

ОАО «Жабинковский сахарный завод». Основным источником загрязнения сточных вод свинцом и кадмием являются воды газопромывателя (лаверные воды) 2-х известково-обжигательных печей.

ОАО «Жабинковский сахарный завод» в рамках проводимой до 2015 г. реконструкции предприятия следует реализовывать схему очистки наиболее загрязненных промышленных стоков на локальных очистных сооружениях и обеспечить отдельный от иных промышленных стоков отвод транспортно-моечной воды с соответствующим осадком, что позволит избежать загрязнения ТМО тяжелыми металлами и широко использовать данный субстрат в качестве плодородного грунта (слоя) или удобрения на пахотных землях.

Список литературы

1. Головатый, С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С.Е. Головатый. – Минск, 2002. – 240 с.
2. Черныш, А.Ф. Мониторинг земель / А.Ф. Черныш. – Мн.: БГУ, 2003. – 98 с.
3. Минеев, В.Г. Экологические функции агрохимических средств в агробиосистемах: в кн.: Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / В.Г. Минеев. – М.: Наука, 2003. – С. 301 – 312.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Мн.: Беларус. навука, 2007. – 390 с.
5. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; под ред. В.Г. Гусакова. – Минск, 2010. – 106 с.
6. Волощук, М.Д. Реконструкция склоновых земель, пораженных оврагами / М.Д. Волощук. – Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1986. – 256 с.
7. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина – М., 1961. – 491 с.
8. Щербина, В.Н. О методике массового определения карбонатности осадочных пород / В.Н. Щербина // Труды Института геологических наук. 1958. – Вып. 1 – С. 131–144.

УДК 628.316

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФЛОКУЛЯЦИИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Мусина С.А., Зельдова А.И., Красногорская Н.Н., Малкова М.А.,
Платонова И.М.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа, Россия, musinasa@gmail.com

The article considers the flocculation parameters experimental investigations. These investigations are intended to improve the treatment technology of the metal-containing wastewater of the galvanic (electroplating) production. The obtained results permitted to develop a number of practical recommendations for specialists engaged in this field.

Анализ экологической ситуации последних лет на территории Российской Федерации свидетельствует о том, что количество поступающих в окружающую среду сточных вод от промышленных предприятий остается весьма значительным. Действующие очистные сооружения большинства машиностроительных предприятий введены в эксплуатацию более 40 лет назад и являются крупными источниками загрязнения окружающей среды из-за сброса в поверхностные водные объекты недостаточно очищенных сточных вод гальванических производств, содержащих ионы тяжелых металлов. Гальванические покрытия применяются для повышения коррозионной стойкости, износоустойчивости и улучшения декоративного вида изделий. Их наносят водными растворами или растворами расплавленных солей с помощью электрического тока, при этом неизбежно образуются токсичные сточные воды, содержащие тяжелые металлы, которые нельзя сбрасывать без очистки в водоемы и канализацию, а очистка их обычными механическими и биохимическими методами невозможна [1].

С развитием промышленности, повышением требований к качеству и внешнему виду изделий наблюдается и интенсивное развитие гальванической техники. При этом увеличивается и количество сточных вод, подлежащих эффективному обезвреживанию и очистке, поэтому изучение представленной темы является актуальным.

Существующие технологии очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, в частности реагентный метод, который реализован на 95 % предприятий РФ, не обеспечивают нормативное качество воды для сброса не только в водоемы, но и в канализационную сеть. При этом полная реконструкция очистных сооружений подобных предприятий требует высоких капитальных затрат. В этой связи необходим выбор наиболее простого и экономически выгодного способа повышения эффективности очистки сточных вод гальванических производств, а именно интенсификация работы действующих очистных сооружений машиностроительных предприятий с применением существующего оборудования или с их минимальной реконструкцией [2].

К перспективным методам очистки сточных вод относятся флокуляционные, сорбционные, мембранные, окислительные [3]. Выбор технологии очистки зависит в первую очередь от свойств сточных вод и отклонений их от свойств природных вод. Данные по составу сточных вод после реагентной очистки одного из машиностроительных предприятий РФ, сбрасываемых в общезаводскую канализацию, (таблица 1), свидетельствуют о высоком содержании взвешенных веществ (~ 300 мг/л) в очищенном стоке.

Таблица 1 – Состав сточных вод после реагентной очистки, сбрасываемых в канализацию (мг/л) [1]

Показатель	Пределы изменения концентраций	Среднемноголетнее
pH	6,7 – 11,0	7,7
Взвешенные вещества	5,0 – 3380,0	273,9
Fe _{общ}	0,06 – 87,8	6,3
Ni ²⁺	0,001 – 9,3	0,31
Zn ²⁺	0,01 – 2,1	0,17
Cu ²⁺	0,005 – 1,69	0,09
Cr ³⁺	0,01 – 1,03	0,06
Cd ²⁺	0,001 – 0,081	0,008
Pb ²⁺	0,002 – 0,091	0,040

Поскольку взвешенные вещества, удаляемые из сточных вод, представляют собой преимущественно по составу гидроксиды или основные соли металлов, то очевидно, что низкая эффективность реагентного метода очистки связана с проскоком взвешенных веществ на стадиях отстаивания и фильтрации.

Высокое содержание взвешенных веществ в очищенных сточных водах связано с их полидисперсностью и наличием мелкодисперсных частиц. По справочным данным [5], размер частиц взвешенных веществ в сточных водах после реагентной обработки лежит в диапазоне 0,5 – 100 мкм, причем значительная часть частиц имеет размер менее 10 мкм, скорость осаждения которых меньше 0,1 мм/сек.

Одним из эффективных способов интенсификации реагентной технологии очистки металлсодержащих сточных вод является использование высокомолекулярных флокулянтов. Основным назначением флокулянтов является увеличение размера частиц за счет образования полимерных мостиков из ассоциатов молекул флокулянта, и как следствие, повышение эффективности очистки воды механическими методами (фильтрованием, отстаиванием, флотацией) [6].

Использование флокулянтов на разных стадиях очистки промышленных сточных вод позволяет повысить качество очищенной воды и увеличить пропускную способность очистных сооружений без значительных капитальных затрат. Применение флокулянтов позволяет решить актуальные проблемы для многих действующих предприятий машиностроения, например повышение способности осадка к обезвоживанию, снижение коррозийной активности воды, исключение или уменьшение вторичного загрязнения очищенной воды продуктами гидролиза солей алюминия или железа и т.д. Однако флокуляционная обработка сточных вод является сложным многофакторным процессом, на эффективность которого влияют свойства обрабатываемой воды, свойства флокулянтов и технология их применения, что создает значительные трудности при его оптимизации.

Выбор наиболее эффективного флокулянта обычно осуществляется экспериментальным путем с учетом накопленного опыта очистки аналогичных типов сточных вод. Так, для сточных вод гальванических производств после реагентной обработки целесообразно исследовать эффективность высокомолекулярных органических катионоактивных флокулянтов марок Praestol и Besfloc, имеющих низкую стоимость и хорошо зарекомендовавших себя в очистке металлсодержащих сточных вод машиностроительных предприятий. В литературе имеются также сведения о положительных результатах испытаний на промышленных сточных водах таких флокулянтов, как Floram и Envifloc [7].

Подбор оптимального флокулянта производится в лабораторных условиях по общепринятой методике пробного коагулирования [8] в стандартных цилиндрах (50 мл), по кинетике отстаивания после этапов смешения и хлопьеобразования. Оптимальным должен быть флокулянт с высокой скоростью хлопьеобразования и осаждения, приводящий к минимальному количеству осадка и высокой прозрачности осветленного слоя воды. Следовательно, определяющими параметрами являются время отстаивания взвешенных веществ, скорость их осаждения.

По результатам серии экспериментов были отобраны по 3 разновидности промышленных образцов флокулянтов марок Praestol (Праестол), Besfloc (Бесфлок), Floram (Флорам), Envifloc (Энвифлок), показавших наилучшие результаты, характеристики которых представлены в таблице 2.

Для проведения экспериментов готовились рабочие растворы флокулянтов с начальной концентрацией 0,1%, которые затем применялись в виде сильно разбавленных водных растворов (0,01%). Практическая часть заключалась в исследовании сточной воды (с известным содержанием взвешенных веществ) с помощью введения разного количества рабочего раствора флокулянта (0,01% масс.) в лабораторные цилиндры объемом 50 мл и перемешивания стеклянной мешалкой в течение 30 сек при 180 об/мин. При этом наблюдалось образование крупных рыхлых хорошо оседающих хлопьев. После окончания перемешивания происходило лавинообразное осаждение осадка (в течение 3-х минут все сфлокулированные частицы оседали на дно цилиндра). В этой связи для исследования кинетики отстаивания взвешенных веществ после окончания перемешивания, образовавшиеся хлопья оставляли оседаться в течение 3-х минут, фиксируя при этом через каждую минуту значения объема осветленного слоя с помощью шкалы цилиндра. В течение этого времени велось визуальное наблюдение за эффективностью отстаивания, процессом образования хлопьев, размером хлопьев и высотой образующегося осадка.

Таблица 2 – Характеристики исследуемых катионоактивных флокулянтов [9,10,11,12]

Торговая марка флокулянта	Разновидности марок флокулянтов	Страна производитель	Приблизительная молекулярная масса, млн.	Катионная активность
Praestol (Праестол)	611 DC	Россия – Германия	6 – 9	средняя
	853 BC			сильная
	854 BC			оч. сильная
Besfloc (Бесфлок)	K6635P	Ю. Корея	8 – 10	средняя
	6729			сильная
	K510CA			оч. сильная
Floram (Форам)	FO 4550SH	Франция	13 – 15	сильная
	FO 4440SH			сильная
	FO 4490SSH			сильная
Envifloc (Энфифлок)	4255y	Германия	9 – 10	средняя
	4265w			сильная
	4769			оч. сильная

Дальнейший анализ объема осветленного слоя (после 3 минут) нецелесообразен, поскольку существенного изменения объема осветленного слоя не происходит (рисунок 1).

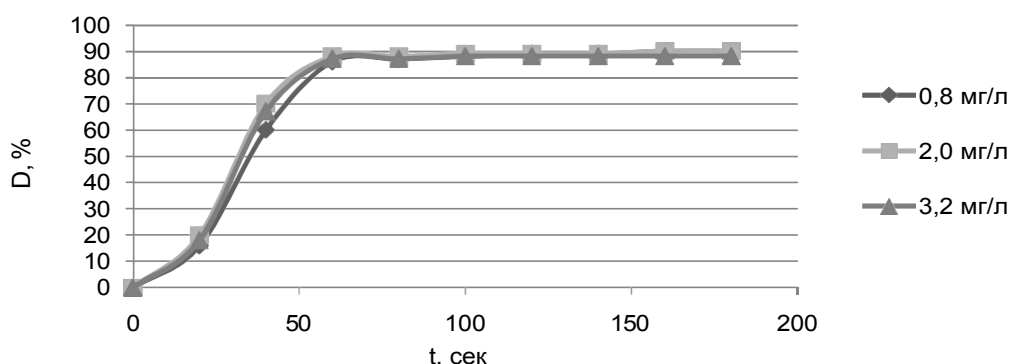
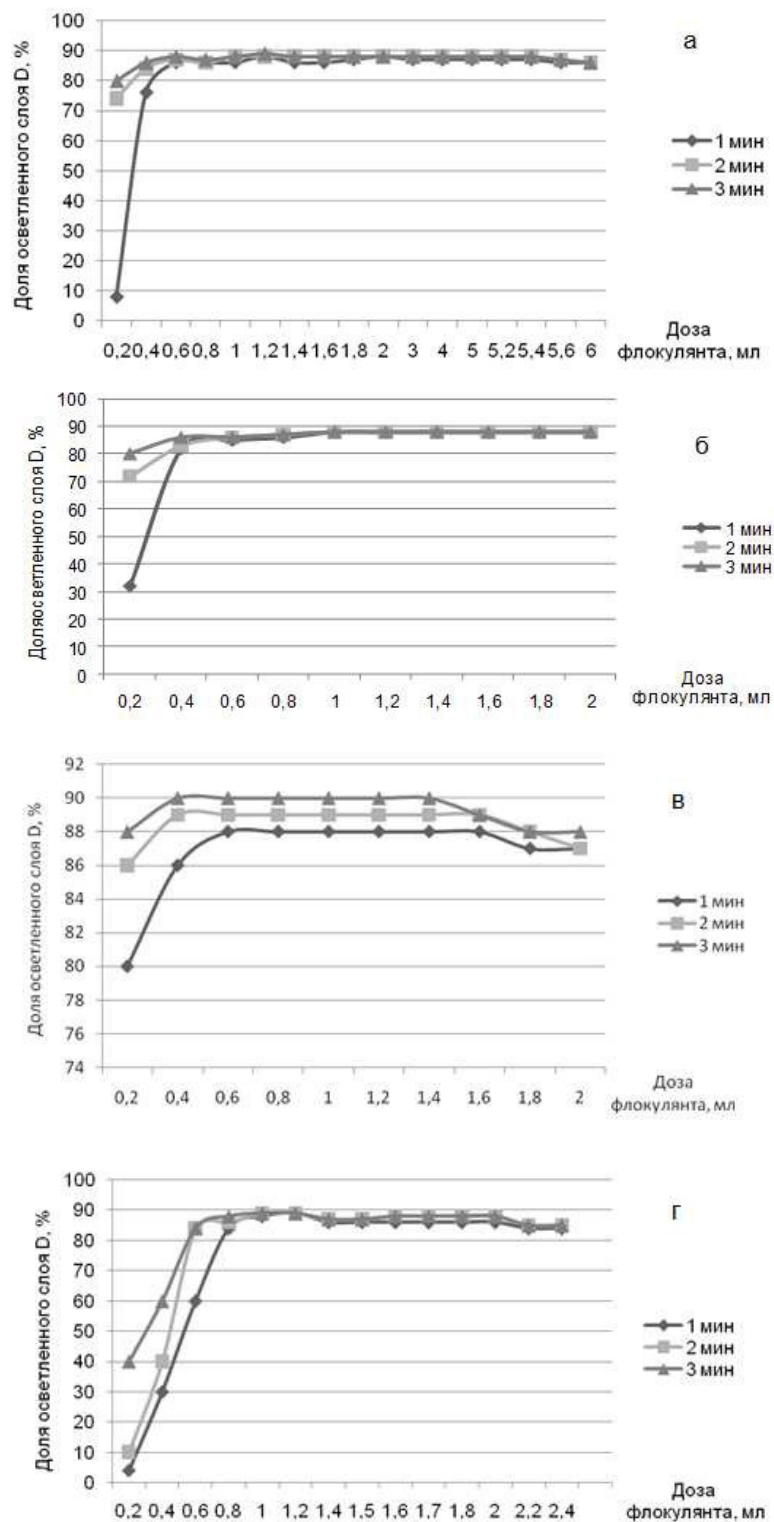


Рисунок 1 – Зависимость доли осветленного слоя (D , %) суспензии шлама от времени отстаивания (t) и концентрации флокулянта Envifloc 4769

Как видно из рисунка 1, процесс отстаивания идет лавинообразно и практически завершается за 3 мин, при дальнейшем отстаивании происходит лишь медленное уплотнение нижнего слоя. После первой, очень быстрой стадии осветления, длительностью 1–2 мин, которая соответствует доле осветленного слоя от 6 до 89% об., наблюдалась вторая, более медленная стадия, продолжающаяся в течение 30 мин, на которой доля осветленного слоя достигала 90% об.



а – Praestol 611DC; б – Besfloc K510CA; в – Envifloc 4769; г – Flopam FO 4550SH

Рисунок 2 – Зависимость доли осветленного слоя (D, %) суспензии шлама от дозы флокулянта и времени отстаивания

На рисунке 2 представлены полученные кривые зависимости доли осветленного слоя суспензии шлама от дозы для исследуемых флокулянтов. При определении оптимальной дозы флокулянта следует учитывать тот установленный нами факт, что с увеличением концентрации флокулянта скорость отстаивания взвешенных веществ сначала существенно возрастает, однако при дальнейшем увеличении концентрации флокулирующий эффект практически не меняется, а с достижением критической концентрации насыщения наблюдается стабилизация системы.

Поскольку определение оптимальной дозы каждого флокулянта, обеспечивающей высокое качество очищенной воды, основанное лишь на визуальной оценке степени осветления сточных вод, не может являться адекватным результатом, то для подтверждения полученных данных была проведена серия дополнительных экспериментов по определению показателя прозрачности осветленного слоя. Для этого определенный объем осветленной сточной воды с одной и той же глубины отбирался из каждого цилиндра и после взбалтывания наливался в цилиндр Снеллена [8], отградуированный по высоте в сантиметрах, с прозрачным плоским дном. Полученные результаты для каждого исследуемого флокулянта приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оценки прозрачности осветленного слоя сточной воды, обработанной флокулянтам

Концентрация флокулянта, мг/л Марка флокулянта	Прозрачность, см					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2	< 2,4
Praestol 611 DC	3	5,3	6,7	8,2	9,7	13,5
Besfloc K510CA	4,7	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Envifloc 4769	9	9,6	13,5	13,5	13,5	13,5
FO 4550SH	3	4,2	6	9,6	13,5	13,5

Одновременно фиксировались свойства и количество образующегося осадка, также свидетельствующие о правильности определения оптимальной дозы флокулянта. Для этих целей отобранную из цилиндров суспензию шлама фильтровали через предварительно взвешенный бумажный фильтр «синяя лента», измеряя при этом время фильтрования. Расчет массы осадка произведен по разнице масс бумажных фильтров с осадком и без него. Для флокулянта марки Envifloc 4769 полученные результаты исследования образующегося осадка сведены в таблицу 4.

Из полученных экспериментальных данных следует, что наиболее эффективным флокулянтам марки Praestol является 611DC, который при концентрации 10,8 мг/л увеличивает скорость седиментации взвешенных веществ в 66 раз; наиболее эффективная марка флокулянта Besfloc является K510CA, которая при содержании 2,4 мг/л увеличивает скорость седиментации взвешенных веществ в 72 раза; эффективным флокулянтам марки Envifloc из всех изученных разновидностей является марка 4769, которая при концентрации 2 мг/л интен-

сифицирует скорость седиментации взвешенных веществ в 86 раз; наиболее эффективным флокулянт марки Flopat является FO 4550SH, который при концентрации 1,6 мг/л увеличивает скорость седиментации взвешенных веществ в 66 раз.

Таблица 4 – Характеристика осадка в зависимости от концентрации флокулянта Envifloc 4769

Концентрация, мг/л	Масса осадка, г	Время фильтрации, мин	Характеристика осадка
0	0,1321	31	осадок с плотной мелкодисперсной структурой
0,6	0,1353	30	хорошоотделяемый рыхлый осадок с крупными хлопьями
0,8	0,1366	25	хорошоотделяемый рыхлый осадок с крупными хлопьями
1,0	0,1450	24	хорошоотделяемый рыхлый крупнодисперсный хлопьевидный осадок
1,4	0,1402	33	хорошоотделяемый рыхлый крупнодисперсный хлопьевидный осадок

Таким образом, на основании сравнения результатов оценки показателей качества сточной воды, обработанной флокулянт, может быть выбран один флокулянт из каждой марки, обеспечивающий наилучший флокулирующий эффект. Использование предложенного флокулянта при его оптимальной дозе обеспечивает достижение максимального эффекта осветления сточной воды при наименьшей продолжительности отстаивания, высокого показателя прозрачности при минимальном количестве осадка и высокой эффективности флокулирующего действия при максимальном значении константы скорости отстаивания (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты экспериментальных исследований флокулянтов

Марка флокулянта	Оптимальная доза, мг/л	Эффективность, %	Прозрачность, %	Масса осадка, г	Время фильтрации, мин
Praestol 611DC	10,8	66,4	100	0,1403	20,1
Besfloc K510CA	2,4	71,9	100	0,1419	11,4
Envifloc 4769	1,0	86,3	100	0,1450	24,0
Flopat FO 4550SH	3,2	66,4	100	0,1500	15,3

Другим подтверждением полученных выше результатов является изучение фракционно-дисперсного состава взвешенных веществ в исследуемой сточной воде до и после обработки ее флокулянт. Дисперсный состав взвешенных веществ в очищенных сточных водах гальванического производства одного из машиностроительных предприятий РФ до и после использования флокулянтов был исследован методом микроскопии на микроскопе «Jeneval» (таблица 6).

Таблица 6 – Фракционно-дисперсный состав взвешенных веществ в сточных водах гальванического производства до и после добавления исследуемых флокулянтов

Размер частиц, мкм	Содержание частиц, %				
	Без флокулянта	Praestol 611DC	Floпам FO 4550SH	Envifloc 4769	Besfloc K510CA
< 0,5	39,4	5,3	30,7	11,8	30,0
0,5 – 1	27,9	26,3	28,4	32,7	34,5
1 – 1,5	22,4	35,1	27,9	27,6	17,4
1,5 – 2	9,1	22,8	7,6	13,2	15,8
2 – 2,5	1,2	5,3	3,5	11,8	2,3
> 2,5	-	5,2	1,9	2,9	-

Как видно из таблицы 6, исходная сточная вода в основном представлена мелкодисперсными взвешенными веществами размером менее 0,5 мкм (~ 40%) и частицами размером 0,5–1,5 мкм (50,3%). Однако при применении флокулянта Envifloc 4769 во взвешенных веществах доля частиц с размером < 0,5 мкм снизилась с 39,4% до 11,8%. После добавления флокулянта представленной марки основная часть взвешенных веществ представлена частицами с размером 0,5–1,5 мкм (60,3%), а доля частиц с размером 0,5–2 мкм составила 73,5%, 14,7% частиц имеют размеры более 2 мкм. Таким образом, применение катионоактивного флокулянта марки Envifloc 4769 для сточных вод гальванического производства увеличивает размер частиц взвешенных веществ и, как следствие, интенсифицирует процесс их отстаивания.

Представленные результаты подтверждают высокую эффективность, экономичность и экологическую безопасность интенсификации процесса очистки сточных вод путем совершенствования технологии очистки сточных вод гальванических производств с применением эффективных органических флокулянтов. Результаты лабораторных исследований позволили разработать ряд практических рекомендаций для специалистов предприятий.

Список литературы

1. Зайнуллин, Х.Н. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств [Текст] / Х.Н. Зайнуллин, В.В. Бабков, Д.М. Закиров, А.Н. Чулкова, Е.М. Иксанова – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 272 с.: ил. – Библиогр.: с. 255-272. – ISBN 5-8216-0040-5.
2. Положение в машиностроительном комплексе России [Текст]. – М.: БИКИ, 2006. – № 55–56.
3. Алексеев, Е.В. Физико-химические методы – основа технологии очистки сточных вод от биорезистентных загрязнений [Текст] / Е.В. Алексеев, Ю.В. Воронов, С.Е. Алексеев // Вода: экология и технология: Тезисы / VI Международный конгресс. – М., 2004. – С. 757.
4. Синякова, М.А. Пути сокращения загрязнения природных вод тяжелыми металлами гальванических производств [Текст] / М.А. Синякова, И.В. Вольф // Вода: химия и экология – 2010. – № 3. – С. 6–9.
5. Тимонин, А.С. Инженерно-экологический справочник. [Текст] – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – Т. 2.– 884 с.

6. Ахмедов, К.С. Водорорастворимые полимеры и их взаимодействие с дисперсными системами [Текст] / К.С. Ахмедов, Э.А. Арипов, Г.М. Вирская, Ф.Л. Глекель – Ташкент, 1969. – 250 с.

7. Аксенов, В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий. Справочное издание. Книга 6. Флокулянты [Текст] / Под ред. В.И. Аксенова. – М.: Теплотехник, 2008. – 256 с.: ил. – ISBN 978-5-98457-069-5.

8. Гетманцев, С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. Монография [Текст] / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 272 с.: ил. – ISBN 978-5-93093-573-8.

9. Флокулянты Praestol [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://promchim-service.ru/down>.

10. Флокулянты Besfloc [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.akvater.com>.

11. Флокулянты Flopat [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kntp.ru>.

12. Флокулянты Envifloc [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.envifloc.ru>.

УДК 614.76

ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЖИТЕЛЕЙ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

Назарова В.В.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, Украина, lera15@ukr.net

The results of the quantitative risk assessment of non-carcinogenic effects of air pollution in Makeevka are presented in the paper. The pattern of disease is presented and the results of risk assessment are compared with the statistical data on the incidence of the city's population. The paper identified the major diseases caused by the presence of pollutants in the air.

Введение

Оказывая воздействие на состояние окружающей среды, человек определяет, прежде всего, уровень экологического риска, то есть вероятность неблагоприятных для природной среды и человека последствий осуществления хозяйственной и иной деятельности.

Так, эксперты ВОЗ считают, что экологически обусловлены около 80% раковых заболеваний и 10–20% смертности населения земного шара. По данным отечественных исследователей, связь с действием канцерогенов окружающей среды установлена в 80–90% случаев злокачественных новообразований человека [1].