

УДК 697.4:553.2.

## Механізм захисної дії деяких поверхнево-активних речовин в мережній воді систем централізованого теплопостачання

П. М. Гламаздин<sup>1</sup>, Є. П. Давиденко<sup>2</sup>, В. С. Вітковський<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, [sib.kiev@gmail.com](mailto:sib.kiev@gmail.com)

<sup>2</sup>асп. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, [sahravets@bifgmir.net](mailto:sahravets@bifgmir.net)

<sup>3</sup>НВО «Нафтохімекологія», Київ, Україна, [vitkovsky@ukr.net](mailto:vitkovsky@ukr.net)

*Анотація. Проблема боротьби з накопуванням та корозією є дуже гострою та актуальною для теплоенергетики. Особливо гостро проблема стоїть у системах централізованого теплопостачання в містах країн Східної Європи та колишнього СРСР. Традиційні методи боротьби з накопуванням та корозією на сьогодні не задовольняють експлуатаційні організації з багатьох причин, серед яких і з економічної точки зору. Одним з перспективних нових методів боротьби з корозією та накопуванням є модифікація мережевої води додаванням поверхнево-активних речовин (ПАР). Існує багато ПАР різної хімічної природи. Одні з них добре підходять для боротьби з накопуванням, інші – з корозією. Серед них є вузький клас, який можна використовувати одночасно і проти накопування і проти корозії. Кафедра теплотехніки Київського національного університету будівництва і архітектури веде дослідження дії саме таких ПАР. У ході досліджень уперше зафіксовано новий механізм дії таких ПАР, який описаний в даній статті. Отримані в ході постановочних експериментів дані та їхній аналіз показує, що вплив вибраних авторами поверхнево-активних речовин забезпечує захист поверхонь нагріву та трубопроводів СЦТ від корозії. Аналіз процесів, що призводять до позитивного ефекту показує, що дія ефірів жирних органічних кислот має подвійний ефект – по-перше це відомий ефект утворення «частоколу Ленгмюра», а по-друге утворення під ним другого захисного шару – плівки з оксиду заліза Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, що при його щільній структурі захищає додатково поверхню металу від розчиненого у воді кисню.*

*Ключові слова: накинні відкладення, корозія, модифікація води, поверхнево-активні речовини.*

**Вступ.** Проблема боротьби з накопуванням та корозією є дуже гострою та актуальною для теплоенергетики. Особливо гостро проблема стоїть у системах централізованого теплопостачання в містах країн Східної Європи та колишнього СРСР.

Традиційно для попередження накопування та корозії застосовують дві технології – пом'якшення теплофікаційної води шляхом іонного обміну та видалення агресивних газів (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) з води шляхом термічної деаерації [1]. Однак, ці технології енергетично не вигідні [2]. Тому в останні роки активно ведеться пошук нових технологій запобігання накопуванню та корозії поверхонь нагріву та трубних елементів систем центрального теплопостачання [3, 4, 5].

Серед таких технологій можна вважати більш-менш опанованою персоналом технологію хімічної дегазації мережної води шляхом вприскування гідразину (N<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) або сульфату натрію (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) [6]. Проте, деякі проблеми, особливо з якісним контролем процесу ще не вирішені остаточно.

Крім цієї технології також можна вважати достатньо вивченою технологію стабілізаційної (протинакипною) обробки води додаванням субстехіометричних кількостей інгібіторів накопування. Найчастіше для цього використовують похідні нитрило-триметилфосфонова кислота та оксиетиліденди-

фосфонова кислота.

Крім складностей регулювання дозування та контролю, ці технології негативно впливають на навколишнє середовище.

**Актуальність теми.** Проблеми, що притаманні описаним вище технологіям обумовлюють активні пошуки інших технологій модифікації складу води для захисту поверхонь теплообміну від корозії та накопування.

Одним з перспективних напрямків цих пошуків є розроблення способу модифікації мережної води додаванням до неї поверхнево-активних речовин (ПАР). Роботи деяких дослідників в цьому напрямі [7, 8, 9] і досвід авторів [10, 11] показують перспективність цього методу модифікації мережної води, тому робота в цьому напрямку є актуальною.

**Останні дослідження та публікації.** Дослідженнями впливу поверхнево-активних речовин на розвиток корозійних процесів у даний час вельми активно займаються в Російській Федерації та Тайвані, особливо для зниження інтенсивності корозійних процесів в нафтовидобуванні та нафтопереробній промисловості, що пов'язано з високою корозійною активністю робочих середовищ [12].

Для системи централізованого теплопостачання переважно досліджувався вплив ПАР на процеси накопування [7, 8]. Авторами досліджень досягнуто розуміння механізмів впливу домішок ПАР до мережної води на про-

цеси накопуютворення через появу подвійного молекулярного шару – так званого «частоколу Ленгмюра» на поверхні металу, що захищає її від контактів з іонами  $\text{Ca}^{++}$ , як основного чинника появи накипу та відмивання старих відкладень через дію «ефекту Ребіндера» [13]. Однак, впливом домішок ПАР у мережній воді на розвиток процесів корозії у системах централізованого теплопостачання цілеспрямовано дослідники не займалися.

**Мета роботи.** Метою роботи є дослідження можливості використання поверхнево активних речовин для одночасної боротьби з накипом і корозією.

**Основна частина.** У ході організації робіт з упровадження хімічної деаерації мережної води за допомогою реагентної обробки комплексонами та комплексонатами в теплових мережах комунального підприємства «Житомиртеплокомуненерго» було виявлено, що в результаті дії цих складних реагентів, до складу яких входили і ПАР, на поверхні очищених димогарних труб з'явилася тонка плівка темного, майже чорного кольору, що і призвело до необхідності визначення складу плівки та аналізу процесів, які викликають її появу.

На кафедрі теплотехніки вже декілька років проводяться дослідження впливу поверхнево-активних речовин у вигляді ефірів жирних кислот та інтенсивність процесів накопуютворення та корозії в системах централізованого теплопостачання. У ході цих досліджень виявлений вплив модифікації мережної води ПАР на зниження інтенсивності цих процесів, а в деяких умовах і до їх повного зникнення.

У ході досліджень були отримані нові дані відносно появи ще однієї плівки під добре відомим «частоколом Ленгмюра». Для дослідження характеристик цієї плівки були виготовлені спеціальні сталеві пластинки і на них штучно організована поява цієї плівки [14].

Далі проведено дослідження електричних властивостей отриманої плівки.

Експериментальне дослідження електропровідності отриманої на поверхні сталевих пластин плівки виконано наступним чином. До пластини кріпилося два електроди, що під'єднувалися до джерела постійного струму, яке спроможно давати струм силою до 30 мкА. Електроди були різні і приєднувалися до пластини по різному. Один електрод був мідний і кріпився до пластини в місці, де плівка була зачищена наждачним папером і знежирена спиртом. Як другий електрод використано графітову щітку від електродвигуна. Вона кріпилася до пластини напроти мідного електроду. Графіт був вибраний як м'який матеріал, що не пошкодить плівку. Електричний опір сталі відомий і відносно невеликий. Тому в першому наближенні з можливістю внесення виправлень у результаті вимірювань автори вважали, що в такий спосіб можна виміряти електропровідність самої плівки. В ході експерименту полярильність електродів змінювалася.

В результаті вимірювань (рис. 2) з'ясовано, що електричний опір плівки знаходиться в діапазоні, що характерний для саме магнетиту (тобто  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) [15].

В розміщеній в інтернеті інформації щодо використання для модифікації мережної води оксидециламіна наведена фрактограма захисних шарів, що утворюються в цьому випадку.

На фрактограмі, представлений в інформаційному матеріалі, чітко видно, що на поверхні металу наявні два різних шари матеріалів, відмінних від тіла сталевий деталі, на якій вони сформовані. Структури шарів різні. Нижній шар більш щільний і має темний колір, що характерно для магнетиту. Верхній шар має бути розрідженим і гнучким та не має чіткої граничної поверхні розділу від рідини.

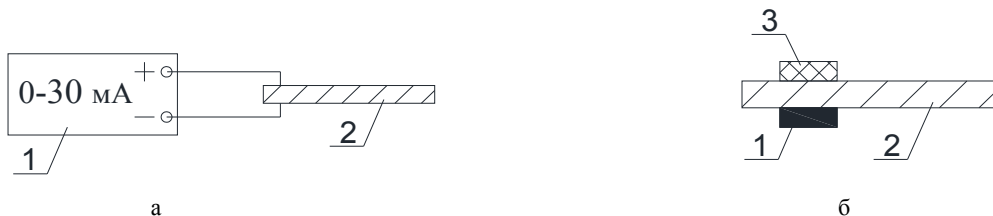


Рис. 1. Схема експериментальної установки  
 а – загальна схема, 1 – джерело живлення постійного струму, 2 – пластина з плівкою.  
 б – дослідна ділянка; 1 – мідна пластина з мідним дротом, 2 – пластина сталева з нанесеною плівкою, 3 – графітова щітка від електродвигуна.

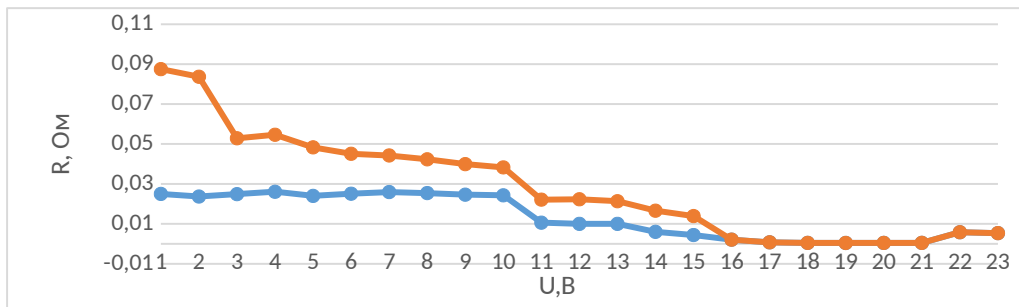


Рис. 2. Електричний опір плівки магнетиту.

Таким чином, автори вважають цей факт підтвердженням своєї гіпотези щодо утворення двох захисних шарів на поверхні металу при модифікації мережної води екстерами жирних кислот.

**Висновки.** Отримані в ході постановочних експериментів дані та їхній аналіз показує, що вплив вибраних авторами поверхнево-активних речовин забезпечує захист поверхонь нагріву та трубопроводів систем центрального теплопостачання від корозії. Аналіз процесів, що призводять до позитивного ефекту, показує, що дія ефірів жирних органічних кислот має подвійний ефект – по-перше це відомий ефект утворення «частоколу Ленгмюра», а по друге – утворення під ним другого захисного шару – плівки з оксиду заліза  $Fe_3O_4$ . Цей шар завдяки його щільній структурі захищає додатково

поверхню металу від розчиненого у воді кисню. Не всі поверхнево-активні речовини, серед яких не всі ефіри, викликають ефект появи захисної плівки оксиду.

**Перспективи подальших досліджень.** Обмежена кількість проведених експериментів поки не дозволяє повністю сформулювати опис фізико-хімічних процесів, виявлених в експериментах, та побудувати теоретичне обґрунтування такого опису, який би дозволив розробити певні технологічні регламенти обробки мережної води ефірами жирних кислот. Тому авторами розроблена подальша програма проведення експериментальних досліджень з метою виходу на розроблення технологічних регламентів оброблення мережної води систем централізованого теплопостачання поверхнево-активними речовинами.

### Література

1. Про досвід експлуатації теплових мереж з реагентною обробкою води для підживлення / Д. В. Рогожин, В. В. Бужинський, В. С. Вітковський, Н. А. Карпюк, О. А. Тур // Енергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2015. – Вип. 7. – с. 65-68.
2. Гламаздин П. М. Порівняльний аналіз економічності технологій підготовки води для систем централізованого теплопостачання / П. М. Гламаздин, К. О. Цикал // Енергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2015. – Вип. 7. – с. 58-65.
3. Огляд методів обробки води // «М+Т». – 2005. – Вип. 1. – с. 38-41.
4. Водоподготовка и очистка воды: принципы, технологические приемы, опыт эксплуатации // СОК. – 2004. – Вип. 4. – с. 17-30.
5. Балабан-Ирменин Ю. В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских, А. М. Рубашов – Москва: Энергоатомиздат, 1999. – 248 с.
6. Биков С. В. Про деякі аспекти водно-хімічного режиму експлуатації котлів та теплових мереж / С. В. Биков, В. С. Вітковський, М. А. Карпюк // Енергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2016. – Вип. 87. – с. 45-49.
7. Рыженков А. В. Исследование влияния поверхностно-активных веществ на гидравлическое сопротивление трубопроводов систем теплоснабжения и разработка способа снижения энергозатрат при транспортировке теплоносителя: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.14.14 / Рыженков А. В.; Московский энергетический институт (Технический университет). – Москва, 2008. – 20 с.
8. Лукин М. В. Повышение эффективности эксплуатации систем теплоснабжения на основе модификации теплообменных поверхностей с использованием поверхностно-активных веществ: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.14.04 / Лукин М. В.; Московский энергетический институт (Технический университет). – Москва, 2008. – 20 с.
9. Water treatment polymers. Taiwan K. K. Corporation. www.taiwankk.com.tw
10. Гламаздин П. М. Досвід використання поверхнево-активних речовин для очищення систем теплопостачання від відкладень / П. М. Гламаздин, К. О. Цикал // Енергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2011. – Вип. 1. –

с. 79-83.

11. Перспективи використання поверхнево-активних речовин в технології підготовки води для систем централізованого теплопостачання / П. М. Гламаздин, К. О. Габа, С. П. Давиденко, В. С. Вітковський // *Енергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури*. – 2017. – Вип. 9. – с. 53-58.

12. Фахретдинов П. С. Ингибиторы коррозии из ряда amino- и аммониевых соединений на основе  $\alpha$ -олефинов и оксиэтилированных нонилфенолов / П. С. Фахретдинов, Д. Н. Борисов, Г. В. Романов и др. // *Нефтегазовое дело [Электронный ресурс]*. Режим доступа: [http://www.ogbus.ru/authors/Fahretdinov/Fahretdinov\\_2.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Fahretdinov/Fahretdinov_2.pdf) свободный. – проверено 01.09.08. – 2008. – 17 с.

13. Гламаздин П. М. Фізичний механізм очищення накипних відкладень на поверхнях елементів централізованих систем теплопостачання за допомогою ПАР / П. М. Гламаздин, К. О. Цикал // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури*. – 2014. – Вип. 24. – с. 56-62.

14. Перспективи застосування реагентної водопідготовки для систем теплопостачання / П. М. Гламаздин, С. П. Давиденко, В. С. Вітковський, М. А. Карпюк // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури*. – 2017. – Вип. 28. – с. 73-84.

15. Брусенцев Ю. А. Основы физики и технологии оксидных полупроводников / Ю. А. Брусенцев, А. М. Мінаєв. – Вид. ТГТУ. – 2002 р.

### References

1. Buzhynskiy V. V., Vitkovskiy V. S., Karpiuk N. A., Tur O. A. "Pro dosvid eksploatatsii teplovykh mrezh z reahentnoiu obrobkoiu vody dlia pidzhyvlennia." *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 7, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2015, pp. 65-68.

2. Hlamazdin P. M., Tsykal K. O. "Porivnlalniy analiz ekonomichnosti tekhnolohii pidhotovky vody dlia system tsentralizovanoho teplopstachannia." *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 7, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2015, pp. 58-65.

3. "Ohliad metodiv obrobky vody dlia pidzhyvlennia." *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 7, Kyiv Nati." «M+T», Iss. 7, 2005, pp. 38-41.

4. Vodopodhotovka i ochistka vody: printsypy, tekhnologicheskie priemy, opyt ekspluatatsii // *SOK*, Iss. 4, 2004, pp. 17-30.

5. Balaban-Irmenin Yu. V., Lipovskikh V. M., Rubashov A. M. *Zashchita ot vnutrennei korrozii truboprovodov vodnykh teplovykh setei*. Energoatomizdat, 1999.

6. Bykov S. V., Vitkovskiy V. S., Karpiuk M. A. "Pro deiki aspekty vodno-khimichnogo rezhymu ekspluatatsii kotliv ta teplovykh mrezh." // *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 8, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2016, pp. 45-49.

7. Ryzhenkov A. B. *Issledovanie vliianiia poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na gidravlicheskie soprtivlenie truboprovodov system teplopstachannia i razrabotka sposoba snizheniia energozatrat pri transportirovke teplonositelia*. Diss. Abstract. Moscow Power Engineering Institute (Technical University), 2008.

8. Lukin M. B. *Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii system teplopstachannia na osnove modifikatsii teploobmennyykh poverkhnostei s ispolzovaniem poverkhnostno-aktivnykh veshchestv*. Diss. Abstract. Moscow Power Engineering Institute (Technical University), 2008.

9. Water treatment polymers. Taiwan K. K. Corporation. [www.taiwankk.com.tw](http://www.taiwankk.com.tw)

10. Hlamazdin P. M., Tsykal K. O. "Dosvid vykorystannia poverkhnovo-aktyvnykh rehovyn dlia ochyshchennia system teplopstachannia vid vidkladen." // *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 1, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2011, pp. 79-83.

11. Hlamazdin P. M., Haba K. O., Davydenko E. P., Vitkovskiy V. S. "Perspektyvy vykorystannia poverkhnovo-aktyvnykh rehovyn v tekhnolohii pidhotovky vody dlia system tsentralizovanoho o teplopstachannia." // *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 9, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2017, pp. 53-58.

12. Fakhretdinov P. S., Borisov D. N., Romanov G. V. i dr. "Ingibitory korrozii iz riada amino- i ammonievykh soedinenii na osnove  $\alpha$ -olefinov i oksietilirovannykh nonilfenolov." *Neftgazovoe delo, Elektronnoe izdanie*, 2008, [http://www.ogbus.ru/authors/Fahretdinov/Fahretdinov\\_2.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Fahretdinov/Fahretdinov_2.pdf)

Alishaev M. G. "Tochnye resheniia laminarnogo dvizheniia viazkoi zhidkosti po priamolineinym trubam nekruglykh sechenii" *Dagestanskoe elektronnoye matematicheskie izvestiia: Nauchno-obrazovatelnyi zhurnal: Elektronnoe periodicheskoe izdanie*, vol. 6, 2014, pp. 87-100, <http://mathreports.ru/articles/Exact-solutions-of-the-laminar-flow-of-a-viscous-fluid-in-straight-pipes-with-non-circular-cut/>. Accessed 19 September 2016.

13. Hlamazdin P. M., Tsykal K. O. "Fizychnyi mekhanizm ochyshchennia nakypnykh vidklafen na poverkhniiakh elementiv tsentralizovanykh system teplopstachannia za dopomohoiu PAR." *Problemy vodopstachannia, vodovidvedennia ta hidravliki: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 24, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2014, pp. 56-62.

14. Hlamazdin P. M., Davydenko E. P., Vitkovskiy V. S., Karpiuk N. A. "Perspektyvy zastosuvanniz reahentnoi vo-



fopidhotovky dla system teplopostachannia.” *Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliki: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 28, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2017, pp. 73-84.

15. Brusentsiv Yu. A., Minaev A. M. *Osnovy fizyky i tekhnolohii oksydneykh napivprovodnykh*. Vyd. THTU, 2002.

УДК 697.4:553.2

## Механизм защитного действия некоторых поверхностно-активных веществ в сетевой воде систем централизованного теплоснабжения

П. М. Гламаздин<sup>1</sup>, Е. П. Давиденко<sup>2</sup>, В. С. Витковський<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доц. Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна, [Sib.kiev@gmail.com](mailto:Sib.kiev@gmail.com)

<sup>2</sup>асп. Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна, [Sahravets@bifgmir.net](mailto:Sahravets@bifgmir.net)

<sup>3</sup>НПО «Нефтехимекологія», Київ, Україна, [vitkovsky@ukr.net](mailto:vitkovsky@ukr.net)

*Аннотация. Проблема борьбы с накипеобразованием и коррозией является очень острой и актуальной для теплоэнергетики. Особенно остро проблема стоит в системах централизованного теплоснабжения в городах стран Восточной Европы и бывшего СССР. Традиционные методы борьбы с накипеобразованием и коррозией на сегодняшний день не удовлетворяют эксплуатирующие организации по многим причинам, в том числе и с экономической точки зрения. Одним из перспективных новых методов борьбы с коррозией и накипеобразования является модификация сетевой воды добавлением поверхностно-активных веществ (ПАВ). Существует много ПАВ различной химической природы. Одни из них целесообразно использовать в борьбе с накипеобразованием, другие – с коррозией. Среди них есть узкий класс, который можно использовать одновременно и против накипеобразования и против коррозии. Кафедра теплотехники проводит исследования действия именно таких ПАВ. В ходе исследований впервые зафиксирован новый механизм действия таких ПАВ, который описан в данной статье. Полученные в ходе постановочных экспериментов данные и их анализ показывает, что влияние выбранных авторами поверхностно-активных веществ обеспечивает защиту поверхностей нагрева и трубопроводов систем центрального теплоснабжения от коррозии. Анализ процессов, приводящих к положительному эффекту, показывает, что действие эфиров жирных органических кислот имеет двойной эффект – во-первых это известный эффект образования «частокола Ленгмуира», а во-вторых образования под ним второго защитного слоя – плёнки из оксида железа Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, что при его плотной структуре защищает дополнительно поверхность металла от растворённого в воде кислорода.*

*Ключові слова: накипні відкладення, корозія, модифікація води, поверхнісно-активні речовини.*

UDC 697.4:553.2

## Mechanism of Protective Action of Some Surfactants in the Network Water of Centralized Heat Supply Systems

P. M. Glamazdin<sup>1</sup>, E. P. Davydenko<sup>2</sup>, V. S. Vitkovskiy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>associate professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, [Sib.kiev@gmail.com](mailto:Sib.kiev@gmail.com)

<sup>2</sup>post-graduate student, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, [sahravets@bifgmir.net](mailto:sahravets@bifgmir.net)

<sup>3</sup>NPO "Naftohimecologiya", Kiev, Ukraine, [vitkovsky@ukr.net](mailto:vitkovsky@ukr.net)

*Abstract. The problem of controlling scale formation and corrosion is very acute and relevant for heat power engineering. Particularly acute problem is in centralized heat supply systems in the cities of Eastern Europe and the former Union of Soviet Socialist Republics. Traditional methods of controlling scale formation and corrosion to date are not satisfactory by the operating organizations for many reasons, including from an economic point of view. One of the promising new methods for controlling corrosion and scale formation is the modification of network water by the addition of surfactants (surfactants). There are many surfactants of different chemical nature. Some of them are well used in the fight against scale formation, others with corrosion. Among them there is a narrow class, which can be used simultaneously and against scale formation and corrosion. The Department of Heating Engineering is investigating the effect of such surfactants. In the course of the investigations, a new mechanism for the operation of such surfactants, described in this article, was recorded for the first time. The data obtained during the staging experiments and their analysis shows that the influence of the surfactants chosen by the authors is to ensure the protection of the heating surfaces and the corrosion-resistant PVC pipelines. The analysis of the processes leading to a positive effect shows that the effect of esters of fatty organic acids has a double effect - firstly, the well-known effect of the formation of the "palm of Langmuir", and the second formation under it of the second protective layer - films of iron oxide Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, which, when it The dense structure further protects the metal surface from dissolved oxygen in water. The authors developed a further program of conducting experimental research in order to reach the development of technological regulations for the treatment of network water of district heating systems with surfactants.*

*Key words: scale deposition, corrosion, modification of water, surface-active substances.*

Надійшла до редакції / Received 23.07.2018.