

УДК 628.35

Грицина О.О., Волощук В.А., Бляшина М.В., Жукова В.С.

Національний університет водного господарства та природокористування  
(вул. Соборна, 11, Рівне, 3300, Україна; e-mail: kaf-gtgm@nuwm.edu.ua)**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ СИСТЕМИ ПЕРВИННИЙ ВІДСТІЙНИК – АЕРОТЕНК – ВТОРИННИЙ ВІДСТІЙНИК**

Дослідження проводилися на очисних спорудах в Рівному для визначення температурних умов процесів очищення стічних вод. Для досліджень була розроблена унікальна автоматизована система вимірювання температури.

**Ключові слова:** стічна вода, температура, режим, аеротенк.

Основними чинниками, що впливають на температуру стічних вод є: кліматичні умови, ступінь благоустрою будівель, наявність гарячого водопостачання, наявність нагрітих виробничих стічних вод, що скидаються у міську каналізацію, вид джерела водопостачання. Не достатній ступінь очищення стічних вод від біогенних елементів приводить до погіршення стану водних об'єктів. Більшість каналізаційних очисних споруд України потребує модернізації. Модернізація очисних має передбачати видалення біогенних елементів і зокрема амонійного азоту.

Аеробне біологічне окиснення амонійного азоту здійснюється процесом нітрифікація. Нітрифікація чутлива до температури [1-7], тому температура є важливим фактором при проектуванні станцій [8, 9]. Різниця в температурі проведення процесу всього на один градус сильно впливає на вартість проекту, оскільки швидкість росту нітрифікуючих бактерій безпосередньо впливає на необхідний вік мулу, його кількість і об'єм активного мулу та реакторів [1-11].

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи є дослідження температурного режиму очищення стічних вод каналізаційних очисних споруд. Для досягнення мети вирішувались задачі: дослідити та проаналізувати температурні режими очищення стічних вод системи первинний відстійник – аеротенк – вторинний відстійник.

Для вирішення задач досліджень була розроблена автоматизована система вимірювання температури середовища основ-

ної технологічної лінії каналізаційних очисних споруд м. Рівне. Розроблена система дозволяла фіксувати та зберігати дані про температуру освітленої стічної води, активного мулу, суміші стічної води та активного мулу, відстоюної стічної води та навколишнього повітря. Вимірювання температури виконувалось термометрами опору

**Матеріальне забезпечення.** Система автоматизованого вимірювання температури стічної води, активного мулу та суміші стічної води та активного мулу складалася з блоку автоматичного фіксування та зберігання даних, кабелю та термоперетворювачів. Блок автоматичного фіксування та зберігання даних складався з модулю вводу (МВ110-224.8А), модулю збору даних (МСД-200), карти пам'яті (MicroSD 8G) та блоку живлення (БП30Б-ДЗ-24). Зображення блоку наведено на рис. 1. З'єднання термоперетворювачів та блоку здійснювалося за допомогою кабелю ПВС 3х1. Датчиком температури середовища був термоперетворювач ТСМ1-7-100М. Влаштування термоперетворювача в потці вимірюваного середовища здійснювалося за допомогою футляра зі сталеві труби діаметром 15 мм (рис. 1).

**Методика визначення.** Дослідження проводилися на каналізаційних очисних спорудах м. Рівне. Основна технологічна лінія очисних включає споруди: будівлю решіток, піскоуловлювачі, первинні відстійники, аеротенки, вторинні відстійники та контактні резервуари. Біологічну очистку стічних вод здійснюють за допомогою трикоридорних аеротенків витиснювачів, в кількості 5 секцій (50х5х5(3)м). Проектна

витрата стічних вод 25000 м<sup>3</sup>/добу. Очищені стічні води скидаються в р.Устя, яка є водоймою рибогосподарського призначення. За умови модернізації перед очисними спорудами ставиться додаткове завдання – очищення стічних вод від амонійного азоту до вимог скиду в р. Устя.



Рис. 1. Зовнішній вигляд системи автоматизованого вимірювання температури стічної води, активного мулу та суміші стічної води та активного мулу.

Для вирішення задач досліджень були прийнята наступна схема розміщення датчиків температури середовища основної технологічної лінії очисних споруд (рис. 2). Датчики температури в точках 1 і 2 вимірювали температуру стічної води після первинного відстоювання (точка 1 на виході з первинного відстійника, а точка 2 на вході

стічної води в аеротенк). Датчики температури в точках 3, 4, 5 вимірювали температуру суміші стічної води та активного мулу (точка 3 в місці змішування активного мулу та стічної води, точка 4 через 50 метрів після змішування, точка 5 в кінці процесу біологічного очищення через 100 метрів). Датчик температури в точці 6 вимірював температуру очищеної стічної води на виході з вторинного відстійника. Температуру активного мулу в точці 7 вимірювалася посередині регенератора активного мулу аеротенка.

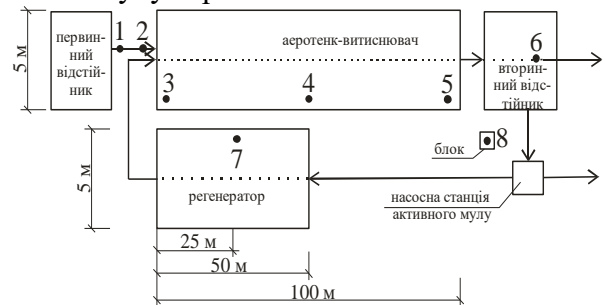


Рис. 2. Схема розташування датчиків температури середовища основної технологічної лінії очисних споруд м. Рівне (секція аеротенка №3).

Датчики температури ТСМ1-7-100М в точках 1-7 були занурені у вимірюване середовище на глибину приблизно 1,0 м. Температуру повітря навколишнього середовища вимірювали в точці 8 розташованій на висоті 2,2 метра над рівнем землі очисних споруд.

Кожні 10 хвилин відбувалася фіксація та запис даних з термоперетворювачів ТСМ1-7-100М у блоці автоматичного фіксування та зберігання даних на карту пам'яті. Звіт за день вимірювань формувалася в форматі файлу \*.csv. Вимірювання проводились з 14 січня по 05 серпня 2017.

З метою встановлення кореляції між результатами вимірювання датчиків, перед дослідженнями вони були розташовані в приміщенні з сталою температурою, де впродовж 2 годин здійснювалося вимірювання температури повітря. За результатами вимірювання були встановлені поправочні значення температур кожного датчика. Для уникнення накопичення забруднень на датчику періодично виконувалося

вивільнення забруднень з датчика. Похибка датчиків оцінювалася за паспортними даними заводу-виготовлювача.

**Результати досліджень.** Зміни температури можуть бути короткочасними і тривалими [1,7,9]. При короткочасному зниженні температури біологічне очищення стічних вод погіршиться до тих пір поки температура буде залишатися низькою. Тривале пониження температури найбільш небезпечно для процесу нітрифікації. При тривалому пониженні температури швидкість росту нітрифікуючих бактерій буде нижче швидкості їх виносу з реактору. Через певний час нітрифікуючі бактерії будуть витиснені з реактору і для відновлення їх кількості необхідні будуть тижні.

На рис. 3 показана динаміка зміни мінімальної температури освітленої стічної води за день впродовж періоду досліджень (14.01.17-05.08.17). Різке зниження температури в лютому-березні обумовлене різкою зміною витрати стічних вод КОС, надходженням із господарсько-побутовими стічними водами холодної води в результаті танення снігів населеного пункту.

Вимірювання температури кожні 10 хвилин протягом доби для 5-ти груп середовищ дозволила встановити такі мінімальні значення за період досліджень (14.01.17-05.08.17), °С: температури освітленої стічної води  $T_{ww}=9,1$ ; температури суміші стічних від та активного мулу  $T_{mix}=10,5$ ; температури активного мулу в регенераторі  $T_{as}=11,3$ ; температури біологічно очищеної води  $T_{tww}=10,7$ ; температура повітря  $T_{air}=-18,8$ . Середня температура освітленої стічної води за період досліджень склала 17,0 °С.

**Дослідження температурного режиму очищення стічної води вздовж профілю основної технологічної лінії споруд.** Результати досліджень температурного режиму очищення вздовж профілю очисних споруд наведені на рис. 4. При побудові графіків враховувався час потрібний для переміщення стічної води від датчика до датчика відповідно до схеми на рис. 2.

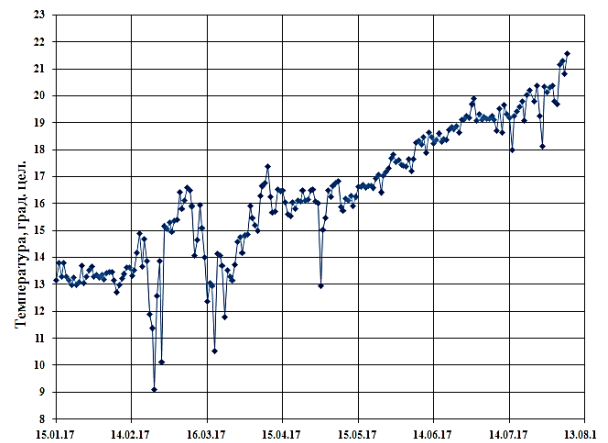


Рис. 3. Температурний режим освітлених стічних вод КОС РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал» м. Рівне.

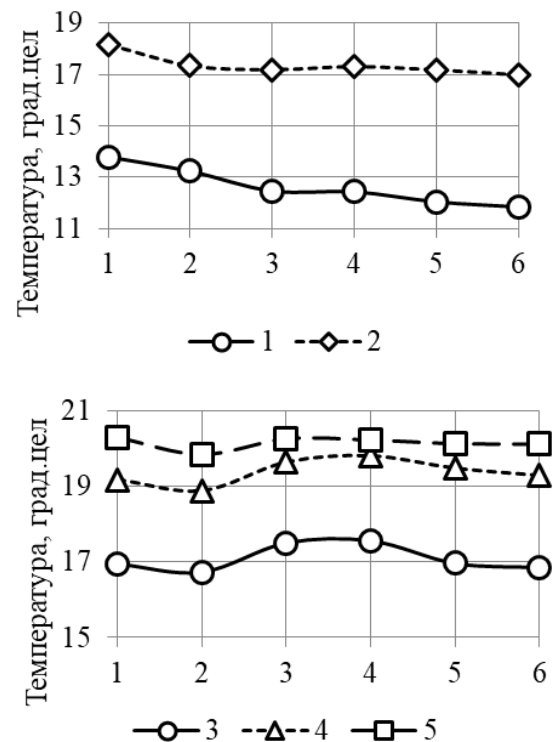


Рис. 4. Результати досліджень температурного режиму очищення вздовж профілю очисних споруд: 1 – дані за 08.02.17; 2 – 08.04.17; 3 – 08.05.17; 4 – 08.06.17; 5 – 08.07.17. Точки 1-6 відповідають схемі розташування датчиків температури (рис.2).

Для демонстрації результатів досліджень вибрані дати за період досліджень. Результати можна розділити на дві групи: перша група – коли відбувається поступове охолодження стічної води вздовж основного профілю очисних споруд (січень-квітень) і друга група – коли навпаки спостерігається не значне підвищення температури стічної води (травень-серпень). Від 1

до 6 датчика (рис. 2) відбувається зміна середовищ: освітлена стічна вода – суміш стічної води та активного мулу – відстояна стічна вода.

Варто зазначити, що додатковий і суттєвий вплив на температурні режими здійснює рециркуляційний активний мул, який постійно циркулює в системі аеротенк-вторинний відстійник. Серед основних причин охолодження стічної води першої групи є поступове перевищення тепловтрат стічної води над надходженнями тепла. Охолодження стічної води відбувається на 1-2 °С (1-2 рис. 4). Час вимірювань від 1 до 6 датчика температури становить 12-14 годин (рис. 2).

Цікавими є результати досліджень другої групи. Зокрема при змішуванні освітленої стічної води з рециркуляційним активним мулом т. 3 рис. 2, рис. 4 відбувається незначне збільшення температури суміші стічної води та активного мулу. Це збільшення температури фіксується і в т. 4. Серед причин можемо вказати спосіб перекачування рециркуляційного активного мулу (муловий насос ФГ 216/24) який призводить до збільшення температури рециркуляційного мулу на 0,5-1 °С та термодинамічні процеси перемішування стічної води з рециркуляційним мулом та повітрям. Коефіцієнт рециркуляції активного мулу становить 0,5-0,9. Температура повітря досягає 60-70 °С. Крім того додаткове надходження тепла забезпечують біологічні процеси, що відбуваються в аеротенку. Таким чином в травні-серпні відбувається незначне перевищення теплонадходжень над тепловтратами в системі, що досліджується. Для більш детального пояснення результатів планується побудувати балансову схему енергії процесів системи первинний відстійник-аеротенк-вторинний відстійник. Попередня оцінка стічної води як джерела енергії наведена в роботі [12, 13].

**Висновки.** Розроблена та дослідно апробована автоматизована система вимірювання температури середовища на прикладі стічних вод, активного мулу, суміші стічних вод та активного мулу, навколишнього повітря. Побудова температурних

режимів процесів очищення основної технологічної лінії очисних споруд (первинний відстійник-аеротенк-вторинний відстійник) дозволяє здійснювати оперативний контроль та заходи щодо забезпечення залишкових концентрацій забруднюючих речовин в очищеній стічній воді (ХСК, амонійний азот, азот нітратів, нітритів), враховувати специфіку періоду року і здійснювати додаткові ресурсо- та енергозберігаючі заходи на КОС.

**Перспективи подальших досліджень.** 1. Дослідження будуть продовжені до лютого 2018 року. 2. Буде виконана оцінка стічних вод як джерела енергії для забезпечення енергетичних потреб різних споживачів. 3. Планується дослідити вплив температури на швидкість процесу нітрифікації.

**Подяки.** Стаття підготовлена в рамках виконання проекту «Комплекс ресурсозберігаючих технологій з очищення стічних вод та використання тепла стічних вод цивільних та військових об'єктів».

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Hwang Jong Hyuk Effect of Cold-Temperature Shock on Nitrification / Hwang Jong Hyuk, Oleszkiewicz Jan A.// Water Environment Research, 2007, Vol. 79, no. 9, pp. 964–968.
2. Gnida A. The effect of temperature on the efficiency of industrial wastewater nitrification and its (geno)toxicity / A. Gnida, J. Wiszniowski, E. Felis, Jan Sikora, J. Surmacz-Górska, K. Miksch // Archives of Environmental Protection, 2016, Vol. 42 no. 1, pp. 27–34.
3. Guo Jingbo Trade-off between carbon emission and effluent quality of activated sludge processes under seasonal variations of wastewater temperature and mean cell retention time / Guo Jingbo, Fu Xin, Andrés Baquero G., Sobhani Reza, Nolasco Daniel A., Rosso Diego.// Science of the Total Environment 547, 2016, pp. 331–344.
4. Zou Shiqiang High-efficient nitrogen removal by coupling enriched autotrophic-nitrification and aerobic-denitrification consortiums at cold temperature / Zou Shiqiang, Yao Shuo, Ni Jinren// Bioresource Technology, 2014, Vol. 161, pp. 288–296.

5. Rodriguez-Caballero A. Ammonia oxidizing bacterial community composition and process performance in wastewater treatment plants under low temperature conditions / Rodriguez-Caballero A., Hallin S., Pålsson C., Odlare M., Dahlquist E. // *Water Science & Technology*, 65.2, 2012, pp. 197-204.
6. Gujer W. Design of Nitrifying Activated Sludge Process with the Aid of Dynamic Simulation / W. Gujer // *Prog. Wat. Tech.*, 1977, vol. 9, (2) pp. 323 – 336.
7. Christensen M.H. Nitrification and denitrification in wastewater treatment. / M.H. Christensen, P. Harremoës, // In: Mitchell, R. (ed.), *Water pollution microbiology*, 1978, vol. 2, pp. 391-414. John Wiley & Sons, New York, N. Y.
8. Henze M. Wastewater Treatment. Biological and Chemical processes / M. Henze, P. Harremoës, Ia Cour Jansen, E. Arvin // Moskva: Mir, 2004. – 480 p.
9. Guyer W. Ein Dynamisches Modell für die Simulation von komplexen Belebtschlammverfahren, Habilitationsschrift, /W. Guyer//, 1985, Institut für Gewässerschutz und Wassertechnologie, IGW, Eidgenössische technische Hochschule, Zürich.
10. Грицина О.О. Концепція комплексу технологій з очищення стічних вод та використання тепла стічних вод цивільних об'єктів та оцінка систем очищення стічних вод /Грицина О.О., Бляшина М.В., Жукова В.С., Волощук В.А.//Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. КНУБА. Київ, 2016 – С. 105-113.
11. Бляшина М.В. Комплекс енергозберігаючих технологій очищення стічних вод /Бляшина М.В., Грицина О.О., Жукова В.С.//Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса, 2016.
12. Voloshchuk V., Hrytsyna O., Blyashyna M., Zhukova V. Assessment of domestic wastewater potential for in-house heat pump systems. Ventilation, lighting and heat- and gas supply, 2016, KNUBA. Kyiv, pp. 81-90.
13. Волощук В.А. Стічні води як джерело енергії у системах теплозабезпечення нового покоління / Волощук В.А., Грицина О.О.//Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. КНУБА. Київ, 2016 – С. 63-70.

**Hrytsyna O., Voloshchuk V., Blyashyna M., Zhukova V. RESEARCHES TEMPERATURE MODES MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT OF SYSTEM PRIMARY CLARIFIER-AEROTANK-SECONDARY CLARIFIER.**

The researches were conducted on wastewater treatment plants in Rivne to define the temperature conditions of wastewater treatment processes. The unique automated temperature measurement system was developed for researches.

**Keywords:** wastewater, temperature, mode, aerotank.

**Грицына А.А. Волощук В.А., Бляшина М.В., Жукова В.С. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ СИСТЕМЫ ПЕРВИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК-АЭРОТЕНК-ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК.**

Исследования проводились на очистных сооружениях в Ровно для определения температурных условий процессов очистки сточных вод. Для исследований была разработана уникальная автоматизированная система измерения температуры.

**Ключевые слова:** сточная вода, температура, режим, аэротенк.