negative impact on the docklands and secondary use of wastewater.

The ecologically safe technological scheme of wastewater treatment with the possibility of its reuse after washing fruit and vegetable products. Recommendations on ecologization of food production are provided.

Key-words: flocculation, coagulation, ecologization of production, wastewater, environmental safety, potato chips production, sorption, suspended particles, physical and chemical purification methods, ozonization.

Scientific works in which the main scientific results are published:

1. Shestopalov O., Hetta O., Rykusova N. Suchasni metody ochyshchennia stichnykh vod kharchovoi promyslovosti. *Ekolohichni nauky*. 2019. Vypusk №2, (25). S. 20–27.
2. Hetta O. Pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky stichnykh vod kharchovykh vyrobnytstv ozonuvanniam shliakhom ochyshchennia (znezarazhennia). *Visnyk Natsional nohotekhnichnoho universytetu «KHPI»*. Ser.: *Innovatsiyni doslidzhennya u naukovykh robotakh studentiv. zb. nauk. pr.* 2021. Kharkiv: NTU «KHPI». №1. S. 24-29.
3. Hetta O., Shestopalov O., Duhanets V., Shubravska O., Rudkovskyi O., Paraniak N., Riazanova-Khytrovska N., Maksimenko O. Increase of ecological safety of production of chips by development of method of cleaning and recikling wastewaters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4, № 10 (112). P. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238732> (Scopus).
4. Shestopalov O., Briankin O., Rykusova N., Hetta O., Raiko V., Tseitlin M. Optimization of floccular cleaning and drainage of thin dispersed sludges. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2020. Vol. 3. P. 75–86. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001239> (Scopus).

Published works of approbation nature:

5. Hetta O. S., Shestopalov O. V. Analiz skladu stichnykh vod pidpriemstv z pererobky ovochiv. *Teoretychni ta praktychni doslidzhennia molodykh vchenykh: materialy XII mizhnar nauk.-prakt. konf*, m. Kharkiv, 17–20 kvit. 2018r. Kharkiv: NTU «KhPI», 2018. S. 22
6. Hetta O., Shestopalov O. Analiz vplyvu stichnykh vod kharchovoi promyslovosti na dovkillia. *Zakhyst navkolyshnoho seredovyscha. 5-y Mizhnar. konhres «Zakhyst navkolyshn'oho seredovyscha. Enerhooshchadnist'. Zbalansovane pryrodokorystuvannya»*. - L'viv: Vydavnytstvo L'vivs'koyi politekhniky, 2018., 2018. S. 140.

7. Rykusova N. I., Hetta O. S., Shestopalov O. V. Ochyshchennia stichnykh vod promyslovykh pidpriemstv za dopomohoiu metodu koahuliatsii ta flokuliatsii. *Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland : International Multidisciplinary Conference*, 19–20 October 2018. Wolomin, 2018. P. 120–123.

8. Shestopalov A., Rykusova N., Briankyn A., Hetta O. Razrabotka struktury yssledovanyia ahrehatoobrazovanyia pry ochystke promyshlennykh stochnykh vod ot vzveshennykh chastyts. *Natural sciences: history, the present time, the future, eu experience : international scientific and practical conference*, 2019, Wloclawek, September 27–28. R. 94–98.

9. Hetta O., Shestopalov O., Rykusova N. Klasyfikatsiia ta zahalna kharakterystyka zabrudniuiuchykh rehovyn u stichnykh vodakh kharchovoi promyslovosti. *Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia : tezy dop. XXVII mizhnar. nauk.-prakt. konf., m. Kharkiv, 15–17 trav. 2019r.* Kharkiv: NTU «KhPI», 2019. S. 29.

10. Hetta O., Shestopalov O. Metody ta tekhnolohii ochyshchennia stichnykh vod kharchovoi promyslovosti. *Materialy III-ho vseukr. nauk.-prakt. konf, m.Odesa, 20-22 chervnia 2019 r.* Odesa: ODEKU, 2019.S. 21.

11. Hetta O., Shestopalov O., Alifirenko, O. Shliakhy pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky shliakhom povtornoho vykorystannia stichnoi vody na pidpriemstvakh pererobky ovochiv ta fruktiv *XIII Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiya mahistrantiv ta aspirantiv «Teoretychni ta praktychni doslidzhennya molodykh naukovtsiv» (19–22 lystopada 2019 roku): materialy konferentsiyi / za red. prof. YE.I. Sokola..* S.550–551.

12. Rykusova N., Shestopalov O., Hetta O. Rozrakhunok zakhoronennia vidkhodiv hazovydobutku. Suchasni tekhnolohii u promyslovomu vyrobnytstvi: *materialy VII vseukr. nauk. – tekhn. konf., m. Sumy, 21–24 kvit. 2020r.* Sumy: Sumskyi derzhavnyi universytet, 2020. S.185–186.

13. Hetta O. Shestopalov O., Rykusova N. Fyzyko-khimichni metody ochyshchennia stichnykh vod na pidpriemstvakh kharchovoi promyslovosti.

Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia : tezy dop. XXVIII mizh- nar. nauk.-prakt. konf. (m. Kharkiv, 28–30 zhovt. 2020 r.). Kharkiv: NTU «KhPI», 2020. S.14.

14. Hetta O., Shestopalov O. Stvorennia zamknenykh vodooborotnykh system na pidpriemstvakh kharchovoi promyslovosti. *Aktualni problemy naukovopromyslovoho kompleksu rehioniv : materialy VI vseukr. nauk.-prakt. konf., m. Rubizhne, 13–17 kvit. 2020 r.* Rubizhne, 2020. S. 66–68.

15. Hetta O.S., Shestopalov O. V. Porivnialna kharakterystyka metodiv ochyshchennia stichnykh vod promyslovykh pidpriemstv. *Prohresyvni napriamky rozvytku tekhnolohichnykh kompleksiv : materialy VI mizhnar. nauk.-tekhn. konf. TK-2020, m. Lutsk, 2–4 cherv. 2020 r.* Lutsk: Lutskyi nats. tekhn. universytet, 2020. S.74–75.

16. Hetta O., Shestopalov O. Koahuliatsiino-flokuliatsiine ochyshchennia stichnykh vod promyslovykh pidpriemstv. *Teoretychni ta praktychni doslidzhennia molodykh vchenykh materialy XIV mizhnar nauk.-prakt. konf., m. Kharkiv, 1–4 hrudnia 2020 r.* Kharkiv : NTU «KhPI», 2020. S. 369.

Published works that further reflect the scientific results:

17. Shestopalov A., Briankyn A., Rykusova N., Hetta O. Optymyzatsyia protsessa flokuliatsyy ochysktsky promyshlennykh stochnykh vod. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2019. №12(65). S. 55–59. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2019.189708>.

18. Shestopalov O., Briankin O., Tseitlin M., Raiko V., Hetta O. Studying patterns in the flocculation of sludges from wet gas treatment in metallurgical production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 5, № 10 (101). P. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181300> (Scopus).

Shestopalov O., Rykusova N., Hetta O., Ananieva V., Chynchyk O. Revealing patterns in the aggregation and deposition kinetics of the solid phase in drilling wastewater. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2019. №1/10 (97). P. 50–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.157242> (Scopus).

19. Shestopalov O., Briankin O., Tseitlin M., Raiko V., Hetta O. Studying patterns in the flocculation of sludges from wet gas treatment in metallurgical production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 5, № 10 (101). P. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181300> (Scopus).

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 Аналіз літературних джерел з методів очищення та утилізації рідких відходів харчових виробництв	11
1.1 Аналіз впливу стічних вод харчової промисловості на довкілля	11
1.2 Класифікація та загальна характеристика забруднюючих речовин у стічних водах харчової промисловості.....	17
1.3 Методи та технології очищення стічних вод харчової промисловості	25
1.3.1 Механічні методи	28
1.3.2 Біологічні методи	29
1.3.3 Хімічні методи.....	32
1.3.4 Фізико-хімічні методи.....	33
1.3.5 Озонування.....	37
1.4 Технологічні рішення створення замкнених водооборотних схем на підприємствах переробки овочів та фруктів.....	38
1.5 Обґрунтування напрямку досліджень	40
Розділ 2 Методика проведення досліджень з очищення стічних вод харчових виробництв	45
2.1 Методика приготування модельних зразків стічної води після миття овочей	45
2.2 Дослідження зразків реальних стічних вод виробництва картопляних чипсів	47
2.3 Методика лабораторних досліджень з очищення проб стічної води	49
2.4 Методика очищення стічних вод озонуванням	51
2.5 Висновки до розділу 2.....	54
РОЗДІЛ 3 Результати дослідження методів очищення стічних вод після миття овочей	55
3.1 Закономірності освітлення модельних зразків стічних вод	55
3.2 Дослідження впливу озону на модельні зразки стічних вод.....	65

3.3 Висновки до розділу 3.....	71
Розділ 4 Закономірності очищення стічних вод виробництва картопляних чипсів	73
4.1 Аналіз зразків стічних вод виробництва картопляних чипсів	73
4.2 Результати дослідження методів очищення та освітлення стічних вод....	77
4.2.1 Механічні методи очищення стічних вод картопляних чипсів	77
4.2.2 Дослідження фізико-хімічних методів очищення стічної води.....	79
4.2.3 Порівняльна характеристика ефективності методів очищення стічної води	80
4.3 Дослідження закономірностей освітлення води в залежності від типу та кількості флокулянтів.....	82
4.4 Результати дослідження обробки озоном сфлукуюваної стічної води виробництва картопляних чипсів.....	87
4.5 Висновки до розділу 4.....	88
Розділ 5 Рекомендації щодо вибору технології обробки стічних вод відповідно до екологічної безпеки харчових виробництв.....	90
5.1 Рекомендації щодо підвищення екологічності процесу очищення стічних вод від ґрунтових часток після миття овочей.....	90
5.2 Рекомендації щодо екологізації очищення виробництва чипсів	96
5.3 Висновки до розділу 5.....	99
Висновки.....	100
Список використаних джерел.....	102
Додаток А Список публікацій здобувача за темою дисертації	120
Додаток Б Акт впровадження результатів наукових досліджень дисертаційної роботи	124
Додаток В Акт впровадження наукової розробки в проектування.....	125