

6. Карелин Я. А. Очистка производственных сточных вод в аэротенках / Я. А. Карелин, Д. Д. Жуков, Б. Н. Репин. – М. : Стройиздат, 1973. – 223с.
7. Репин Б. Н. Биологические пруды для очистки сточных вод пищевой промышленности / Б. Н. Репин, О. Н. Русина, А. Ф. Афанасьева. – М. : Пищевая пом-ть, 1977. – 205 с.
8. Худенко Б. И. Аэраторы для очистки сточных вод / Б. И. Худенко, Е. А. Шпирт. – М. : Стройиздат, 1973. – 112 с.

УДК: 381.5:556.531:628.29

**Захарченко М.,**  
*ТОВ «ФІТОПОТІК», м.Харків*  
**Карпенко І.,**  
*ТОВ «ПЕТРОПЛАЙ Рісерч і Консалтинг», м.Київ*

### ВИКОРИСТАННЯ ОЧИЩЕНОЇ ВОДИ НА ПОТРЕБИ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН ТА ГРП З МІНІМІЗАЦІЄЮ РИЗИКІВ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

#### Введення

Обсяги нещодавно оцінених прогнозних ресурсів газу щільних порід на території Східного нафтогазоносного регіону України дають привід очікувати в найближчі десятиліття активне освоєння та видобуток цих ресурсів. Процес спорудження свердловин супроводжується значними витратами водних ресурсів, а також вживанням матеріалів і хімічних реагентів різної міри екологічної небезпеки. Основні витрати води пов'язані з процесами буріння та гідророзривами пластів (ГРП).

Таким чином очевидно, що для забезпечення процесу буріння та ГРП необхідно мати значні об'єми води. На даний час є багато заперечень проти використання підземної (потенційно – питної води).

#### Стан справи

Процес конструювання свердловин не можливий без залучення значних обсягів водних ресурсів. Особливої уваги та ефективного менеджменту водних ресурсів потребують регіони з великою кількістю водонагнітальних свердловин, де видобувають важку нафту, або розробляють нафтові піски, та регіони з високою концентрацією свердловин з протяжними горизонтальними ділянками з багатостадійними ПГРП. Видобуток вуглеводнів з формацій з щільними породами-колекторами потребує вищезгаданих технологічних впроваджень.

*Гідророзрив пласта (ГРП)* - один з методів інтенсифікації роботи нафтових і газових видобувних свердловин і збільшення приймальної здатності нагнітальних свердловин. Метод полягає у закачуванні значних обсягів води у цільовий нафтогазоносний горизонт та створенні і закріпленні в ньому системи тріщин для збільшення його проникності. Технологія відома та активно використовується з середини минулого століття, проте за останні 15 років вона внесла кардинальні зміни в нафтогазову індустрію в цілому.

Ефективна оптимізація водовикористання та управління водними ресурсами набуває особливої актуальності в регіонах з обмеженим використанням чи дефіцитом водних ресурсів.

Щодо нафтогазоносних басейнів на території України, то залучення необхідних обсягів водних ресурсів у технологічні процеси нафтогазовидобувної промисловості ніколи не викликало складнощів та додаткової уваги. Здебільшого це пов'язано з тим, що переважна більшість свердловин в Україні – вертикальні, а освоєння свердловин технологією ГРП не є загальноприйнятим та розповсюдженим способом. Прогнозуючи ймовірні сценарії розвитку нафтогазової промисловості Східного регіону України ми передбачили видобуток газу з щільних пісковиків, що в

свою чергу значно збільшить водовикористання на потреби буріння та освоєння свердловин.

Одночасно із зростанням обсягу води, необхідної для проведення буріння свердловин чи забезпечення ГРП, зростає

обсяг забрудненої води та бурового шламу. Так при бурінні однієї свердловини може сформуватись до двох і більше тисяч кубічних метрів забрудненої води та сотні тон бурового шламу (рис.1).

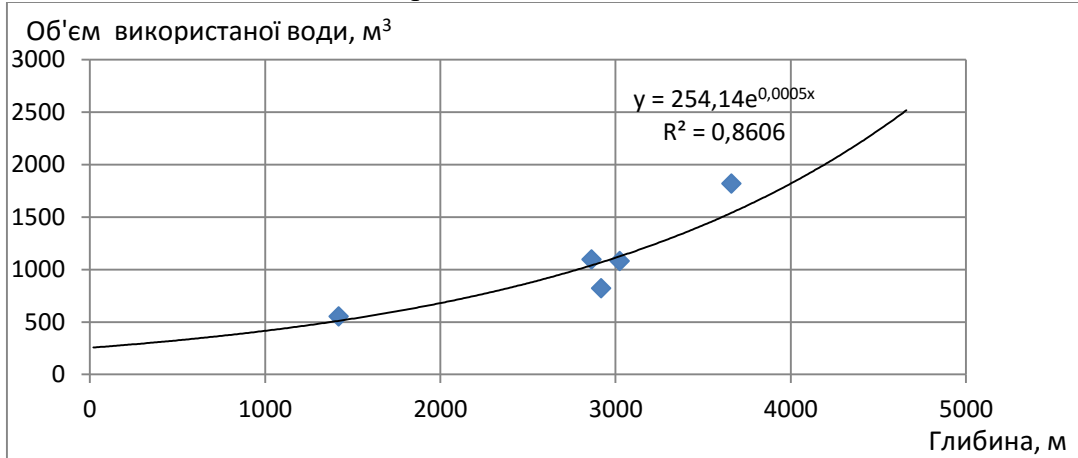


Рис. 1. Залежність обсягу використаної води на технічні потреби буріння від фактичної глибини вибою вертикальних свердловини на прикладі свердловин в Харківській області [4]

Статистика виконання ГРП в Східному нафтогазоносному регіоні України дала можливість спрогнозувати щорічну кількість операцій ГРП на майбутні 25 років, адже динаміка збільшення операцій в вертикальних свердловинах зберігається останні 17 років (рис.2). Обсяги досягнуть

40 ГРП в рік межах східного регіону, та близько 7-8 ГРП щороку в межах Харківської області. Для освоєння прогнозних родовищ газу щільних порід обсяги води для кожної операції ГРП значно зростуть і сягатимуть сотень кубічних метрів.

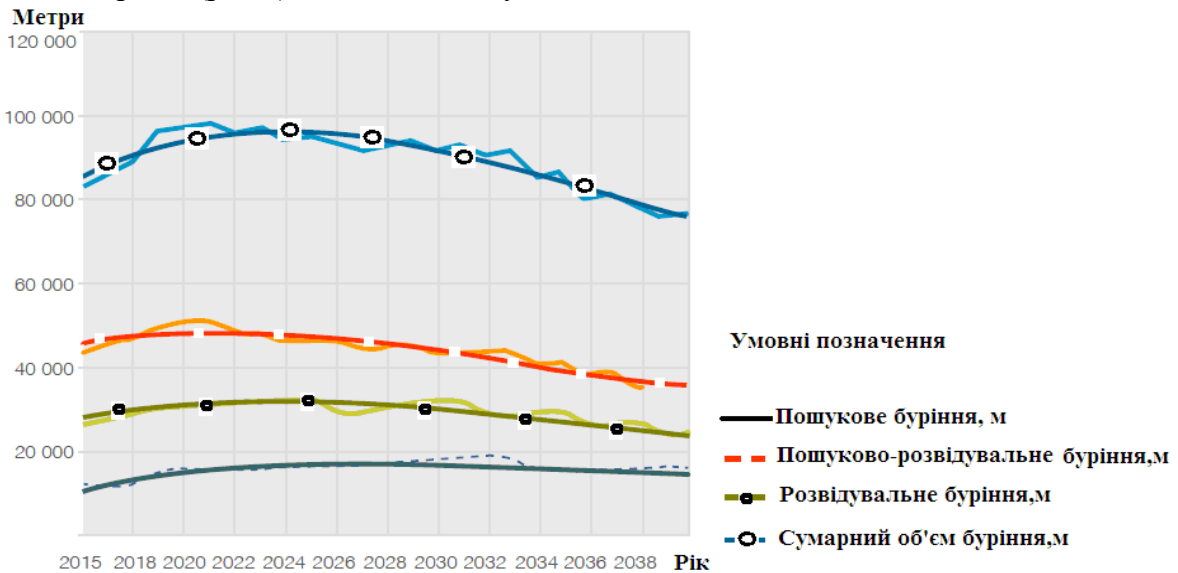


Рис. 2. Прогнозні об'єми води для пошуково-розвідувального та розвідувального буріння та ГРП на території Харківської області на період 2016 – 2040 рр. [4].

Згідно оптимістичного сценарію, для освоєння прогнозних ресурсів газу в межах Харківської області прогнозується буріння до 10-12 горизонтальних свердловин

в рік, кожна з яких потребує освоєння із застосуванням 5-10 ГРП. Отже, очікується, що витрати води на потреби буріння та ГРП будуть щороку зростати. При цьому

## БУДІВНИЦТВО

поступово вертикальне буріння буде зменшуватись, а горизонтальне буріння – і ГРП зростати. Відповідно, зростає витрата води на забезпечення цієї роботи (рис. 3).

Частина води, в середньому 60-80% рідини, повертається на поверхню після проведення ГРП протягом першої доби пі-

сля проведення ГРП, ще 10-20% повертається протягом першого місяця експлуатації свердловини. Ця вода містить хімічні речовини, які використовувались для приготування рідини ГРП та високий вміст солей, важкі метали та різноманітні забруднюючі речовини.

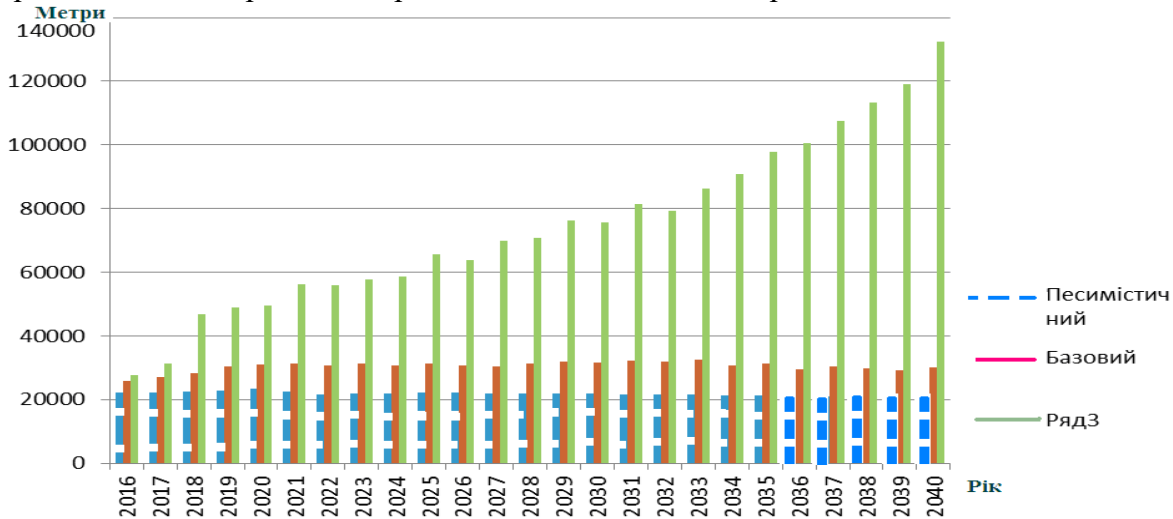


Рис. 3. Прогнозне водовикористання за песимістичним, базовим і оптимістичним сценаріями для освоєння прогнозних ресурсів вуглеводнів на території Харківської області на період 2016 – 2040рр. [4 ]

Друге складне питання – де утилізувати значну кількість вибуреної породи (шламу), непридатного бурового розчину, бурових стічних вод. Звичайно, такий стан справи хвилює громадськість.

На професійному рівні учені та спеціалісти всього світу працюють у напрямку мінімізації негативного впливу буріння свердловин (в тому числі з роботами по ГРП).

У даній статі коротко викладено основні результати, які практично можуть забезпечити вирішення проблем утилізації відходів буріння, зокрема відпрацьованої ГРП-рідини, а також мінімізувати забір чистої природної вод для буріння та експлуатації (ГРП) свердловин.

### Запропоновані рішення

#### 1. Забезпечення технологічних операцій пов'язаних з бурінням свердловини та проведення ГРП чистою водою

Як відомо, забір природної води (підземної чи з поверхневих джерел) турбує громадськість, а у місцях її дефіциту – це стає проблемою і для проведення бурових робіт. При цьому, практично по всій території майбутніх бурових робіт є великий об'єм води, придатної для буріння. Це вода, яка скидається після комунальних очисних споруд, що належать містам та селищам. Нами проаналізовано якісний стан та обсяги цих вод, що можуть бути використані для буріння свердловин у Харківській області (табл. 1).

Таблиця 1 - Витрати води на конструювання свердловин в Харківській області та можливі джерела води (очищені побутові стічні води в Балаклійському та Ізюмському районах)

Рік	Витрати води на конструювання свердловин, тис.м <sup>3</sup> (прогноз)	Скид побутових стічних вод, млн. м <sup>3</sup> /рік		Вистачить на буріння, свердловин щороку
		Балаклійський район	Ізюмський район	
2016	20000	2.8993	1.6463	вистачить
2036	100000	2.8993	1.6463	вистачить
2040	140000	2.8993	1.6463	вистачить

Згідно наведених даних, очищених побутових стічних вод у 2 районах Харківської області вистачить для забезпечення буріння та ГРП до 2040 року. Необхідно лише передбачити у проекті робіт транспортування очищеної води від найближчих очисних споруд до свердловини. А при проведенні буріння свердловин у південних районах Харківщини для водо забезпечення можна використати шахтну воду (понад 10 шахт в районі Павлограда)

## 2. Забезпечення очищення води після завершення буріння свердловини та проведення ГРП

Процес спорудження свердловин супроводжується вживанням матеріалів і хімічних реагентів різної міри екологічної небезпеки. Частина води, що повертається на поверхню містить різноманітні забруднюючі речовини. Таким чином існує проблема формування забруднених вод при бурінні та гідророзриві, які відводяться з свердловини і потребують очищення. На даний час є можливість використати для очищення бурових розчинів та розчині після гідророзриву за допомогою простого природного методу, оснований на використанні очисних здатностей вищих водних рослин, який називають фітореMediaцією.

ФітореMediaція – комплекс методів очищення води, ґрунтів та, навіть, атмосферного повітря з використанням зелених рослин. Головну роль в деградації забруднень у спорудах фітореMediaції грають мікроорганізми. Рослини являються свого роду біофільтром, створюючи для них середовище існування (забезпечення доступу кисню, розпушування, декольматація ґрунту).

На основі використання методу фітореMediaції запропоновано конструкцію біоінженерних очисних споруд (БІС) [1]. Цей тип очисних споруд був розроблений інститутом УКРНДІЕП, споруди мають патент України [2]. Рух води, що очищується відбувається у двошаровій товщі – водна, товщиною 0.1-1.0 м та підстилаюча – піщано-гравійна, товщиною 0.5-1.0м. Водна товща у такому типу споруд грає роль дефлектора, з горизонтальним розпо-

всюдженням води по поверхні фільтруючої товщі, у підстилаючій товщі рух води – вертикальний, у напрямку до дренажу, закладеного у основі фільтру.

Очищення та знезараження вод, що надходять від свердловини чи відстійника відбувається в результаті складної взаємодії ґрунтів, води, повітря та мікроорганізмів. Ці процеси проходять практично, в кожному природному об'єкті (у повітрі, ґрунтах, поверхневих чи підземних водах).

Використання біологічних систем для очищення бурових вод з підвищеним вмістом хімікатів розпочали ще у минулому столітті. Споруда такого типу використовується при очищенні високозабруднених вод.

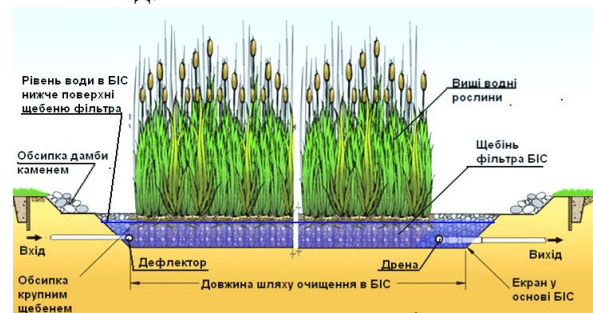


Рис. 4. Споруда фітореMediaції (БІС) з підповерхневим водним потоком у фільтруючій щелевій товщі (ППВП). Очищення води проходить у фільтруючій товщі, в якій містяться мікроорганізми біоценозу кореневої системи ВВР (споруди «root zone») [9]

Вищі водні рослини як домінуючий за біомасою компонент екосистеми, здатні активно акумулювати забруднення, які потрапляють до біс, тим самим сприяють процесам самоочищення. Слід відзначити властивість вищих водних рослин, зокрема очерету, нейтралізувати різноманітні отрутні сполуки. Доведено, що біоценоз вищих водних рослин з мікробіотою здатен вилучати із води відносно велику кількість барію, торію, радію.

Механізми вилучення характеризуються різноманіттям:

- *комплексно- та хелатоутворювання.*

Багато мікроорганізмів виділяють полісахариди, глікопротеїди, ліпополісахариди та інші сполуки, які містять фенольні, гідроксильні та активні функціональні групи,

## БУДІВНИЦТВО

які відграють важливу роль при комплексо- та хелатоутворюванні з іонами важких металів, та осколками урану.

- *осадження та адсорбція мікроорганізмами.* У процесі росту мікроорганізмів виділяються деякі речовини, які сприяють осадженню. Так, наприклад, бактерії групи кишкової палички *escherichia coli* *bacteria* здатна відновлювати уран із забрудненої води та очищати радіоактивні відходи.

- *перетворення у менш токсичні форми.* Перевід рухомого шестивалентного урану до малорухомої чотирьохвалентної форми значно зменшує забруднюючий ризик.

- *поглинання, трансформація та накопичення рослинами.* Багато рослин у біс здатні поглинати, трансформувати та накопичувати важкі метали такі, як, наприклад, *al, fe, ba, cd, co, cr, cu, mn, pb, v, zn* та інш.. Чим більше біомаса рослин, тим краще результат очищення.

### 3. Забезпечення очищення бурового шламу

Найбільшу небезпеку для об'єктів природного середовища представляють виробничо-технологічні відходи буріння (шлам), які накопичуються і зберігаються на території бурової. Шлам представляє небезпеку для довкілля і підлягає очищенню і нейтралізації. Для цього буровий розчин вивозиться на станції для очищення. Процес потребує значних коштів, що в свою чергу збільшує загальну вартість конструювання свердловин.

Для буріння свердловини (1, рис.5) використовують буровий розчин, що містить глину і різні добавки. В процесі буріння буровий розчин з вибуреною породою спрямовується у відстійник (2), з якого вода (після осадження вибуреної породи) спрямовується у свердловину, а осад (шлам) залишається у відстійнику – шламому амбарі (2). Нами запропоновано 2 схеми з розміщенням споруд для очищення та зневоднення бурового шламу - в обвалованих межах бурового майданчика (рис.5) та поряд з буровим майданчиком (рис. 6). Синій прямокутник на рис. 6 – місце, де може бути розміщено БІС для очищення бурового шламу. Основна умова – забезпечення самопливного руху шламу з

амбару - відстійника до очисних споруд, дія яких основана на використанні природних процесів самоочищення води та мулу в заростях вищих водних рослин – фітореMediaції [3].

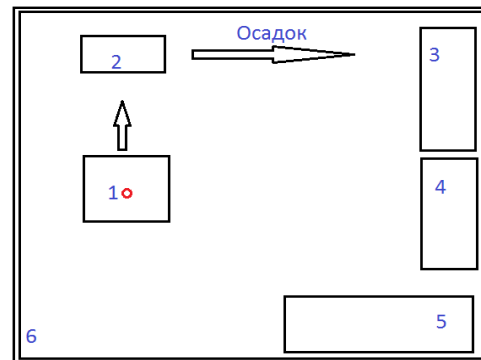


Рис.5. Схема розміщення споруд для накопичення та очищення бурового шламу на буровому майданчику



Рис.6. Схема розміщення споруд для очищення бурового шламу поряд з буровим майданчиком

Нами пропонується наступне просте рішення по очищенню шламу в місці його формування (in - situ):

1. По внутрішньому чи по зовнішньому контуру обгородженої бурової площадки (6) влаштовується кілька неглибоких земляних басейнів (3,4,5-рис.5), в основі і бортах яких влаштовується плівковий екран.

2. В басейни подається буровий шлам, товщина шару – 20-30 см, в який висаджується кореневищна маса очерету – створюється очисна споруда типу Constructed Wetlands (в Україні – біоінженерна очисна споруда – БІС-див. рис. 6.). В процесі розвитку маси рослин, проходить випаровування води з шламу, а розчинені збруднення частково перетворюються на газ та воду, а частково - поглинаються рослинами .

3. Через 20-40 днів потужність осаду зменшується до 5 см (за рахунок випаровування вологи рослинами - евапотранспірація) і басейн знову наповнюють осадом. Таким чином, відбувається заповнення басейнів БІС, рослини при цьому безперервно видаляють воду з шламу і забруднення.

4. Після завершення буріння свердловини, як правило, робота очисних споруд ще продовжується. При цьому черг періодично скошується та спалюється, а попіл з накопиченими забрудненнями складається (наприклад, перемішується з цементом, заливається водою та перетворюється в бетонний моноліт, безпечний для навколишнього середовища) на ПТПВ.

5. Після очищення, буровий шлам, який залишився в амбарі не складає небезпеки для оточуючого середовища та рекультивується разом з буровим майданчиком без вивезення на очищення чи в місця складування.

В процесі роботи очисних споруд не використовується ні електроенергія, ні тепло, ні хімічні добавки, відсутній постійний обслуговуючий персонал (працюють тільки природні процеси самоочистки!). Вартість очищення шламу з використанням споруд типу Constructed Wetlands в 3-5 разів нижче традиційних методів очищення.

#### **Висновки та рекомендації.**

У даній статті наведено приклад вирішення проблеми водозабезпечення та водовідведення з використанням природних процесів.

1. Запропоновано забезпечити процес буріння чи експлуатації свердловин водою після очисних споруд, які діють у районі очікуваного газовидобування або шахтною водою.

2. Очищення води, що формується при ГРП та скидається в гідроме-режу, а також зневоднення та очищення бурового шламу запропоновано за допомогою простого природного методу, оснований на використанні очисних здатностей вищих водних рослин, який називають фітореMediaцією.

3. На основі використання методу фітореMediaції запропоновано конструкцію біоінженерних очисних споруд (БІС), за допомогою яких можна очистити забруднені води, а також зневоднити та очистити буровий шлам.

#### **Подяка.**

Дослідження виконане в рамках проекту «Використання водних ресурсів Харківської та Донецької областей в контексті розвитку нафтогазової промисловості України». Проект був реалізований при підтримці «Українського Інституту Газу Нетрадиційних Джерел», що заснований та реалізується компанією «Шелл» спільно з Британською Радою в Україні.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Zakharchenko M., Dziubenko I., Ryzhykova I. The Experience of Exploitation of Constructed Wetlands in Ukraine. 10th Intern. Conf. on Wetl. Systems for Water Pollut. Contr. (2005, Lisbon, Portugal). 2005. pp. 56–59.
2. Захарченко М.А., Михайленко О.І., Судаків С.А. Установка для біологічного очищення стічних вод. УкрПВ. УкрПатент. Позит. рішення № 36916. від 14.10.2003 р.
3. Захарченко М.А., Рижикова І.А. Очистка сточных вод и загрязненных грунтов с помощью эокофитотехнологий. Мир техники и технологий, ноябрь, №11(48), 2005, с.60-62
4. «Використання водних ресурсів Харківської та Донецької областей в контексті розвитку нафтогазової промисловості України» ТОВ «Петроплай Рісерч і Консалтинг» – Київ, 2015. – 82 с.
5. Kadlec, R., 2003, Effects of Pollutant Speciation in Treatment Wetlands Design, Ecol. Eng 20. pp1 -16.
6. Kiessig, G.; Kuchler, A.; Kalin, M. Passive Treatment of Contaminated Water from Uranium Mining and Milling. In Constructed and Riverine Wetlands for Optimal Control of Wastewater at Catchment Scale; Mander, Ü., Vohla, C, Poom, A., Eds.; University of Tartu: Tartu, Estonia, 2003; p. 116
7. Zakharchenko M., Ryzhikov I., The Treatment waste waters of N.Vodolaga Dairy plant Kharkiv region (Ukraine). UkrSRIEP.- Kharkiv: Raider, 2013.-pp.221-226.

8. НПАОП 11.1-1.01-08 Правила безпеки у нафтогазовидобувній промисловості. Київ, 2008, 56 с.
9. Accessed November 3rd, 2012. Режим доступу: <http://water.epa.gov/type/wetlands/>

[restore/ upload/2004\\_09\\_20\\_wetlands\\_pdf\\_Constructed\\_W\\_pr.pdf](http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/upload/2004_09_20_wetlands_pdf_Constructed_W_pr.pdf).

УДК 628.3: 658.562

**Калюжний А.П., Земогляд В.Д.**

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ м. ПОЛТАВА**

**Вступ.** Сучасний розвиток промисловості, сільського господарства, транспорту, а також зростання міст супроводжуються значним обсягом скиду забруднених вод. Більшість підприємств м. Полтава скидають стічні води в міську каналізаційну мережу. Кількісні та якісні показники стічних вод повинні бути узгодженими з КП ПОР «Полтававодоканал», що діють відповідно до Правил приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України [1].

Відома робота [2], в якій наведено аналіз стану питання очищення, використання та контролю за скидом стічних вод підприємств до міської системи каналізації. Зокрема, наведено відомості про хімічний склад, фізико-хімічні властивості та кількість стічних вод підприємств, що надходять до каналізаційної мережі м. Харків. Проаналізовано вплив промислових стічних вод на експлуатацію міських систем водовідведення, включаючи споруди для очищення стічних вод і їх вплив на якість осадів [3].

У роботах [4,5] наведено основні показники та критерії оцінювання якості стічних вод, розглянуто особливості каналізування підприємств, а також запропоновано класифікацію шкідливих домішок та основні методи очищення стічних вод.

**Мета і завдання.** Метою дослідження є порівняння концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах основних споживачів води та скиду каналізаційних стоків –

підприємств м. Полтава до міської каналізаційної системи з гранично допустимими концентраціями (далі – ГДК) речовин [1, дод. 1] та експериментальне дослідження процесу очищення стічних вод підприємства, стічні води якого є найбільш забрудненими.

**Результати дослідження.** Ступінь забруднення стічних вод підприємств визначається концентрацією забруднюючих речовин та шкідливих домішок [6].

На території підприємств утворюються стічні води трьох видів: побутові, поверхневі (зливні) та виробничі. Найбільш характерними і небезпечними забруднювачами промислових стічних вод є екстрагуючі речовини (переважно нафтопродукти), феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали, органічні речовини з тривалим терміном розкладання, в тому числі різні пестициди [7].

Підприємства мають право користуватися послугами міської каналізації з приймання, відведення й очищення стічних вод лише після виконання ними вимог щодо приєднання до каналізаційної мережі відповідно до Правил користування системами комунального водопостачання та водовідведення в містах і селищах України. До системи каналізації населених пунктів приймаються стічні води підприємств, які не порушують роботу каналізаційних мереж і споруд, забезпечують безпеку їх експлуатації та можуть бути знешкоджені разом із стічними водами населених пунктів.