



- © Є.Б. Угненко, докт. техн. наук, професор,
- © В.О. Юрченко, докт. техн. наук, професор,
- © Н.І. Сорочук,
- © О.Г. Мельнікова,
- © М.В. Ячник (ХНАДУ)

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ ЦЕОЛІТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ З АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

*Анотація.* У результаті порівняльної оцінки сорбційної очистки поверхневих стічних вод з автомобільних доріг за допомогою цеоліту і гравійної суміші визначено ефективність використання альтернативних матеріалів. Впровадження новітніх методів очистки із застосуванням природних цеолітів вирішує завдання підвищення технічного рівня автомобільних доріг, безпеки руху та екологічного функціонування.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, поверхневий стік, природний цеоліт, концентрація нафтопродуктів, швидкість очищення, ефективність очищення, час контакту з сорбентом, фракція, адсорбент.

*Анотация.* В результате сравнительной оценки сорбционной очистки сточных вод с поверхности дорог, при помощи цеолита и гравийной смеси была определена эффективность использования альтернативных материалов. Внедрение новых методов очистки с использованием природных цеолитов решает проблему повышения технического уровня автодорог, безопасности движения и экологических показателей.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, поверхностный сток, природный цеолит, концентрация нефтепродуктов, скорость очистки, эффективность очистки, время контакта с сорбентом, фракция, адсорбент.

*Annotation.* As a result of comparative evaluation of sorption purification of waste water from the surface of roads, using zeolite and gravel mixture there was determined the efficiency of using alternative materials. The introduction of new methods of treatment using natural zeolites solves the problem of raising the technical level of highways, traffic safety and environmental performance.

**Keywords:** road, surface runoff, natural zeolite, concentration of oil products, speed cleaning, efficiency of cleaning, time of contact with sorbent, fraction, adsorbent.

### Вступ

Система відведення поверхневих вод від дороги складається з низки споруд і планувальних заходів, призначених для перехоплення води та відведення її від дороги. У цю систему входять: планування проїзної частини і узбіч, бічні, нагрні та інші канали, водопропускні споруди.

За наявності нормативних документів із проектування автомобільних доріг обґрунтуванню схем відведення та очищення поверхневих стоків з автомобільних доріг уваги приділено недостатньо.

Питання застосування очисних споруд необхідно вирішувати з урахуванням цілого комплексу показників умов будівництва, а також обраної системи водовідведення, надійності сполучення з нею очисних споруд та ефективності функціонування як водовідвідних, так і очисних конструкцій.

Специфічні забруднюючі компоненти у складі поверхневого стоку з автомобільних доріг, які підлягають видаленню в процесі очищення (наприклад, СПАР, солі важких металів, біогенні елементи), є, як правило, результатом техногенного забруднення або незадовільного санітарно-технічного стану поверхні

водозбору. Тому їх слід включати до переліку пріоритетних показників лише за даними натурних досліджень після вивчення причин, що зумовлюють їх присутність.

Враховуючи фактори, що впливають на формування поверхневих стічних вод, характер і ступінь їх забруднення мінеральними й органічними компонентами різного походження, в якості пріоритетних показників, на які слід орієнтуватися при виборі технологічної схеми очищення поверхневого стоку з автомобільних доріг, необхідними і достатніми є такі узагальнені показники якості води, як вміст завислих речовин і нафтопродуктів [1, 2].

Концентрації забруднюючих речовин у поверхневому стоці з автомобільних доріг, що відводиться на очисні споруди або у водні об'єкти, рекомендується приймати за даними натурних та лабораторних досліджень. При цьому визначення середніх значень показників виконують шляхом статистичної обробки даних хімічного аналізу, виходячи з припущення нормального (або логарифмічно нормального) розподілу випадкових змін якісного складу води.



Відведення поверхневого стоку з автомобільних доріг у водні об'єкти повинно проводитись відповідно до нормативних документів, а також з урахуванням специфічних умов його формування: епізодичності випадання атмосферних опадів, інтенсивності процесів сніготанення, різкої зміни витрат і концентрації стоків [3].

Відомі типові рішення з організації водовідведення, які представляють собою жорстко регламентовані однотипні конструкції і розміри як прикрайкового, так і укисних лотків для доріг всіх категорій і умов застосування, не відповідають вимогам нормативного забезпечення транспортно-експлуатаційних показників сучасних швидкісних багатосмугових доріг.

У сучасних технологіях водоочищення головне місце займають процеси фільтрації та фільтруючі матеріали. Прогресуюче погіршення екологічної ситуації водних об'єктів вимагає постійного оновлення фільтруючих елементів, до яких ставляться більш високі технологічні та екологічні вимоги. До нового покоління сучасних фільтруючих матеріалів відносяться цеоліти [4, 5].

Застосування цеолітів для очищення поверхневих стоків регламентовано технічними умовами ТУ У 14.5-00292540.001-2001.

Нагальність вирішення задач, пов'язаних з підвищенням ефективності очистки поверхневих стічних вод на прилеглих до автомобільних доріг територій зумовлює актуальність теми.

Метою роботи є порівняльна оцінка ефективності сорбційної очистки поверхневих стічних вод від нафтопродуктів за допомогою цеоліту і гравійної суміші.

### Основна частина

Експериментальні дослідження проводили в лабораторних умовах на модельних поверхневих стічних водах – емульсії нафтопродуктів (далі – НП). Модельні поверхневі стічні води готували шляхом емульгування дизельного палива в дистильованій воді при перемішуванні механічною мішалкою (3 тис. оборотів у хв) протягом 6–7 хв. У модельних стічних водах створювали концентрацію НП, типову для дощових зливів з автодоріг, що утворюються в перші 10–20 хв дощу (5–10 мм опадів), коли концентрація забруднень має найвищі значення, а стік від дощу повинен піддаватися очищенню в повному обсязі.

Ефективність адсорбційного очищення від НП досліджували на 5 варіантах адсорбентів. В якості адсорбентів для очищення модельного стоку використовували 4 фракції цеоліту (не більше 1 мм, 1–3 мм, 3–5 мм, більше 5 мм) і гравійну суміш (3–5 мм), яку використовують у відомому способі обробки зливів з автомобільних доріг.

По 100 см<sup>3</sup> отриманої емульсії НП вносили в конічні колби об'ємом 250 см<sup>3</sup>, потім в кожен колбу вносили 10 г одного варіанта сорбенту (кожен варіант повторювали 2 рази). Суміші струшували протягом заданого часу на шуттель-апараті, потім фільтрували через паперовий фільтр “біла стрічка”, у фільтраті визначали залишкові кількості НП. Ефект очищення розраховували за формулою:

$$E = (C_{\text{вих}} - C_{\text{кон}}) / C_{\text{вих}} \times 100; \quad (1)$$

де E – ефективність очищення, %;

$C_{\text{кон}}$  – концентрація НП у воді після очищення;

$C_{\text{вих}}$  – концентрація НП у воді до очищення.

Концентрацію НП визначали гравіметричним методом відповідно до методики, рекомендованої нормативними документами. Гравіметричний метод ґрунтується на екстракції НП з водного середовища хлороформом, випаровуванні і видаленні розчинника, розчиненні залишку в гексані, відділенні полярних сполук на колонці з оксидом алюмінію, видалення розчинника і гравіметричному вимірюванні маси залишку.

Концентрація НП у стічних водах у динаміці обробки різними сорбентами наведена на **рис. 1**.

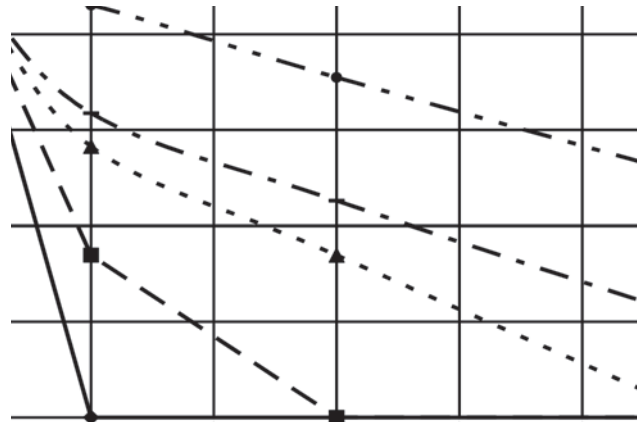


Рис. 1. Вплив тривалості адсорбційної обробки стічних вод на вміст НП у поверхневих стічних водах

Як видно із даних, що наведені на **рис. 1**, динаміка вмісту НП у стічних водах при обробці за допомогою гравійної суміші описується лінійною залежністю, у той час, як динаміка вмісту НП у стічних водах при обробці за допомогою цеоліту має більш складний характер. Швидкість очищення підвищується при зменшенні розмірів фракції цеоліту, що характерно для сорбційних методів обробки (**табл. 1**).

Таблиця 1

### Швидкість очищення поверхневих стічних вод від НП в динаміці обробки

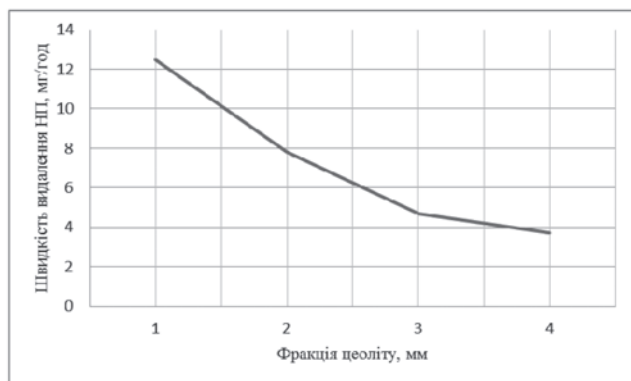
Адсорбент, фракція	Швидкість видалення НП (мг/г-год) при тривалості обробки, хв	
	10	30 (в інтервалі 10-30 хв обробки)
Цеоліт		
≤ 1 мм	12,5	–
1–3 мм	7,8	4,2 (2,4)
3–5 мм	4,7	2,6 (1,6)
≥ 5 мм	3,7	2,1 (1,3)
Гравійна суміш 3–5 мм	0,7	0,9 (1,0)

Найвища швидкість очищення (12,5 мг/г-год) визначена для самої дрібної фракції цеоліту (не більше 1 мм) і в перші 10 хв обробки. Можливо, що швидкість видалення НП цією фракцією була і вище, і повне видалення



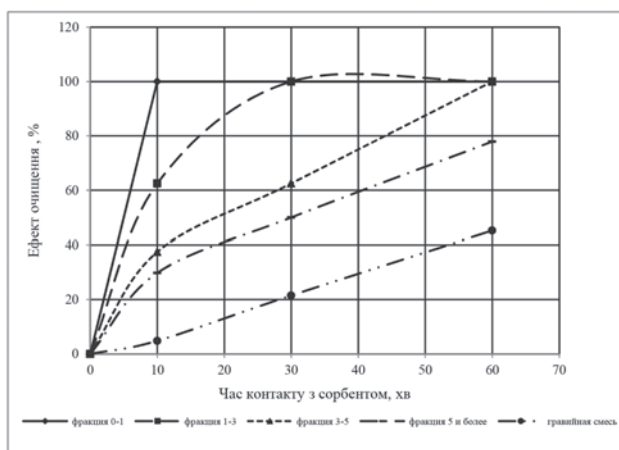
НП було досягнуто раніше першого відбору проб – 10 хв. У динаміці обробки швидкість видалення НП цеолітами всіх фракцій стабільно зменшувалася, що характерно для сорбційного механізму очищення, а швидкість видалення НП гравійною сумішшю через 30 хв навіть дещо підвищилась порівняно з першими 10 хв.

Залежність швидкості видалення НП у перші 10 хв контакту стічних вод з цеолітами від розмірів фракції цеолітів наведена на **рис. 2**.



**Рис. 2.** Залежність швидкості видалення НП у перші 10 хв контакту стічних вод із цеолітами від розмірів фракції цеолітів

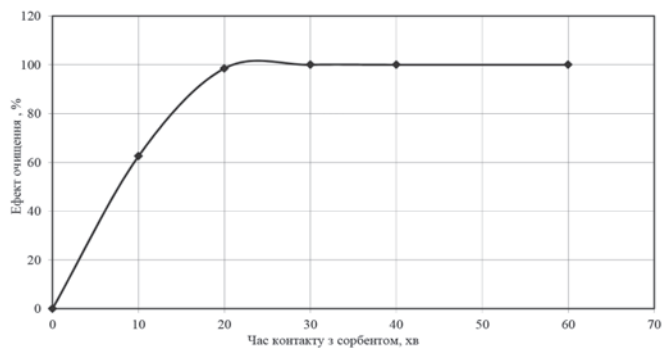
Залежність ефекту очищення стічних вод різними сорбентами від тривалості обробки наведена на **рис. 3**.



**Рис. 3.** Залежність ефекту очищення стічних вод різними сорбентами від тривалості обробки

Як видно із даних, що наведені на **рис. 3**, для цеолітів залежність ефекту очищення описується типовими кривими адсорбції: залежність першого порядку переходить у залежності нульового порядку.

Для фракції цеоліту 2–3 мм провели більш детальні дослідження ефективності очищення від НП у динаміці обробки (**рис. 4**).



**Рис. 4.** Ефективності очищення від НП у динаміці обробки для фракції цеоліту 2–3 мм

Отримані дані підтвердили адсорбційний механізм видалення нафтопродуктів.

### Висновки

Одним з основних завдань підвищення технічного рівня автомобільних доріг, безпеки руху та екологічного функціонування, є забезпечення своєчасного і цілеспрямованого збору та відведення води з поверхні автомобільних доріг, і подальшого її очищення від забруднення. За допомогою проведених досліджень визначена ефективність використання альтернативних матеріалів (природних цеолітів) для очищення стоків з автомобільних доріг у інженерних спорудах.

### ЛІТЕРАТУРА

- 1. Методика** виконання вимірювань “Грунти. Методика виконання вимірювань масової частки алюмінію обмінного фотоколориметричним методом” МВВ № 081/12-0716-10. Затверджено: Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України №250 від 18 липня 2011 р.
- 2. Методика** екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К.: Держмінекобезпеки України, 1998. – 28 с.
- 3. Бочевєр Ф.М.** Гидрогеологическое обоснование защиты подземных вод и водозаборов от загрязнения / Бочевєр Ф.М., Орадовская А.Е. – М.: Недра, 1972. – 129 с.
- 4. Дикаревский В.С.** Отведение и очистка поверхностных сточных вод / Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. – Л.: Стройиздат, 1980. – 224 с.
- 5. Романенко В.Д.** Экологическая оценка воздействия дорожного строительства на водные объекты / Романенко В.Д., Оксик О.П., Жукинский В.Н., Стольберг Ф.В., Лаврик В.И. – К.: Наук. Думка, 1990. – 256 с.