

## РОЗДІЛ «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ЕКОЛОГІЯ»

УДК 662.74

ПАНЧЕНКО М.І., к.т.н, доцент  
СМІНОВА Т.В., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

### ДИНАМІКА УЩІЛЬНЕННЯ ВОЛОГОГО ВУГІЛЬНОГО ДРІБ'ЯЗКУ В ПРЕСФОРМІ З СУЦІЛЬНИМ ПЛУНЖЕРОМ

**Вступ.** Виробництво металургійного коксу являється в теперішній час і залишиться в майбутньому найбільш крупною і ємкісною галуззю виробництва, що заснована на застосуванні мільйонів тон вугілля. Тому підвищення продуктивності виробництва коксу є актуальною проблемою в розвитку даної галузі.

Дослідженнями і промисловою практикою встановлено, що зниження вологості вугільної шихти дозволяє, у певних межах, сприятливо впливати на показники якості коксу. Тому при отриманні металургійного коксу в ряді країн при коксуванні вугільної суміші з низькою спіклівістю застосовують різноманітні способи ущільнення шихти і зниження її загальної вологості (трамбування, часткове брикетування, обробка органічними рідинами, термічна підготовка) [1-4].

Одним з найбільш ефективних методів збільшення виробництва коксу і покращення його якості являється підвищення насипної щільності вугільної шихти та зменшення її вологості за рахунок часткового брикетування вугільного дріб'язку. Як відомо, завантаження вугільної шихти з високою вологістю викликає необхідність збільшувати період коксування з відповідним зниженням продуктивності коксових печей, що призводить до погіршення якості вогнетривкої кладки печей, а отже і втрат у виробництві коксу. Відомий також негативний вплив вологості шихти на якість коксу. Практичні результати виробництва коксу показали, що підвищення механічної міцності коксу, збільшення його виробництва та покращення теплотехнічних умов коксування досягаються шляхом використання вугільних шихт підвищеної щільності [5,6].

**Постановка задачі.** Метою досліджень є встановлення закономірностей змінення якісних показників брикетів, отриманих при ущільненні вугільного дріб'язку різної вологості на гідравлічному пресі під тиском пресування від 5 до 12,5 МПа.

**Результати роботи.** Для виконання дослідів використовували промислову вугільну шихту ВАТ «Баглійкокс». Дослідження виконували в декілька етапів:

- відбір вугільної шихти, сушіння і відсіювання вугільного дріб'язку через сито з діаметром отворів 1 мм;
- приготування вугільного дріб'язку заданої вологості;
- ущільнення вугільного дріб'язку в циліндричній прес-формі діаметром 58 мм за допомогою ручного гідравлічного пресу;
- визначення якості отриманих брикетів;
- математична обробка отриманих результатів за допомогою програми Microsoft Excel.

Зволожений вугільний дріб'язок зберігали в ексикаторі, постійно контролюючи його вологість, і за необхідністю зволожували його до заданого рівня. В прес-форму завантажували вугільний дріб'язок в кількості 60-62 г і розрівнювали поверхнею плунжера. За допомогою штангенциркуля вимірювали висоту завантаження. Далі здійснювали ущільнення вугільного дріб'язку до заданого тиску. Після зниження тиску до початкового вимірювали висоту отриманого брикету. Щільність і вологість отриманих брикетів розраховували за показниками їх розмірів, маси і кількості видаленої вологи, яка мігрує че-

рез зазори між плунжером та дном циліндру, що призводить до зменшення маси брикету. Для кожного дослідження використовували дві паралельні проби. Результати досліджень подані в табл.1. Як видно із результатів досліджень, щільність отриманих брикетів зростає з підвищенням тиску пресування, а вологість – знижується. Так, при підвищенні тиску з 5 до 12,5 МПа щільність брикетів зростає від 1014 до 1139 кг/м<sup>3</sup>, а вологість при цьому зменшується на 1,1-1,4%. Динаміка змінення щільності брикетів від тиску і математична залежність цих величин представлена на рис.1. Залежність вказаних показників характеризується рівняннями другого порядку, що характеризуються достатньо великою достовірністю апроксимації ( $R^2$ ), яка коливається в межах від 0,9550 до 0,9924.

Таблиця 1 – Якісні показники проб вугільного дріб'язку і отриманих брикетів

№ досліджу	Маса дослідної проби, г	Вологість проби, %	Висота завантаження, мм	Висота брикету, мм	Маса брикету, г	Щільність брикету, кг/м <sup>3</sup>	Вологість брикету, %	Тиск ущільнення, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	61.0	14	30.2	22.2	60.4	1030	13.1	5,0
2	61.0	14	30.2	22.2	60.5	1031	13.3	5,0
3	61.2	14	30.4	21.5	60.3	1062	12.7	7,5
4	60.9	14	29.9	21.6	60.2	1055	13.0	7,5
5	61.2	14	30.4	21.2	60.0	1071	12.3	10,0
6	61.5	14	30.6	21.3	60.1	1068	11.9	10,0
7	61.2	14	30.3	20.2	59.7	1119	11.8	12,5
8	61.4	14	30.5	20.4	59.9	1122	11.9	12,5
9	61.2	16	30.4	22.4	60.7	1026	15.3	5,0
10	61.0	16	30.2	22.2	60.4	1030	15.2	5,0
11	61.3	16	30.4	21.9	60.5	1046	14.9	7,5
12	61.5	16	30.6	22.0	60.6	1043	14.8	7,5
13	61.4	16	30.5	21.3	60.4	1073	14.6	10,0
14	61.1	16	30.1	20.9	59.9	1085	14.3	10,0
15	61.3	16	30.4	20.3	59.9	1117	14.0	12,5
16	61.5	16	30.6	20.5	60.0	1108	13.9	12,5
17	61.0	18	30.0	21.9	60.5	1046	17.3	5,0
18	61.1	18	30.1	22.0	60.4	1039	17.1	5,0
19	61.2	18	30.4	21.7	60.2	1050	16.6	7,5
20	61.5	18	30.6	21.8	60.4	1049	16.5	7,5
21	61.1	18	30.0	20.8	59.9	1090	16.2	10,0
22	61.4	18	30.5	21.2	60.1	1073	16.2	10,0
23	61.6	18	30.6	20.5	60.0	1108	15.8	12,5
24	61.1	18	30.2	20.2	59.8	1120	16.2	12,5
25	61.6	20	30.7	22.8	61.1	1014	19.3	5,0
26	61.5	20	30.5	22.6	61.0	1022	19.3	5,0
27	61.5	20	30.6	22.1	60.6	1038	18.8	7,5
28	61.2	20	30.3	21.7	60.4	1053	18.8	7,5
29	61.4	20	30.5	21.3	60.4	1073	18.6	10,0
30	61.3	20	30.4	21.2	60.2	1075	18.5	10,0
31	61.1	20	30.1	20.0	59.7	1130	18.1	12,5
32	61.4	20	30.4	20.3	59.9	1117	17.9	12,5
33	61.5	22	30.5	22.5	61.0	1026	21.4	5,0
34	61.6	22	30.7	22.6	61.0	1022	21.2	5,0
35	61.3	22	30.4	21.8	60.5	1050	20.9	7,5
36	61.4	22	30.5	21.9	60.7	1049	21.1	7,5
37	61.2	22	30.4	21.2	60.2	1075	20.7	10,0
38	61.0	22	30.1	21.0	59.8	1078	20.4	10,0
39	61.0	22	30.0	19.9	59.5	1131	20.0	12,5
40	61.1	22	30.1	19.9	59.7	1135	20.1	12,5

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	61.3	24	30.3	22.4	60.8	1027	23.1	5,0
42	61.0	24	30.1	22.2	60.4	1030	23.2	5,0
43	61.6	24	30.8	22.1	60.7	1040	22.9	7,5
44	61.2	24	30.3	22.0	60.4	1039	23.0	7,5
45	61.4	24	30.5	21.3	60.2	1070	22.5	10,0
46	61.0	24	29.9	20.7	59.9	1095	22.6	10,0
47	61.2	24	30.3	20.0	59.7	1130	22.1	12,5
48	61.0	24	29.9	19.8	59.6	1139	22.2	12,5
49	61.5	26	30.5	22.5	61.0	1026	25.4	5,0
50	61.7	26	30.7	22.6	61.1	1023	25.4	5,0
51	61.2	26	30.3	21.7	60.4	1053	25.0	7,5
52	61.6	26	30.8	22.2	60.7	1035	24.9	7,5
53	61.3	26	30.4	21.2	60.2	1075	24.7	10,0
54	61.0	26	30.0	20.8	59.9	1090	24.6	10,0
55	61.0	26	29.9	19.8	59.6	1139	24.2	12,5
56	61.2	26	30.1	20.0	59.7	1130	24.1	12,5

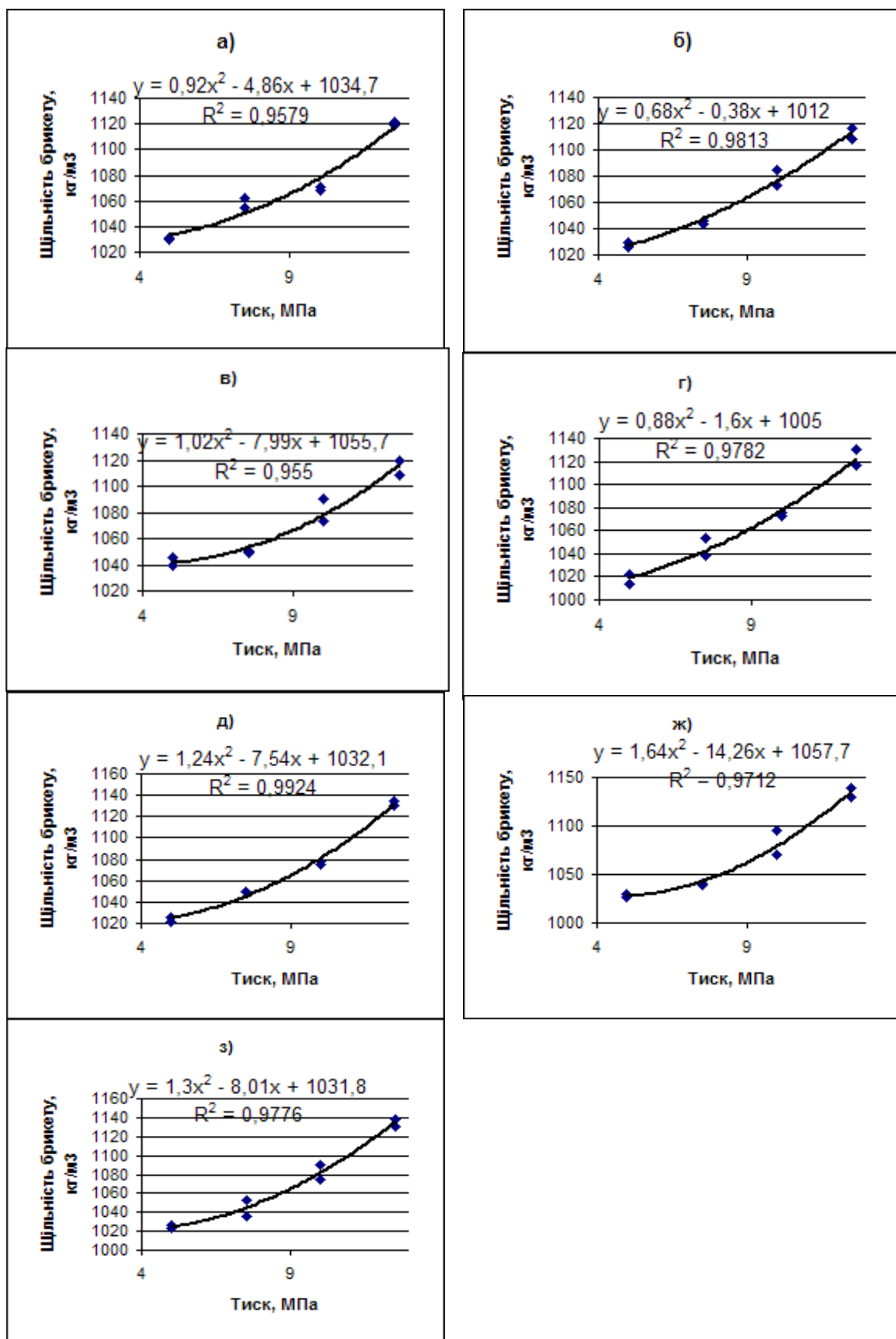
Що стосується видалення вологи з вугільного дріб'язку, то значення його початкової вологості майже не впливає на кількість видаленої води з брикету при сталому тиску. Це явище обумовлене міграцією води за межі ущільненої маси через щілини (зазори) між плунжером і циліндром, а також дном і циліндром за постійний проміжок часу. Залежність вологості брикетів від тиску та математичні залежності цих величин подано на рис.2. При початковій вологості вугільного дріб'язку 14 і 18% залежність між вологістю брикету і тиском характеризується кривими третього (рис.2, а) і другого (рис.2, в) порядку відповідно. В інших випадках ці залежності характеризуються лінійними рівняннями (рис.2, б, г, д, ж, з).

**Висновки.** Встановлена на основі лабораторних досліджень математична залежність між тиском та щільністю вугільного дріб'язку різної вологості при його брикетуванні на гідравлічному пресі з суцільним плунжером в межах початкової вологості вугільного дріб'язку від 14 до 26% характеризується рівняннями другого порядку з абсолютною похибкою менше 4,5% і визначає динаміку міграції води при ущільненні вугільного дріб'язку, що описується математичними залежностями.

Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні технології механічного ущільнення і обезводнення вугільного дріб'язку перед коксуванням з метою підвищення насипної щільності шихти і збільшення продуктивності виробництва коксу.

#### ЛІТЕРАТУРА

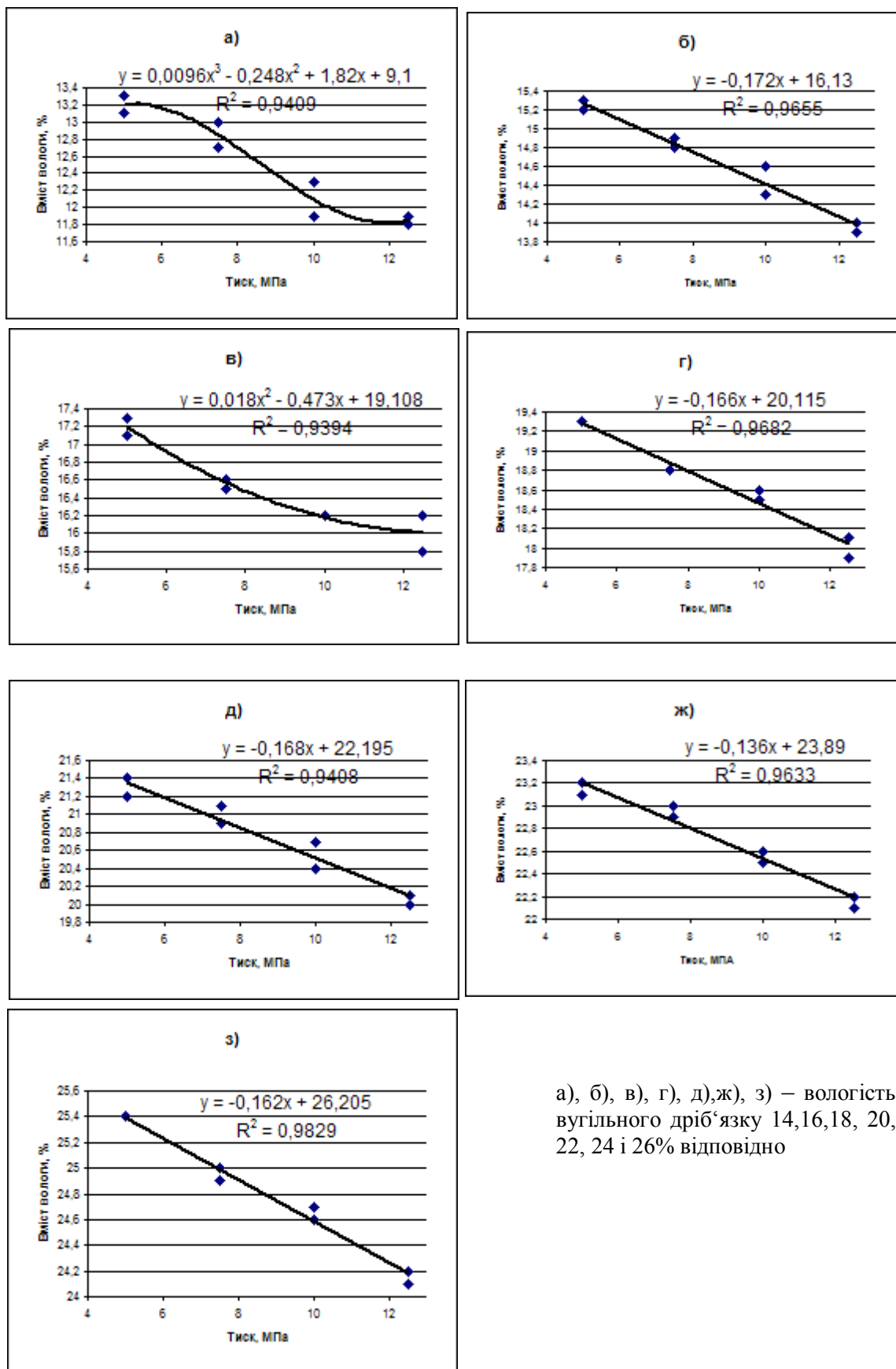
1. Браун Н.В. Перспективные направления развития коксохимического производства / Н.В.Браун, И.М.Глуценко. – М.: Металлургия, 1989. – 272с.
2. Диденко В.Е. Технология приготовления угольных шихт для коксования / Диденко В.Е. – К.: Высшая школа. Головное изд-во, 1989. – 288с.
3. Зубилин И.Г. Исследование закономерности распределения плотности угольной шихты в полномасштабной модели камеры коксования: монография / Зубилин И.Г. – Х.: «ИНЖЭК», 2008. – 160 с.



а), б), в), г), д), ж), з) – вологість вугільного дріб'язку 14, 16, 18, 20, 22, 24 і 26% відповідно

Рисунок 1 – Залежність щільності брикетів від тиску на вугільний дріб'язок





а), б), в), г), д), ж), з) – вологість вугільного дріб'язку 14,16,18, 20, 22, 24 і 26% відповідно

Рисунок 2 – Залежність вологості брикетів від тиску пресування

4. Семененко Д.П. Технология обмасливания и брикетирования угольной пыли / Д.П.Семененко, В.Д.Семененко // Кокс и химия. – 1967. – №9. – С.11-14.
5. Дюканов А.Г. Влияние на показатели качества кокса плотности и влажности угольной загрузки при различных схемах подготовки шихты / А.Г.Дюканов, В.Г.Зашквара // Сб. УХИН. – М.: Металлургия. – 1971. – Вып. 23. – С.3-8.
6. Скляр М.Г. Влияние плотности угольной загрузки на выход и качество кокса / М.Г.Скляр, В.М.Кузниченко, А.В.Карпов // Кокс и химия. – 1980. – №7. – С.15-18.

УДК665.7.035.6

ВОЛОШИН Н.Д., д.т.н., профессор  
ПОЛИТОВА Н.П., аспирантка

Днепродзержинский государственный технический университет

### **ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ**

**Введение.** Битумы представляют собой сложную смесь различных углеводородов и их производных. Они бывают природные и искусственные, полученные при переработке углей, торфа, сланцев и нефти. Последние получили более широкое распространение в разных отраслях хозяйства, особенно в строительной. Основным сырьём для производства отечественных битумов являются остаточные продукты нефтепереработки: гудроны, асфальты деасфальтизации, экстракты селективной очистки масляных фракций и др. Качество битумов зависит не только от компонентного состава исходных нефти, но и от способа их переработки. Основным способом переработки служит окисление кислородом воздуха гудронов. Качество битумов определяется рядом нормированных различными стандартами показателей, таких как пенетрация, дуктильность, хрупкость. Битум, являясь смесью большого числа различных соединений, в отличие от индивидуальных веществ переходит в жидкотекучее состояние при повышении температуры постепенно, характеризуется температурой размягчения и не имеет температуры плавления[1].

Необходимо так же, как и за рубежом, ввести в перечень нормируемых показателей качества параметры вязкости. Вязкость битумов более полно характеризует их консистенцию при различных температурах применения по сравнению с эмпирическими показателями, такими как пенетрация и температура размягчения. Ее достаточно легко и в более короткий срок можно измерить при любой требуемой температуре производства и применения битума, его сливе в резервуары для хранения либо для его транспортировки.

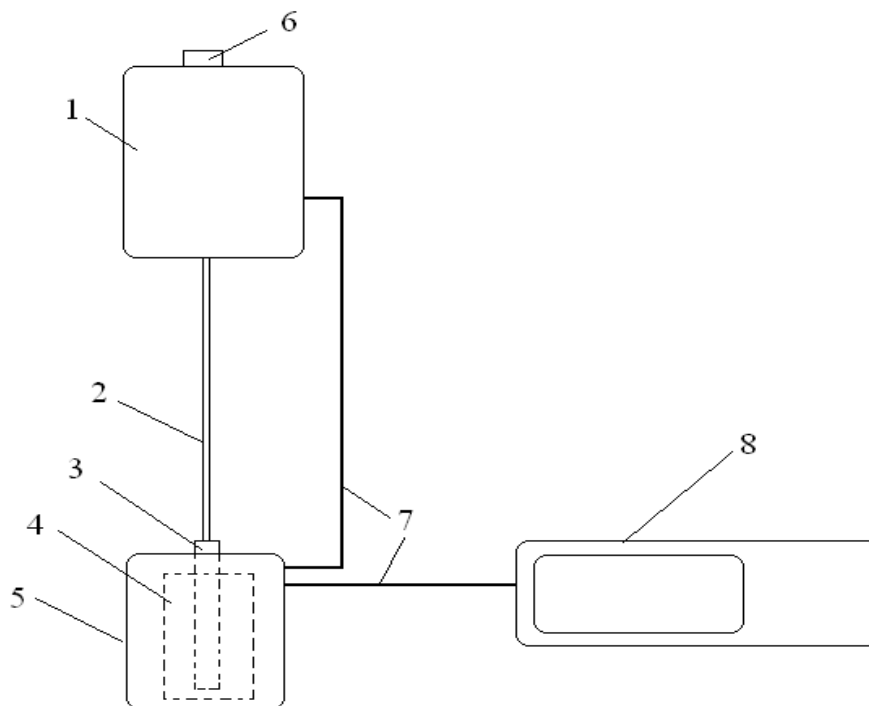
Вязкость битумов определяют в вискозиметрах Энглера, Сейболта и Фуrolа методом падающего шара, в капилляре Фенске, на ротационном вискозиметре, реовискозиметре, консистометре и др.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является изучение вязкостных характеристик кровельных и дорожных битумов трех марок: БНК 40/180; БНД 90/130; БНД 60/90 с различных нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) в диапазоне температур от 80 до 140°C, анализ полученных результатов и на их основании воспроизведение в графическом виде вязкостно-температурных зависимостей исследованных битумов.

**Результаты работы.** Для проведения исследований пробы битумов были взяты с Лисичанского и Кременчугского НПЗ. Для сравнения были взяты также битумы с

Мозырського НПЗ (Беларусь) и Нижегородского НПЗ (Россия). Все виды битумов получены одинаковым способом производства – окислением из гудронов.

*Методика эксперимента.* Опыты проводили на цифровом ротационном вискозиметре Брукфильда модели DV-1+. Принцип работы данного вискозиметра основан на измерении величины распрямления калиброванной пружины, установленной на вращающемся с помощью калиброванного привода шпинделе, который опущен в слой измеряемой жидкости. Диапазон измерений определяется скоростью вращения шпинделя, его размером и формой, конструкцией контейнера, в котором вращается шпиндель, и шириной диапазона момента вращения калиброванного привода. Принципиальная схема цифрового вискозиметра Брукфильда показана на рис.1.



1 – калиброванный привод; 2 – вал; 3 – шпиндель; 4 – камера с образцом битума; 5 – термоконтейнер; 6 – ватерпас; 7 – соединительные провода; 8 – дисплейный контролер

Рисунок 1 – Схема цифрового вискозиметра Брукфильда

Прибор запитан переменным током напряжением 23В и имеет мощность двигателя 20Вт. Температурный предел измерений от  $-100$  до  $+300^{\circ}\text{C}$  с дискретностью  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Точность измерений температуры  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Прибор снабжен ватерпасами для установки вискозиметра и термоконтейнера в горизонтальном положении. Потенциальная ошибка измерения вязкости этим прибором составляет  $\pm 1\%$ .

Измерения динамической вязкости на приборе производились при скорости вращения шпинделя  $20$  об/мин. Объем навески битума в опытах был равен  $10\text{г}$ .

Анализ образцов битумов производился в диапазоне температур от  $80$  до  $140^{\circ}\text{C}$  при крутящем моменте ротора вискозиметра  $20$  Н/м. Результаты измерений вязкости с указанием соответствующей температуры автоматически выводятся на экран дисплейного контролера.

Для проведения испытаний были взяты битумы с характеристиками, указанными в табл.1. Видно, что показатели качества определены согласно стандартов [2, 3] и

соответствуют их требованиям. Также видно, что битумы одной марки, но с разных НПЗ имеют различные показатели как по КиШ, так и по пенетрации. Причем диапазон температуры размягчения по КиШ колеблется в интервале температур от 39 до 54°C и не является фиксированной величиной для определенной марки.

Таблица 1 – Исходные данные испытываемых образцов

Завод производитель, марка битума	Глубина проникания иглы (пенетрация) при температуре 25°C, м·10 <sup>-4</sup> (0,1мм)		Температура размягчения по кольцу и шару, °C	
	Норма по стандарту [2]	Факт	Норма по стандарту [3]	Факт
Лисичанский НПЗ БНК40/180 БНД 90/130 БНД60/90	160-220	161	37-44	44
	91-130	91	42-47	48
	61-90	70	47-53	52
Нижегородский НПЗ БНК 40/180 БНД90/130 БНД60/90	160-220	190	37-44	39
	91-130	92	42-47	46
	61-90	73	47-53	49
Кременчугский НПЗ БНД60/90	61-90	61	47-53	54
Мозырьский НПЗ БНД 60/90	61-90	70	47-53	53

Как видно из данных таблицы, битум одной марки БНК40/180 от двух разных поставщиков имеет различие по пенетрации в 30 единиц. Однако, как показывают кривые вязкости, при увеличении температуры вязкостные показатели являются аналогичными для битумов различных НПЗ; очень хорошо это видно при измерении вязкости в диапазоне температур от 110 до 140°C. Графики зависимости вязкости от температуры показаны на рис.2-4.

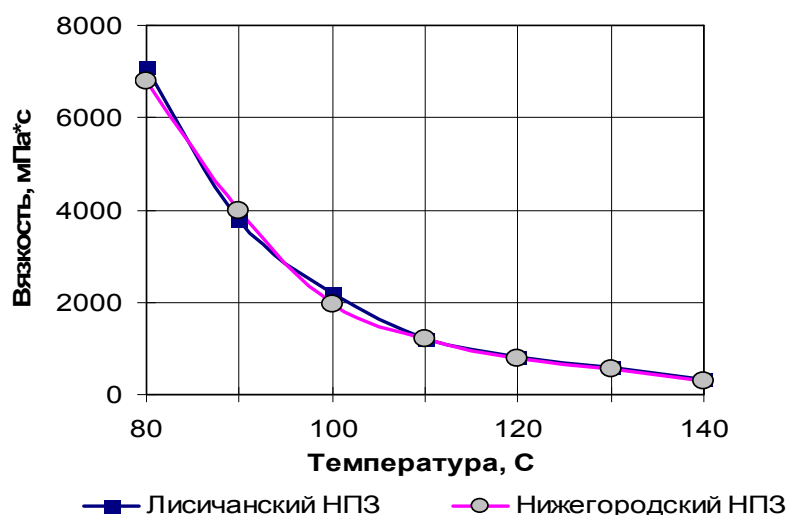


Рисунок 2 – Вязкостно-температурная зависимость битумов марки БНК40/180

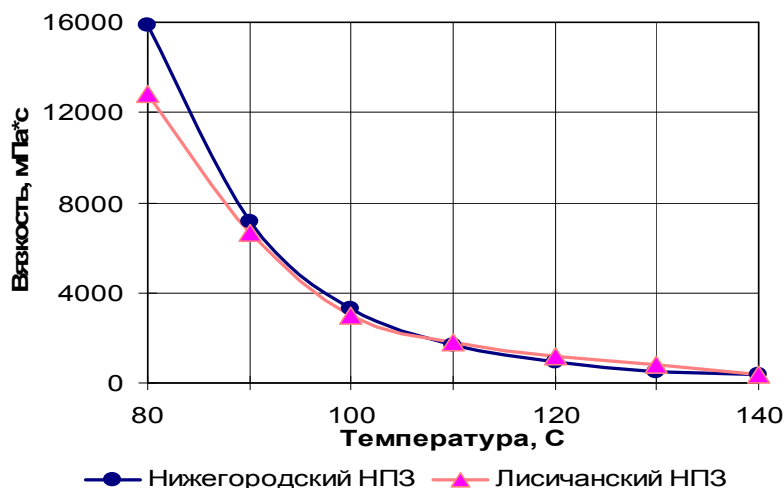


Рисунок 3 – Вязкостно-температурная зависимость битумов марки БНД90/130

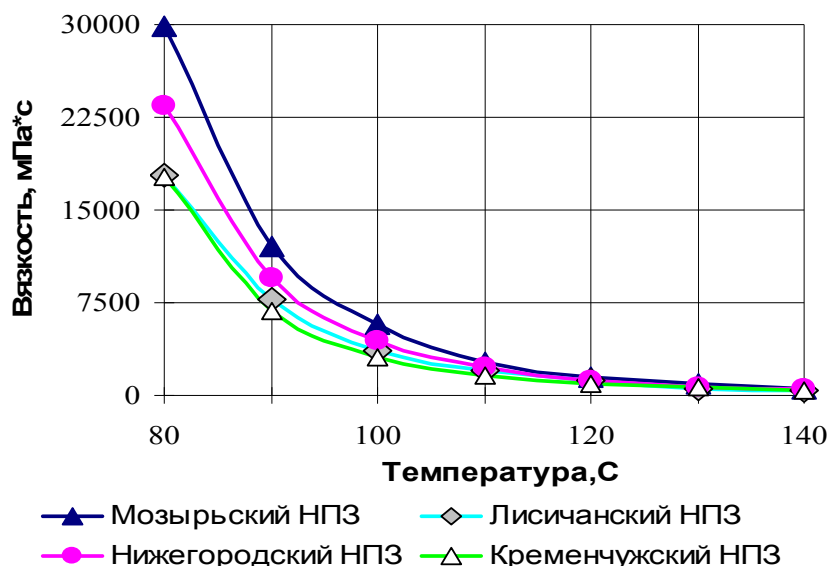


Рисунок 4 – Вязкостно-температурная зависимость битумов марки БНВ60/90

**Выводы:**

- показатели качества, такие как пенетрация и КиШ, имеют значительные отличия в значениях показателей битумов одной марки разных заводов: различие по пенетрации составляет более 30 ед., а по показателю КиШ различия имеют меньший диапазон (в пределах не более 5°С);
- все образцы исследуемого битума независимо от марки и способа его получения имеют тенденцию к снижению вязкости при повышении температуры;
- битум одной марки, полученный из одного вида сырья при одном и том же способе переработки, имеет практически аналогичные значения вязкости, измеренной на разных его образцов;
- битум с большей степенью окисления имеет больший показатель вязкости при одной и той же температуре проведения испытания, чем битум, полученный за более короткий период окисления;
- на основе измерения вязкости битумов можно делать разработку его состава (содержание парафино-нефтяных и ароматических углеводородов, асфальтенов и других компонентов);

- зная изменение вязкости битумов при повышении температуры, можно определять оптимальную температуру разогрева емкости битума после его транспортировки для слива в емкость для хранения, а также это поможет в рутинном контроле качества партий битума.

- при измерении вязкостных характеристик битума можно отследить процесс его старения, что и будет сделано в следующих исследованиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грудников И.Б. Производство нефтяных битумов / Грудников И.Б. – М.: Изд. Химия. 1983 – 187 с.
2. ГОСТ 1501 -78 – Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы.
3. ГОСТ 1506-73 – Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару.

УДК 628.31.32

АВРАМЕНКО С.Х., к.т.н., доцент  
ДЕМЕНЧУК Н.І., студентка  
ЛЕВИЦЬКА О.Г., студентка

Дніпродзержинський державний технічний університет

### ПРОБЛЕМИ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД МІСТА ЗЕЛЕНДОЛЬСЬК ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

**Вступ.** Серед сучасних глобальних проблем людства екологічній відведено першорядне значення. Особливу гостроту вона набула в індустріально розвинутих країнах, і зокрема в Україні з її потужним промисловим потенціалом і недостатньою забезпеченістю водними та лісовими ресурсами.

Природним водоймищем, у яке в основному скидаються умовно чисті стічні води, є Дніпро – основне джерело питної води багатьох міст України.

Багато хімічних речовин потрапляють у водойми з атмосферними опадами, туманами, а також зі стічними водами господарського призначення, ливневими стоками вулиць міст і скидами стічних вод від підприємств. При круговороті води у природі хімічні речовини потрапляють у питну воду, а через неї в організм людини, що може спричинити канцерогенну, тератогенну, ембріотоксичну чи просто отруйну дію. Органічні сполуки, що містяться у стічних водах, можуть виявляти токсичну дію через питну воду на теплокровні організми, багато які з них призводять до загибелі риб і їх кормових ресурсів, погіршують смак і запах, гальмують процеси самоочищення води. Осідаючи на дні, вони підлягають анаеробним процесам. Ці речовини у ряді випадків погіршують санітарний режим водойм внаслідок вторинного забруднення. Отруйні метали згубно впливають на флору і фауну водойм і гальмують процес самоочищення. Побутові стічні води містять поверхнево активні речовини, що зумовлюють піноутворення, а також біогенні елементи (сполуки азоту і фосфору), які сприяють інтенсивному розмноженню мікроскопічних синьо-зелених водоростей, із-за чого відбувається евтрофікація водойм (цвітіння) та виділення у воду токсичних речовин, а після відмирання водоростей повністю обезкислюється вода та забруднюється продуктами розпаду.

Для стоків вміст шкідливих речовин нормується гранично допустимими концентраціями ГДК та гранично-допустимими скидами ГДС, тому вони повинні проходити відповідну очистку до вказаних норм перед скидом у водойму. Деякі неорганічні сполуки згубно впливають на мікроорганізми очисних споруд, припиняють або уповіль-

нують процеси біологічного очищення стічних вод і зброджування осадів у метантенках. Тому вміст ряду домішок також нормується на вході в очисні споруди.

В даній роботі розглядаються проблеми очисних споруд м. Зеленодольська. Джерелами утворення забруднених стічних вод є господарчо-побутові стоки від населення і бюджетних організацій міста, промпідприємств, зокрема Криворізької ТЕС, Укренергокомплексу, заводу „Континент”, ТОВ „Спецбудмонтаж”, стоки від власних потреб промплощадки очисних споруд.

Метою дослідної роботи є зменшення скидів неочищених чи недостатньо очищених вод міста та його підприємств зі значеннями показників, що не відповідають ГДК, для зменшення забруднення водойми, що буде сприяти поліпшенню умов та процесу самоочищення водойми р. Інгулець. В результаті буде краща якість питної води та екологічно чисті водні продукти для вживання, які б не спричиняли шкідливого впливу на здоров'я людини.

**Постановка задачі.** З метою визначення оптимальних з екологічної, технічної та економічної точок зору підходу до вирішення проблеми очистки побутових стічних вод міста було виконано дослідження та запропоновано оптимальний варіант, що передбачає забезпечення ефективної очистки до нормативів ГДК та ГДС.

Для досягнення поставленої мети задачі дослідження можна сформулювати наступним чином:

- удосконалення технологічної схеми очистки для побутових стічних вод міста;
- підбір методів очищення, відповідного обладнання споруд;
- удосконалення системи контролю за веденням процесу очищення;
- обґрунтування екологічної ефективності запропонованих методів та обладнання.

**Результати роботи.** Лабораторно-технологічний контроль очищення стічних вод здійснювався виробничою хімічною лабораторією очисних споруд згідно з нормативною документацією „Якість вимірювань складу, властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення”.

Як виявлено, на діючих очисних спорудах якість стічних вод після очистки не відповідає затвердженим величинам (ГДС) і загальна сума збитків складає понад 16112 тис. грн., сума платежів, які повинно бути стягнуто з підприємства у разі скидання цілодобово стічної води в водоймище, – понад 99,7 тис. грн.

При реалізації капітальних витрат та встановлення обладнання економічний ефект складає 27093 грн.

Оскільки проектна документація очисних споруд не збереглася в повному обсязі, вихідні дані і продуктивність споруд визначені нами розрахунковим методом з використанням даних, закладених в типових проектах аналогічних споруд. Порівняльні дані потужності роботи очисних споруд наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Порівняльні дані потужності очисних споруд

Склад технологічних ліній	Потужність споруд з очистки стічних вод, м <sup>3</sup> /добу		
	Проектна	Розрахункова	Визначена заміром
1	2	3	4
<b>Перша технологічна лінія</b>			
Первинні відстійники	5400	4327	-
Біофільтри	3780	2520	-
Вторинні відстійники	4254	4253	-
<b>Продуктивність 1-ої лінії</b>	<b>13434</b>	<b>11100</b>	<b>4536</b>

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Друга технологічна лінія			
Первинні відстійники	9312	7255	-
Аерофільтри	15258	10170	-
Вторинні відстійники	4254	4253	-
<b>Продуктивність 2-ої лінії</b>	<b>28824</b>	<b>21678</b>	<b>-</b>
Третя технологічна лінія			
Первинні відстійники	3600	2885	-
Аерофільтри	15258	10170	-
Вторинні відстійники	4254	4253	-
<b>Продуктивність 3-ої лінії</b>	<b>23112</b>	<b>17308</b>	<b>3415</b>
<b>Загальна продуктивність 3-х технологічних ліній</b>	<b>65370</b>	<b>50086</b>	<b>7951</b>

Як видно з табл.1, визначені заміром потужності технологічних ліній та окремих споруд відрізняються від проектної.

Причини зменшення стоків на теперішній час: неповна потужність роботи Криворізької ТЕС, де замість 10 працює тільки 2-3 блоки, зменшення чисельності населення міста Зеленодольськ, а також установка населенням вимірювальних лічильників, що призводить до більш економного і раціонального споживання населенням питної води. На 2006 р. у місті проживало 17 тис. жителів, зараз проживає 13 тис.

Аналіз наявних матеріалів і фактичної роботи споруд дозволив нам виявити ряд помилок і недоробок в технологічній схемі, які істотно знижують ефективність роботи окремо кожної споруди і призвели практично до повного руйнування всього комплексу очищення стоків, а саме:

- не передбачена установка приладів обліку припливу стічних вод на кожну з технологічних ліній, у зв'язку з цим відсутня можливість оперативних перемикачів, пов'язаних з нерівномірністю потужностей;

- не передбачено розділення мінеральних речовин з пісколовок та осаду первинних і вторинних відстійників, які видаляються на мулові майданчики;

- робота краплинних біофільтрів не може бути ефективною унаслідок заниженого об'єму вентиляційних вікон. Згідно зі СНіП 2.04.03-85 вентиляційні вікна на краплинних біофільтрах повинні розташовуватися по всьому периметру і займати 1/5 частини поверхні біофільтра. На діючих біологічних спорудах вентиляційні вікна розташовані лише з однієї – внутрішньої сторони стіни біофільтра. Унаслідок недостатньої площі вентиляційних вікон об'єм повітря, що поступає через них, не може забезпечити процес проведення біологічного очищення стоків в повному об'ємі (фото 1).

Слід також зазначити, що на 2-ій технологічній лінії була виявлена повна кульматація 2-х пісколовок, трубопроводів, повністю зруйнована внутрішня частина металоконструкції пісколовки, що являється основною причиною недієздатності механічного очищення на даній технологічній лінії. Як наслідок, вийшла з ладу система видалення мулу із первинних відстійників даної технологічної лінії. Аналіз показує, що і решта технологічних вузлів споруд механічного очищення не підлягає експлуатації із-за фізичного зносу (фото 2, 3). Всі ці проблеми внаслідок їх підвищеної складності вимагають значного об'єму фінансування і тривалого часу виконання.

Щоб зменшити негативні наслідки, що склалися на очисних спорудах, необхідно:





Фото 1 – Біофільтри першої технологічної лінії



Фото 2 – Вертикальна пісколовка другої технологічної лінії 1<sup>а</sup> (вид збоку)

1. Стоки 2-ої технологічної лінії перерозподілити до 1, 3-ої технологічних ліній.
2. Споруди 2-ої технологічної лінії вивести з експлуатації до капітального ремонту і залишити в роботі лише вторинні відстійники.



Фото 3 – Вертикальна пісколовка другої технологічної лінії 1<sup>а</sup> (вид зверху)

3. Після механічного очищення стоки 1-ої технологічної лінії направити на аерофільтри до 3-ої технологічної лінії (рис.1) і контролювати роботу реактивного зрошувача. Щоб процес зрошування протікав практично безперервно, біофільтри вивести з експлуатації, так як об'єм вентиляційних вікон занижено. При роботі аерофільтрів стежити, щоб заслінки на вентиляційних вікнах міждонного простору були щільно закриті, а в разі зупинки роботи вентилятора – відкриті.

Нами визначено склад та ефективність очистки води, які наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Концентрація домішок в стічних водах на вході та на виході з очисних споруд

Найменування показників	ГДК на випуску стічних вод після очисних споруд, мг/дм <sup>3</sup>	Фактична концентрація домішок на очисних спорудах		Усереднена ефективність очистки, %
		Вхід, мг/дм <sup>3</sup>	Вихід очищених стічних вод, мг/дм <sup>3</sup>	
Зважені речовини	15	175	74	62
БСК <sub>5</sub>	15	137	71	56
Сухий залишок	1500	800	595	-
Сульфати	500	98	82	-
Хлориди	350	56	49	-
Азот амонійний	2	36	14	58
Нітриди	3,3	Відсутня	0,93	-
Нітрати	45	Відсутня	1,9	-
Фосфати	3,5	14	12	20



Для забезпечення високого ступеня очищення виробничих стічних вод у ряді випадків одного біохімічного очищення недостатньо, тому в останні роки зростає попит на використання фізико-хімічних методів, зокрема реагентного.

Дані наших досліджень показують, що значного підвищення ефективності реагентного способу можна добитися оптимізацією технології очищення з використанням флокулянтів.

Очистка природних та стічних вод з додаванням флокулянтів у вторинні відстійники підвищує ступінь освітлення і знебарвлення води на 10-40%.

У якості реагенту нами рекомендовано використовувати високомолекулярний катіонний органічний флокулянт серії FLOPAM™ марки О 4140 SH.

Унікальна характеристика флокулянтів дає можливість підприємствам з очищення стічних вод користуватися перевагами гнучкості варіантів очищення.

Полімерний флокулянт аніонний поліакриламід серії FLOPAM повністю розчиняється у воді, доступний у вигляді сухого порошку і у формі емульсії.

Аніонний поліакриламід – це загальне найменування для сімейства макромолекул з великими молекулярними масами, синтезованих вільно-радикальною полімеризацією акриламида і аніонного полімеру (в основному натрієвими солями акрилової кислоти – акрилатами натрію). Не має токсичної дії на водні організми і мікроорганізми. Аніонні функціональні групи не впливають на функціонування зябер риб і респіраторів дафній.

За результатами проведених випробувань на очисних спорудах найкраща якість очищення стічних вод з низькою температурою повітря в грудні досягається при дозі флокулянта  $2,0 \text{ г/м}^3$  за умов:

- середня витрата стічних вод  $7950 \text{ м}^3/\text{добу}$ ;
- концентрація робочого розчину флокулянта  $0,8\%$  ( $8,0 \text{ г/л}$ );
- подача розчину флокулянта через насос-дозатор  $105,0 \text{ л/год.}$ ;
- годинна витрата флокулянта  $0,84 \text{ кг/год.}$ ;
- добова витрата флокулянта  $20,1 \text{ кг/добу}$ ;
- середня доза флокулянта  $2,0 \text{ г/м}^3$ .

Потреба флокулянта на рік складає  $5803,5 \text{ кг}$ .

При вартості  $9,0 \text{ грн}$  за  $1 \text{ кг}$  витрати на флокулянт складуть  $65,2 \text{ грн.}$  на рік.

Вартість та монтаж установки для дозування реагенту –  $160 \text{ тис. грн.}$

Доза флокулянта може мінятися в меншу або більшу сторону залежно від якості стоків, що обробляються. Відповідно витрата флокулянта буде змінюватися в залежності від встановленої дози. Остаточну норму витрати можливо встановити після 5-6 місяців роботи споруд.

**Висновки.** Одним з основних напрямів роботи з охорони водних ресурсів є впровадження нових технологічних процесів виробництва, перехід на замкнуті (безстічні) цикли водопостачання, де очищені стічні води не скидаються, а багато разів використовуються в технологічних процесах. Замкнуті цикли промислового водопостачання дадуть можливість повністю ліквідувати скидання стічних вод в поверхневі водоймища, а свіжу воду використовувати для поповнення безповоротних втрат. Отже, пошуки та впровадження більш надійних систем очищення стічних вод до нормативів водозворотних циклів на сьогодні впроваджувати актуально. В даній роботі пропонується один із варіантів удосконалення системи очищення стічних вод за рахунок ряду конструктивних рішень та додаткової хімічної обробки води флокулянтом.

Напрямок подальших досліджень може стати визначення питомих витрат різних марок флокулянтів із серії FLOPAM за умов утворення та якості побутових і стічних вод від різних організацій міста, а також Криворізької ТЕС, ТОВ „Спецбудмон-

таж”, заводу „Континент” та інших, порівняння ефективності очистки води з використанням традиційних флокулянтів та коагулянтів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Яковлев С.В. Очистка производственных сточных вод / Яковлев С.В. // – М.: Стройиздат, 1995. – 335 с.
2. Яковлев С.В. Биохимические процессы / Яковлев С.В. – М.: Стройиздат, 1997. – 300с.
3. Запольський А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А.К.Запольський, Н.А.Кліменко. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
4. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений. – М.: (СанПиН № 4630-88) Минздрав СССР, 1988. – 112 с.
5. Щодо охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Наказ №93 від 28.04.99. – К.: Мінекобезпеки України, 1999. – 15 с.

УДК 631.895

ВОЛОШИН М.Д., д.т.н., професор  
БАГНО А.О., асистент

Дніпродзержинський державний технічний університет

### **ВПЛИВ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД ЯК МОДИФІКУЮЧОЇ ДОБАВКИ НА ЯКІСТЬ СКЛАДНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

**Вступ.** Виробництво мінеральних добрив в Україні базується на крупнотоннажних установках, які споживають величезну кількість енергетичних та матеріальних ресурсів, зокрема, природного газу, теплової та електричної енергії, імпортованих фосфоритів, вапняку і ін. В той же час мінеральні добрива, що сьогодні виробляє промисловість України, за якісними показниками не відповідають в певній мірі сучасним агрохімічним вимогам. Вони містять переважно один, рідше два основних елементи живлення і не містять мікроелементів та стимуляторів росту рослин.

Наразі практично відсутні освоєні технології виготовлення високоефективних модифікованих мінеральних чи органо-мінеральних добрив, які б вироблялись для потреб конкретного аграрного споживача. В той же час на промислових підприємствах та комунальних господарствах наявні великі кількості відходів, що містять речовини, які можуть слугувати джерелами модифікуючих добавок до мінеральних добрив для покращення їх агрохімічних властивостей.

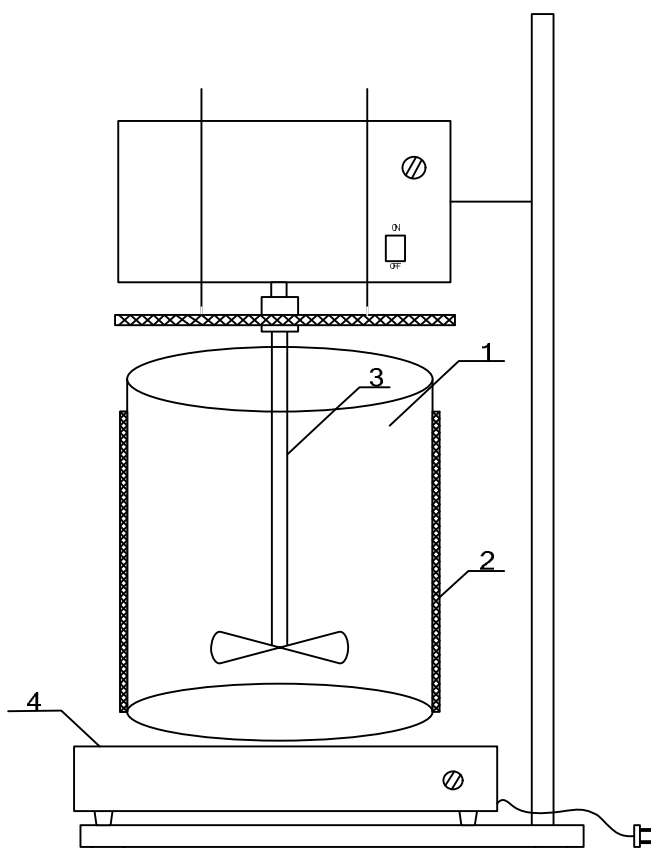
Для поліпшення фізико-хімічних і механічних характеристик гранульованих мінеральних добрив широко використовують добавки. Найціннішими є добавки, що містять важливі для розвитку рослин мікроелементи. Їх можна одержувати із промислових і побутових відходів, одночасно вирішуючи питання створення безвідходних виробництв.

У роботах [1-4] показано, що використання таких промислових відходів, як кек (твердий продукт біологічного очищення стічних вод підприємства) і відпрацьований оксидний мідно-цинковий каталізатор конверсії оксиду вуглецю марки НТК-СО у кількості 1-5%(мас.) в якості модифікуючих добавок дозволяє підвищити механічну міцність гранул аміачної селітри та карбаміду в 2,0-2,5 рази, різко збільшує термостабільність гранул і істотно зменшує їх злежуваність.

**Постановка задачі.** Як відомо, осади стічних вод (ОСВ) мають дуже неприємний запах, основними компонентами якого є сірководень та меркаптани. В літературі описано багато методів очищення газу, що виділяється при складуванні ОСВ, але методів, що направлені на ліквідацію причини виділення неприємного запаху, дуже мало. Основним з методів, що широко застосовується для ліквідації неприємного запаху зневоднених ОСВ є біотермічна обробка (компостування) останніх в суміші з наповнювачем при постійній аерації і підвищеній температурі (близько  $60^{\circ}\text{C}$ ). Інші методи зводяться до обробки ОСВ хімічними реагентами – кислотами, лугами, солями при високих температурах і тисках у кількості від 1 до 40% від маси осаду, що значно підвищує матеріальні витрати і практично виключає застосування даних методів на станціях очищення стічних вод.

Для усунення неприємного запаху ОСВ за короткий проміжок часу і з метою покращення агрохімічних властивостей складних NP або NPK добрив пропонується введення ОСВ лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська як модифікуючої добавки (у кількості 2-8% від маси мінеральних солей) на стадії амонізації виробництва добрив.

**Результати роботи.** Дослідження проводилися на установці (рис.1), яка імітувала одночасно стадію амонізації та випарювання та складалася зі скляного реактора, футерованого ззовні азбестовим матеріалом для запобігання втрат тепла системи, мішалки з електродвигуном з можливістю регулювання обертів двигуна, електричної печі для підтримання температури в реакторі на рівні  $100-105^{\circ}\text{C}$  (як у виробництві NP добрив).



1 – скляний реактор, 2 – азбестовий матеріал,  
3 – мішалка з електродвигуном, 4 – електрична піч

Рисунок 1 – Схема лабораторної установки 1

У скляний реактор приливали екстракційну фосфорну кислоту (22,2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) і нагрівали суміш до 70°C при постійному перемішуванні.

Зважували на аналітичних терезах Axis AD500 наважку ОСВ з вологістю 85-95% (в залежності від терміну зберігання) і вносили її в реактор з кислотою. Після ретельного перемішування ЕФК з ОСВ нейтралізували 25%-вим розчином NH<sub>4</sub>OH до значення рН 4,8-5,5.

За рахунок виділення тепла температура в реакторі піднімалася до 100°C, яку підтримували на такому рівні за допомогою електричної печі для випарювання амонізованої пульпи до стану плаву при постійному перемішуванні. Значення рН перевіряли через 30 хвилин.

Після того, як пульпа втрачала рухливість, реактор знімали з печі, виливали пульпу в ємність і давали їй кристалізуватися.

Отримане добриво підсушували до постійної маси в сушильній шафі при температурі 100-105°C.

Як показали дослідження [5], якісний склад ОСВ досить суттєво змінюється на протязі терміну його зберігання на мулових картах очисних споруд, тому з метою визначення впливу ОСВ різного складу як модифікуючої добавки на фізико-хімічні властивості складних NP добрив було отримано дванадцять зразків добрива з вмістом ОСВ 2, 5 та 8% і терміном зберігання: свіжий, до півроку та рік (табл.1).

Таблиця 1 – План проведення експерименту зі встановлення можливості модифікування амофосу осадами стічних вод

№ зразку	Термін зберігання осаду на муловій карті	Кількість внесеного осаду у амофос, в %	рН
1	1 рік	8	5,5
2	Свіжий осад	8	5,5
3	1 рік	2	5,5
4	Свіжий осад	2	5,5
5	1 рік	8	4,8
6	Свіжий осад	8	4,8
7	1 рік	2	4,8
8	Свіжий осад	2	4,8
9	До півроку	5	5,15
10		5	5,15
11		5	5,15
12		5	5,15

Для визначення якості добрив було обрано загальноприйняту методику визначення вмісту органічного вуглецю мокрим спалюванням (за Тюриним), масової частки амонійного азоту в складних добривах (хлораминовий метод), вмісту фосфору по жовтому фосфорванадієвомолібденовому комплексу (диференціальний фотометричний метод).

Отримане модифіковане добриво аналізували за наступними показниками:

- 1) вміст живильних речовин – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, азот амонійний;
- 2) вміст органічної речовини;
- 3) вміст рухомих та валових форм важких металів;
- 4) вміст гумінових речовин.

Результати досліджень наведено в табл.2-4.

Таблиця 2 – Хімічний склад модифікованого амофосу із вмістом ОСВ 2%

Термін зберігання ОСВ	рН	Вміст, %		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> – N	Органічна речовина
Свіжий	5,5	51,8	11,7	0,55
1 рік	5,5	52,0	11,7	0,5
Свіжий	4,8	51,5	11,1	0,55
1 рік	4,8	51,8	11,1	0,5

Таблиця 3 – Хімічний склад модифікованого амофосу із вмістом ОСВ 5%

Термін зберігання ОСВ	рН	Вміст, %		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> – N	Органічна речовина
Свіжий	5,15	50,8	11,3	1,5
1 рік	5,15	50,8	11,2	1,5
Свіжий	5,15	50,8	11,3	1,5
1 рік	5,15	50,8	11,3	1,5

Таблиця 4 – Хімічний склад модифікованого амофосу із вмістом ОСВ 8%

Термін зберігання ОСВ	рН	Вміст, %		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> – N	Органічна речовина
Свіжий	5,5	50,0	11,2	2,7
1 рік	5,5	50,0	11,3	2,0
Свіжий	4,8	50,0	10,7	2,4
1 рік	4,8	50,0	10,8	1,9

За результатами досліджень встановлено вплив кількості ОСВ на вміст основних живильних компонентів складних добрив на прикладі амофосу. Визначено, що вміст азоту залежить від величини рН нейтралізованого розчину кислоти, при цьому кількість внесеного ОСВ на нього не впливає, тоді як вміст фосфору зменшується із збільшенням добавки ОСВ з 51,8 до 50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, але не виходить за межі ТУУ 24.1-31980517-001-2003. Крім того, як видно з табл.2-4, використання свіжого ОСВ дозволяє не тільки отримати добриво з більшим вмістом органічної речовини у порівнянні з ОСВ, що зберігався на мулових картах на протязі року, а й запобігти забрудненню доквілля при його зберіганні. Слід зазначити, що використання ОСВ у кількості 8% не є граничною величиною, але, на наш погляд, збільшення кількості осаду не має сенсу внаслідок високої вологості ОСВ (~ 90%) і великої кількості внесеної води у технологічний процес виробництва мінеральних добрив, а також зменшення вмісту фосфору нижче регламентованих значень.

До найважливіших показників добрив можна віднести також вміст важких металів (ВМ), тому було проведено дослідження модифікованого добрива з 5% добавкою ОСВ на вміст валових та рухомих форм ВМ (табл.5).



Таблиця 5 – Вміст валових та рухомих форм важких металів у зразках модифікованого амофосу

Вміст важких металів, мг/кг												
Cd		Pb		Ni		Fe	Zn		Cu		Mn	
Вал	Рух	Вал	Рух	Вал	Рух	Вал	Вал	Рух	Вал	Рух	Вал	Рух
6,0	5,0	7,3	2,5	5,5	2,9	4144	549,7	250	18,3	1,5	2,22	2,0

Визначення проводилося методом атомно-абсорбційної спектроскопії з полум'яною атомізацією, у якості екстрагенту використовувалася  $\text{HNO}_3$  (1:1) та ацетатно-амонійний буферний розчин з рН 4,8.

Дані табл. 5 показують, що вміст особливо небезпечних важких металів Cd та Pb у добриві, модифікованому ОСВ, практично ідентичний їх вмісту у стандартному добриві і не перевищує гігієнічних нормативів, що становлять відповідно 8 та 15 мг/кг, встановлених в ЕКОГІНТОКСі [5, 6]. Що стосується вмісту цинку, міді та марганцю, які вважаються мікроелементами, то, враховуючи їх постійне винесення з врожаєм, відсутність в Україні виробництва мікродобрив та зменшення норм внесення органічних добрив, що містять в своєму складі деяку кількість мікроелементів, стає очевидною перевага модифікованого добрива з агрохімічної точки зору.

Згідно з проведеними дослідженнями [7] ОСВ майже наполовину складається з органічної речовини, яка представлена в основному гумусом. Гумус – це продукт тривалої трансформації за певних умов залишків живих і рослинних організмів, що визначає родючість ґрунтів. У свою чергу основою гумусу є гумінові кислоти.

Під поняттям "гумінові кислоти" розуміється цілий клас високомолекулярних сполук, об'єднаних загальною будовою. Їхня молекулярна маса може коливатися від 1500 до 15000. Завдяки своїй будові та набору різних функціональних груп, гумінові кислоти мають ряд властивостей, до числа яких відноситься стимулююча дія на ріст і розвиток рослин, зв'язування і фіксація катіонів важких металів і радіоактивних елементів, а також пестицидів й детергентів. Однак внаслідок поганої розчинності у воді (гумінові кислоти практично нерозчинні у воді за винятком невеликої їхньої частини, названої фульвокислотами) біологічна активність природних гумінових кислот дуже мала. Саме тому для забезпечення родючості вміст гумусу в ґрунті (тобто гумінових речовин) повинен бути набагато більшим. Цю проблему в 50-х роках минулого століття в Дніпропетровському аграрному університеті вирішила Лідія Христева [8], обробляючи гумінові кислоти лужними агентами. Така обробка переводить їх у водорозчинні солі – гумати калію, натрію або амонію, що володіють високою біологічною активністю.

Тому, враховуючи той факт, що органічна речовина ОСВ в процесі отримання модифікованих добрив обробляється аміаком, можна припустити утворення гумітів амонію. З цією метою були проведені дослідження на вміст гумінових речовин осадів стічних вод та зразків модифікованого добрива в лабораторії гумінових речовин ім. Л.А.Христевої в Дніпропетровському державному аграрному університеті. Результати досліджень представлені в табл.6.

Таблиця 6 – Результати досліджень вмісту гумінових речовин у зразках ОСВ та модифікованого амофосу

Зразок	Свіжий осад	ОСВ півроку	ОСВ 1 рік	ОСВ 1,5 року	Амофос + 8% ОСВ 1 рік	Амофос + 5% ОСВ півроку	Амофос + 2% свіжий ОСВ
Вміст гумінових речовин, (%)	0,670	0,308	0,353	0,249	0,043	0,038	0,025

За даними табл.6 можна зробити висновок, що ОСВ не можна розглядати як повноцінне джерело гумінових речовин внаслідок дуже низького їх вмісту (до 1%), у порівнянні в торфі їх міститься 10-20%, а в бурому вугіллі 40-80%, але за умови внесення значних доз модифікованого добрива (100-150кг фосфору на 1га) стимулююча дія гумінових речовин буде проявлятися.

**Висновки.** Отже за результатами аналізів модифікованого NP добрива, отриманого шляхом додавання ОСВ в пульпу на стадії амонізації виробництва амофосу, можна зробити висновок про доцільність використання ОСВ як модифікатора складних добрив та можливості зниження негативного навантаження при зберіганні осадів на мулових картах на навколишнє середовище. Слід зазначити, що найбільш доцільним з економічної та екологічної точок зору є використання свіжого ОСВ, завдяки більшому вмісту поживних речовин та органіки, але стримуючим фактором при цьому є його висока вологість. Тому подальші дослідження будуть направлені на зниження вологості ОСВ за допомогою фізичних та хімічних методів безпосередньо на очисних спорудах і збільшення кількості осаду, що використовується як модифікуюча добавка до складу мінеральних добрив.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Стрельцов О.А. Использование промышленных отходов для кондиционирования минеральных удобрений / О.А.Стрельцов, О.С.Федун // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №4. – С.40-42.
2. Пат. 20570 А Україна МПК<sup>7</sup> C05C 1/02. Спосіб одержання аміачної селітри / О.С.Федун, Ю.А.Вахрушев, М.І.Корчака, О.А.Стрельцов; заявник та патентовласник Федун О.С., Вахрушев Ю.А., Корчака М.І., Стрельцов О.А. – №96114369; заявл. 21.11.1996; опубл.15.07.1997, Бюл. № 0.
3. Пат. 32489 Україна. МПК<sup>7</sup> C05C 1/02. Спосіб модифікування аміачної селітри / О.С.Федун, Ю.А.Вахрушев, М.І.Корчака, О.А.Стрельцов; заявник та патентовласник Федун О.С., Вахрушев Ю.А., Корчака М.І., Стрельцов О.А. – №4724120/SU; заявл. 26.07.1989; опубл. 15.12.2000, Бюл. №7.
4. Стрельцов О.А. Кондиционирование гранулированной аммиачной селитры отходом биологической очистки сточных вод завода минеральных удобрений / О.А.Стрельцов, Ю.А.Вахрушев, Н.И.Корчака, О.С.Федун // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2001. – №2. – С.35-37.
5. Багно А.О. Порівняльна оцінка фітотоксичності складних добрив вироблених з різних видів сирльвіни / А.О.Багно, М.Д.Волошин, А.Б.Шестозуб // Збірник матеріалів ІV Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин, 14-16 жовтня 2008 р. – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2008. – С.232-233.
6. Деякі аспекти проблеми вирощування якісної рослинницької продукції при застосуванні мінеральних добрив та методичні підходи щодо токсиколого-гігієнічної їх оцінки [Електронний ресурс] / І.В.Мудрий, І.В.Лепьошкін // Проблеми харчування. – 2005. – №4. – Режим доступу до журн.; [http://www.medved.kiev.ua/arh\\_nutr/art\\_2005/n05\\_4\\_11.htm](http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2005/n05_4_11.htm).
7. Багно А.О. Дослідження якісного складу осаду міських стічних вод в залежності від терміну зберігання на мулових картах / А.О.Багно, М.Д.Волошин // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск “Хімія, хімічна технологія та екологія”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2010. – № 10. – С.57–65.
8. Христева Л.А. Стимулирующее влияние гуминовой кислоты на рост высших растений и природа этого явления // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения / Л.А.Христева. – Харьков, 1957. – Ч. 1. – С.75.

Днепродзержинский государственный технический университет

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ Г. ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКА)**

**Введение.** На сегодняшний день одной из главных задач в области системы водоотведения является реконструкция действующих очистных сооружений канализации. Существующие сети водоотведения в Украине были построены по «однотипному проекту» в 60-х, 70-х годах XX столетия и на протяжении длительного времени соответствовали стандартам очистки. Очистные сооружения устарели и не обеспечивают надлежащей очистки сточных вод [1]. Поступление недостаточно очищенных сточных вод промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов и т.д. во внутренние водоёмы стало источником загрязнения рек и озёр, причиной эвтрофикации водоёмов (интенсивное цветение водорослей) [2, 3].

Очистные сооружения канализации г. Днепродзержинска (левый берег) построены в 70-е годы по традиционной схеме (механическая – биологическая – химическая очистка) [4]. Стоки на входе в камеру гашения содержат более 20 мг/дм<sup>3</sup> фосфатов. На очистных сооружениях г. Днепродзержинска не достигается доведение концентрации фосфатов в сточной воде до предельно допустимых концентраций (ПДК) – 3,5 мг/дм<sup>3</sup>.

**Постановка задачи.** Задачей является показать, какими методами в сточной воде с повышенным содержанием фосфатов возможно доведение концентрации загрязнителей до предельно допустимых норм на примере городских очистных сооружений левого берега г. Днепродзержинска.

В табл.1 представлена характеристика стоков, которые поступают на очистные сооружения, очищенных сточных вод и предельно допустимые концентрации веществ для сброса в водоёмы [5].

Таблица 1 – Качество сточных вод, которые поступают на очистные сооружения, очищенных стоков в сравнении с предельно допустимыми показателями

Наименование показателей	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>		
	неочищенных сточных вод	очищенных сточных вод	предельно допустимая
рН (условные единицы)	7,95	7,00	6,50 - 8,50
Общее железо	4,60	0,74	0,30
Аммоний солевой	35,50	7,10	2,00
Фосфаты	22,00	12,40	3,50
Хлориды	125,60	58,20	95,00
ХПК	428,00	64,30	30,00
БПК	261,00	5,10	3,00
Свободный кислород	0,75	4,30	3,00 - 7,00
Нефтепродукты	3,00	0,30	0,30
Сульфаты	78,90	55,30	90,00
АПАВ	2,20	0,118	0,20
Взвешенные вещества	145,60	10,00	7,80

Видно, что сточные воды, поступающие на очистку, содержат  $22 \text{ мг/дм}^3$ , а очищенные стоки содержат  $12,4 \text{ мг/дм}^3$  фосфатов. Поэтому эффективность очистки сточной воды от фосфатов левого берега г. Днепродзержинска составляет  $43,64\%$ . Проблема доочистки сточной воды от фосфатов актуальна.

**Результаты работы.** Характерной особенностью очистных сооружений левого берега г. Днепродзержинска является цикличность поступления стоков. Динамика поступления сточных вод на очистные сооружения представлена на рис. 1.

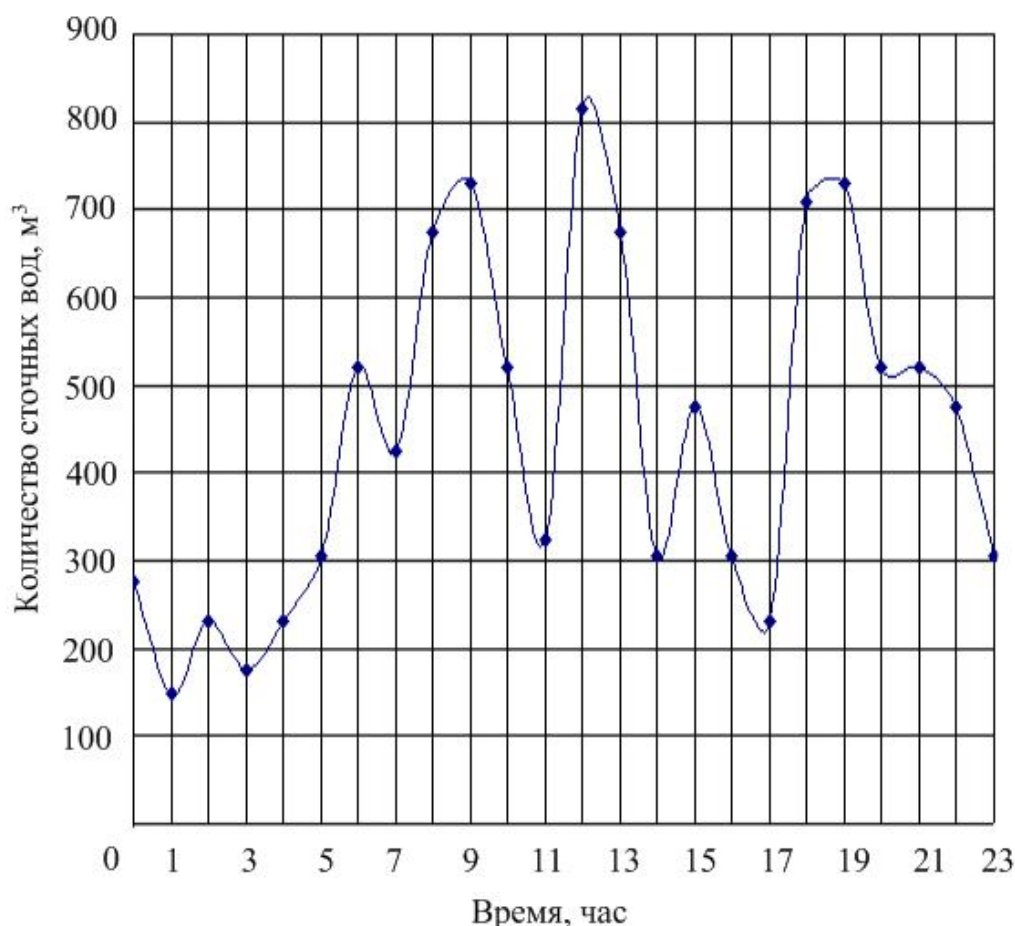


Рисунок 1 – Динамика поступления сточной воды на очистные сооружения левого берега г. Днепродзержинска за сутки

Такие колебания объемов стоков негативно влияют на технологию очистки сточных вод, в том числе от фосфатов. Очистные сооружения рассчитаны на равномерное поступление стоков. На очистных сооружениях левого берега г. Днепродзержинска существует необходимость регулирования состава и расхода сточных вод при помощи усреднителя. Постоянный расход и усреднённая концентрация фосфатов в стоках увеличит эффективность очистки стоков на всех этапах очистки. Поэтому реконструкция участков городской системы канализации является необходимым условием для улучшения качества очистки сточной воды от соединений фосфора.

На очистных сооружениях г. Днепродзержинска для усреднения стоков с содержанием взвешенных веществ до  $500 \text{ мг/дм}^3$  гидравлической крупностью до  $10 \text{ мм/с}$  необходимо применять усреднитель барботажного типа.

Объём усреднителя  $W_{cir}$ , ( $m^3$ ) при циклических колебаниях стоков рассчитывается по формуле [6]:

$$W_{cir} = 1,3q_w t_{cir} K_{av} \text{ при } K_{av} = 5 \text{ и более,} \quad (1)$$

где  $q_w$  – расход сточных вод,  $m^3/ч$ ;

$t_{cir}$  – период цикла колебаний, ч;

$K_{av}$  – коэффициент усреднения, определяемый по формуле (2).

Требуемый коэффициент усреднения

$$K_{av} = \frac{C_{max} - C_{mid}}{C_{adm} - C_{mid}}, \quad (2)$$

здесь  $C_{max}$  – концентрация загрязнений в залповом потоке;

$C_{mid}$  – средняя концентрация загрязнений в сточных водах;

$C_{adm}$  – концентрация, допустимая по условиям работы последующих сооружений.

Используя формулы (1), (2) был получен объём усреднителя, необходимого для левобережных очистных сооружений г. Днепродзержинска, который равен  $16400 m^3$ .

При разработке технологии доочистки сточной воды от фосфатов актуально применять реагентную обработку стоков после вторичного отстойника, которые предварительно прошли биологическую очистку в аэротенке.

После биологической очистки фосфор в стоках находится в форме ортофосфатов. Были проведены исследования с использованием сточной воды, отобранной после вторичных отстойников левобережных очистных сооружений г. Днепродзержинска. Концентрация фосфатов в стоках составляла  $11,25 \text{ мг/дм}^3$ . Из экспериментальных исследований следует, что при дозе  $Al_2(SO_4)_3$   $50 \text{ мг/дм}^3$  происходит доведение концентрации фосфатов до предельно допустимых норм ( $3,5 \text{ мг/дм}^3$ ) [7].

Итак, перспективным методом для очистки стоков с повышенным содержанием фосфатов является использование в качестве реагента сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ .

Сульфат алюминия является основным коагулянтом, применяющимся для очистки городских сточных вод, а также для их осветления и обесцвечивания. Этому способствует его простота получения, хорошая растворимость, отсутствие особых требований к обращению с сухим и растворённым продуктом, высокая эффективность при очистке воды.

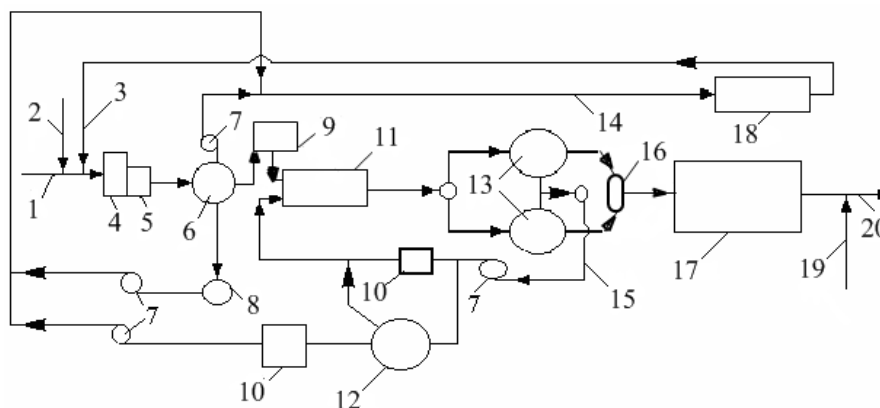
На рис.2 предлагается потоковая схема очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод очистных сооружений канализации.

Согласно этой схемы предлагается в традиционную схему очистных сооружений канализации внедрение усреднителя для регулирования состава и расхода стоков (9). С целью доведения содержания фосфора в стоках до допустимых норм предлагается на стадии реагентной доочистки (16) использовать сульфат алюминия.

#### **Выводы:**

1. Характерной особенностью очистных сооружений левого берега г. Днепродзержинска является цикличность поступления стоков. Постоянный расход и усредненная концентрация фосфатов в стоках увеличивают эффективность очистки стоков на всех этапах очистки. Рассчитан объём усреднителя, необходимого для левобережных очистных сооружений г. Днепродзержинска, который равен  $16400 m^3$ .

2. При разработке технологии доочистки сточной воды от фосфатов актуально применять реагентную обработку стоков после вторичного отстойника; при дозе сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3$   $50 \text{ мг/дм}^3$  происходит доведение концентрации фосфатов до гранично допустимых норм ( $3,5 \text{ мг/дм}^3$ ).



1 – хозяйственно-бытовые сточные воды; 2 – промышленные стоки; 3 – дренажные сточные воды; 4 – решётки; 5 – песколовки; 6 – первичный радиальный отстойник; 7 – насосы; 8 – жиросборник; 9 – усреднитель; 10 – иловые резервуары; 11 – аэротенк; 12 – илоуплотнитель; 13 – вторичные отстойники; 14 – сырой осадок и уплотненный ил; 15 – активный ил; 16 – реагентная доочистка; 17 – биологические пруды; 18 – иловые площадки; 19 – хлорная вода; 20 – очищенные сточные воды

Рисунок 2 – Предложенная схема доочистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод очистных сооружений канализации

3. Предложена технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод с повышенным содержанием фосфатов. Предлагается в традиционную схему очистных сооружений канализации внедрение усреднителя для регулирования состава и расхода стоков. С целью доведения содержания фосфора в стоках до допустимых норм предлагается на стадии реагентной доочистки использовать сульфат алюминия.

В дальнейшем будет производиться подбор коагулянтов для глубокой очистки сточных вод от фосфатов и других примесей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Петросов В.А. Актуальные проблемы водоснабжения и водоотведения: сборник материалов международной научно-практической конференции / Петросов В.А., Колотило В.Д., Кобылянский В.Я. – Харьков. – 1999. – С.55-56.
2. Карюхина Т.А. Контроль качества воды / Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н. – М.: Стройиздат, 1986 – 526с.
3. Удаление соединений фосфора из сточных вод / [Подорван Н.И., Глоба Л.И., Куликов Н.И., Гвоздяк П.И.]. – М.: Стройиздат // Химия и технология воды. – 2004. – 26, № 6 – С.591-606с.
4. Технологический регламент КП “Днепродзержинское ПУВКХ” левого берега. Днепродзержинск, 2000. – 65с.
5. Беспмятнов Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник / Беспмятнов Г.П., Кротов Ю.А. – Л.: Химия, 1985. – 528с.
6. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85. – М.: Стройиздат, 1986. – 233с.
7. Иванченко А.В. Використання сульфату алюмінію для доочистки міської стічної води від фосфатів / Иванченко А.В. Очеретнюк О.Р., Волошин М.Д. // Сучасні проблеми нано-, енерго- та ресурсозберігаючих і екологічно орієнтованих хімічних технологій: міжнародна наук.-техн. конф., 27 – 28 травня 2010 р.: тези доп. – Харків. – С.298.