

## РОЗДІЛ VII. ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 574:628.4

**І.М. Іванова**, д-р техн. наук

**А.Л. Котельчук**, канд. техн. наук

**О.М. Семака**, викладач

**В.А. Крупко**, аспірант

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

### РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ЗАВДЯКИ УТИЛІЗАЦІЇ ВМІСТУ МУЛОВИХ КАРТ

**И.Н. Иванова**, д-р техн. наук

**А.Л. Котельчук**, канд. техн. наук

**А.Н. Семака**, преподаватель

**В.А. Крупко**, аспирант

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

### РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ ЗЕМЕЛЬ ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ИЛОВЫХ КАРТ

**Inna Ivanova**, Doctor of Technical Sciences

**Andrii Kotelchuk**, PhD in Technical Sciences

**Oleksii Siemaka**, teacher

**Vitalii Krupko**, PhD student

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

### DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS LAND OF CONSERVATION THROUGH RECYCLING SLUDGE CARDS

*Проаналізовано напрями використання відходів активного мулу аеротенків станції очищення стічних вод з позиції охорони земель. Проведено моделювання антропогенного тиску вмісту мулових майданчиків за допомогою біоіндикаторів *Daphnia magna* Straus, а також визначення властивостей термооброблених відходів (міцність під час стискування, коефіцієнт водостійкості, водонасичення).*

**Ключові слова:** використання земель, екологічні стандарти, осади мулових майданчиків, токсичність відходів, термообробка осаду, властивості замітника природних матеріалів.

*Проанализированы направления использования отходов активного ила аэротенков станции очистки сточных вод с позиции охраны земель. Проведено моделирование антропогенного давления содержания иловых площадок с помощью биоиндикаторов *Daphnia magna* Straus, а также определения свойств термично обработанных отходов (прочность при сжатии, коэффициент водостойкости, водонасыщения).*

**Ключевые слова:** использование земель, экологические стандарты, осадки иловых площадок, токсичность отходов, термообработка осадка, свойства заменителя природных материалов.

*Analyzes the uses of waste activated sludge aerotanks sewage treatment plant from the perspective of land protection. Simulation pressures content sludge cards using bioindicators *Daphnia magna* Straus and determining the properties heat-treated sludge aerotanks (compressive strength, coefficient of water resistance, water saturation).*

**Key words:** use a land, environmental standards, sediment silt sites, toxic waste, heat treatment sludge properties imitation of natural materials.

**Постановка проблеми.** Актуальність теми полягає в тому, що використання комплексу земель, пов'язаних з очищенням стічних вод, є дуже важливим науково-практичним завданням у зв'язку з необхідністю підвищення ефективності використання земельних ресурсів, що передбачено законодавчо-нормативними документами України. Екологічною проблемою є забруднення території відходами від очищення стічних вод. У результаті очищення стічних вод виникає осади, який має різний склад та властивості. Кількість і якість осаду залежить від кількості очищуваної води та способу очищення [1–17].

Також актуальним є пошук заміників природних матеріалів, які вилучаються з землі і використовуються у будівництві доріг (враховуючи, що будівництво 1 км дороги в Україні коштує близько 45 млн грн) [18–23].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що загальне забруднення доквілля приводить як до безпосереднього забруднення земель, так і до забруднення водних ресурсів, які здійснюють свій вплив на якість ґрунтів, можливість їх подальшого використання. Основними принципами державної політики у сфері охорони земель [1; 2, 13–15] є збереження земель як основного національного багатства українського народу. Чинні законодавчі і нормативні документи потребують оптимізації використання й охорони земель. Але подекуди існує високе антропогенне навантаження, зокрема, потерпає від цього й один з найбільших регіонів – Чернігівщина. Велика кількість власників землі цього регіону, до яких відносяться: лісогосподарські підприємства – 18,9 %; громадяни – 29,9 %; сільськогосподарські підприємства – 25,8 %; а також заклади, установи – підприємства промисловості, транспорт, Міністерство оборони, водогосподарські підприємства та інші приводить подекуди до нераціонального використання земель, їх погіршення [13–15]. Значні площі земель мають різноманітні відходи, тому актуальним є проведення досліджень з виявлення можливості утилізації вмісту мулових майданчиків, які з кожним роком займатимуть усе більші площі. До нераціонального використання земель можна віднести захоронення відходів від очисних споруд, а саме осаду активного мулу, який використовують в аеротенках.

Останнім часом в усьому світі поширюється використання біоіндикаторів для оцінювання якості вод, що має переваги щодо оперативного отримання загальної оцінки, наприклад, ДСТУ 4168-2003 передбачає використання ракоподібних, ДСТУ 4074-2001, ДСТУ 4076-2001 використання риб та інше. Тому нами визнано доцільним оцінити стан земель з використанням біоіндикаторів [21–23].

Існують [5–11] дослідження щодо розроблення методів утилізації осаду: захоронення, використання в різних галузях промисловості, використання як добрива, спалювання. Але на сьогодні відбувається затримка впровадження у виробництво, так і не вирішена основна методика утилізації та перероблення осаду стічних вод.

З огляду літературних джерел існує декілька шляхів вирішення цього питання. Традиційний підхід – це використання мулових майданчиків для захоронення осаду стічних вод. Причому цей осад містить багату складову, зольність сирих осадів становить у середньому 25÷40 %, а зольність надлишкового мулу – 25÷30 %. Органічна складова надлишкового мулу містить до 50 % білків, 30 % жирів та до 10 % вуглеводнів. До складової органічної частини сирих осадів входить приблизно в два рази менше білків, але в 2,5÷3 рази більше вуглеводнів, слід зазначити також велику бактеріальну забрудненість осадів та наявність у них значної кількості яєць гельмінтів.

Розглядається можливість перетворення осаду в комплексне добриво знешкодженням осаду стічних вод в умовах біосульфідогенезу під час дисиміляційного відновлення малорозчинних сульфатів. Отримані результати узгоджуються з експериментальними даними, відповідними динаміці вихідного із біореактора біогенного газу. За характером зміни кінетики виходу біогенного сірковуглецю, зміни концентрації ацетату і швидкості поглинання сульфатів можна здійснювати прогноз процесу біосульфідогенезу та знаходити найбільш оптимальні параметри системи. Це вказує на можливість його використання в біотехнології знешкодження осаду стічних вод з отриманням комплексного органо-мінерального добрива [7].

Існує певний досвід використання осадів у дорожньому будівництві. Результати натурних досліджень експериментальних асфальтобетонних покриттів, модифікованих техногенними відходами (осадам стічних вод), свідчать про високу їх якість, не поступаючись своїми показниками покриттю з традиційного асфальтобетону [8].

На рис. 1 проаналізовано ситуацію на прикладі м. Чернігова і порівняно обсяги зневодненого до 74 % осаду, який утворюється на мулових майданчиках та вивозиться як добриво на колгоспні поля, і загальний об'єм накопиченого осаду [10].

Залежно від призначення доріг існують різноманітні види, передбачені Законом України «Про автомобільні дороги», і для них використовуються різноманітні спеціальні матеріали. Ці будівельні матеріали виготовляються із природних матеріалів, які вилучаються із землі, що приводить до порушення поверхневого шару, руйнації ґрунтів. Зменшення використання такої сировини завдяки пошуку заміників, особливо, заміників, виготовлених із відходів очищення стічних вод на біологічних каналізаційно-очисних станціях, є перспективним напрямом дослідження.

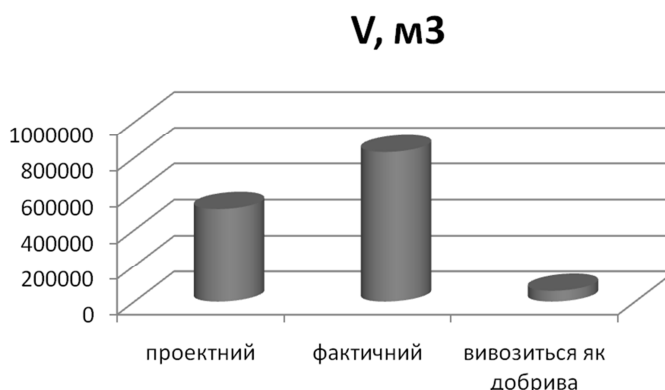


Рис. 1. Накопичення осаду на КОС м. Чернігова [10]: проектний, фактичний і використання як добрива

Велике значення має наявність місцевих будівельних матеріалів для вартості будівництва доріг, у табл. 1 представлено дані щодо будівництва доріг у деяких країнах світу. Також разом з високою економічною вартістю доріг вони мають певну екологічну вартість. Під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг необхідно враховувати сучасні екологічні вимоги до цих процесів. Це дозволить значно зменшити та мінімізувати негативний вплив автомобільних доріг на довкілля.

На стадії розроблення проектів необхідно вирішувати деякі питання, що безпосередньо відносяться до екологічних аспектів, зокрема, раціональне використання природних ресурсів.

Таблиця 1

Вартість будівництва одного кілометра автомобільної дороги

№	Країна	Вплив чинників	Вартість будівництва 1 км, млн \$
1	Україна	рельєф, наявність місцевих будівельних матеріалів	5,6
2	США		10,0
3	Канада		11,0
4	Росія		6,3
5	Словаччина		12,8
6	Німеччина		14,5

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Огляд літературних джерел щодо утилізації відходів біологічного очищення стічних вод виявляє три основні напрями, представлені нами на рис. 2.



Рис. 2. Основні напрями утилізації осаду з аеротенку

Перший напрям: зберігання на мулових майданчиках – це застарілий нераціональний метод, пропонується зменшення обсягу під час анаеробно-аеробного очищення [12].

Другий напрям – спалювання осаду – раніше затримувала висока вологість осаду (понад 70 %). На цей момент використання новітніх сушарок для підсушеного осаду на мулових майданчиках вологістю 60÷70 % дозволяє зменшити його вологість до 25 % і нижче. За допомогою цього можна ліквідувати джерело парникового ефекту, яке виникає у разі застосування застарілих технологій (утилізації методом зневоднення осаду на мулових майданчиках) отримання альтернативного джерела теплової та електричної енергії. При такому потужному термічному обробленні в 13 разів зменшується обсяг зневодненого осаду [6].

Третій напрям – використання різних видів добрив активно відпрацьовується. Розглядається також можливість вирішення екологічної утилізації відходів з метою одержання регуляторів росту рослин за допомогою метанового зброджування. Ці регулятори спроможні викликати в організмі рослини зміни в обміні речовин, керувати їх ростом і розвитком [11].

Кожний вказаний напрям має певні переваги, але потребує додаткових досліджень для вибору оптимального варіанта для певного комплексу очисних споруд, зокрема, Чернігівського КОС. Оцінюючи технології утилізації осаду стічних вод, можна зазначити, що альтернативною є технологія утилізації ОСВ в органічно-мінеральний порошок з подальшим залученням отриманого на його основі асфальтобетону в дорожньому будівництві, за економічними та екологічними показниками переважає метод термічної утилізації.

Серед вказаних завдань досліджень залишаються актуальними:

- дослідження токсичності розчину, який утворюється внаслідок потрапляння атмосферних опадів на мулові майданчики і поширюється у довкіллі;
- дослідження властивості матеріалу, що утворюється після термічного оброблення осаду і планується до використання у будівництві.

Таким чином, для збереження земель, на яких розміщено відходи КОС, а також земель, з яких вилучаються природні матеріали – сировина для будівництва, необхідно:

1. Дослідити токсичність забруднювача земель (вмісту мулових майданчиків).

2. Розробити екологічно безпечну технологію використання ОММ у будівництві, дослідити умови використання вторинного продукту термічного перероблення осаду мулових майданчиків для заміщення природних матеріалів.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є розроблення рекомендацій щодо збереження земель завдяки утилізації вмісту мулових майданчиків.

**Виклад основного матеріалу.** Для того, щоб дослідити безпечність для використання у сільському господарстві й будівництві АМ проведено дослідження ймовірної токсичності води, яка проходить крізь свіжий осад та осад після витримки у 12 місяців на мулових майданчиках і потрапляє у ґрунти. Для аналізу відбирали осад з мулового майданчика (ОММ), який має вигляд, представлений на рис. 3.



Рис. 3. Осад після біологічного очищення стічних вод – новоутворений осад на муловому майданчику (а) та осад, витриманий 12 місяців на муловому майданчику (б)

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

Досліджувані водні розчини готувались із новоутвореним осадом мулових майданчиків (вибірки 1, 2) і ОММ з витримкою на мулових майданчиках 12 місяців (вибірки 3, 4). Отримана суспензія була профільрована крізь фільтр марки ФО ФС-17.

Змішування АМ з водою моделює спочатку процес розчинення ОММ внаслідок опадів, далі – фільтрацію утвореної суспензії крізь природні матеріали (пісок, гравій, тощо) і подальше поширення забрудненої води з ґрунтовими водами. До прозорої суміші об'ємом 100 мл з концентрацією 2,5 і 5 % додавали згідно з КНД 211.1.4.054-97 [21] по 10 біоіндикаторів – *Daphnia magna* Straus. Через 96 годин проаналізовано токсичність розчинів згідно з методикою.

Кількість живих біоіндикаторів *Daphnia magna* Straus у водних системах з розглянутою концентрацією забруднюючої речовини представлено в табл. 2. Оскільки про гостру токсичність свідчить зменшення біоіндикаторів понад 50 %, то доходимо висновку, що утворені розчини з концентрацією 2,5 і 5 % ОММ не виявили гострої токсичності води.

Таблиця 2

*Дослідження безпечності експериментальних розчинів за допомогою біоіндикаторів *Daphnia magna* Straus*

№ вибірки	Концентрація розчину, %	Наявність живих біоіндикаторів		Висновки
		Контроль	Експеримент	
1	2,5	10	9	Нетоксична
2	5	10	8	Нетоксична
3	2,5	10	10	Нетоксична
4	5	10	9	Нетоксична

Перевірка з використанням біоіндикаторів є комплексною перевіркою, можна стверджувати достатню безпечність використання ОММ у сільському господарстві, будівництві, а також відсутність токсичних впливів на довкілля забруднених ОММ вод.

У процесі використання ОММ у будівництві треба врахувати, що до матеріалів, які традиційно використовуються у дорожньому будівництві, існують певні вимоги, зокрема, органомінеральна суміш повинна мати такі властивості (табл. 3).

Таблиця 3

*Фізико-механічні властивості суміші*

Показники	Суміші мінеральних матеріалів з в'язким органічним в'язучим
Межа міцності на стиск при температурі 50 °С R 50, Мпа, не менше	1,0
Межа міцності на стиск при температурі 20 °С R 50, Мпа, не менше	1,8
Коефіцієнт водостійкості, не менше	0,7
Водонасичення, %, за об'ємом, не більше	5,0

Для цього дослідження осад активного мулу (АМ) комплексу очисних споруд (КОС) м. Чернігова було термічно оброблено в муфельній печі ПМ-8 при температурі  $t=500$  °С. Отриманий матеріал далі використано для виготовлення і дослідження зразків органо-мінеральної суміші з різним вмістом добавки ОММ, як потенційного замітника матеріалів, що використовуються у будівництві доріг. Для створення ОМС згідно з ТУ У 33852939.001-98 «Органомінеральні суміші», ДСТУ Б В.2.7-89-99 «Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва» [18; 19] використано відсів подрібнений, бітум та мінеральний порошок.

У цьому дослідженні замість мінерального порошку було добавлено 5 та 10 % експериментального замітника мінерального порошку, а саме термічно оброблений активний мул з мулових карт (КОС) м. Чернігова. Основні етапи процесу виготовлення зразків дорожнього покриття представлено на рис. 4.





Рис. 4. Процес виготовлення експериментальних зразків 5 та 10 % виявлення фізико-механічних властивостей зразків ОМС з різним вмістом замітника мінерального порошку

Фізико-механічні властивості сумішей, асфальтобетонів і закріплених ґрунтів визначають на зразках, що отримані ущільненням сумішей у сталевих формах. Форми для виготовлення циліндричних зразків являють собою сталеві порожнисті циліндри, які можуть виготовлятися у вигляді касети з трьома взаємозв'язаними циліндричними формами діаметром 71,4 або 50,5 мм, або одиночних звичайних та полегшених форм, розміри яких залежать від найбільшої крупності мінеральних зерен.

Для визначення границі міцності під час стискування зразків у водонасиченому стані використовуються зразки, що отримані ущільненням сумішей у сталевих формах. Для випробування готувались зразки за наявною методикою. Границю міцності під час стискування зразків визначають на пресах при швидкості руху плити преса  $(3,0 \pm 0,3)$  мм/хв. При експериментальному дослідженні використовувався прес гідравлічний за ГОСТ 28840 з навантаженнями від 50 до 100 кН ( $5 \div 10$  тс) і до 500 кН (50 тс) з силовимірювачами, що забезпечують похибку не більше 2 % навантаження, яке вимірюють.

Після виготовлення експериментальних зразків було проведено дослідження їх фізико-механічних властивостей з використанням атестованого обладнання.

На основі проведених досліджень було розроблено оптимальний склад сировини, яка дозволяє зменшити порушення земель під час видобування будівельних матеріалів. Результати дослідження було представлено у Звіті про науково-дослідну роботу «Дослідження перспектив використання у будівництві доріг осаду з мулових майданчиків каналізаційно-очисних споруд м. Чернігова», який передано для використання у державне підприємство «Служба автомобільних доріг у Чернігівській області». Перевірка здійснювалась у лабораторії Служби доріг у Чернігівській області (табл. 4).

Порівняння отриманих результатів свідчать, що водонасичення для різних композицій змінюється порівняно з традиційним матеріалом (зразок № 1 – контрольний) на  $18 \div 23$  % і не перевищують вимоги ТУ. Межа міцності при температурі  $20$  °С і при  $50$  °С відповідає вимогам ТУ, а в окремих випадках має кращі результати порівняно з

контрольним зразком. Коефіцієнт водостійкості зростає зі збільшенням домішки від 5÷10 % у ОМС, як це показано на рис. 5.

Таблиця 4

*Властивості традиційних та експериментальних матеріалів*

№ п/п	Склад органо-мінеральної суміші	Об'ємна маса	Водонасичення, %	Межа міцності під час стискування Мпа, при температурі			Коефіцієнт водостійкості
				20 °С	50 °С	Водонас. стан.	
1	Відсів подрібнений – 93 % Бітум – 7 %	2,23	3,9	5,0	2,6	5,1	1,0
2	Відсів подрібнений – 88 % Бітум – 7 % Домішка – 5 %	2,26	4,8	6,0	1,9	5,3	0,88
3	Відсів подрібнений – 83 % Бітум – 7% Домішка – 10 %	2,21	4,6	4,7	1,7	4,9	1,03
4	Норматив за ТУ		Не більше 5,0	Не менше 1,8	Не менше 1,0		Не менше 0,7

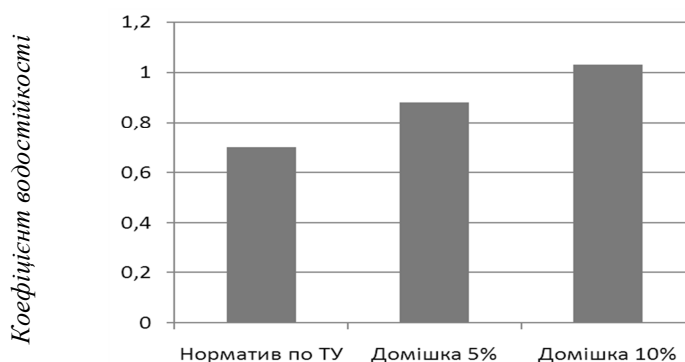


Рис. 5. Залежність коефіцієнта водостійкості зразка дорожнього покриття від концентрації ОМС

Отримані результати (з урахуванням того, що заміна мінерального порошку термообробленими відходами очисної станції приносить економічний, екологічний та соціальний ефект) свідчать про можливість використання як добавки (замінника мінерального порошку) осаду з мулових майданчиків, враховуючи, що осад активного мулу не погіршує якість органо-мінеральної суміші, а використання осаду активного мулу дає змогу економити мінеральний порошок у кількості від 50 до 70 кг на тонні ОМС, зменшити зайняті відходами – осадом активного мулу – землі.

**Висновки і пропозиції.** 1. Розвинуто методологію охорони земель на основі комплексного підходу до їх використання та заміни природних ресурсів вторинними матеріалами, отриманими із відходів станцій біологічного очищення стічних вод. Підвищено ефективність використання земель завдяки одночасному зменшенню територій, забруднених ОММ, і територій, з яких вилучається сировина для будівництва.

2. На основі проведених експериментальних досліджень з термооброблення осаду активного мулу і подальшого використання його для виготовлення зразків органо-мінеральної суміші отримано результати, які свідчать про можливість використання як добавки – замінника мінерального порошку – осаду з мулових майданчиків, враховуючи встановлену його нетоксичність і виміряні фізико-механічні показники зразків ОМС з різним складом добавки. Встановлено оптимальний склад ОММ для заміни природних матеріалів у будівництві доріг з органо-мінеральної суміші, що містить: 83 % відсіву подрібненого, 7 % бітуму, 10 % експериментального порошку (осад мулового майданчика).

3. Проведено моделювання антропогенного тиску на дослідженій території з урахуванням токсичності земель, забруднених ОММ, з використанням біоіндикаторів *Daphnia magna* Straus. Зроблено перевірку токсичності осаду мулових майданчиків Чернігівської каналізаційно-очисної станції у вигляді систем із вмістом 2,5 і 5 % ОММ з використанням біоіндикаторів *Daphnia magna* Straus (комплексна перевірка), яка виявила достатню безпечність використання ОММ у сільському господарстві, будівництві, а також потенційних впливів на довкілля забруднених активним мулом вод.

#### Список використаних джерел

1. *Про охорону земель* : Закон України від 19 червня 2003 № 962-IV / Верховна Рада України. – К. : Парлам. вид-во, 2003. – № 39. – 349 с.
2. *Про державний контроль за використанням та охороною земель* : за станом від 19 червня 2003 р. № 963-VI // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 39. – Ст. 350.
3. *Моделювання ефективності роботи станції біологічного очищення стічних вод* / О. О. Шевченко, В. А. Крупко, Л. М. Клінцов, І. М. Іванова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 5. – С. 16–20.
4. *Крупко В. А. Шляхи мінімізації забруднення довкілля* / В. А. Крупко // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 2013 р.). – Чернігів : ЧДІЕУ, 2013. – С. 128–130.
5. *Олійник О. Я. Зневоднення зволоженого осаду на мулових майданчиках за рахунок фільтрації і випаровування* / О. Я. Олійник // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : науково-технічний збірник. – 2005. – Вип. 5. – С. 92–99.
6. *Досвід роботи КП КГ «Харківкомуночиствод» щодо утилізації осадів стічних вод з використанням технології італійських фірм VOMM/TAGEOTEC* / І. В. Корінько, С. С. Піліграм, М. Д. Лессік, Г. М. Смирнова // Водопостачання та водовідведення. – 2010. – № 5. – С. 28–29.
7. *Пляцук Л. Д. Математичне моделювання процесу знешкодження осаду стічних вод в біосульфідогенних умовах* / Л. Д. Пляцук, Е. Ю. Черниш // Вісник НТУ «ХП». – 2013. – № 37. – С. 148–160.
8. *Використання осадів стічних вод в експериментальному дорожньому будівництві* / Г. Я. Дрозд, Р. В. Бреус, В. В. Рогулін, І. І. Бізірка // Водопостачання та водовідведення. – 2011. – № 4. – С. 44–47.
9. *Дрозд Г. Я. Оцінка технологій утилізації осадів стічних вод* / Г. Я. Дрозд, В. В. Рогулін // Водопостачання та водовідведення. – 2011. – № 4. – С. 38–43.
10. *Шкінь О. М. Технічні проблеми при дотриманні законодавчих вимог. Економічні аспекти водовідведення* / О. М. Шкінь // Українсько-німецьке партнерство у галузі водного господарства – завдання для науки і практики : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Івано-Франківськ, 15–16 грудня 2008 р.). – Івано-Франківськ, 2008. – С. 35.
11. *Безвідходна технологія очищення стічних вод виробництво амінокислот* / О. В. Гайдаржи, Л. В. Левандовський, Г. М. Заболотна, Г. С. Андріяш // Екологія. Людина. Суспільство : матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених (Київ, 18–22 травня 2010 р.). – К., 2010. – С. 43–44.
12. *Жукова В. С. Очищення стічних вод від сполук азоту з використанням іммобілізованих мікроорганізмів* : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.17.21 «Технологія водоочищення» / Жукова Вероніка Сергіївна ; Нац. техн. ун-т України «КПІ». – К., 2013. – 19 с.
13. *Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2003 рік*. – Чернігів : ДУЕІПРЧО, 2004. – С. 63.
14. *Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2010 рік*. – Чернігів : ДУЕІПРЧО, 2011. – С. 97.
15. *Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2011 рік*. – Чернігів : ДУЕІПРЧО, 2012. – С. 99–100.
16. *Шкінь О. М. Управління інноваційним розвитком комунального господарства України : регіональний аспект* / О. М. Шкінь // Стратегія і механізми регулювання промислового розвитку : зб. наук. праць : у 3 т. Т. 3 / НАН України, Інститут економіки промисловості. – Донецьк, 2011. – С. 164–172.



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

17. *Якість* процесу очищення стічних вод як функція складу вхідного потоку / Ю. В. Шатохіна, Л. М. Клінцов, О. М. Шкінь, Н. С. Мазюк // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2013. – № 1/1 (9). – С. 36–38.

18. *Органомінеральні суміші* : ТУ У 33852939.001–98. – [Чинний від 1998]. – Офіц. вид. – 1998. – (Технічні умови).

19. *Матеріали* на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва : ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98). – [Чинний від 2000.01.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 44 с.

20. *Споруди* транспорту. Автомобільні дороги. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво : ДБН В.2.3-4:2007. – [Чинний від 2008.03.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 91 с.

21. *КНД 211.1.4.054-97* Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних «*Daphnia magna* Straus». – 16 с.

22. *Якість* води. Визначення гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі. Ч. 2 : ДСТУ 4075–2001. – [Чинний від 2003.07.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 11 с.

23. *Якість* води. визначення гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі. Ч. 3 : ДСТУ 4076–2001. – [Чинний від 2003.07.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 22 с.

УДК 629.039.58+004.942

**О.В. Коваленко**, канд. техн. наук

Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, Україна

### МОДЕЛЮВАННЯ ПОДІЇ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТРИТІЄМ

**А.В. Коваленко**, канд. техн. наук

Институт ядерных исследований НАН Украины, г. Киев, Украина

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБЫТИЯ РАДІОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРИТИЕМ

**Oleksandr Kovalenko**, PhD in Technical Sciences

Institute of Nuclear Research of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

### MODELING OF THE EVENT OF RADIOACTIVE CONTAMINATION BY TRITIUM

*Представлено підхід до моделювання локальної події радіоактивного забруднення території тритієм за допомогою просторів пов'язаних різномасштабних моделей стану системи. При дослідженні розповсюдження тритію у водонасичених ґрунтах у запропонованому підході врахована обмеженість переміщення тритію у вертикальному напрямку пористопружного насиченого рідиною середовища. Запропоновано вирішення питання обмеженості за допомогою дослідження ступеня зв'язаності між твердою і рідкою фазами середовища.*

**Ключові слова:** тритій, модель, стан, переміщення, фактор.

*Представлен подход к моделированию локального события радиоактивного загрязнения территории тритием с помощью пространств связанных разномасштабных моделей состояния системы. При исследовании распространения трития в водонасыщенных грунтах в предлагаемом подходе учтена ограниченность перемещения трития в вертикальном направлении пористоупругой насыщенной жидкостью среде. Предложено решение вопроса ограниченности перемещения с помощью исследования степени связанности между твердой и жидкой фазами среды.*

**Ключевые слова:** тритий, модель, состояние, перемещение, фактор.

*The article presents an approach to modeling local event of radioactive contamination by tritium. It is made by means of spaces of the connected models of different scale of a condition of system. Taken into account the limited movement of tritium in the vertical direction of the porous elastic water-saturated medium. The proposed solution of the issue of restricting the movements through the research of the degree of coupling between the solid and liquid phases of the medium.*

**Key words:** tritium, model, condition, displacement, factor.

**Постановка проблеми.** Із більш ніж 1700 відомих радіонуклідів лише 200 можуть бути використані на практиці. Серед них важливе місце належить ізотопу водню тритію. Тритій може бути використаний майже в усіх напрямках, де застосовуються ізотопи: як радіоактивний індикатор у геофізичних, ґрунтово-гідрологічних, хімічних, біологічних та медичних дослідженнях; у вигляді джерела іонізуючого випромінювання для радіоізотопних вимірвальних приладів, технологічних приладів та пристроїв, установок і приладів