

УДК: 656.71:504.4.054.51-7(045)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

**Г. М. Франчук**, д-р. техн. наук, проф.; **С. В. Бойченко**, д-р. техн. наук, проф.,  
**С. М. Маджд**, канд. техн. наук, доц.; **О. О. Вовк**, канд. техн. наук, доц., \***А. В. Яковлєва**

Національний авіаційний університет

\*pinchuk\_anya@ukr.net

*Досліджено вплив авіатранспортних підприємств на стан поверхневих вод поблизу аеропорту «Київ», заводу №410 цивільної авіації та прилеглих до них територій. Проведено аналіз сучасного стану очисних споруд та здійснено оцінювання ефективності очищення стічних вод авіапідприємств від нафтопродуктів. Удосконалено технологічну схему очищення стічних вод виробничих авіатранспортних процесів від нафтопродуктів.*

**Ключові слова:** екологічна безпека авіапідприємств, захист довкілля, забруднення, авіатранспортні процеси, нафтопродукти, стічні води, очисні споруди.

*Impact of air transport enterprises activity on the state of natural water bodies in a vicinity of airport "Kyiv" and 410 factory of civil aviation is investigated in the article. Current state of treatment facilities is analyzed and efficiency of waste waters purification from oil products is fulfilled. Technological scheme of waste waters purification from oil products resulting from air transport enterprises activity was improved.*

**Keywords:** environmental safety of aviation industry enterprises, environmental protection, pollution, aviation processes, oil products, waste waters, treatment facilities.

### Вступ

Авіація порівняно з іншими видами транспорту виступає як специфічний забруднювач [1–6] і здійснює негативний вплив на екологічну ситуацію водних об'єктів. Забруднення природних вод у зоні аеропорту, що спричинене діяльністю авіатранспортних процесів, обумовлює небезпеку, яка викликана погіршенням якісних характеристик водних об'єктів.

Авіатранспортні процеси призводять до інтенсивного забруднення водних об'єктів виробничими та господарсько-побутовими стічними водами. Природні води також забруднюються в результаті осідання із атмосфери поллютантів з відпрацьованими газами авіадвигунів, наземного транспорту та котелень.

Забруднення водних об'єктів також відбувається за рахунок поверхневого стоку, який формується дощовими і талими сніговими водами та стоком води при мокрому прибиранні приміщень зі штучним покриттям.

### Постановка проблеми

У сучасних умовах водойми, які знаходяться в зоні впливу авіаційної галузі, перебувають під інтенсивним техногенним впливом, який

супроводжується зміною гідрогеологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів.

До водних об'єктів, які підлягають впливу авіатранспортних процесів, разом із стічними водами надходять: мінеральні суміші, феноли, важкі метали, хімічні суміші для миття літаків, мінеральні масла, розчинені органічні домішки та азотовмісні речовини. Але до основних важкоокиснюваних органічних речовин-забруднювачів водойм поблизу авіапідприємств відносяться нафта і нафтопродукти [5; 7].

Тому оцінка та вдосконалення роботи очисних споруд авіапідприємств, які скидають свої стічні води у поверхневі води, є досить актуальною проблемою, оскільки якість поверхневих вод прямо залежить від ефективності їх роботи.

### Аналіз досліджень і публікацій

Нафтопродукти являють собою надзвичайно складну, непостійну і різноманітну суміш речовин (низько- і високомолекулярні насичені, ненасичені аліфатичні, нафтеніві, ароматичні вуглеводні, кисневі, азотисті, сірчисті сполуки, а також ненасичені гетероциклічні сполуки типу смол, асфальтенів, ангідридів) [6].

Проте поняття «нафтопродукти» у гідрохімії умовно обмежується сумою вуглеводнів аліфатичних, поліциклічних та ароматичних класів сполук. Відповідно до визначення прийнятого Міжнародним симпозиумом у Гаазі в 1968 р., нафтопродукти — неполярні та малополярні сполуки, що екстрагуються гексаном при аналітичному контролі стічних вод.

У поверхневих водах вони знаходяться в різних міграційних формах: розчиненій, емульгованій, сорбованій на твердих частках суспензій і донних відкладів, у вигляді плівки на поверхні води [7]. Шкідлива дія стічних вод, що містять нафтопродукти, полягає в окиснювальних процесах, унаслідок яких зменшується у воді вміст кисню, збільшується біохімічна потреба в ньому, погіршуються органолептичні показники води [8]. При цьому змінюються запах, смак, забарвлення, поверхневий натяг, в'язкість води, з'являються шкідливі речовини, вода набуває токсичних властивостей і становить загрозу як для екосистем водних об'єктів так і для здоров'я людей, що споживають воду з цих об'єктів. Крім того, відновлення уражених нафтопродуктами екосистем триває надзвичайно довго і займає 10–15 років.

Бактеріальне окиснювання нафтопродуктів на дні водойм відбувається в 10 разів повільніше, ніж на поверхні. У водних об'єктах приблизно 40% нафти осідає на дно, 40 % залишається у воді у вигляді емульсії і 20 % є присутнім на поверхні у вигляді плівки, що (навіть товщиною 0,5 мм) ускладнює аерацію води. Самоочищення водойм від нафти відбувається дуже повільно. За 2–7 діб вміст емульгованих нафтопродуктів у воді може знизитися за температури 20 °С на 40 %, а за 5 °С лише на 15 % [9; 10].

Нафтові плівки порушують обмін енергії, тепла, вологи між гідросферою та атмосферою. Під впливом нафти відбуваються мутагенні зміни в організмі, що розвивається. Нафтопродукти мають наркотичну дію на водяні тварини. Якщо після нафтового забруднення риба і залишається живою, то її не можна споживати, адже вона має сильний нафтовий запах і неприємний смак. Окрім того, внаслідок потрапляння у воду нафтопродуктів ускладнюються процеси фотосинтезу у воді, через припинення доступу сонячних променів, що, у свою чергу, також є причиною загибелі рослин і тварин.

Законодавство України висуває досить жорсткі вимоги щодо вмісту нафтопродуктів у поверхневих водах, а також стічних водах. Вміст нафтопродуктів у вихідних стічних водах обмежується, тоскільки на очисних спорудах

ефективність їх видалення не перевищує 85 %. Граничнодопустима концентрація (ГДК) нафтопродуктів у побутових і питних водах встановлена на рівні 0,3 та 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст нафтопродуктів у стічних водах підприємств не має перевищувати 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Навіть незначне перевищення у воді річки речовин токсичної дії, таких як нафтопродукти, сприяє зміні її трофності, збільшенню водних об'єктів, відповідних статусу гіпертрофних. У таких водоймах спостерігається випадіння окремих ланок трофічного ланцюга, що призводить до його укорочення, зміни морфологічних і функціональних параметрів компонентів біоценозу, порушення взаємовідносин між організмами різних трофічних рівнів.

**Мета** роботи — оцінити ефективність очищення стічних вод Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни), заводу № 410 цивільної авіації та суміжних з ними підприємств, а також удосконалити технологічну схему очищення стічних вод виробничих авіатранспортних процесів від нафтопродуктів.

#### **Оцінка ефективності очищення стічних вод авіапідприємств від нафтопродуктів**

Для забезпечення екологічної безпеки підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки очевидною є необхідність дослідження ефективності роботи очисних споруд цих підприємств.

Стічні води Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни), заводу № 410 ЦА проходять очищення та знезараження на комплексі з двох блоків очисних споруд. Окрім зазначених підприємств на очисних спорудах проходять очищення води з ШЕД Солом'янського району, ВАТ «АТЦ України», фірми «ЕСКО», ВАТ «Спецавіа» та авіакомпанії «Національні авіалінії України». Загальна площа збору стічних вод, що очищуються на першому блоці очисних споруд, становить 284801 м<sup>2</sup>. Площа водозбору другого блоку — 166828 м<sup>2</sup>. На ньому очищуються стічні води з території злітно-посадкової смуги, рулильних доріжок та місць стоянки повітряних суден аеропорту.

Згідно з технологічною схемою забруднені стічні води із зазначених територій характеризуються як ливневі дощові стічні води зі штучних покриттів.

Стічні води розглянутих об'єктів після очищення скидаються по єдиному колектору до р. Нивка, яка розташована у міській зоні, що зумовлює необхідність приділити їй впливу на екологічний стан річки більш значну увагу.

Склад стічних вод, що надходять на очищення, тісно пов'язаний з видами діяльності, вихідною сировиною і різними додатковими речовинами які використовуються у процесах діяльності зазначених підприємств, їх характеристик, виду, досконалості виробничої апаратури.

Основними показниками ефективності очищення стічних вод аеропорту «Київ» та суміжних з ним підприємств є вміст нафтопродуктів та завислих речовин. Окрім того, якість очищених стічних вод контролюється за такими показниками: аніонні ПАВ, БСК, ХСК, амонійний азот, нітрати, нітроти, фосфати, феноли, хлориди, сульфати, вміст заліза, сухий залишок та рН.

Відповідно до паспорта очисних споруд проектний показник ефективності очищення вод від нафтопродуктів становить 0,5 мг/л. Експлуатаційні показники свідчать, що очисні споруди першого блоку дозволяють знизити вміст нафтопродуктів у стічних водах з 0,85 до 0,32 мг/л. Водночас початковий вміст нафтопродуктів у стічних водах другого блоку, на якому проходять очищення води з території злітно-посадкової смуги, рулильних доріжок та місць стоянки повітряних суден аеропорту є дещо вищим і становить 0,92 мг/л. Після процесу очищення вміст нафтопродуктів знижується до 0,35 мг/л.

Після проходження очисних споруд, стічні води потрапляють у відкритий штучний канал, надалі в болото і по протоках у р. Нивка, що тече по території м. Києва і є правою притокою р. Ірпінь, що несе свої води до Київського водосховища, розташованого вище питного водозабору м. Києва. Таким чином, усі мешканці міста є певною мірою споживачами цієї води.

Річка Нивка зарегульована, її «озерність» становить біля 2,2 %, що є найвищим показником для всіх малих річок м. Києва, на ній побудовано систему ставків рибогосподарського призначення, які постачають рибну продукцію мешканцям міста [11; 12].

У зв'язку з цим якість води у р. Нивка повинна відповідати нормативам якості водойм рибогосподарського призначення [13; 14]. Тобто ГДК нафтопродуктів у воді не має перевищувати 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Порушення цих норм і правил може призводити до погіршення якості води і впливати на стан біоти.

До комплексу споруд для очищення стічних вод, як правило, входять споруди механічного очищення. Залежно від необхідного ступеня очищення вони можуть доповнюватися спорудами біологічної або фізико-хімічної очистки, а

при більш високих потребах у склад очисних споруд включаються споруди глибокого очищення.

Для очищення стічних вод авіапідприємств перед скидом до річки традиційно використовуються типові методи механічного очищення. На досліджуваних очисних спорудах додатково застосовується хімічне очищення. Як перший, так і другий блоки очисних споруд являють собою систему з 4-х бункерів пісковловлювачів, 4-х бункерів відстійників мулу, 1-го бункера нафтовловлювачів, 4-х бункерів відстійників-збірників та додаткового доочищення графітовим адсорбентом.

Ступінь очищення стічних вод перед скидом у р. Нивка має відповідати затвердженим нормативам до розрахунку тимчасово погоджених скидів [14].

Однак останніми роками внаслідок інтенсифікації господарської та виробничої діяльності спостерігається перевищування ГДК рибогосподарського за низкою показників: амонійний азот, нітрит, мідь, хром, цинк та свинець.

Проаналізувавши статистичні дані, ми дійшли висновку, що протягом багатьох років основним забруднювачем стічних вод авіапідприємств є нафтопродукти. В ході проведення експериментальних досліджень було встановлено, що їх вміст після проходження очисних споруд у точці скиду в р. Нивка значно перевищує ГДК рибогосподарське.

Аналіз отриманих результатів ефективності роботи очисних споруд та якості стічних вод підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки, що скидаються до р. Нивка свідчить про їх неналежне очищення і необхідність удосконалення виробничого процесу та покращення роботи очисних споруд.

#### **Модернізація технологічної схеми очищення стічних вод виробничих авіатранспортних процесів від нафтопродуктів**

Зазвичай для очищення стічних вод, в яких одним з основних забруднювачів є нафтопродукти, можуть застосовуватися такі методи очищення: механічний, фізико-хімічний, хімічний та біологічний.

До споруд механічного очищення відносять пісковловлювачі, нафтовловлювачі, відстійники, флотаційні та фільтрувальні установки. Механічне очищення проводять з метою видалення зі стічних вод нерозчинених грубо дисперсних домішок шляхом відстоювання, проціджування та фільтрування. Споруди, в яких при відстоюванні спливають більш легкі

частинки, залежно від спливаючих речовин називають жировловлювачами, масловловлювачами, нафтовловлювачами та ін.

До фізико-хімічних методів очистки стічних вод від нафтопродуктів відносять коагуляцію, флотацію та сорбцію.

Основним методом хімічного очищення є окиснення. Цей метод використовують для знешкодження промислових стічних вод, що містять токсичні домішки (ціаніди, сполуки міді та цинку, сірководень та ін.), як реагенти зазвичай використовуються хлор, гіпохлорит натрію або кальцію, діоксин хлору, озон, технічний кисень. Стічні води, що пройшли механічне та фізико-хімічне очищення, все ще містять достатньо велику кількість розчинених та тонкодиспергованих нафтопродуктів, а також інших органічних забрудників, та не можуть бути випущені у водойму без подальшого очищення.

Найбільш універсальним для очищення стічних вод від органічних забрудників є біологічний метод. У його основі здатність мікроорганізмів використовувати різноманітні органічні речовини, що містяться у стічних водах як джерело живлення у процесі їх життєдіяльності. Завданням біологічного очищення є перетворення органічних забруднень на нешкідливі продукти окиснення —  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_3$ ,  $SO_4$  та ін. Процес біохімічного руйнування органічних домішок в очисних спорудах проходить під дією комплексу бактерій та мікроорганізмів, що розвиваються в даному середовищі. Біохімічне очищення стічних вод, що містять нафтопродукти проводиться в аерофільтрах (біофільтрах), аеротенках та біоставках.

Перевагами біологічного методу очищення є можливість видаляти зі стічних вод різноманітні органічні сполуки, у тому числі токсичні, простота конструкції апаратури, відносно невисока експлуатаційна вартість. Водночас застосування таких методів очищення потребує чіткого дотримання технологічного режиму очищення та контролю концентрації деяких забрудників, що можуть чинити токсичну дію на мікроорганізми.

Беручи до уваги, що основним забруднювачем у стічних водах авіапідприємств виступають нафтопродукти, нами було розроблено технологічну схему очищення стічних вод авіапідприємств, яка складається з таких етапів:

1) механічне очищення стічних вод за допомогою пісковловлювачів і відстійників (зменшення концентрації крупно- і дрібнодисперсних часток);

2) біологічне очищення стічних вод за допомогою плаваючих балонів для поселення мікроорганізмів — біопрепарат «Еконадін» (зменшення концентрації нафтопродуктів);

3) біологічне доочищення стічних вод на гідрофітних інженерних спорудах (зменшення концентрації сполук мінерального азоту, важких металів).

З метою видалення зі стічних вод різноманітних залишків, піску, завислих речовин, які надходять з території водозбору авіапідприємств, нами рекомендується розміщення перед існуючими очисними спорудами системи пісковловлювачів-відстійників, в яких відбувається осадження завислих речовин та їх видалення зі стічних вод за допомогою системи аерліфтів.

Очищені від піску та завислих речовин стічні води надходять в існуючі модернізовані резервуари, де здійснюється їх фізико-біологічне очищення. Для цього в резервуари до і після встановленого тонкошарового відстійника для локалізації і вилучення поверхневої плівки нафтопродуктів, розміщено плаваючі бони з гідрофобним сорбентом на основі нанорозмірних мінеральних волокон. Видалення нафтопродуктів з середовища здійснюється за рахунок їх високої сорбційної ємності (1 кг сорбенту поглинає 50 кг нафтопродуктів).

Також у резервуар вноситься препарат «Еконадін», який сприяє деструкції нафтопродуктів за рахунок мікроорганізмів. Даний бактеріальний препарат створено на основі вірулентних нафтоокиснювальних бактерій, він проявляє сорбційну та деструкційну активність стосовно вуглеводнів нафти, гідрофобний і не потребує збору після сорбції нафтопродуктів, забезпечує їх руйнування у водному середовищі [15]. Перемішування стічних вод і підтримка аеробних умов здійснюється за рахунок аераторів, до яких подається стисле повітря за допомогою повітродувки. Після проходження стічної води через розміщений у резервуарі тонкошаровий відстійник, який перешкоджає проникненню дрібнодисперсних завислих речовин та гранул препарату «Еконадін» з краплинами нафтопродуктів, надходить до резервуара-накопичувача очищеної води і за допомогою зануреного насоса надходить на доочищення у гідрофітну інженерну споруду закритого типу, після чого стічна вода скидається в р. Нивка.

Запропонована нами технологічна схема очищення стічних вод авіапідприємств від нафтопродуктів дозволить зменшити їх кількість на виході до поверхневих водойм у середньому на 82 %.

## Висновки

Досліджено кількісний склад стічних вод авіапідприємств, оцінено ефективність очищення стічних вод від нафтопродуктів та вивчений їх вплив на екологічний стан р. Нивка. Встановлено, що склад забруднювачів різноманітний і змінюється в широкому діапазоні, при цьому основні з них знаходяться з водозбірної площі за рахунок дощових і талих вод при експлуатації літаків. До основних забруднювачів належать нафтопродукти.

Проведене оцінювання ефективності очищення стічних вод авіапідприємств від нафтопродуктів свідчить про необхідність удосконалення виробничого процесу та покращення роботи очисних споруд.

Ураховуючи склад стічних вод авіапідприємств, розроблено технологічну схему вдосконалення очисних споруд. Ефективність процесу очищення стічних вод від нафтопродуктів може бути інтенсифікована за рахунок використання нафтопоглинаючих сорбентів разом із препаратом «Еконадін» з мікроорганізмами-деструкторами.

Розроблені заходи та запропоновані рекомендації щодо вдосконалення технологічного процесу утилізації нафтовмісних стоків на авіаремонтних підприємствах дозволять зменшити вміст нафтопродуктів в середньому на 82 %.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *May M.* British Library Direct / M. May. — 2006, vol 10 numb 2. — P. 117–128.
2. *Матюх Н. Д.* Реальная угроза экологии / Н. Д. Матюх // Новости аэронавигации. — Латвия, 2004. — №4. — С. 2.
3. *Бондар О. Г.* Заботливый аэропорт / О. Г. Бондар // Новости аэронавигации. — Латвия, 2005. — № 2. — С. 8.
4. *Penner J.* Aviation and the Global Atmosphere A Special Report of the Intergovernmental panel on Climate Change / J. Penner, D. Lister, D. Griggs, J. Dokken // Denmark, 2005. — 270 p.
5. *Бойченко С. В.* Моторные топлива и масла для современной техники. / С. В. Бойченко, С. В. Иванов, В. Г. Бурлака. — К. : НАУ, 2005. — 216 с.
6. *Пилипенко О. В.* Факторно-регресійний аналіз мікробіологічної активності ґрунтів на територіях прилеглих до аеропортів / О. В. Пилипенко, Л. В. Ласкава О. Ю. Драч, Т. В. Михалевська // АВІА-2004 : зб. наук. праць. — К. : НАУ, 2004. — С. 44.18–44.19.
7. *Василенко О. А.* Рациональное использование та охрана водних ресурсів: навч. посіб. / О. А. Василенко, Л. Л., Литвиненко, О. М. Квартенко. — Рівне : НУВП, 2007. — 246 с.

8. *Boychenko S.* Ecological aspect of use of hydrocarbon fuels / S. Boychenko, J. Kobylyansky, S. Lutyj // Ecological chemistry and engineering. — 2009. — Т. 11. — Nr S 1. — P. 9–13.

9. *Огняник М. С.* Забруднення підземного середовища легкими нафтопродуктами та визначення захисних властивостей зони аерації / М. С. Огняник, Н. К. Парамонова, А. Л. Брикс та ін. — К. : Тов-во «Знання» України, 2000. — 68 с.

10. *Кендзіор З.* Автоматизована система моніторингу рівня забруднення рік та керування процесами очищення : дис. канд. техн. наук : 05.13.06 / Здзіслав Кендзіор. — Л., 2004. — 151 с.

11. *Бойко О. В.* Малі річки Києва / О. В. Бойко, В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський. // Краєзнавство. Географія. Туризм. — 2001. — №4. — С. 4–10.

12. *Хороманська О. Г.* Шляхи нормативно-правового забезпечення цивільної авіації України / О. Г. Хороманська. — К., 1999. — 26 с.

13. *Величко О. М.* Контроль забруднення довкілля: навч. посіб. / О. М. Величко, Д. В. Зеркалов. — К. : Основа, 2002. — 255 с.

14. *Жовинський Е. Я.* Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України / Е. Я. Жовинський, І. В. Кураєва та ін. — К. : Логос, 2005. — 104 с.

15. *Оксиюк О. П.* Биоплато и его применение на каналах / О. П. Оксиюк, Г. Н. Олейник // Гидротехника и мелиорация. — 1990. — №8. — С. 66–70.

## REFERENCES

1. *May M.* British Library Direct / M. May. — 2006, vol 10 numb 2. — P. 117–128.
2. *Matyukh N. D.* Real threat to the ecology / N. D. Matyukh // News of air navigation. — Latvia, 2004. — № 4. — С. 2.
3. *Bondar O. G.* Caring airport / O. G. Bondar // News of air navigation. — Latvia, 2005. — № 2. — С. 8.
4. *Penner J.* Aviation and the Global Atmosphere A Special Report of the Intergovernmental panel on Climate Change / J. Penner, D. Lister, D. Griggs, J. Dokken // Denmark, 2005. — 270 p.
5. *Boitchenko S. V.* Motor fuel and oil for modern technology / S. V. Boitchenko, S. V. Ivanov, V. G. Burlaka. — K. : NAU, 2005. — 216.
6. *Pylypenko O. V.* Factor regression analysis of microbiological activity of soil in the vicinity of the airport / O. V. Pylypenko, L. Affectionate, O. Yu. Drach, T. V. Myhalevska // AIR-2004: Coll. sciences. works. — K. : NAU, 2004. — S. 44.18–44.19.
7. *Vasilenko O. A.* Rational use and protection of water resources : a manual / O. A. Vasilenko, L. L. Litvinenko, A. V. Kvartenko. — Rivne : NUVP, 2007. — 246 p.
8. *Boychenko S.* Ecological aspect of use of hydrocarbon fuels / S. Boychenko, J. Kobylyansky, S. Lutyj // Ecological chemistry and engineering. — 2009. — Т. 11. — Nr S 1. — P. 9–13.

9. *Ohnyanyk M. S.* medium light pollution of underground petroleum products and determine the protective properties of the aeration zone / M. S. Ohnyanyk, N. K. Paramonov, AL Brix et al. — Kyiv: Tov -in “Knowledge” Ukraine, 2000. — 68 p.

10. *Kendzior S.* Automated system monitoring of pollution of rivers and manage treatment processes : dis. candidate. Sc. sciences: 05.13.06 / Zdzisław Kendzior. — L., 2004. — 151 p.

11. *Boiko A. V.* Small Kyiv Rivers / A. V. Boiko, V. K. Khilchevsky, O. G. Obodovskyy // Local history. Geography. Tourism. — 2001. — № 4. — P. 4–10.

12. *Horomanska O. G.* Ways to legal security of Ukraine civil aviation / O. G. Horomanska. — K., 1999. — 26 p.

13. *Velichko A.* Control of pollution : studies. guidances / A. Velichko, D. Zerkalov. — K. : Base, 2002. — 255 c.

14. *Zhovynskyy E. J.* Heavy metals in soils protected areas of Ukraine / E. J. Zhovynskyy, IV Kuraev et al. — K. : Logos, 2005. — 104 c.

15. *Oksyyuk A. P.* Byoplato & its Application in Channel / A. P. Oksyyuk, GN Oleynik // Hydrotehnyka and melyoratsyya. — 1990. — № 8. — P. 66–70.

Стаття надійшла до редакції 21.10.2013