

ВІДГУК

офіційного опонента, д. т. н., професора Петрука В. Г. на дисертаційну роботу Шаманського Сергія Йосиповича за темою «Науково-технологічні засади удосконалення екологічно безпечних процесів водовідведення», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

Актуальність роботи.

В Україні, на відміну від багатьох розвинутих країн світу, системи водоспоживання, водовідведення, водоочищення, каналізування та інші знаходяться, на жаль, в незадовільному стані. Такий занедбаний їх стан, без сумніву, негативно впливає на якість води, як питної, так і вод господарського використання, а також річкових басейнів, куди викидаються недоочищені стоки. При цьому Водна стратегія України передбачає одним із основних завдань зменшення скидів забруднювальних речовин зі стічними водами, а також докорінну модернізацію та реконструкцію каналізаційних очисних споруд. Недоліки існуючих способів і технологій утилізації осадів стічних вод спричиняють значні негативні впливи на здоров'я людини, інших живих екосистем та стан довкілля в цілому. Це, у першу чергу, надходження патогенних елементів у ґрунти, парникових газів у атмосферу, іонів небезпечних металів, токсичних органічних сполук тощо. Однак, при правильній постановці питань з комунальних систем водовідведення і очищення можна отримувати і органічні добрива, і біогаз, інші альтернативні джерела енергії, а також цінні елементи, наприклад, фосфор та інші.

Відтак, удосконалення існуючих та створення нових екологічно безпечних систем і процесів водовідведення та водоочищення, а також розроблення енергоефективних ресурсозберігаючих та рециклінгових технологій водокористування є на часі, а дана робота є, без сумніву, актуальною.

Зв'язок з науковими програмами, планами і темами.

Дисертаційне дослідження виконувалось відповідно пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність, Раціональне природокористування, визначених Законом України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 11 липня 2001 року №2623-III; а також «Енергоефективні технології на транспорті», «Технології раціонального природокористування, підвищення ефективності очищення стічних вод та запобігання забрудненню водних об'єктів», «Технології розроблення та використання нових видів палива, відновлюваних і альтернативних джерел енергії та видів палива. Технології використання скидних енергоресурсів. Теплонасосні технології», затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 року № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року»; у рамках науково-дослідних тем кафедри екології Національного авіаційного університету: «Вдосконалення технології очищення господарсько-побутових стічних вод та обробки осадів господарсько-побутових стічних вод

авіапідприємства» (державний реєстраційний номер 0116U008720), «Екотоксикологічна оцінка водних об'єктів мегаполісу на прикладі м. Києва» (державний реєстраційний номер 0118U004286). У даних науково-дослідних роботах автор брав участь як виконавець.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, результатів та їх новизни.

Обґрунтованість та достовірність результатів досліджень забезпечено використанням апробованих методів, сучасних комп'ютерних технологій і програмних продуктів, коректністю математичного моделювання та його задовільним збігом з експериментальними результатами, серйозною апробацією наукових результатів та їх висновків на різного роду наукових форумах, у друкованих працях, застосуванням сучасних методів фізико-хімічного аналізу, патентами на корисну модель, а також їх успішним впровадженням у відповідних організаціях та установах, зокрема, які займаються і питаннями водоочищення та водовідведення, наведені у додатках до дисертації.

Наукова новизна отриманих результатів.

В дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення актуальної науково-прикладної проблеми зниження екологічної небезпеки функціонування систем водовідведення, шляхом удосконалення екологічно безпечних технологічних процесів та створення устаткування, що забезпечить раціональне використання наявних відновлюваних ресурсів та зменшення шкідливих впливів систем водовідведення на навколишнє природне середовище.

Основні наукові результати, отримані у цій роботі, можна відзначити такі:

- науково обґрунтовано концепцію забезпечення екологічної безпеки та економічної ефективності процесів водовідведення, а також умови інноваційного удосконалення господарсько-побутових каналізаційних очисних споруд як техноекосистем першого виду з переходом до техноекосистем другого виду, що суттєво підвищує рівень екологічної безпеки населених пунктів;

- доведено ефективність процесу очищення стічних вод від біогенних елементів з одночасним культивуванням енергетичних мікробіодоростей, що дозволяє отримувати додаткову сировину для виробництва біопалива третього покоління;

- науково обґрунтовано використання нових методів змінного перепаду тиску для вимірювання витрати і кількості стічних вод на очисних спорудах, що дозволяє підвищувати рівень їх екологічної безпеки;

- доведено енергетичну ефективність перекачування стічних вод і зворотного активного мулу зі збереженням його експлуатаційних якостей за допомогою шнекових насосів, що дозволяє знижувати екологічні ризики і підвищувати енергетичну безпеку очисних споруд.

Практичне значення отриманих результатів.

Основні наукові результати знайшли практичне застосування у розробленій новій технологічній схемі водовідведення, що на відміну від існуючих аналогів функціонує як техноекосистема другого виду та дозволяє отримувати альтернативні енергоносії; у запропонованих автором конструктивних рішеннях

установок для очищення стічних вод від біогенних елементів, що порівняно з існуючими аналогами дозволяє здійснювати одночасне культивування енергетичних мікрободоростей; у розробленій технологічній схемі чотиристадійного анаеробного зброджування осадів стічних вод, що порівняно з існуючими аналогами дозволяє скоротити терміни бродіння та зменшити об'єми метантенків; у запропонованих конструктивних рішеннях лічильника кількості та витрати змінного перепаду тиску з низькою похибкою вимірювання та високою стійкістю до збурень, що на відміну від існуючих аналогів дозволяє виконувати більш точні вимірювання для керування потоками стічних вод на очисних спорудах; у розроблених конструктивних рішеннях шнекового насоса, що має вищий порівняно з існуючими аналогами коефіцієнт корисної дії і не погіршує експлуатаційних характеристик активного мулу.

Корисність запропонованих у роботі рішень підтверджена 7 патентами та 7 актами впровадження на підприємствах України та у навчальний процес Національного авіаційного університету і Державної академії післядипломної освіти та управління. Результати роботи були використані Міністерством регіонального розвитку та будівництва України під час розроблення державних стандартів і державних будівельних норм, одним з розробників яких є автор.

Повнота викладу в опублікованих працях положень, висновків та рекомендацій.

За темою дисертації опубліковано 54 наукових праці, у тому числі 1 монографія, 2 розділи у закордонних монографіях, 21 стаття у фахових українських та міжнародних виданнях, з них – 6 наукових статей, що індексуються у НМБ і 15 наукових статей, що входять до переліку ДАК України, з них 3 – одноосібні, 17 тез, 7 патентів на корисну модель тощо.

Зміст дослідження і наукові результати достатньо повно відображенні у вище зазначених публікаціях. Основні результати Шаманського С. Й. отримані самостійно. Висновки по розділах і загальні висновки відображають зміст наукових і практичних результатів досліджень.

Оцінка змісту дисертації.

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено їх об'єкт і предмет, розкрита наукова новизна та практична цінність отриманих результатів. Зазначено зв'язок роботи з науковими планами і темами, визначено методи дослідження, вказані відомості про апробацію роботи та кількість публікацій за матеріалами дисертації.

У першому розділі проаналізовано сучасні технологічні процеси водовідведення, очищення стічних вод та утилізації їх осадів. Звернено увагу на те, що широко використовувані в Україні технології біологічного очищення не забезпечують достатнього видалення біогенних елементів зі стічних вод, зокрема фосфорних і азотних сполук, що є однією з причин евтрофікації поверхневих водойм. До недавнього часу цій проблемі приділялось недостатньо уваги. Проаналізовано такі процеси очищення як: біологічне очищення в аеротенках від органічних речовин (БО); біологічне очищення в аеротенках від органічних речовин і амонійного азоту з нітрифікацією (БОН); біологічне очищення в

аеротенках від органічних речовин і азоту з нітрифікацією і денітрифікацією (БОНД); біологічне очищення в аеротенках від органічних речовин і азоту з хімічним видаленням фосфору (БОНДХФ); біологічне очищення в аеротенках від органічних речовин і азоту з біологічним видаленням фосфору (БОНДБФ); біологічне очищення в аеротенках від органічних речовин і азоту з біологічним видаленням фосфору, покращеним за допомогою ацидофікації (БОНДБФ-А); біологічне очищення в аеротенках від органічних речовин і азоту з хіміко-біологічним видаленням фосфору (БОНДХБФ). Використовувані методи доочищення маю ряд суттєвих недоліків. Вони вимагають додаткових витрат, а більшість з них передбачають використання реагентів (наприклад для видалення фосфатів використовують солі заліза чи алюмінію), що призводить до утворення нових відходів і необхідності вирішення проблем, пов'язаних з їх утилізацією. Через це перевагу в Україні віддають безреагентним методам видалення фосфатів, використовуючи можливості їх поглинання активним мулом на етапі біологічного очищення. Проте ефективність таких методів не завжди є високою.

Проаналізовано методи додаткового очищення стічних вод від біогенних елементів, такі як: доочищення у біоставках; доочищення з використанням фотоочисних технологій; біосорбційне доочищення; сорбційне доочищення на активованому вугіллі; сорбційне доочищення на мінеральних сорбентах; мембранне доочищення; денітрифікація нітратного азоту з додаванням субстрату; аноксидне окиснення амонію (АНАМОКС). Показано їх основні переваги та недоліки.

Проаналізовано методи утилізації осадів стічних вод, що утворюються на очисних спорудах. Перш за все такі як: анаеробна стабілізація (метанове зброджування); аеробна стабілізація; компостування; спалювання осадів. Оцінено перспективи подальшого використання.

Проаналізовано сучасний стан вимірювання витрати та кількості стічних вод, а також стан використання обладнання для перекачування стічних вод і рециркуляційного активного мулу. Сформульовано основні проблемні ситуації, що виникають і окреслено шляхи їх вирішення. Сформульовано основні задачі дослідження, направлені на створення оновленої екологічно безпечної концепції водовідведення.

У другому розділі досліджено екологічні характеристики можливих схем організації водовідведення. Показано, що сучасні методи доочищення стічних вод, а також методи утилізації їх осадів, не тільки не тільки не забезпечують достатнього рівня екологічної безпеки, але і не дозволяють у повною мірою використовувати потенційно можливі джерела отримання відновлюваних енергоносіїв. Показано, що для підвищення екологічної безпеки виникає необхідність у доочищенні стічних вод від біогенних елементів та в удосконаленні способів обробки і утилізації їх осадів. Перспективним методом доочищення стічних вод від біогенних елементів визначено фотоочисний метод. При цьому відбувається конверсія променистої сонячної енергії на хімічну енергію біомаси шляхом традиційних процесів фотосинтезу. З біомаси сьогодні можна виготовляти різні види альтернативних моторних палив, такі як біостанол,

біогаз, біодизель тощо. Вона також може бути цінною сировиною, що здатна замінювати нафту на хімічних підприємствах, а також іншу сировину на підприємствах з виготовлення косметичних засобів, кормових продуктів, харчових добавок та інших. Отриману біомасу мікроводоростей передбачено використовувати для виробництва моторного біопалива, біогазу та органічного добрива з вмістом фосфорних та азотних сполук.

Розрахунками показано, що спалювання осадів з нижчою теплою згоряння їх сухої органічної частини $q_{орг.} = 16,8 \cdot 10^6$ Дж/кг навіть ущільнених до вологості 75%, не дає позитивного енергетичного балансу. Під час спалювання осадів з нижчою теплою згоряння їх сухої органічної частини $q_{орг.} = 27,8 \cdot 10^6$ Дж/кг і вмісту органічних речовин у їх сухій масі $c = 75\%$ для отримання позитивного енергетичного балансу необхідно ущільнення осадів до вологості менше 83,2%, а якщо $c = 65\%$ в – до вологості менше 81,1%, що викликає технічні складнощі. Перспективним методом утилізації осадів стічних вод визначено використання як органічного добрива після анаеробної стабілізації з отриманням біогазу.

Запропоновано оновлену концепцію водовідведення, що дозволяє підвищувати ступінь очищення стічних вод від біогенних елементів, а також додатково отримувати екологічно безпечне добриво, моторне паливо та біогаз. запропонованій концепції передбачено доочищення стічних вод шляхом їх використання як середовища для культивування мікроводоростей, що у процесі метаболізму поглинають сполуки фосфору та азоту.

У третьому розділі оцінено можливу продуктивність культивування мікроводоростей для виробництва біопалива в типових регіонах України. Розрахунками показано, що у фотобіореакторах за природних умов України можна досягати продуктивності за біомасою 10,8 ... 12,4 кг/м² за рік. У цей час продуктивність за ліпідами може складати 3,8 ... 4,4 кг/м² за рік. Виконано розрахунки енергетичного і емісійного балансів виробництва та використання такого біопалива. Показано, що через занадто великі енергетичні витрати на процеси приготування культуральних субстратів, саме культивування, включаючи температурну стабілізацію, перемішування тощо, а також процеси виробництва біопалива, енергетичній та емісійний баланси є негативними. За використання відомих технологій в умовах України затрати енергії перевищують отримані від спалювання виробленого біопалива на 15%, а емісія CO₂ перевищує уникнену емісію від заміни біопаливом традиційного на 12%. Це пояснює відсутність на теперішній час широко виробництва та використання біопалив третього та четвертого поколінь, не дивлячись на те, що мікроводорості можна вважати перспективною сировиною для такого виробництва.

Відомо, що комунальні стічні води можуть містити від 5 до 20 мг/дм³ загального фосфору (у перерахунку на фосфати за PO₄ це складає від 15,7 до 62,7 мг/дм³). Вміст загального азоту може складати від 50 до 60 г/м³. Для забезпечення енергетичної та економічної ефективності поєднано процеси культивування з процесами очищення стічних вод від біогенних елементів. Тим самим можна знижувати ризики розвитку евтрофікаційних процесів у відкритих водоймах під

час скидання у них очищених стічних вод. Розрахунками показано, що при використанні запропонованих технологічних схем та конструкцій фотобіореакторів можна зменшувати концентрацію сполук фосфору у стічних водах у 9,5 разів, амонійного азоту у 18 разів, нітратів у 3,4 рази. Після очищення зменшується ефтрофікаційний потенціал стічних вод у 8,27 разу.

У четвертому розділі проаналізовано, систематизовано та узагальнено сучасні дослідження процесів анаеробного зброджування. Обробка осадів стічних вод у метантенках вважається в Україні малоефективною з тієї причини, що існуючі технології зброджування далекі від досконалості. Разом з тим розрахунками показано недоцільність використання технологій спалювання осадів через значні затрати енергії на їх зневоднення та висушування. За умови анаеробної стабілізації осадів в країні, можна щороку додатково отримувати біля $200 \cdot 10^6$ м³ біогазу ($140 \cdot 10^6$ кг умовного палива), спалювання якого не призводить до збільшення вмісту в атмосфері парникових газів. Головним недоліком існуючих технологій і конструкції метантенків є те, що не враховується стадійність процесу коли працюють різні мікроорганізми: гідролітичні, кислотогенні, ацетогенні та метаногенні. Через це бродіння займає тривалий час, метантенки конструюються великої ємності, органіка не повністю розкладається до кінцевих продуктів і вихід біогазу через це є незначним. Дослідження свідчать, що сприятливі умови для більш вибагливих та повільно ростучих метанових бактерій пригнічують діяльність кислототворних бактерій, сповільнюють утворення продуктів їх життєдіяльності, які є джерелом живлення для ацетогенних, а далі для метаногенних бактерій тому кінцевий вихід біогазу зменшується. Сприятливі умови для кислотоутворюючих мікроорганізмів призводять до суттєвого зниження рН середовища, що інгібує діяльність метаноутворюючих бактерій. Тому у метантенку, як правило, намагаються створити гібридні умови, досягнувши певної рівноваги між активністю кислототворних та метанотворних бактерій. Встановлено, що різні стадії анаеробного бродіння для інтенсивного протікання вимагають різних умов їх проведення. Обґрунтовано доцільність застосування чотиристадійних технологічних процесів, що дозволяє отримувати товарний CO₂, а також збільшити вміст метану у біогазі.

У п'ятому розділі показано головні недоліки електромагнітних і ультразвукових пристроїв для вимірювання витрати та кількості стічних вод. Під час їх роботи виникають додаткові похибок вимірювання, що знижують надійність процесі. Обґрунтовано доцільність використання методів змінного перепаду тиску. Вимірювання витрат рідин та газів за перепадом тисків на звуженні струмини відомо давно. Проблемою є те, що такі прилади використовуються сьогодні як витратоміри, а не як лічильники кількості. Разом з тим сьогодні існує багато інтеграторів, які можуть бути використані як вторинні перетворювачі у комбінації зі звужуючим пристроєм як первинним давачем. Такий пристрій може виконувати роль не тільки витратоміра, але і лічильника, інтегруючи показники дифманометра за певний проміжок часу, тим самим розраховуючи об'єм пройденної стічної води в автоматичному режимі. Такі

прилади позбавлені усіх найпоширеніших загальних недоліків і добре підходять для вимірювання стічних вод. Запропоновано принципову схему вимірювання витрати та кількості, а також структурну схему інтегруючого перетворювача. Виготовлено та випробувано дослідні зразки лічильників змінного перепаду тиску діаметром умовного проходу 50 та 80 мм. Використання стандартного сопла як первинного перетворювача має ряд переваг над використанням стандартної діафрагми. Лічильник з соплом, під час використання дифманометра з класом точності 0,25, забезпечує похибку вимірювання в перехідному діапазоні у межах 2,2%, що на 20% менше ніж лічильник зі стандартною діафрагмою. В робочому діапазоні ця похибка не виходить за межі 1,5%, що на 25% менше. Крім того лічильник з соплом забезпечує кращу стійкість метрологічних характеристик ніж лічильник з діафрагмою в умовах агресивної дії на нього стічних вод. Вимірювання кількостей і витрат дозволить суттєво покращити управління потоками стічних вод на очисних спорудах і тим самим підняти рівень їх екологічної безпеки.

У шостому розділі показано, що шнекові насоси мають добрі перспективи використання у комунальному господарстві нашої країни. Широке впровадження проміжних каналізаційних насосних станцій невеликого напору на мережах водовідведення, що дозволяє зменшувати заглиблення самопливних каналізаційних колекторів, стримується відсутністю достатньої номенклатури надійних та економічних насосів невеликого напору для забруднених рідин. що використання відцентрових насосів для перекачування СВ призводить до перевитрат електроенергії через створення надлишкових напорів, а під час перекачування рециркуляційного активного мулу – до погіршення його якості через значні динамічні навантаження. Запропоновано використання шнекових насосів, проаналізовано, виявлено недоліки їх існуючих конструкцій і запропоновано розроблену нову конструктивну схему насоса з високим об'ємним коефіцієнтом корисної дії. Повний ККД традиційної конструкції шнекових насосів є досить низьким і для насосів з середніми діаметрами шнеків його можна оцінити у $0,43 \div 0,55$. Нова конструкція шнекового насоса має багато переваг у порівнянні з традиційною. Новий насос може стабільно працювати за частот обертання ротора-корпуса $75 \div 95 \text{ хв}^{-1}$. Завдяки повній відсутності зазорів між шнеком та корпусом досягається високе значення об'ємного ККД. За таких умов повний ККД зростає у $1,4 \div 1,8$ разів і досягає 0,8. Відсутність динамічних навантажень під час роботи шнекових насосів робить їх перспективними для використання в системах транспортування активного мулу. Розроблено математичну модель роботи насоса і запропоновано удосконалений метод розрахунку складових його коефіцієнта корисної дії. Розрахунками показано можливість перекачування стічних вод та активного мулу з коефіцієнтом корисної дії, що перевищує існуючі аналоги на 30 % без зниження експлуатаційних властивостей активного мулу

Виготовлено діючу демонстраційну модель шнекового насоса нової конструкції, яка наочно підтверджує його стійку та стабільну роботу. Робота моделі демонструвалась для наочності за допомогою підфарбованої водопровідної

води. Демонстрація показала стійку та безперебійну роботу моделі. Нова конструкція насоса завдяки наявності у шнека зовнішнього циліндричного корпусу має більшу жорсткість, що дозволяє не враховувати міцнісні показники і виготовляти ротор-корпус лише з урахуванням досягнення насосом максимальних робочих характеристик (максимальної подачі). Обґрунтовано розрахунок, в якому виявлено, що для економії металу шнек можна виконувати однозаходним.

У сьомому розділі наведено розрахунки зменшення екологічних ризиків, а також розрахунки економічної ефективності впровадження запропонованих технологічних рішень. Для інтегральної оцінки екологічного ризику процесів водовідведення використано метод додавання рівнів факторів ризику. Самі рівні визначались відношенням їх кількісних характеристик до певних базових величин. У випадку, якщо фактором впливу є скидання певної кількості забруднюючих речовин у довкілля, то рівень факторів впливу визначався відношенням кількостей забруднень, що надходять у довкілля, до певної базової кількості таких забруднень. Базова величина визначалася у кожному випадку окремо. Розглянуто фактори впливу на атмосферне повітря викидів метану та вуглекислого газу при утилізації осадів комунальних стічних вод, фактори впливу на атмосферне повітря викидів вуглекислого газу під час культивування мікроводоростей у фотобіореакторах з використанням стічних вод як культурального середовища і подальшим виробництвом біопалива з культивованої біомаси. Розраховано кількісні значення факторів впливу на довкілля (гідросферу), а саме надходження біогенних елементів у поверхневі водойми без доочищення стічних вод і після доочищення з використанням запропонованої технології. Розглянуто фактори впливу на атмосферне повітря викидів вуглекислого газу при впровадженні шнекових насосів для перекачування стічних вод, фактори впливу на ґрунти надходження патогенних елементів при утилізації осадів стічних вод. Розраховано значення інтегрального екологічного ризику.

Оцінено економічний ефект реалізації чотиристадійного зброджування осадів стічних вод у чотирисекційних метантенках, економічний ефект розміщення на території очисних споруд когенераційної установки, економічний ефект реалізації технології доочищення стічних вод від біогенних елементів за допомогою мікроводоростей у закритих фотобіореакторах, економічний ефект впровадження на каналізаційних очисних спорудах шнекових насосів нової конструкції для перекачування стічних вод.

Потрібно відзначити, що запропонована концепція водовідведення має перспективи для широкого впровадження на каналізаційних очисних спорудах України. Вона дозволяє зменшити екологічні ризики, підвищити екологічну безпеку систем водовідведення, а також отримати значний економічний ефект від скорочення енергоспоживання та реалізації додаткових товарних продуктів, що можуть бути отримані. За рахунок впровадження чотиристадійної технології анаеробного зброджування можна досягнути зменшення факторів впливу на довкілля викидів метану на 64,77%, вуглекислого газу – на 93,3%. За рахунок впровадження технології доочищення стічних вод мікроводоростями можна

досягнути зменшення фактору впливу викидів вуглекислого газу на 5,36%, а також зменшення факторів впливу викидів фосфатів на 89,5%, амонійного азоту – на 94,4%, нітратів – на 70,7%. За рахунок впровадження технології перекачування стічних вод шнековими насосами нової конструкції можна досягнути зменшення факторів впливу на довкілля викидів вуглекислого газу на 61,3%. У цілому впровадження нової концепції водовідведення знижує екологічні ризики на 31,18%, а досяжний річний економічний ефект може скласти $451,5 \cdot 10^6$ грн/рік.

Загальні висновки, містять основні результати дисертаційних досліджень. Вони викладені достатньо змістовно та у повному обсязі відображають реалізацію поставлених дисертантом завдань.

Відповідність паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека. Робота повністю відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека, зокрема, основній формулі та пунктам 1,2,3,7,8. Вона також у повній мірі відповідає за формою і змістом вимогам ВАК України.

Дискусійні положення і зауваження. В процесі ознайомлення з роботою виникли такі зауваження.

1. У деяких пунктах наукової новизни не достатньо тільки лише декларування результату, а необхідно також вказати, чим він відрізняється від аналогів і що це дало для науки і практики, зокрема, в галузі екобезпеки.
2. С. 27 автореф. Пов'язувати тривалість життя тільки лиш з якістю води – це не зовсім коректно.
3. С. 37 дис. Що означає вислів «...нереалістична система нормування...»?
4. С. 124 дис. Ефіри фосфорних кислот не відносяться до фосфатів, а належать до ефірів (етерів).
5. Чи є доцільним Україні переходити на менш жорсткі європейські нормативи, зокрема, стосовно вмісту загальних N і P (с. 124)?
6. Чому Ви обрали саме такі області України для демонстрації продуктивності мікробіодоростей (с. 140-144)?
7. Теорія труб Вентурі широко відома, яка відображає метод змінного перепаду тиску. То що тут нового? Крім того, а якщо у стоках є крупні об'єкти, то як вони будуть проходити через звуження труби Вентурі?
8. С. 288. Ваш вираз «...достовірність зчитування (максимально відносна похибка)...» чи є він коректним з точки зору метрології?
9. Невже Ваша розробка буде настільки ефективною і у холодну пору року?
10. Що являє собою застосований Вами біостимулятор типу BIOSTIM-SBC₄?
11. Вираз (24) у авторефераті є сумнівним, адже ризик у класичному розумінні – це добуток імовірності настання небажаної (небезпечної) події на величину (об'єм) можливої завданої шкоди (загрози). Обґрунтуйте.
12. Яким чином Ваші результати роботи з водовідведення корелюють зі стандартами і будівельними нормами, у розробці яких Ви брали безпосередню участь?
13. У роботі зустрічаються невдалі вирази та неточності орфографічного та стилістичного характеру, наприклад: «забруднюючі» замість

«забруднювальні», треба писати «проблеми вирішуються», а «задачі розв'язуються»; (с. 20) «бувний» замість «колишній»; «неорганні сполуки» (с. 111); «хімічні з'єднання» замість «хімічних сполук»; не «постійна», а «стала» (с. 268) та ін.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, у якій вирішується актуальна науково-практична проблема підвищення екологічної безпеки систем водовідведення. Вона має достатньо високий науково-методологічний рівень, містить переконливу наукову новизну, має вагоме практичне значення, достатнє інформаційно-аналітичне забезпечення, логічну послідовність викладених положень. Результати роботи опубліковані у значній кількості видань та впроваджені на підприємствах і у навчальний процес та можуть бути використані у галузі екології та екологічної безпеки, комунальній сфері, міському господарстві та ін. Зміст дисертації повністю відповідає змісту автореферату.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота, яка надана на опонування, відповідає вимогам ДАК України, зокрема пп. 9, 10, 12, 13 та 14 Порядку присудження наукових ступенів (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами згідно Постанов Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 р. № 656 і від 30.12.2015 р. № 1159), а автор дисертації Шаманський Сергій Йосипович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Директор Інституту екологічної безпеки
та моніторингу довкілля
Вінницького національного
технічного університету,
доктор технічних наук, професор,
Заслужений природоохоронець України



В. Г. Петрук



Вашій секретар
В М Т У [Signature]