

УДК 614.842.6:539.215.6.002.237

**В.А. Левицкий, В.М. Утешев, канд. техн. наук (ГУ «НИОХИМ»),
А.С. Смирнов, канд. техн. наук, Е.В. Краснов, канд. техн. наук
(ЗАО «ЭКОХИММАШ», Россия)**

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ФОСФОРНОАММОНИЙНЫХ ОГНЕТУШАЩИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ КЛАССА АВС

Здійснено аналіз можливих шляхів підвищення якості фосфорноамонійних вогнегасних порошків для гасіння загорянь класу АВС. Показано, що для поліпшення якості вогнегасних порошків необхідно виконати комплекс робіт з оптимізації хімічного та гранулометричного складів. Доцільним є введення стадії гідрофобізації компонентів вогнегасного порошку і застосування антизлежувальної добавки на основі високодисперсного діоксиду кремнію.

Проведен анализ возможных путей повышения качества фосфорноаммонийных огнетушащих порошков для тушения загораний класса АВС. Показано, что для улучшения качества огнетушащих порошков необходимо провести комплекс работ по оптимизации химического и гранулометрического составов. Целесообразно введение стадии гидрофобизации компонентов огнетушащего порошка и использование антислеживающей добавки на основе высокодисперсного диоксида кремния.

The analysis of possible ways to improve the quality of ammonium phosphate extinguishing powder to extinguish the fires of class ABC. It is shown that to improve the quality of fire extinguishing powder is necessary to work on the optimization of complex chemical composition and particle size. It is advisable to stage the introduction of hydrophobic components of fire extinguishing powder and the use of anti-caking additive based on fumed silica

Ключевые слова: огнетушащий порошок, фосфат аммония, огнетушащая способность, гранулометрический состав, влагопоглощение, водоотталкивание, гидрофобизация.

Порошки огнетушащие универсальные типа АВС на основе фосфорноаммонийных соединений предназначены для тушения пожаров классов А (твердые вещества), В (жидкие вещества) и С (газообразные вещества) по ГОСТ 27331, а также электроустановок, которые находятся под напряжением до 1000 вольт, как в помещениях, так и на открытом воздухе. Применяются в переносных и передвижных огнетушителях, автоматических установках порошкового пожаротушения во всех климатических зонах и являются в настоящее время одним из основных средств тушения пожаров.

Огнетушащие порошки представляют собой высокодисперсные системы, состоящие из основного компонента, которым являются аммонийные соли фосфорной кислоты, обладающие свойством ингибировать пламя, и добавок, повышающих текучесть и препятствующих слеживанию составов.

Качественные показатели огнетушащих порошков регламентируются требованиями межгосударственного и национального стандартов [1, 2], табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества огнетушащих порошков

Наименование показателя	Норма	
	ГОСТ 26952 (ДСТУ 3105)	ГОСТ Р 53280.4
1. Кажущаяся (насыпная) плотность неуплотненного порошка, кг/м ³ , не менее	700	700
2. Кажущаяся (насыпная) плотность уплотненного порошка, кг/м ³ , не менее	900	1000
3. Остаток порошка на ситах 50 и 100 мкм при ситовом анализе		по ТУ
4. Химический состав более 75 % массы порошка		по ТУ
5. Массовая доля влаги, %, не более		0,35
6. Склонность к влагопоглощению, %, не более	3,0	3
7. Склонность к слеживанию, %, не более		2
8. Способность к водоотталкиванию, мин, не менее		120
9. Текучесть, кг/с, не менее	0,28	0,28
10. Массовая доля остатка порошка в огнетушителе, %, не более	10	10
11. Показатель огнетушащей способности при тушении пожаров класса А	тушит очаг 1А	тушит очаг 1А
10. Показатель огнетушащей способности при тушении пожаров класса В, кг/м ² , не более	1,0	1,0
11. Пробивное напряжение, кВ, не менее	5	5
12. Срок сохраняемости, лет, не менее	5	5

Показатели химического и гранулометрического состава должны охватывать 75 % состава и определяются требованиями нормативно-технической документации (техническими условиями) на конкретный огнетушащий порошок.

Основной показатель качества – огнетушащая способность порошка оценивается по его способности тушить модельный очаг при подаче из огнетушителя.

Порошки, предназначенные для тушения пожаров класса А, должны обеспечивать тушение модельного очага пожара 1А. При испытаниях огнетушащей способности по классу В определяется расход порошка на единицу площади горячей поверхности. Порошки, предназначенные для тушения пожаров класса В, должны обеспечивать тушение модельного очага пожара 55 В с расходом не более 1 кг/м².

Качество выпускающихся в настоящее время огнетушащих порошков для тушения загораний классов АВС по многим показателям и, прежде всего, по основному показателю – огнетушащей способности, уступает аналогичной продукции европейского производства [3, 4]. Целью настоящей работы являлось определение возможных путей повышения показателей качества огнетушащих порошков.

Известно, что результат испытаний огнетушащей способности зависит как от качества огнетушащего порошка, так и от конструкции огнетушителя (диаметра сопла, типа и давления выталкивающего газа и т.п.), а также, не в последнюю очередь, от квалификации оператора.

Главное отличие методик определения огнетушащей способности в Украине и России (табл. 2) состоит в разном давлении выталкивающего газа при испытаниях.

Таблица 2

Методики определения огнетушащей способности в Украине и России

Показатель	Украина ДСТУ 3105-95 с изм. №1 (ГОСТ 26952-97)	РФ ГОСТ Р 53280.4-2009
1. Очаг пожара	1А 55В	1А 55В
2. Огнетушитель	ОП-3(з)	ОП-3(з)
3. Вместимость корпуса, дм ³	3,5 ± 0,2	3,5 ± 0,2
4. Масса порошка в огнетушителе, кг	2,0 ± 0,1	2,5·ρ ≈ 3,0 кг
5. Давление в огнетушителе, кг/см ²	10 ± 0,1	16 ± 0,5
6. Влажность древесины, %	10 – 14	10 – 14
7. Условия испытаний	–	на открытом воздухе при скорости ветра не более 3 м/с или в помещении
8. Время свободного горения штабеля, мин	8	7 ± 1

В Украине при испытаниях огнетушащих порошков используется выталкивающий газ низкого давления (10 кг/см²), хотя все выпускающиеся порошковые огнетушители рассчитаны на давление 16 кг/см². Давления газа (а вернее, его количества) не хватает для транспортирования порошка в очаг при проведении испытания. Это является причиной отсутствия на рынке Украины порошков с низкой массовой долей фосфата аммония (ниже 40 % – АВС 40). В таких условиях огнетушащая концентрация частиц порошка с низкой массовой долей фосфатов, например, АВС 25 (с 25 % фосфата аммония) в пламени принципиально не может быть достигнута. Для создания в очаге пожара огнетушащей концентрации порошка необходимо достаточное количество транспортируемого газа.

С другой стороны, при профессиональной работе оператора из огнетушителя ОП-3 с высоким давлением газа возможно потушить сравнительно небольшой очаг 1А даже порошком класса ВС на бикарбонатно-хлоридной основе [4], что очевидно связано с большой кинетической энергией потока порошка при испытаниях по методике [2]. Таким образом, искусственное ужесточение условий испытаний огнетушащей способности путем снижения давления в огнетушителе ставит барьер появлению некачественной продукции. Аналогичным образом будет действовать предложение [4] об увеличении модельных очагов.

Огнетушащая способность (и другие показатели качества) зависят как от химического состава (массовой доли основного компонента – фосфата аммония), так и от дисперсного состава компонентов огнетушащего порошка.

Практически все ведущие фирмы производят составы с различным содержанием основного компонента. Выпускаются составы с содержанием от 20 % до 90 % фосфата аммония. Сульфат аммония в состав огнетушащих порошков типа АВС вводится с целью снижения стоимости и улучшения эксплуатационных свойств. С уменьшением доли основного вещества в составе снижается также и огнетушащая способность. Составы с высоким содержанием фосфатов (дорогие) рекомендуется использовать там, где существует высокий риск возникновения больших убытков от пожара. Все европейские производители не используют инертные добавки, только сульфат аммония.

Огнетушащая способность увеличивается с уменьшением размера частиц огнетушащего порошка [5]. Однако, с уменьшением размера частиц растет удельная поверхность порошка и, в связи с этим, увеличивается влагопоглощение и ухудшается способность к водоотталкиванию. Также возросшее число контактов между мелкими частицами приводит к росту прочности структуры (слеживанию) и потере текучести порошка.

После измельчения частиц до минимально возможного размера, необходимо предпринять меры по предотвращению агломерации мелких частиц между собой. Агломерация частиц (слеживание) эквивалентна укрупнению порошка с потерей огнетушащей эффективности. Для предотвращения агломерации используются антислеживающие добавки.

Адсорбционный слой специальных добавок на поверхности основного компонента создает структурно-механический барьер, блокирующий активные центры адгезии и препятствующий агрегации частиц. Добавки тонкодисперсных инертных веществ также уменьшают взаимное трение частиц основного компонента и улучшают текучесть ОПС.

В соответствии с требованиями [2] при испытаниях порошков на склонность к влагопоглощению увеличение массы должно составлять не более 3%, при испытаниях порошков на способность к водоотталкиванию порошки не должны полностью впитывать капли воды в течение 120 мин.

Оба показателя (влагопоглощение и водоотталкивание) в сущности характеризуют одно и то же свойство порошка: качество гидрофобного структурно-механического барьера антислеживающих добавок, блокирующего активные центры адгезии и препятствующего агрегации частиц. Метод определения склонности к влагопоглощению основан на адсорбции воды из воздуха, а при определении способности к водоотталкиванию возникает жидкофазный контакт, который в случае плохого качества покрытия частиц порошка может привести даже к частичному растворению компонентов порошка.

Для выяснения факторов, влияющих на показатели влагопоглощения и водоотталкивания, были наработаны образцы огнетушащего порошка состава аммофос 98 %, аэросил АМ 2 % в лабораторной шаровой мельнице с различным временем измельчения. Соответственно, были получены образцы с различным гранулометрическим составом. В экспериментах был выбран аммофос, как наиболее гидрофильный и склонный к слеживанию компонент огнетушащих порошков.

Склонность к влагопоглощению и способность к водоотталкиванию образцов огнетушащего порошка представлена в табл. 3 и на рисунке.

**Изменения показателей качества огнетушащего порошка при его
измельчении**

Продолжи- тельность измель- чения, мин	Грануло- метрический состав, остаток на ситах, %				Насыпная плотность, кг/м ³		Склон- ность к влагопог- лощению, %	Способ- ность к водоот- талки- ванию, мин
	1 мм	125 мкм	71 мкм	проход через 71 мкм	не- упл.	упл.		
5	57	41	1	1	1070	1230	2,0	240
20	1	2	30	67	770	890	2,6	180
40	0	1	1	98	660	760	3,0	120

**ЗАВИСИМОСТЬ СКЛОННОСТИ К
ВЛАГОПОГЛОЩЕНИЮ И СПОСОБНОСТИ К
ВОДООТТАЛКИВАНИЮ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ
ОГНЕТУШАЩЕГО ПОРОШКА**

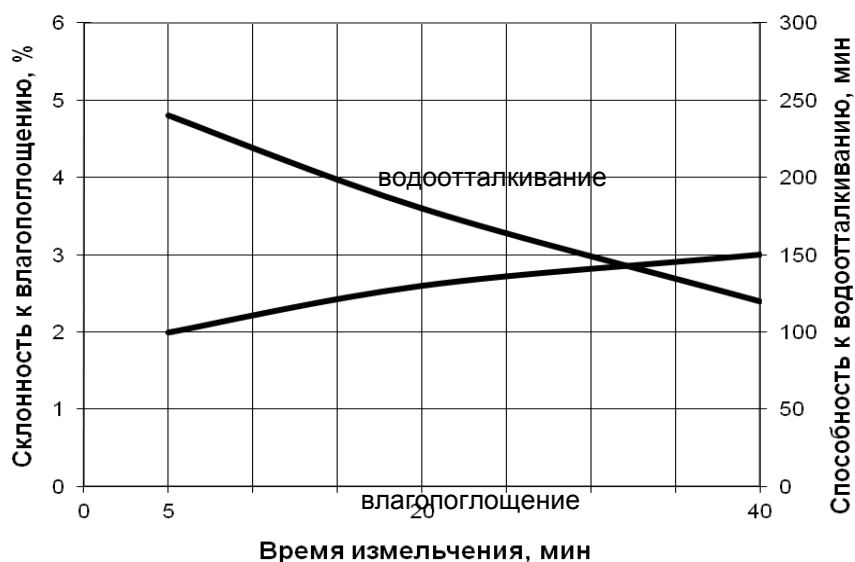


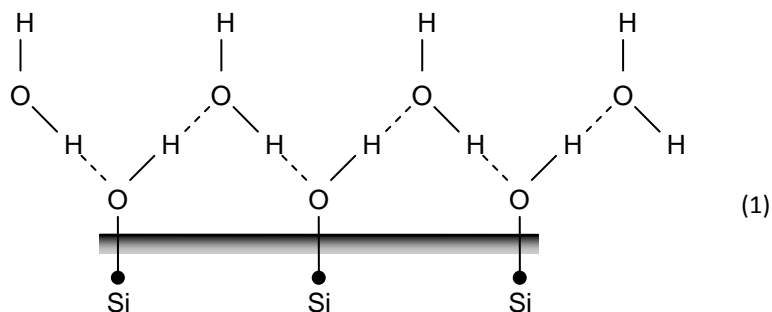
Рисунок. Зависимость склонности к влагопоглощению и способности к водоотталкиванию от дисперсности огнетушащего порошка

Из полученных данных видно, что с уменьшением размера частиц, увеличением удельной поверхности показатели качества огнетушащего порошка ухудшаются. Склонность к влагопоглощению возрастает, а способность к водоотталкиванию снижается. Очевидно, что более мелкий порошок нуждается в более тщательной гидрофобизации или введении в состав увеличенного количества антислеживающей добавки.

Сырьем для получения антислеживающей добавки для огнетушащих порошков является белая сажа (высокодисперсный диоксид кремния, полученный методом осаждения).

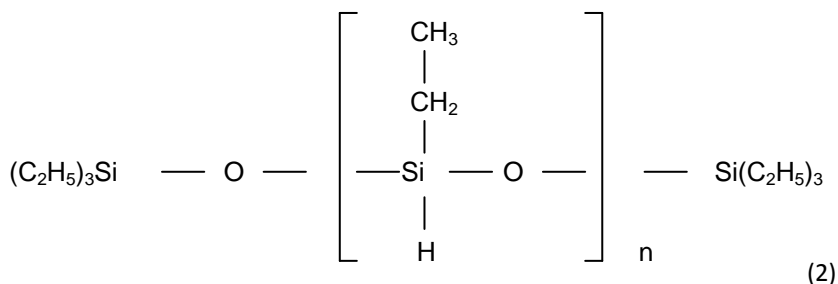
На поверхности диоксида кремния находятся активные группы – OH, наличие которых обуславливает гидрофильность и реакционную способность

белой сажи. Частицы белой сажи всегда покрыты слоем молекул воды, соединяющейся с группами –ОН посредством водородных связей. Гидратный слой удаляется при сушке диоксида кремния.

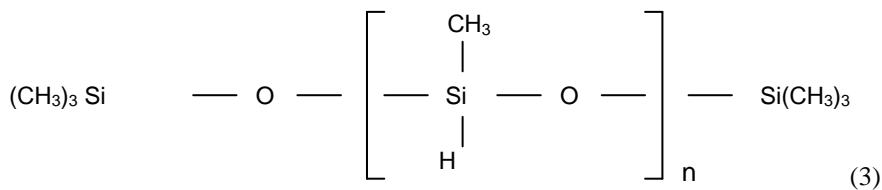


Лучшими кремнийорганическими гидрофобизаторами для метода гидрофобизации путем непосредственного смешения являются гидридсилоксаны, содержащие активный водород у каждого атома кремния Si – H.

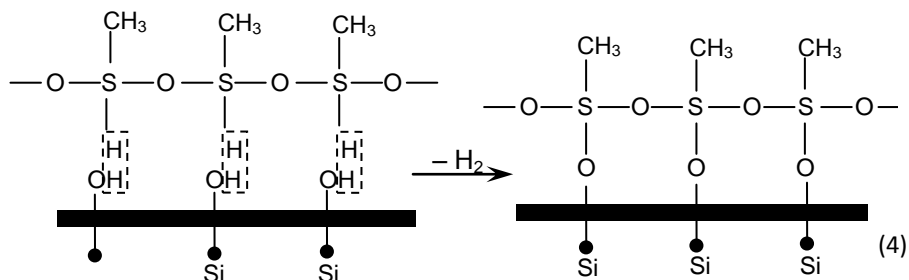
Гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость 136-41 (ГКЖ-94) – этилгидридсилоксан.



Гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость 136-157 (ГКЖ-94М) – метилгидридсилоксан.

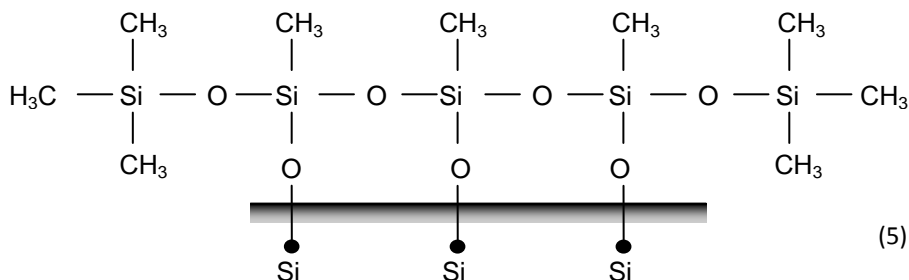


Наличие $\equiv \text{Si} - \text{H}$ групп в силоксане и их полярность способствует протеканию реакций с ОН-группами, находящимися на поверхности диоксида кремния, с выделением водорода, при этом между ГКЖ и материалом поверхности образуются химические связи.

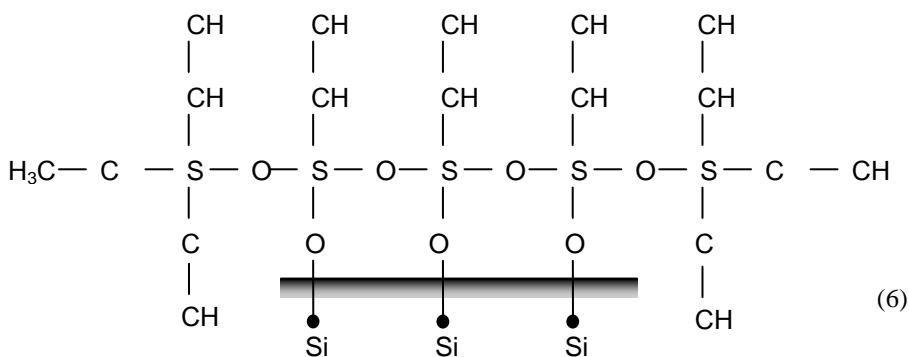


В результате поверхностной реакции происходит сшивка полисилоксановых цепей между собой в единую полимерную пленку.

Метилгидридсилоксан:



Этилгидридсилоксан:



Из формул видно, что толщина образующейся кремнийорганической пленки в случае применения этилгидридсилоксановой жидкости выше, чем у метилгидридсилоксана, что очевидно является причиной повышенного гидрофобизирующего эффекта этилгидридсилоксана. При увеличении длины углеводородных радикалов гидрофобность обработанного материала увеличивается.

Выпускаются гидрофобизирующие кремнийорганические жидкости с различным содержанием активного водорода (табл. 4). Это важный показатель качества ГКЖ, так как при недостаточном содержании активного водорода на поверхности белой сажи могут остаться свободные гидроксильные группы.

Таблица 4

Свойства гидрофобизирующих кремнийорганических жидкостей

Гидрофобизирующая жидкость	Массовая доля активного водорода, %
Этилгидридсилоксан	
ГКЖ-94 Жидкость 136-41	1,30-1,42
Метилгидридсилоксан	
ГКЖ-94М Жидкость 136-157	1,5-1,8

Жидкость Пента-804	1,5-1,8
Жидкость Пента-801Б	0,3-0,45
Жидкость Пента-805	0,25-0,3
Wacker BS-94	1,58-1,67
Dow Corning MH 1107	1,58-1,60
XIAMETER MHX-1107 FLUID 20CS	1,55-1,66
XIAMETER MHX-1107 FLUID 30CS	1,4-1,75
Bayer Silicones Oil MH15	1,5-1,6

Закрепление пленки ГКЖ ускоряется при термообработке и измельчении материала [6].

Антислеживающая добавка для огнетушащих порошков выпускается Буйским ЗАО «Экохиммаш», показатели качества представлены в табл. 5.

Таблица 5

Показатели качества антислеживающей добавки для огнетушащих порошков

Показатели качества	Требования нормативных документов	
	ТУ 2168-181-10968286-2004 Диоксид кремния модифицированный ЗАО «Экохиммаш»	ТУ У 6-0209742.010-94 Антислеживающая добавка для огнетушащих порошков НИОХИМ
1. Внешний вид	Мелкодисперсный порошок белого цвета, отсутствие комков, посторонних включений	
2. Гидрофобность, % - экспресс-метод	Не менее 97,0 Прозрачный раствор	Не менее 99,0
3. Насыпная плотность, г/дм ³	Не более 200,0	Не более 200,0
4. Влажность, %	Не более 3,5	Не более 3,0

Таким образом, для улучшения качества огнетушащих порошков для тушения загораний класса АВС необходимо провести комплекс работ по оптимизации химического и гранулометрического составов. Целесообразно введение стадии гидрофобизации компонентов огнетушащего порошка. Необходимо использование антислеживающей добавки на основе высокодисперсного диоксида кремния.

Литература

1. ДСТУ 3105–95 (ГОСТ 26952–97) с изм. 1. Порошки огнетушащие. Общие технические требования и методы испытаний.
2. ГОСТ Р 53280.4-2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний.

3. Білошицький М.В. Вплив співвідношень компонентів на вогнегасну здатність вогнегасних порошків / М.В. Білошицький // Науковий вісник Укр-НДІПБ. – 2007.– №1 (15). – С. 107 – 114.

4. Краснов Е.В. Анализ нормативного регулирования порошковых составов и огнетушителей в России и за рубежом / Е.В. Краснов, М.Н. Вайсман, А.С. Смирнов, С.А. Смирнов // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22, №1. – С. 7 – 13.

5. Баратов А.Н. Огнетушащие порошковые составы / А.Н. Баратов, Л.П. Вогман. – М. : Стройиздат, 1982. – 72 с.

6. Левицкий В.А. Гидрофобизация огнетушащих порошков / В.А. Левицкий, Е.В. Краснов, А.С. Смирнов, С.М. Агаларова // Сборник научных трудов Государственного научно-исследовательского и проектного института основной химии (НПОХИМ). Химия и технология производств основной химической промышленности. – Харьков, 2007, – Т. 75. – С. 86 – 93.

УДК 628.31:628.396:681.3.06

А.Г. Ремішевська, Є.П. Свиридова (ДУ «НПОХИМ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА СИСТЕМАТИЗОВАНИХ ДАНИХ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ СТІЧНИХ ВОД, ЩО НАДХОДЯТЬ ДО ОЧИСНИХ СПОРУД М. ХАРКОВА

Наведено результати дослідження даних, що характеризують хімічний склад стічних вод підприємств і організацій міста Харкова. Здійснено збір, аналіз та узагальнення даних, отриманих в результаті визначення якості стічних вод, скинутих у каналізаційну мережу. Показані результати комп'ютерної обробки систематизованих даних про склад забруднень, що скидаються підприємствами різних галузей промисловості.

Приведены результаты исследования данных, характеризующих химический состав сточных вод предприятий и организаций города Харькова. Осуществлен сбор, анализ и обобщение данных, полученных в результате определения качества сточных вод, сброшенных в канализационную сеть. Показаны результаты компьютерной обработки систематизированных данных о составе загрязнений, что сбрасываются предприятиями различных отраслей промышленности.

The results of research data characterizing the chemical composition of wastewater companies and organizations in the city of Kharkiv. By collecting, analyzing and generalization of data obtained as a result of determining the quality of the wastewater discharged into the sewer system. The results of computer processing of systematic data on the composition of pollutants that are discharged by enterprises of various industries.

Ключові слова: стічні води, хімічний склад, забруднюючі речовини, комп'ютерна обробка.

Стан водних об'єктів України з року в рік погіршується, не дивлячись на те, що вимоги до якості стічних вод в нашій країні самі жорсткі в світі. Ці вимоги диктуються фоновими забрудненнями водойм без урахування того фактора, що значна частина забруднень потрапляє у водойми зі стічними водами, що не піддаються очищенню [1].

Проблема захисту водойм від забруднення їх стічними водами є одною з більш актуальних проблем нашого часу. Особливо велику шкоду завдають навіть біологічно очищені стічні води, в котрих міститься велика кількість біо-