

маловірогідні, є надійний запас; пустоти під номерами 18, 24 і особливо №16 потребують додаткових досліджень.

### Список літератури

1. **Cordon O., Herrera F.** A General study on genetic fuzzy systems // Genetic Algorithms in engineering and computer science, 1995. – P. 33-57.
2. **Kosko B.** Fuzzy systems as universal approximators // IEEE Transactions on Computers, vol. 43, No. 11, November 1994. – P. 1329-1333.
3. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
4. Исследование и разработка способов обеспечения безопасного ведения работ на Тасеевском карьере при его подземной подработке (отчет) тема №7-305-80, КГРИ, Сазонов В.А., Кривой Рог, 1982, 79 с.
5. **Калинина В. Н., Соловьев В. И.** Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие / ГУУ. – М., 2003. – 66 с.
6. **Круглов В.В., Дли М.И.** Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002.
7. **Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М., 2004.
8. **Сазонов В.А.** «Исследование вопросов подземной подработки карьеров и выбор способов наблюдений за устойчивостью их поверхности» Автореферат кандидатской диссертации. – КГРИ. – Кривой Рог, 1969.
9. **Сероштан В.С.** Зависимость времени стояния кровли от площади ее обнажения. – «Горный журнал», 1974, №12. С. 42-44.

Рукопис подано до редакції 11.03.14

УДК 622.504

В.Ю. ТИЩУК, д-р техн. наук, Криворізький національний університет

## ЗАКРІПЛЕННЯ ПИЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОТЕХНОЛОГІЙ

Наведено результати аналітичних і експериментальних досліджень по використанню біотехнологій для закріплення пильних поверхонь відвалів і шламосховищ на гірничих підприємствах. Доведено доцільність використання для закріплення пильних поверхонь залишків активного мулу, що утворюється при очищенні стічних вод та відходів молокопереробних підприємств. Результати фізико-хімічних досліджень свідчать про високу ефективність цих засобів біотехнології для закріплення пильних поверхонь на гірничих підприємствах.

**Ключові слова:** пил, відвали, шламосховища, закріпління поверхонь, біотехнологія.

**Проблеми та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** На гірничих підприємствах поверхні відвалів і шламосховищ є джерелом інтенсивного пиловиділення в атмосфері. Установлено, що інтенсивність пиловиділення з поверхонь відвалів досягає  $9,8 \text{ мг/с} \cdot \text{м}^2$  [1], а з поверхні шламосховищ -  $1800 \text{ мг/с} \cdot \text{м}^2$  [2]. Це веде до забруднення атмосферного повітря і в цілому навколишнього середовища. Існуючі технології закріплення пильних поверхонь не можуть на тривалий термін забезпечити ефективне попередження пиловиділення з відвалів і шламосховищ особливо після інтенсивних опадів у вигляді дощу, що приводить до руйнування захисного екрану на поверхнях. Тому підвищення ефективності захисту навколишнього середовища від пилу з відвалів і шламосховищ на основі розробки науково обґрунтованих ефективних засобів пілозв'язування є важливою науковою задачею.

Вирішення цієї задачі пов'язано з виконанням державних науково-технічних програм з пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки в частині збереження навколишнього природного середовища.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Відомий спосіб закріплення пильних поверхонь з використанням латексів [1]. Проте, це основний продукт для одержання різних синтетичних клеїв та матеріалів широкого вжитку і він майже не випускається на Україні.

Широкі дослідження по закріпленню пильних поверхонь на гірничих підприємствах проведено в ДВНЗ «КНУ». Основні результати досліджень викладено в роботах [3-6], де описано технологію і технологічні засоби по закріпленню пильних поверхонь в основному розчином

природного бішофіту. Недоліком використання бішофіту є те, що він легко вимивається дощем і тому необхідно проводити подальше закріплення пильних поверхонь, що потребує додаткових економічних витрат. Більш перспективними для закріплення поверхонь є використання біологічних гідросумішів і заліснення [3;5]. Проте, ефективне заліснення поверхонь, в залежності від типів деревинних рослин, може відбутися через декілька років, а в деяких випадках і десятиліть.

НДІБПГ ДВНЗ «КНУ» розроблено спосіб агрохімічного закріплення пильних поверхонь [7]. При цьому поверхня покривається природними органічними сполуками. Продукти їх розпаду є тим матеріалом із якого утворюються гумінові речовини [8]. Отже на поверхнях через 1-2 місяці відбувається процес утворення гумусу, який огортає пилові частинки і зв'язує їх в конгломерати, що запобігає пиловиділенню в атмосферу. З часом поверхня заростає вищими рослинами, коренева система яких перешкоджає пилоздіманню.

В роботі [9] розглянуто закріплення пильних поверхонь відходами крохмале-патокових і цукрових виробництв. У певних кількостях у полісахаридах цих відходів знаходяться солі молочної, глутамінової, тирозинової кислот. Набір функціональних груп у молекулах меляси, патоки зеленої та екстракту кукурудзяного забезпечує проходження реакції поліконденсації між ними та частинками порід, що неодмінно приведе до пиловз'язування. Механічна міцність покриттів складає: при використанні патоки зеленої 0,1-1,2 МПа, екстракту кукурудзяного – 0,1-1,6 МПа, меляси - 0,1-1,1 МПа. В роботі [10] представлено результати досліджень по закріпленню поверхонь відходами масляноксераційних виробництв. Основними карбоновими кислотами, які входять до складу рослинної олії та відходів її виробництва, є пальмітинова, олеїнова й лінолева кислоти. У результаті полімеризації цих кислот на поверхні утворюється плівка, яка запобігає пилоздіманню в атмосферне повітря. Окрім цього, за наявності на поверхні мінералів частинок гелю кремнієвої кислоти утворюються хімічні зв'язки між карбоновими кислотами та твердими частинками порід, що приведе до утворення покриттів, механічна міцність яких складає 0,28-0,52 МПа.

В роботі [11] наведено результати досліджень по закріпленню пильних поверхонь водним розчином «ЕКОМ». Закріплювач «ЕКОМ» включає неіоногенні поверхнево-активні речовини (ПАР), оксиетильовані полікарбоксилати, які мають плівкотвірні властивості, метасилікат натрію, що підвищує силу адгезії розчину з пиловидними частинками. Механічна міцність покриттів, що утворюються на поверхнях, складає – 1,4-2,2 МПа.

За межами України в інших державах також ведуться наукові розробки в галузі боротьби з пилом, що здійснюється з поверхонь відвалів і шламосховищ. В роботі [12] наведено результати досліджень по закріпленню пильних поверхонь на гірничих підприємствах з використанням композиції на основі полімера полівінілбутилтирала (ПВБ) з мінеральним наповнювачем, яка утворює на пильних поверхнях скловидні захисні покриття, що володіють високою механічною міцністю. В роботі [13] наведено результати досліджень по закріпленню пильних поверхонь на Лебединському кар'єрі Курської магнітної аномалії з використанням закріплювача на основі молотої крейди, суперпластифікатор СБ-3, що містить в своєму складі резорцин і формальдегід, технічну сірчану кислоту. Проте покриття, що утворені цими розчинами недовговічні і в подальшому легко руйнуються під впливом атмосферних факторів. В роботах [14-18] розглянуто спосіб закріплення поверхонь, що заснований на використанні органічного біоактивного в'язучого на основі сапропелю, який дозволяє утворити біоактивні покриття, що стійкі до вітрового навантаження.

Відомий спосіб закріплення поверхонь з використанням карбоксиметилцелюлози. Для запобігання її біодеструкції до складу закріплювача вводять біогумус, який отримано при використанні дощових компостних черв'яків *Eisenia Foetida* [19].

Для ліквідації пиління виведених із експлуатації золо- і шламосховищ розроблено спосіб біологічної рекультивации з використанням фітомеліорації [20-23].

Проте, всі розглянуті способи закріплення пильних поверхонь на гірничих підприємствах недостатньо технологічні, так як потребують спеціальних трудомістких операцій при їх приготуванні, або не є екологічно чистими.

**Постановка завдання.** Метою роботи є підвищення ефективності захисту навколишнього середовища від пилу з відвалів і шламосховищ на основі науково обґрунтованого нового напрямку закріплення пильних поверхонь з використання біотехнологій.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися наступні завдання:

провести аналітичні дослідження засобів біотехнологій для закріплення пильних поверхонь;

визначити речовини для ефективного закріплення поверхонь;

довести перспективу використання активного мулу та відходів молокопереробних підприємств, як засобів біотехнологій для закріплення пильних поверхонь.

**Викладення матеріалу та результати.** Відповідно до мети і завдання роботи для досліджень по закріпленню пильних поверхонь прийнято засоби біотехнології - мул очищення стічних вод від забруднюючих речовин та відходи молокопереробних підприємств. Згідно з визначенням Європейської біотехнологічної федерації, біотехнологія - це спільне використання біохімії, мікробіології та хімічної технології для промислового застосування корисних властивостей мікроорганізмів і культур тканин.

Зазвичай закріплення пильних поверхонь відбувається шляхом нанесення на них хімічних розчинів, які утворюють на поверхнях механічно міцні покриття, що попереджають здійснення пилу в атмосферу з відвалів і шламосховищ.

В роботі [8] відмічено, що органічні залишки рослинного походження, які можуть знаходитися на поверхнях, через незначний проміжок часу розкладаються, що приводить до утворення білків, амінокислот, органічних кислот, пектинів та інших органічних сполук. В подальшому при їх деструкції в результаті хімічних і біохімічних реакцій за участю мікроорганізмів утворюються гумінові речовини, що є складовими гумусу і в цілому ґрунту. Ці речовини окутують поверхню пилових частинок порід плівкою, яка запобігає утворенню зв'язку мінеральних частинок з навколишнім середовищем, що в результаті запобігає виділенню твердих частинок в атмосферу.

Ґрунт, як природне тіло, володіє родючістю, яка визначається комплексом його взаємозв'язаних механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей, що обумовлюють життєдіяльність рослинних організмів. Ґрунт - це умова існування і еволюції організмів: життєвий простір, житло і притулок, механічна опора, депо насіння; джерело елементів живлення; депо вологи та енергії; стимулятор та інгібітор біохімічних та інших процесів; адсорбатор речовин із атмосфери і ґрунтових вод; сигнал для сезонних та інших біологічних процесів; регулятор чисельності, складу і структури біоценозів [24].

Відповідно, шляхом формування на пильних поверхнях шару ґрунту, можна в подальшому запобігти пиловиділенню в атмосферне повітря.

Активний мул - це продукт біологічного очищення стічних вод, що здійснюється за рахунок спроможності мікроорганізмів використовувати для свого живлення органічні речовини, які необхідні для їхньої життєдіяльності. Це азот, фосфор, калій з різноманітних сполучень, що містяться в стічних водах. В процесі живлення мікроорганізми одержують матеріал для побудови свого тіла, внаслідок чого відбувається приріст маси активного мулу [25;26], який періодично необхідно видаляти.

Наведені дані свідчать, що активний мул містить багато поживних речовин для рослин. Тому такі поверхні легко заростатимуть вищими рослинами, які своїм корінням будуть скріплювати шар мулу і пилючі поверхні.

Розглянемо можливість використання відходів молокопереробних підприємств. Стічні води молокопереробних підприємств, а також відходи їхнього очищення приводять до забруднення навколишнього середовища і характеризуються високим вмістом органічних речовин, що містяться в молоці (молочного жиру, білка, лактози). До складу відходів також входить казеїн. Це фосфопротеїд, складний білок, головний білковий компонент молока. Вміст казеїну в ков'ячому молоці становить 78-87 % від маси всіх білків.

Високе забруднення стоків молокопереробних підприємств спричиняє потрапляння у стічні води шламму молокоочисників та сепараторів, від миття танків для приймання молока і вершків.

У маслоробних цехах найбільша кількість забруднювачів спостерігається при скиданні стоків від миття танків для дозрівання вершків, масловичотівників, автоматів для фасування масла; в цехах виготовлення продуктів із незбираного молока - від миття танків для заквашування сметани, кисломолочних продуктів. При скиданні в стоки сироватки в сироробних цехах спостерігається значне забруднення стоків білковими речовинами за рахунок скидання розпиленних частинок згустку молока, що утворюються при обробці сирного зерна.

Жиро-білкові відходи відстійників, жировловлювачів та інші органічні відходи очищення

стоків нині не використовують і відсутня також технологія їх переробки. Основний метод знищення цих відходів – захоронення у землю або спалювання, що призводить до забруднення навколишнього середовища. Проте, після отримання дозволу від спеціально уповноважених органів у сфері поводження з відходами видалення відходів можна здійснювати на поля в якості добрив. Це обумовлено тим, що в молекулах білків, пептидах, амінокислотах, в рибонуклеїнових кислотах присутній азот, який є складовою азотних добрив. При цьому, спочатку гетеротрофні бактерії (*Bacterium coli*, *Bactrium proteus*, *Bacterium subtilis*) переводять білки в пептиди і амінокислоти. Інші види гетеротрофних бактерій переводять амінокислоти в аміни, які перетворюються в органічні кислоти і в підсумку в амоній, що є складовою частиною азотних добрив. Необхідно відмітити, що казеїн входить до складу клеїв, використовується для виготовлення пластмас, фарб, штучного волокна. Це також свідчить про перспективу використання відходів молокопереробки для ефективного закріплення пилючих поверхонь на гірничих підприємствах.

Розглянемо основні фізико-хімічні фактори які є передумовами використання відходів молокопереробних підприємств для закріплення пилючих поверхонь відвалів і шламосховищ.

Важливими показниками, що характеризують пилючів'язуючі властивості рідких відходів є наступні: густина, поверхневий натяг, коагулююча здатність, склеювальні властивості, сили аутогезії між розчином і твердою фазою системи, механічна міцність захисних покриттів, що утворюються на пилючих поверхнях після обробки їх суспензіями відходів молокопереробки.

Проведемо дослідження кожного з них. Густина розчину визначалася з допомогою віскозиметра капілярного скляного ВПЖ-1. Дослідження поверхневого натягу розчину проводилися на скляному сталагмометрі. Важливою характеристикою розчину є його коагулюючі властивості. Кількісною мірою коагуляції в колоїдній хімії є швидкість коагуляції, яка представляє собою зміну кількості частинок порід в розчині в одиницю часу. Для визначення швидкості коагуляції в пробірку з розчином засипалося 1 г пилових частинок порід і потім фіксувався час заповнення ними об'єму, рівному 0,8 мл.

Склеювальні властивості розчинів визначалися по величині водоміцності пилових конгломератів, які отримано в результаті обробки дрібнодисперсних частинок порід даними розчинами. Для цього конгломерати викладалися на проволочну сітку і розмивалися краплями води, що падали з висоти 50 мм з частотою 2 краплі за секунду. Водоміцність конгломератів виражалася в мілілітрах розчину, витраченого на розмивання одного конгломерату.

Сила аутогезії між пиловими частинками порід під впливом розчинів визначалася непрямим методом - методом повітряної ерозії. Для цього конгломерати пиловидних частинок, що були отримані після обробки твердих частинок розчинами і висушені до постійної маси, розміщувались у кювети і обдувались в аеродинамічній трубці повітряним потоком зі швидкості 10 м/с. По різниці мас пилу до обдування і після визначалась маса винесеного пилу і встановлювалось значення питомого пиловиділення з поверхні, яке є критерієм аутогезії пилу під впливом суспензій відходів.

Визначення механічної міцності зразків захисних покриттів на пилючих поверхнях проводилося на спеціальному приборі, основним елементом якого є металевий стержень з діаметром 3 мм. Під стержень виставлялись зразки закріплених поверхонь, на стержень подавалося навантаження і візуально визначався момент руйнування поверхні та визначалося значення руйнівної сили.

Результати досліджень показали наступне. Густина розчинів відходів молокопереробних підприємств становила:  $\rho=0,0019\div 0,0020$  Па·с, при стандартній густині води:  $\rho=0,0017$  Па·с. Тобто густина розчинів відходів незначно вище ніж у води і вони будуть легко проникати в пилючі поверхні. Дослідження по визначенню поверхневого натягу показали, що для молока він становить  $\sigma=0,046\div 0,050$  Н/м, а відоме значення  $\sigma$  для води дорівнює 0,072 Н/м. Відповідно до класичних положень колоїдної хімії суспензії відходів молокопереробки більш ефективно будуть змочувати тверді частинки порід на пилючих поверхнях.

При визначенні коагулюючих властивостей розчинів встановлено, що об'єм 0,8 мл у пробірці заповнювався пиловими частинками у воді, в середньому, за 280 с, а у молочному середовищі за 95 с. Тобто, суспензії відходів молокопереробної промисловості володіють більш високими коагуляційними властивостями ніж вода.

Результати досліджень склеювальних властивостей суспензій молокопереробки показали,

що витрати води для розмивання конгломератів порід, що одержані під впливом води становлять 55 мл, а під впливом суспензій молоко переробки - 220 мл. Як видно з результатів, склеювальна сила молочних суспензій відносно до пиловидних частинок в 4 рази вища ніж у води.

Дослідження сили адгезії між пиловими частинками показали, що питоме пиловидлення з поверхні пилових агрегатів, що утворилися під впливом води становлять, в середньому, 1900,0 мг/с·м<sup>2</sup>, а під впливом суспензій відходів молокопереробки – 350,0 мг/с·м<sup>2</sup>. Тобто, сила адгезії між частинками порід, що були оброблені молочними відходами, в 5,4 раз вища ніж між частинками порід, що оброблені водою. Механічна міцність покриттів на пилючих поверхнях, що утворилися в результаті обробки їх суспензіями відходів молоко переробки, становила 0,3 МПа.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** В результаті виконаних досліджень вирішена актуальна наукова задача, яка полягає в підвищенні ефективності захисту навколишнього середовища від пилу з відвалів і шламосховищ гірничих підприємств на основі науково обґрунтованого використання біотехнології для закріплення пильних поверхонь. Проведено аналітичні дослідження засобів біотехнології для закріплення пильних поверхонь; визначено речовини для ефективного закріплення поверхонь; доведено перспективу використання активного мулу та відходів молокопереробних підприємств для закріплення поверхонь відвалів пустих порід і шламосховищ. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку та впровадження біотехнології для закріплення пильних поверхонь на гірничих підприємствах, на основі відходів виробництв харчової промисловості, так як цей напрямок біотехнології є екологічно чистим.

#### Список літератури

1. Лобода А.И. Борьба с пылью на открытых горных работах / А.И.Лобода, Б.Н.Ребристый, В.Ю.Тыщук, А.А.Фаермарк, В.А.Чупрун. – К.: Техника, 1989.– 152 с.
2. Бересневич П.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ / П.В.Бересневич, П.К.Кузьменко, Н.Г.Неженцева – М.: Недра, 1993.–128 с.
3. Гурин А.А. Снижение пыления действующих хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов / А. А. Гурин, В. И. Ляшенко, Н. В. Домничев // Изв. вузов. Горный журнал. – 2012. – № 5, с. 13–22.
4. Домничев М.В. Борьба с пылинням відвалів гірничо-збагачувальних комбінатів / М.В.Домнічев, О.В.Нестеренко., В.Н.Назаренко., О.С.Лапшин // Вісник криворізького технічного університету: зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2011, - вип.29. - С.118-121.
5. Домнічев М.В. Рекомендації щодо зменшення пилового навантаження на працівників гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу шляхом заліснення відпрацьованих відвалів / М.В.Домнічев, Н.Ю.Швагер, О.В.Нестеренко, В.Н.Назаренко // Вісник криворізького національного університету: зб.наук.праць.- Кривий Ріг, 2012.- вип. 30.- С.3 – 4.
6. Гурін А.О. Природоохоронні технології закріплення пилючих поверхонь гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу/ А.О.Гурін, В.І.Ляшенко, М.В.Домнічев // Металлургическая и горнорудная промышленность.-2011.- № 2.- С.120 -125.
7. Тыщук В. Ю. Агрохімічний спосіб закріплення пилючих поверхонь на гірничорудних підприємствах / В. Ю. Тыщук // Охрана праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу : зб. наук. праць. – Кривий Ріг : НДБПГ, 1999. – Вип. 1. – С. 128–133.
8. Возбудская А.Е. Химия почвы. / А.Е.Возбудская – М.: Высшая школа. - 1968. – 427 с.
9. Тыщук В. Ю. Исследование физико-механических параметров защитных покрытий, образующихся на пылящих поверхностях отвалов и шламоохранилищ в результате обработки их природными органическими соединениями / В. Ю. Тыщук// Сборник научных трудов Национального горного университета. – 2005. – № 22. – С. 198–207.
10. Тыщук В. Ю. Аналітичні і експериментальні дослідження пилов'язуючої здатності нової композиції, розробленої на основі відходів олійно-жирових виробництв, для закріплення пилючих поверхонь на гірничорудних підприємствах / В. Ю. Тыщук, М. Ф. Євдокименко, Л. Д. Єрмак, Е. В. Часова, В. М. Ковальов // Охрана праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу : зб. наук. праць. – Кривий Ріг: ДП «НДБПГ», 2006. – Вип. 7. – С. 99–108.
11. Тыщук В. Ю. Дослідження нового засобу для закріплення пилючих поверхонь на гірничорудних підприємствах / В. Ю. Тыщук, М. Ф. Євдокименко, Ю. Т. Котов // Охрана праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу : зб. наук. праць. – Кривий Ріг : ДП «НДБПГ», 2008. – Вип. 10. – С. 182–186.
12. Ушаков В.В. Технология закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ полимерминеральными материалами на основе ПВБ./ В.В.Ушаков, Е.Н.Браунер // Материалы третьей научно-технической конференции Горного института, Чита, 2000 - С. 128-130.
13. Лыгачев Е.В. Исследование параметров пыления отходов обогащения железных руд и разработка метода их стабилизации / Е.В.Лыгачев, С.В.Сергеев, И.В.Синица //Вестник удмуртского университета.Биология. Наука о земле. – 2009. – Вып. 1. – С. 127-136.
14. Шувалов Ю.В. Предотвращение загрязнения пылью территорий в зоне действия горнодобывающих предприятий / Ю.В. Шувалов, А.П. Бульбашев, С.А. Ильченкова // Сборник научных докладов VII Международной конференции «Экология и развитие Северо-Запада России». - СПб.: МАНЭБ, 2002. - с. 70-79.

15. **Ильченкова С.А.** Снижение пылевыведения с пылящих поверхностей горно-металлургических производств / **С.А.Ильченкова** // Записки Горного института. - СПб.: СППГИ (ТУ), 2003, т. 155. - с. 57-60.
16. **Шувалов Ю.В.** Снижение интенсивности пылеобразования и пылепереноса с поверхности техногенных массивов / **Ю.В. Шувалов, А.П. Бульбашев, С.А. Ильченкова, Н.А. Гаспарьян, А.Н. Никулин** // Горный информационно-аналитический бюллетень.-М.: МГГУ, 2004, № 3. - с. 189-192.
17. **Шувалов Ю.В.** Снижение пылеобразования и переноса пыли при разрушении горных пород / **Ю.В. Шувалов, С.А. Ильченкова, Н.А. Гаспарьян, А.П. Бульбашев** // Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: МГГУ, 2004, № 10.- С. 75-78.
18. **Ильченкова С.А.** Защита от ветровой эрозии и повышение биопродуктивности насыпных отвалов и рекультивируемых площадей / **С.А. Ильченкова, Н.А. Гаспарьян** // Записки Горного института - СПб.: СППГИ (ТУ), 2004, т. 159, часть 1.-е. С. 43-46.
19. **Ковшов С.В.** Проблема отходов органического происхождения и вермитехнология как вариант ее решения / **С.В.Ковшов** // Записки горного института –СПб.: СППГИ(ТУ), 2009, т. 181- С.217-219.
20. **Гурина, И. В.** Фитомелиорации золоотвалов тепловых электростанций / **И. В. Гурина** // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 62.
21. **Гурина, И. В.** О возможности консервации золоотвалов методом фитомелиорации / **И. В. Гурина, А. И. Щиренко** // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 3. – С. 39-41.
22. **Иванова, Н. А.** Технологический процесс биологической рекультивации отработанного шламонакопителя / **Н. А. Иванова, И. В. Гурина** // Природообустройство. – 2010. – № 4. – С. 24-27.
23. **Гурина, И. В.** Фотосинтетическая деятельность посевов многолетней травосмеси в условиях рекультивируемого золоотвала / **И. В. Гурина** // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 62. – С. 327-332.
24. Грунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч. 2 / **С.П.Позняк**. - Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. - 286 с.
25. Экологическая биотехнология: Пер. с англ./Под ред. **К.Ф. Форстера, Д.А. Дж. Вейза**. - Л.: Химия, , 1987. - 384 с.
26. **Бирюков В.В.** Основы промышленной биотехнологии / **В.В.Бирюков**. - М.: Колос, 2004. - 296 с.

Рукопис подано до редакції 16.03.14

УДК.621.182.44

В.П. ГИРИЧ, О.В. ФЕРЛИКОВСКАЯ, ГП «ГПИ «Кривбасспроект» /

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОСТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

Рассмотрен вопрос предотвращения отложения накипи на теплообменном оборудовании.

**Ключевые слова:** карбонатные отложения, накипь, электростабилизация, безреагентная антинакипная установка (БАУ)

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Один из основных теплоносителей, применяемых в системах теплоснабжения - вода. Наличие растворенных солей в воде придает воде свойство, называемое жесткостью. Различают жесткость временную и постоянную. Временная жесткость - жесткость, обусловленная солями, переходящими при определенных условиях из растворенной - в нерастворенную форму. В процессе работы теплотехнического оборудования при использовании жесткой воды на поверхности нагрева котлов и теплообменных аппаратов образуются твердые отложения, которые принято называть накипью. Накипи на трубах в большинстве случаев состоят из соединений карбонатной или временной жесткости воды. Карбонатную жесткость образуют хорошо растворимые в воде бикарбонаты кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и магния  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . При нагревании воды выше  $70^\circ\text{C}$   $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  разлагается, выделяя нерастворимые осадки (накипь) - карбонаты кальция  $\text{CaCO}_3$ .

Интенсивность отложения накипи зависит от температуры воды в пограничном ее слое и величины карбонатной жесткости. Чем выше температура воды и ее карбонатная жесткость, тем выше интенсивность отложения накипи.

Накипь обладает высокими механическими свойствами и низкой теплопередающей способностью и поэтому является причиной ряда технических сложностей и дополнительных затрат при эксплуатации теплосилового хозяйства предприятий.

Во-первых, накипь приводит к значительному перерасходу топлива и, соответственно, к снижению коэффициента полезного действия котлов. Так, при наличии накипи толщиной всего 1 мм котел перерасходует, в среднем, 2-3 % топлива, 4-5 мм приводят к потерям топлива до 8-