

УДК 628.3

Т.В. ВИЖЕВСЬКА, кандидат технічних наук  
Л.Л. ЛИТВИНЕНКО, кандидат технічних наук  
Національний університет водного господарства та природокористування,  
м.Рівне

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД Б АЗ ВІДПОЧИНКУ**

*Наведені технологічні характеристики процесів біологічного очищення побутових стічних вод баз відпочинку за результатами багаторічної експлуатації очисних споруд.*

**Ключові слова:** біологічне очищення стічних вод, технологічні схеми, ефективність очищення, гідравлічне навантаження, питома брудомісткість.

*Приведены технологические характеристики процессов биологической очистки бытовых сточных вод мест отдыха по результатам многолетней эксплуатации очистных сооружений.*

**Ключевые слова:** биологическая очистка сточных вод, технологические схемы, эффективность очистки, гидравлическая нагрузка, удельная грязеемкость.

*The technologic characteristics of biologic treatment processes of the recreation centers domestic wastewater, as many years operation experience, are observed.*

**Key words:** biological sewage treatment, technological schemes, treatment efficiency, hydraulic load, specific dirt capability.

Санаторно-курортні об'єкти слід визнати особливими з огляду вирішення проблем екологічної безпеки як самих місць відпочинку, так і прилеглих водних ресурсів. В значній мірі це невеликі об'єкти з кількістю стічних вод від 20 до 200 м<sup>3</sup>/добу. Однак знешкодження стічних вод цих об'єктів має ряд особливостей, пов'язаних, в першу чергу, з особливими умовами їх скиду. Незважаючи на невелику продуктивність, такі об'єкти в цілому по країні становлять суттєву проблему. Очисні споруди баз відпочинку, кемпінгів тощо працюють в умовах сезонної нерівномірності, часто при відсутності прийнятних рішень щодо відведення очищених стічних вод у природні водойми, тому вимагають ефективних технологій не лише очищення, але і утилізації, причому за умови максимально надійної експлуатації.

Стічні води таких об'єктів формуються із скидів від санітарних вузлів житлових, адміністративних та господарських приміщень, скидів від пралень, кухонних відходів, забруднення яких мають природне походження, в основному, органічне. Саме тому на очисних спорудах курортних зон переважно застосовують біохімічну технологію очищення стічних вод як в природних, так і в штучно створених умовах. Зараз впроваджено багато різних технологій та конструкцій споруд біохімічного очищення, проводяться дослідження щодо підвищення їх ефективності як експлуатаційної, так і економічної.

Перспективні напрямки інтенсифікації біологічного очищення спрямовані на використання закріпленої мікрофлори, яка здатна з більшою гнучкістю та витривалістю адаптуватись до змін умов протікання процесу. Дослідженням та впровадженням біологічних технологій очищення стічних вод з використанням реакторів з легким завантаженням уже майже чверть віку займається науково-впроваджувальна фірма «Вестар» (м.Рівне). Очисні установки скомпоновані за модульним принципом, обладнані системами гідравлічної автоматики. Досвід експлуатації таких установок в умовах сезонної роботи на курортах України [1, 502; 2, 548] підтвердив їх технологічну ефективність, стабільність результатів та надійність роботи обладнання.

Біологічно-сорбційна технологія глибокого очищення стічних вод застосовується для знешкодження органічних за природою забруднень стічних вод побутового походження. Технологія втілена у біологічних реакторах – фільтрах з легким плаваючим завантаженням із закріпленою на ньому біомасою. Реактори [2, 549; 3, 66] заповнені модифікованим полістироловим завантаженням широкого (0,5...2,0 см) діапазону крупності. Особливі властивості легкого завантаження: розвинена поверхня, яка сприяє

нарощенню біологічної плівки, плавучість, здатність розширюватись при накопиченні біомаси та легко віддавати її надлишок при промиванні – визначають переваги таких реакторів.

Ефективність біологічно-сорбційної технології обумовлена протіканням ряду технологічних процесів, які забезпечують вилучення і знешкодження забруднень при фільтруванні стічної води через завантаження. Це фільтрування з поступовим закупорюванням пор твердими нерозчинними частками забруднень, які затримуються у вільному просторі між гранулами завантаження; сорбція, в основному, розчинених забруднень, біоценозом біологічної плівки; біологічні ферментативні процеси деструкції органічних забруднень та накопиченої біомаси.

Процес фільтрування практично відбувається при постійній швидкості, яка підтримується завдяки зростанню висоти надфільтрового шару води (діючого тиску), який повинен компенсувати зростання опору осаду, що накопичується між порами завантаження, яке становить 1,0...1,5 м водяного стовпа. Далше зростання опору не відбувається, оскільки спрацьовує гідроавтоматичне виведення реактора у режим промивання.

Вирішальну роль у очищенні води за вказаною технологією відіграють саме сорбційні процеси [1, 503; 3, 65]. За короткий час перебування у реакторі, який не перевищує 20...60 хв., вода позбувається 90...95% розчинених органічних забруднень. Експериментально встановлено, що протягом 15 с до 85% розчинених органічних забруднень адсорбується з води біомасою. Аналіз біомаси, яка виводиться з фільтра, свідчить про те, що від 75 до 79% знешкоджених забруднень (за величиною БПК) залишаються неокисленими, тобто процеси біологічної деструкції не встигають завершитись за період перебування води в реакторі. Величина питомої сорбції для процесу повного біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод, як свідчать розрахунки, становить 1,5...1,8 г БПК/г активної біомаси, константа розподілення 2500...3400.

Слід зауважити, що біомаса частково вимивається під час промивання біофільтра, а ступінь її окислення внаслідок скорочення тривалості циклу умовами фільтрування не перевищує 30%. Інтенсивність промивання завантаження не перевищує 10...14 л/с на 1 м<sup>2</sup> і регулюється з урахуванням фільтрувальних властивостей та потреб збереження активності біоценозу.

Раціональне поєднання біохімічних процесів та процесів розділення, контактної коагуляції, біологічної сорбції, ферментативної деструкції, аеробних, анаеробних та фільтраційних явищ сприяють ефективному та інтенсивному вилученню забруднень із стічних вод. Завдяки принципу багатоступеневого очищення стічних вод досягається селекція біоценозу кожного ступеня відповідно до властивостей органічних речовин, які вилучаються. Очисна установка компонується відповідно до якісних та кількісних показників стічних вод і може включати як потрібну кількість ступенів, так і етапи підготовки води та обробки осадів.

Для очищення господарсько-побутових стічних вод [4,94] застосовується триступеневий реактор. Перший ступінь зазвичай працює у

аноксидному режимі, другий та третій – аеробних умовах. Дисперсний склад завантаження ступенів різний: найкрупніші фракції завантажують у перший ступінь, найдрібніші – у третій, причому висота насипного шару є змінною відповідно до умов відтворення очисного процесу. Схема фільтрування висхідна на першому, низхідна на другому та комбінована на третьому ступені реактора.

Обов'язковим елементом технологічної схеми очисної станції санаторно-курортних об'єктів, враховуючи сезонну і погодинну нерівномірність надходження стічних вод (загальний коефіцієнт нерівномірності сягає 2,5...3,0), є резервуар-акумулятор. Основне його призначення – забезпечення накопичування та усереднення стічних вод та, залежно від конкретних умов, виконання функцій попереднього їх відстоювання та біокоагуляції. На очисну установку стічні води подаються з постійною витратою через розподільну камеру, яка забезпечує також рециркуляцію частини очищеної води через гідравлічний регулятор витрати. Якість очищеної води за БПК, яке не перевищує 3...6 мг/л, відповідає вимогам скиду до природних водойм. Перед скидом вода проходить знезараження, зокрема, в проточному електролізері.

Експериментально встановлено, що біологічно-сорбційні установки при очищенні побутових стічних вод ефективно працюють при гідравлічному навантаженні 16,0...36,0 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> на добу. Ступінь очищення стічних вод - 95,0...97,0% за завислими речовинами, 90,0...94,5% за БПК<sub>5</sub>. Важлива роль в очисному процесі належить першому ступеню, який забезпечує значний ефект очищення стічної води від органічних забруднень (до 50,9%), а надто від завислих речовин (до 53,6%) та забезпечує анаеробну деструкцію осаду.

Показники ефективності очищення стічних вод баз відпочинку на різних стадіях, систематизовані за результатами роботи очисних установок на 18 об'єктах, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Ефективність очищення стічних вод баз відпочинку**

Показники забруднення стічних вод	Завислі речовини, мг/л	БПК <sub>5</sub> , мг/л	ХПК, мг/л
перед очищенням	<u>154...357</u> 222	<u>103...309</u> 162	<u>210...430</u> 244
після 1 ступеня очищення	<u>82...225</u> 103	<u>53...155</u> 96	<u>105...280</u> 171
після 2 ступеня очищення	<u>25...61</u> 35	<u>20...52</u> 30	<u>60...130</u> 85
після 3 ступеня очищення	<u>3...10</u> 6	<u>3...6</u> 5	<u>20...48</u> 33

Примітка: в чисельнику подані мінімальні та максимальні, в знаменнику – усереднені значення показників.

Ефективність очищення залежить не лише від початкових концентрацій та характеру забруднень, але від гідравлічного навантаження, яке можна змінювати в досить широких межах. Шляхом аналізу та систематизації результатів роботи численних очисних установок баз відпочинку отримані емпіричні залежності питомого (на одиницю об'єму завантаження) добового вилучення забруднень (за масою) від величини БПК<sub>5</sub> стічних вод при різних величинах гідравлічного навантаження (рис.1, 2, 3) на кожному з трьох ступенів реактора.

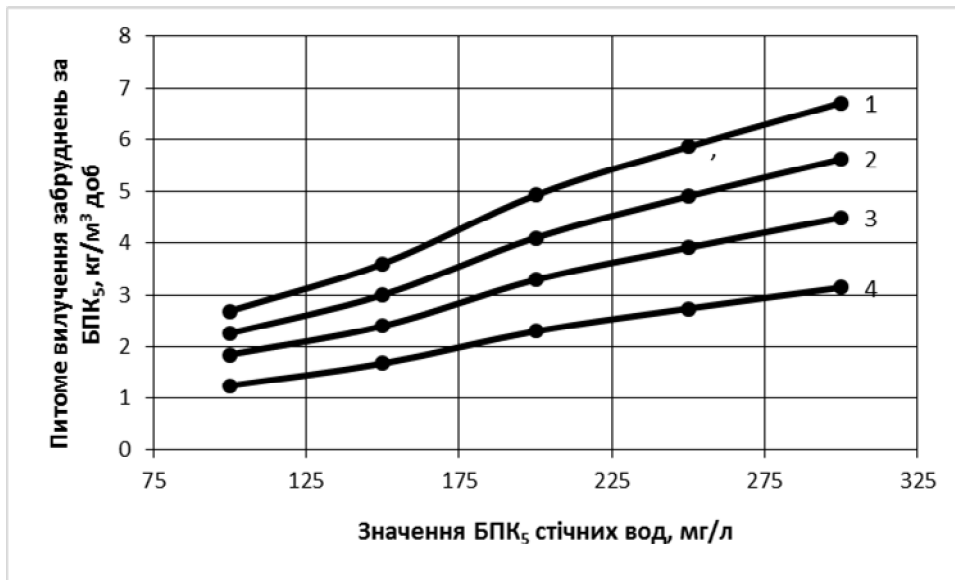


Рис. 1. Залежність питомого вилучення забруднень за БПК<sub>5</sub> на першому ступені реактора від значення БПК<sub>5</sub> стічних вод при гідравлічному навантаженні, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> на добу: 1 – 16,8; 2 – 24,0; 3 – 30,0; 4 – 36,0

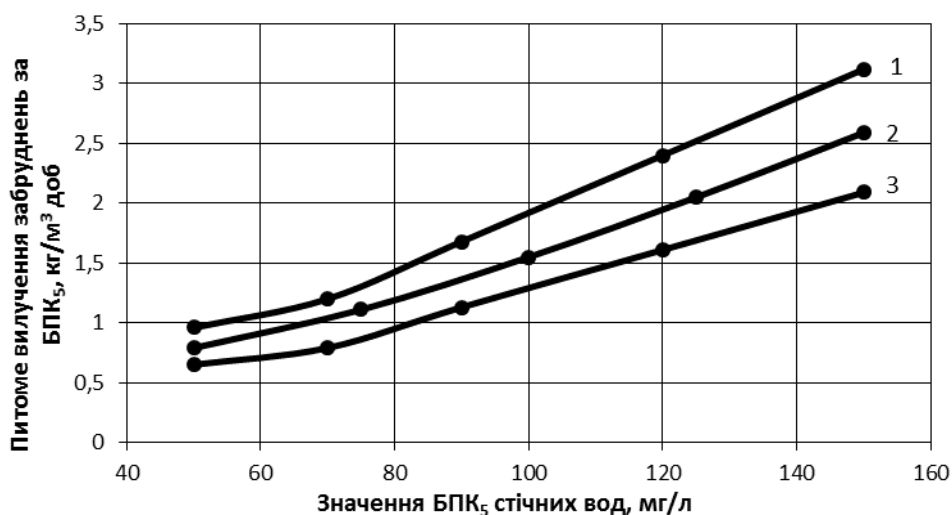


Рис. 2. Залежність питомого вилучення забруднень за БПК<sub>5</sub> на другому ступені реактора від значення БПК<sub>5</sub> стічних вод при гідравлічному навантаженні, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> на добу: 1 – 19,2; 2 – 24,0; 3 – 28,8

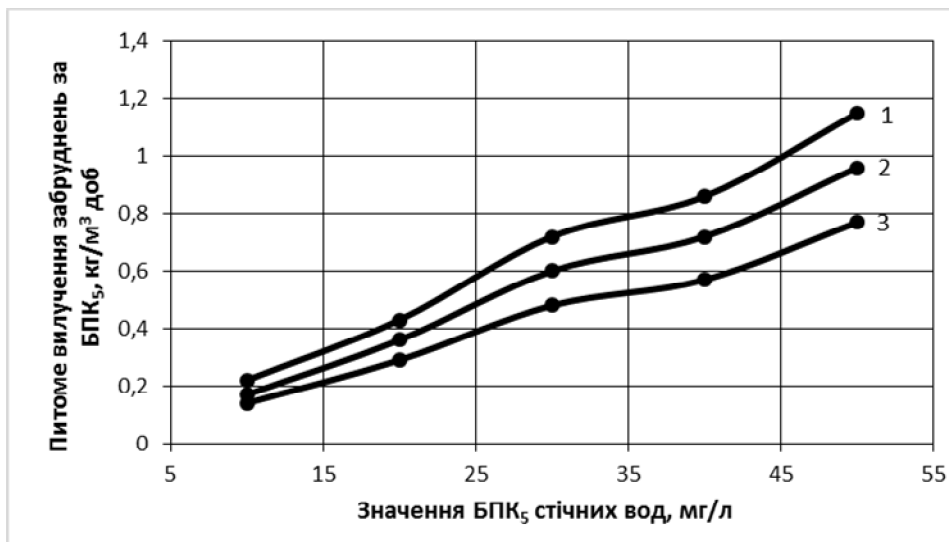


Рис. 3. Залежність питомого вилучення забруднень за BPK<sub>5</sub> на третьому ступені реактора від значення BPK<sub>5</sub> стічних вод при гідравлічному навантаженні, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> на добу: 1 – 19,2; 2 – 24,0; 3 – 30,0

Залежності побудовані при сталій величині висоти шару завантаження оптимальної крупності зерен: 0,8 м для першого, 1,2 м для другого, 1,0 м для третього ступеня.

Запроектувати триступеневу установку для очищення стічних вод санаторно-курортних об'єктів відповідно до вихідних даних та потрібної ефективності очищення можна шляхом вибору режиму фільтрування за допомогою наведених залежностей.

В умовах санаторно-курортних зон прибережних смуг морів скид очищених вод надто проблематичний, тому потрібно шукати рішення щодо їх утилізації. Можливе спрямування очищених вод у природні ставки, на біоплато, на підґрунтову фільтрацію, у фільтраційні канали тощо. При цьому потрібно враховувати характер та фільтрувальні властивості ґрунтів, рівень ґрунтових потоків, характер і частоту випадання опадів. Природно-кліматичні та гідрологічні умови територій баз відпочинку, розташованих на морському узбережжі, дозволяють вирішити проблему утилізації очищених вод шляхом спорудження підґрунтової зрошувально-інфільтраційної системи для зволоження цими водами декоративних насаджень з наступним відведенням їх у ґрунтовий потік.

Технологія біологічного очищення стічних вод має зазвичай відходи: осади, промивні води, обробка та утилізація яких являє собою неабияку проблему, яка зростає по мірі збільшення кількості таких відходів. Обробка промивних вод, які утворюються на кожному ступені установки, полягає в їх ущільненні та анаеробній стабілізації осаду у муловій частині резервуару промивних вод протягом 30...60 діб. При такій тривалості перебування осаду в осадовій частині резервуару ступінь розкладання його беззольної речовини сягає 25...30%, вологість осаду при ущільненні знижується до 94...95%. Відповідно кількість осадів, які потрібно захоронювати або вивозити, не перевищує 0,2% від витрати стічних вод. Допускається підсушування осаду

на мулових майданчиках з наступним використанням його як добрива.

Для проектування споруд обробки осадів потрібно розрахувати кількість сухої речовини забруднень, які вимиваються з завантаження реакторів під час промивання. Досвід експлуатації технології свідчить про те, що період між промиванням певного ступеня установки має величину від 3...5 діб для першого, 10...14 діб для другого, 30...45 діб для третього ступеня. Величина брудомісткості одиниці об'єму завантаження за масою, накопиченою за період між промиванням ступенів при середній тривалості періоду відповідно 5,10,30 діб для першого, другого та третього ступенів, наведена на рис. 4, 5, 6. Використання цих залежностей дозволяє вибрати оптимальне значення тривалості фільтроциклу та розрахувати кількість промивної води та концентрацію в ній сухої речовини (або вологість). Забрудненість промивних вод першого ступеня найбільша, вона становить 6,5...8,6 г/л, другого – 3,8...6,0 г/л, третього 1,2...2,9 г/л.

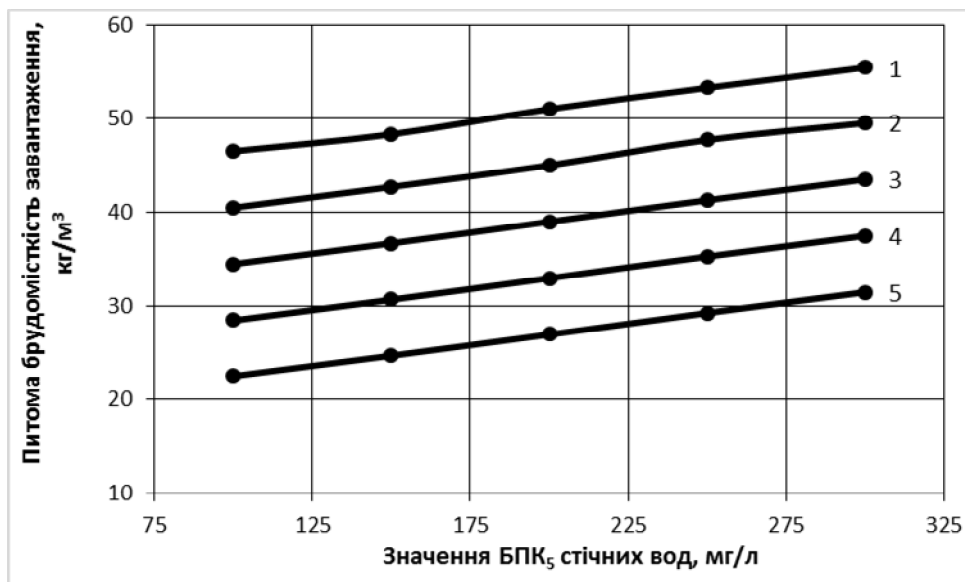


Рис. 4. Залежність питомої брудомісткості завантаження на першому ступені реактора від значення БПК<sub>5</sub> стічних вод при концентрації звислих речовин, мг/л: 1 – 350; 2 – 300; 3 – 250; 4 – 200; 5 – 150

Таким чином, можна стверджувати, що завдяки різним схемам рециркуляції, застосуванню аноксидного та аеробного режимів біологічного очищення стічних вод санаторно-курортних об'єктів технологія, що розглядається, придатна для широкого діапазону забрудненості стічних вод і має ряд суттєвих переваг. Зокрема, сприяють вирішенню проблеми утилізації осадів незначні (до 0,2%) їх об'єми. Технологію успішно застосовують при періодичному та нерівномірному надходженні стічних вод, вона відрізняється стабільністю та високою ефективністю очищення стічних вод. Гідравлічна автоматизація процесів фільтрування і регенерації завантаження дозволяє спростити обслуговування установок, що підвищує надійність їх роботи.

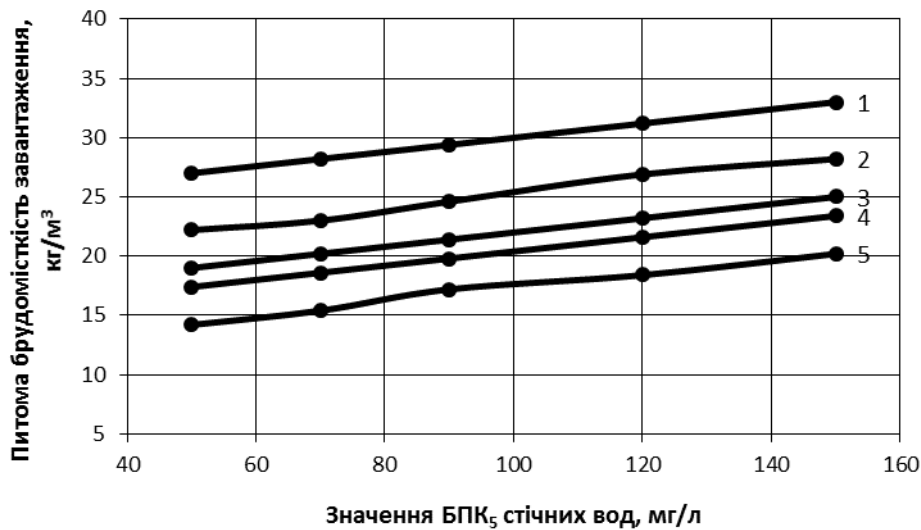


Рис. 5. Залежність питомої брудомісткості завантаження на другому ступені реактора від значення БПК<sub>5</sub> стічних вод при концентрації звислих речовин, мг/л: 1 – 150; 2 – 120; 3 – 100; 4 – 70; 5 – 50

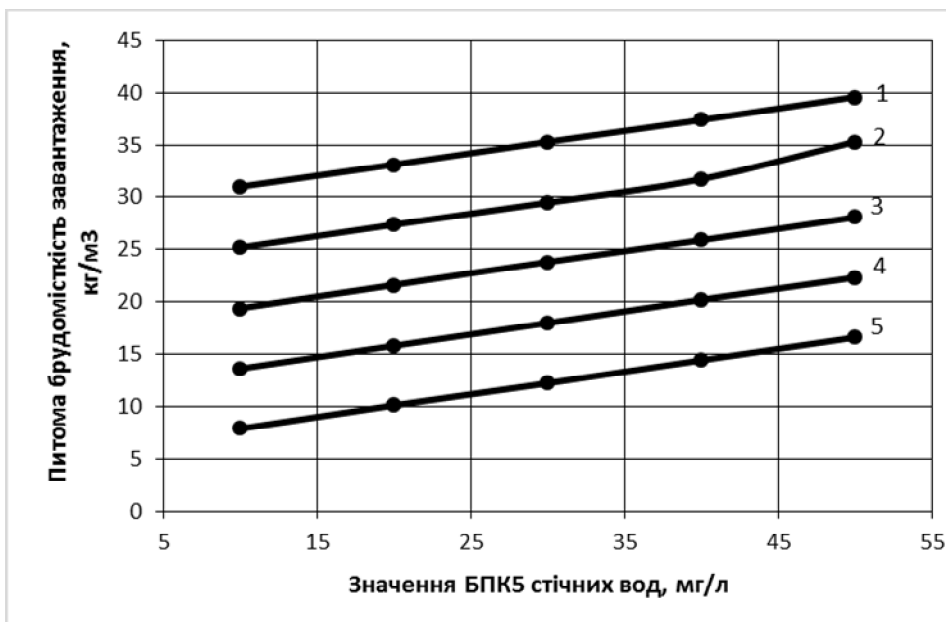


Рис. 6. Залежність питомої брудомісткості завантаження на третьому ступені реактора від значення БПК<sub>5</sub> стічних вод при концентрації звислих речовин, мг/л: 1 – 50; 2 – 40; 3 – 30; 4 – 20; 5 – 10

Отримані на підставі аналізу експлуатаційних показників роботи установок залежності їх технологічних показників від параметрів стічних вод, які очищуються, є підставою для розробки проектних рішень очисних споруд баз відпочинку. Це дозволяє рекомендувати розповсюдити досвід запровадження технології для знешкодження і знезараження стічних вод побутового характеру санаторно-курортних об'єктів.



### Список літератури

1. *Артамонов В.В., Вижевська Т.В.* Компактні установки глибокого очищення стічних вод. //Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научн. трудов Крем. гос. политехн. ин-та: Вып. 2/1999(7). Кременчуг: КГПИ, 1999. С.502-505.
2. *Артамонов В.В., Вижевська Т.В.* Технологія БІОСОФ глибокого очищення стічних вод. //Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научн. трудов Крем. гос. политехн. ун-та: Вып. 2/2000(9). Кременчуг: КГПУ, 2000. С.547-550.
3. *Вижевська Т.В.* Технологія багатоступеневого біологічного очищення стічних вод. // Водопостачання і водовідведення. К., 2012. Вип.1. С.64-67.
4. *Вижевська Т.В., Дем'янюк О.Б., Дем'янюк К.О.* Досвід впровадження багатоступеневої технології біологічного очищення стічних вод // Вісник НУВГП. Зб. наук.праць. Вип. 1(69). Технічні науки. Рівне, 2015. С. 92-101.

*Надійшло до редакції 18.11.2016*