

## ТЕХНОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЛІАКРИЛАМІДНОЇ ПИЛОЗАХИСНОЇ КІРКИ НА ЗОЛОШЛАКОВІДВАЛАХ

Тіщенко М.О.<sup>1</sup>, Філін В.М.<sup>1</sup>, Іващенко Т.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ТОВ «НВО «Екоальянс»

вул. Кирилівська, 6А, 04080, м. Київ

<sup>2</sup>Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ

mtyshchenkova@ecoalliance.com.ua, filin\_v@i.ua, t1313@ukr.net

Більшість теплоелектростанцій, що використовують як паливо кам'яне вугілля, зазвичай мають поруч золошлакопалачувачі (золошлаковідвали), на яких розміщуються десятки тисяч тон золи та шлаку. У літній період, коли окремі поля золошлаковідвалів пересихають, виникає загроза їх цвітіння, що негативно впливає на санітарний стан навколишньої території, враховуючи складний хімічний склад золи. З одного гектара підсушеної поверхні золошлаковідвалів за швидкості вітру 5–6 м/с може утворюватися пилогазове забруднення до 5 т летючого попелу на добу.

Зокрема, на цей час актуальною проблемою з погляду екологічної безпеки є питання розповсюдження золи золошлакопалачувача Дарницької ТЕЦ-4 (ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»). Так, площа зневодненої частини золошлакової суміші золошлакопалачувача ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» (до 2012 року – Дарницька ТЕЦ-4) в м. Києві становить не менше 28500 м<sup>2</sup> (20,5% від загальної площі). У грудні 2013 року міська санітарно-епідеміологічна станція на підставі здійснених досліджень скоротила нормативну санітарно-захисну зону золошлаковідвалу з 300 до 150–210 м, в результаті чого мешканці прилеглих будинків стали відчувати присутність золи в повітрі через збільшення площі сухої частини золошлаковідвалу. Для запобігання запилення від сухої частини золошлаковідвалу прилеглої території інструкцією ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» передбачений її періодичний полив водою. Проте це не вирішує проблеми, а саме негативного впливу на стан навколишнього природного середовища та здоров'я населення, що проживає у безпосередній близькості до об'єкту.

Тому було проведено ряд експериментальних досліджень з визначення технологічної ефективності розчинів поліакриламідів серії ECOFLOC з різними функціональними групами, а також ефективності одержаної поліакриламідної захисної кірки, з метою пилопригнічення дрібнодисперсних (до 0,2 мм) золошлаків.

Оптимізована концентрація розчину і підібрана найбільш ефективна марка поліакриламідів для пилоподавлення на золошлаковідвалах. *Ключові слова:* запилення, золошлак, поліакриламід, розчин.

### **Technological efficiency of polyacrylamide dust protective cases on ash and slag dumps. Tishchenko M., Filin V., Ivashchenko T.**

Most coal-fired thermal power plants typically have ash and slag dumps next to them that hold tens of thousands of tons of ash and slag. In summer, when some fields of ash and slag dumps dry up, there is a threat of their flowering, which negatively affects the sanitary condition of the surrounding area, given the complex chemical composition of ash. From one hectare of the dried surface of ash and slag dumps at a wind speed of 5–6 m/s dust and gas pollution up to 5 tons of fly ash per day can be formed.

In particular, today the issue of distribution of ash and slag ash of Darnytska CHP-4 (LLC “EURO-RECONSTRUCTION”) is an urgent problem from the point of view of ecological safety. Thus, the area of the dehydrated part of the ash-slag mixture of the ash-slag storage of EURO-RECONSTRUCTION LLC (until 2012 – Darnytska CHP-4) in Kyiv is not less than 28,500 m<sup>2</sup> (20.5% of the total area). In December 2013, the city sanitary epidemiological station reduced the normative sanitary protection zone of the ash and slag dump from 300 to 150–210 m, as a result of which residents of nearby houses began to feel the presence of ash in the air due to increasing dry area of the ash and slag dump.

To prevent pollination from the dry part of the ash and slag dump of the adjacent territory, the instruction of LLC “EURO-RECONSTRUCTION” provides for its periodic watering. However, this does not solve the problem, namely the negative impact on the environment and the health of the population living in the immediate vicinity of the facility.

Therefore, a number of experimental studies were conducted to determine the technological efficiency of polyacrylamide solutions of the ECOFLOC series with different functional groups, as well as the efficiency of the obtained polyacrylamide protective crust, in order to dust-suppress fine (up to 0.2 mm) ash. *Key words:* dusting, ash and slag, polyacrylamide, solution.

**Постановка проблеми та актуальність дослідження.** Теплоелектростанції, які використовують вугільне паливо, зазвичай мають поруч золошлаковідвали, на яких концентруються частинки золи та шлаку, що спрямовуються туди системою гідрозоловидалення. Вихід золи та шлаку під час спалювання кам'яного вугілля становить від 5 до 40% [1]. У літній період, коли окремі ділянки золошлаковідвалів пересихають, виникає загроза цвітіння, що

негативно впливає на санітарний стан прилеглої території, враховуючи дрібнодисперсний і складний хімічний склад золи [2]. Беручи до уваги в окремих випадках фактор близького розташування житлового фонду і невеликий розмір санітарно-захисної зони (наприклад, для золошлакопалачувача ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» в м. Києві санітарно-захисна зона становить 150–210 м), а також те, що з одного гектара підсушеної поверхні золошлако-

відвалу за швидкості вітру 5–6 м/с може виноситися на добу до 5 т летючого попелу [3], задача пилоподавлення золошлаків є досить актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На відміну від воднополімерних дисперсій, що утворюють на поверхні золошлаків тонку плівку, водні розчини поліакриламід (ПАА) у вигляді гелю проникають в товщу золошлаків і утворюють під час підсихання полімерну кірку, що запобігає запиленню. Відомо, що поліакриламід застосовують для кондиціонування ґрунту з метою запобігання його ерозії [4–6]. За даними [4] поліакриламід зв'язується з частинками ґрунту за допомогою електростатичних взаємодій, утворюючи агрегати, що запобігають запиленню. При цьому катіонні ПАА легко адсорбуються на негативно заряджених мінералах, тоді як аніонні ПАА можуть скріплювати поверхню ґрунту через багатовалентні катіони [5]. Адсорбція посилюється іон-дипольною взаємодією між групами  $C=O$  в полімері і катіонами, здатними до обміну з мінералом, а також взаємодією за рахунок водневих зв'язків. Аніонний поліакриламід використовується для боротьби з ерозією ґрунту і з метою пилоподавлення частіше за інших ПАА через його низьку рухливість в ґрунті і нижчого рівня залишкового акриламідного мономера (<0,05%) [6].

Натепер ПАА застосовується для боротьби з ерозією приблизно на 800 000 га зрошуваних земель в США з використанням для цієї мети до 18 000 т ПАА в рік [4; 7]. При цьому використовується до 20 кг на гектар поліакриламід з молекулярною масою  $(1-20) \cdot 10^6$  і концентрацією розчину до 10 мг/л [4; 6–8].

**Мета статті і новизна матеріалу.** Метою статті є узагальнення експериментальних даних стосовно технологічної ефективності розчинів поліакриламід серії ECOFLOC з різними функціональними групами, а також ефективності одержуваної

поліакриламідної захисної кірки, з метою пилопригнічення дрібнодисперсних (до 0,2 мм) золошлаків. Оптимізована концентрація розчину і підібрана найбільш ефективна для пилоподавлення на золошлаковідвалах марка поліакриламід.

**Виклад основного матеріалу.** Під час проведення експериментів було аналізовано золошлаки ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ» (м. Київ), що використовує як паливо вугілля марки АШ з зольністю 27–30%. Вологість використовуваного в експерименті золошлаку, визначена за ГОСТ 28268-89, становить 9,5% мас., дисперсність – 6–240 мкм. Склад залишкового незгорілого вугілля в золошлаках – 3% мас., ефективна питома активність природних радіонуклідів – 234 Бк/кг.

Як пилоподавлюючий агент використовувався водний розчин поліакриламід серії ECOFLOC з концентрацією від 0,05 до 0,5% мас. Ряд експериментів з використанням різних марок ПАА цієї серії дозволив відібрати для подальшої оптимізації наступні найбільш технологічні марки з урахуванням в'язкості одержуваних розчинів і ефекту пилоподавлення під час підсихання захисної кірки:

- Аніонний ПАА марки AR-3 (молекулярна маса 16–19 млн., концентрація іонів – 32–34% мас.);
- Катіонний ПАА марки CR-8 (молекулярна маса 6–8 млн., концентрація іонів – 46–48% мас.);
- Неіоногенні ПАА марок N-2 (молекулярна маса 6–8 млн.) і N-3 (молекулярна маса 11–13 млн.).

Кінематична в'язкість водних розчинів ПАА визначалася відповідно до ГОСТ 18249 [9] на скляному віскозиметрі ВПЖ-4 за постійної температури 20°C. Для визначення залишкового пилу на поверхні зразка, не пов'язаної розчином ПАА, застосовувався модифікований гравіметричний метод визначення пилу в повітрі. При цьому на поверхню висушеного зразка золошлаку поміщався попередньо зважений перхлорвініловий аналітичний фільтр АФА-ВП-20,

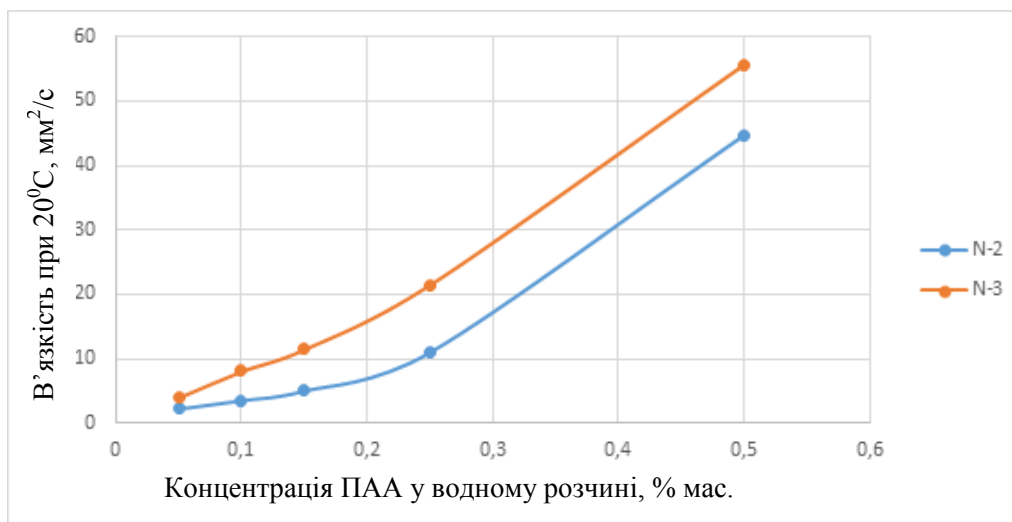


Рис. 1. Залежність в'язкості водних розчинів неіоногенних ПАА марок N-2 і N-3 від їх концентрації в водному розчині

і на нього встановлювався скляний стаканчик з каліброваною гирею масою 100 г на період часу 10 сек. Після цього фільтр складався навпіл (пилем в середину), поміщався в конверт з кальки і зважувався повторно. Різниця у вазі визначала кількість залишкового пилу, не пов'язаного розчином ПАА.

В'язкість 0,5%-х водних розчинів деяких марок ПАА при 20°C може досягати десятків тисяч сСт (мм<sup>2</sup>/с), що робить розчин технологічно неприйнятним для використання під час пилоподавлення. Тому була вивчена в'язкість перспективних марок ПАА в діапазоні концентрацій в розчині від 0,05 до 0,5% мас. На рисунках 1 і 2 представлені залежності в'язкості водних розчинів ПАА від їх концентра-

ції у водному розчині відповідно для неіоногенних ПАА (N-2 і N-3), а також для марок AR-3 і CR-8.

З результатів експерименту, представлених на рис. 1 і 2, видно, що прийнятним технологічно рівнем в'язкості за температури 20°C (не більше 100 мм<sup>2</sup>/с) мають розчини неіоногенних ПАА (N-2 і N-3) з концентрацією до 0,5% мас., розчини аніонного ПАА марки AR-3 з концентрацією до 0,2% мас. і розчини катіонного ПАА марки CR-8 з концентрацією до 0,17% мас.

Водні розчини вищенаведених марок ПАА були використані для вивчення стійкості пилозахисної поліакриламідної кірки після нанесення ПАА на поверхню золошлаків в період часу до 100 діб (без урахування впливу атмосферних чинників).

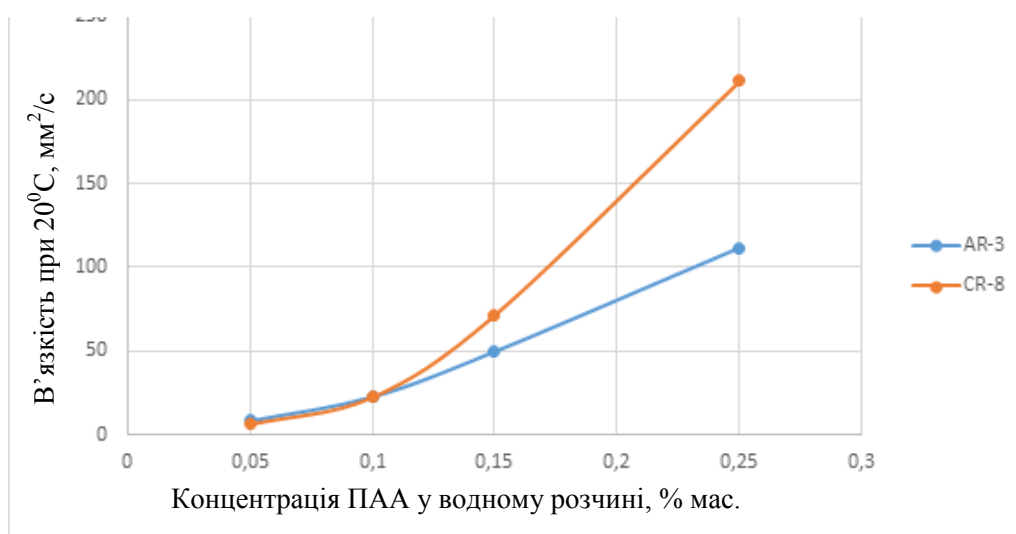


Рис. 2. Залежність в'язкості водних розчинів ПАА марок AR-3 і CR-8 від їх концентрації у водному розчині

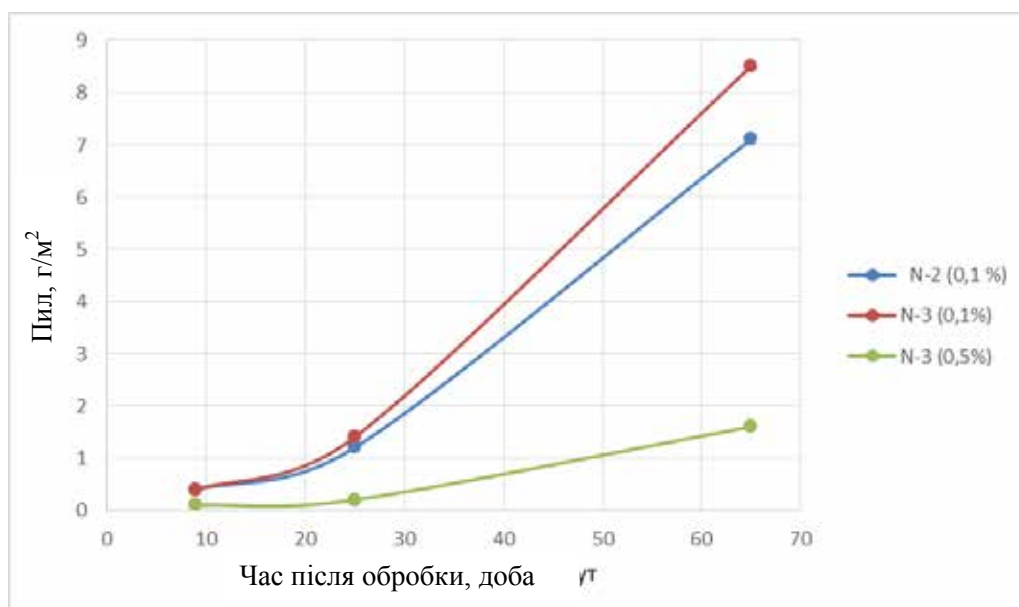


Рис. 3. Залежність кількості пилу на поверхні золошлаку від часу його обробки водним розчином неіоногенних ПАА без урахування впливу атмосферних факторів (витрата розчину – 8,4 л/м<sup>2</sup>)

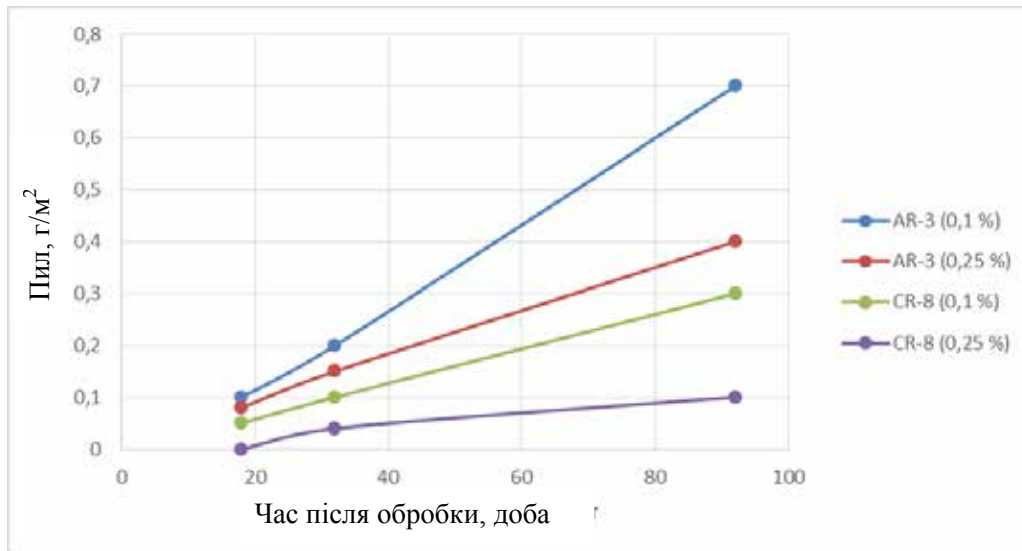


Рис. 4. Залежність кількості пилу на поверхні золошлаку від часу його обробки водним розчином ПАА марок AR-3 і CR-8 без урахування впливу атмосферних факторів (витрата розчину – 8,4 л/м<sup>2</sup>)

Таблиця 1

**Ефективність пилоподавлення на поверхні золошлаку після обробки водними розчинами ПАА марок AR-3 і CR-8**

Марка ПАА	Концентрація розчину, % мас.	Час після обробки, доба	Ефективність пилоподавлення, %
Вода	0	1	58,2
AR-3	0,1	32	97,5
AR-3	0,1	92	91,1
AR-3	0,15	90	93,0
AR-3	0,25	32	98,1
AR-3	0,25	92	94,9
CR-8	0,1	32	98,7
CR-8	0,1	92	96,2
CR-8	0,25	32	99,5
CR-8	0,25	92	98,7

На рис. 3 і 4 представлені залежності кількості пилу на поверхні золошлаків від часу його обробки водним розчином поліакриламиду (різних марок) в добах за постійного фіксованого використання розчину ПАА для пилоподавлення, що дорівнює 8,5 л/м<sup>2</sup>. Означена витрата розчину забезпечує гарантовано достатню середню глибину просочування золошлаку і товщину утворення кірки в розмірі 8,5 мм. Збільшення витрати розчину на квадратний метр економічно недоцільно, тоді як зменшення витрат несе ризик утворення занадто тонкої захисної кірки ПАА в окремих місцях нерівного рельєфу поверхні золошлаків. З огляду на дані, представлені на рис. 3, неіоногенні ПАА малоєфективні для пригнічення пиління золошлаків. Стабільність захисної кірки, яка утворюється на поверхні золошлаків 0,1%-ми розчинами N-2 і N-3, недостатня. Вже через 3 тижні рівень пилу на поверхні перевищує 1,0 г/м<sup>2</sup>,

а через 65 діб перевищує 7,0 г/м<sup>2</sup>. Більш в'язкий розчин з концентрацією 0,5% мас. показує кращий результат, але недостатній для ефективного практичного застосування. Результати експерименту підтверджують дані інших дослідників [10] про те, що неіоногенні ПАА нездатні ефективно зв'язувати частинки ґрунту через відсутність у їх складі функціональних груп. Розчини ПАА марок AR-3 і CR-8, що містять в своєму складі функціональні групи (аніонні і катіонні), значно ефективніші для пилоподавлення, що видно з рис. 4. Це може пояснюватися як ефектом цементації і коагуляції в результаті коагуляції і цементуючої дії катіонів [11], так і внаслідок протікання на поверхні золошлаків хемосорбції, а також можливої реакції імідізації, що призводить до додаткового зміцнення захисної плівки поліакриламиду.

У таблиці представлені порівняльні дані, що стосуються ефективності пилоподавлення золошлаків

водними розчинами ПАА марок AR-3 і CR-8 з концентрацією від 0,1 до 0,25% мас. Ефективність боротьби з пилом визначалася за співвідношенням кількості вловлювання пилу на обробленій поліакриламідом поверхні золошлаків до кількості пилу на необробленій ПАА поверхні. Аналіз даних таблиці виявив, що навіть за концентрації ПАА в розчині 0,1% мас. ефективність пилоподавлення через 3 місяці після обробки поверхні золошлаків перевищує 91%, а для технологічно найбільш прийнятних по в'язкості 0,2% розчину AR-3 і 0,17% розчину CR-8 становить відповідно 93,7 і 97,5%. У процесі експерименту було також виявлено, що катіонний ПАА в технічній воді дає флокулюючий ефект, і його розчини повинні бути використані відразу після приготування. Цей фактор виключає можливість тривалого зберігання розчинів катіонних ПАА.

**Головні висновки.** Розчини CR-8 будь-якої концентрації, незважаючи на свою ефективність, непридатні для зберігання через флокулюючий ефект в технічній воді і мають бути використані відразу після приготування. Технологічно найбільш прийнятним для пилоподавлення золошлаків є водний розчин ПАА марки AR-3 з концентрацією 0,15–0,17% мас., застосування якого навіть через три місяці після нанесення на поверхню золошлаків знижує запилювання в 16 разів порівняно з виділенням пилу необробленої поверхні.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Дослідження доцільно продовжити в напрямку оптимізації витрат робочого розчину на одиницю площі і концентрації розчину поліакриламиду з метою перевірки ефективності пилозахисної кірки з урахуванням впливу атмосферних чинників.

### Література

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Ростов-на-Дону : «Феникс», 2007. 356 с.
2. Тищенко М.О., Филін В.Н., Селиванов В.В., Печеный В.Л. Оценка золошламонакопителя Дарницкой теплоэлектроцентрали как потенциального источника пыления. *Экология и промышленность*. 2019. № 2. С. 121–129.
3. Лисненко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование. Справ. издание в 3-х кн. Кн. 3. Москва : Теплотехник, 2004. 545 с.
4. B. Xiong, R.D. Loss, D. Shields, T. Pawlik, R. Hochreiter, A. Zydney, M. Kumar. Polyacrilamide degradation and its implications in environmental systems. *Nature partner journals Clean Water*. 2018. Vol. 1. № 17. S. 1-9; doi: 10.1038/s41545-018-0016-8.
5. D. A. Laird. Bonding between polyacrylamide and clay mineral surfaces. *Soil Science*. 1997. № 162. S. 826–832.
6. F.W. Barvenik. Polyacrilamide characteristics related to soil applications. *Soil Science*. 1994. № 158. S. 235.
7. R.E. Sojka, D.L. Bjomeberg, J.A. Entry, R.D. Lentz, W.J. Orts. Polyacrilamide in agriculture and environmental land management. *Advances in Agronomy*. 2007. № 92. S. 75–162.
8. H. Smith, G. Levy, I. Shainberg. Water-droplet energy and soil amendments: effect on infiltration and erosion. *Soil Science Society of America Journal*. 1990. № 54. S. 1084-1087.
9. ГОСТ 18249-72. Пластмассы. Метод определения вязкости разбавленных растворов полимеров. Москва : ИПК Издательство стандартов. 2000.
10. Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. Ленинград : Химия, 1979. 144 с.
11. Ахмедов К.С., Арипов Э.А., Вирская Г.М., Глекель Ф.Л., Зайнутдинов С.А., Погорельский К.В., Сидорова Т.М., Хамраев С.С., Шпилевская И.Н. Водорастворимые полимеры и их взаимодействие с дисперсными системами. Ташкент : «ФАН», 1969. 159 с.