

## Секція 2

# **Утилізація та екологічні проблеми**

УДК 661.632:628.477

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ФОСФАТНИХ ДОБРИВ В ІММ-ТЕХНОЛОГІЇ

**Вазієв Я. Г., Ніколаєнко Є. В., Мараховська О. Ю.**

Шосткинський інститут Сумського державного університету  
41100, м. Шостка, вул. Інститутська, 1  
ra.november@gmail.com

У випадку розливу кислот або кислих відходів виробництв (наприклад, гальванічні відходи, що містять метали Cu, Ni, солі стронцію та інших металів) виникають проблеми їх утилізації. Найчастіше такі проблеми розв'язують шляхом нейтралізації за допомогою лужних реагентів та розбавленням водою.

З літературних джерел відомо, про використання цементу та композицій на його основі для іммобілізації розчинів, що містять радіоактивні метали, але ці методи не придатні для зв'язування кислих розчинів.

З іншого боку утилізація великотоннажних промислових відходів - одна з найбільш актуальних екологічних проблем. До одного з важливих відходів і побічних продуктів хімічної промисловості можна віднести фосфогіпс, який містить сульфатнокислий кальцій з домішками фосфатних солей кальцію - відхід виробництва фосфорних добрив і фосфорної кислоти. В таких відходах вміст  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  доходить до 95 % [1].

Проведені дослідження щодо можливості застосування гіпсового в'язучого у якості твердої матриці для іммобілізації кислих розчинів. При додаванні до кислих розчинів гіпсового в'язучого спостерігали іммобілізацію кислих відходів. Визначення термінів тужавлення в'язучого проводили відповідно з ДСТУ Б В.2.7-82-99.

У якості сировини для отримання твердої матриці з активованого гіпсового в'язучого в дослідженнях використовувалися відходи виробництва фосфатних добрив ВАТ «Сумхімпром». За складом активоване в'язуче відповідає ДСТУ Б В.2.7-1-93. Фосфогіпс рядовий. Технічні умови.

У випадку з використанням  $\text{HNO}_3$  до 20 % спостерігали зменшення часу тужавлення та утворення твердої композиції на основі в'язучого з фосфогіпсу та іммобілізованої в матрицю  $\text{HNO}_3$ .

При змочуванні твердої композиції водою, протягом 24 годин значення рН змочувальної рідини не змінюється, що свідчить про те що кислота повністю іммобілізувалася в тверду матрицю з гіпсового в'язучого. Зроблено припущення, що іммобілізація нітратної кислоти відбувається за рахунок утворення подвійних солей [2].

Дослідження дозволили розробити в'язучу композицію на основі фосфогіпсу та використовувати її для іммобілізації кислот, якщо виникає їх розлив при транспортуванні, на підприємствах та в лабораторних умовах. Запропонований підхід до іммобілізації дозволяє оперативно, ефективно та безпечно утилізувати рідкі відходи з кислотою реакцією середовища.

За результатами досліджень на в'язучу композицію отримано патент України.

Джерела інформації

1. Ахмедов М. А. Фосфогіпс. Исследование и применение / М. А. Ахмедов, Т. А. Атакузиев. – Ташкент: Фан, 1980. - 174с.
2. Петрова Л. В. Химия вяжущих строительных материалов / Л. В. Петрова. – 3-е изд., испр. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 64 с.

УДК 628.39(477.6):504

## ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Л. В. Чайка, А. С. Николаенко

Донецкий национальный технический университет

38000, Украина, г. Донецк, ул. Артема, 58

nikolaenko-artem@inbox.ru

Донецк - крупный индустриальный и деловой центр Украины, который по темпам развития занимает лидирующее положение в стране. Основными источниками загрязнения города являются промышленные предприятия и передвижные источники, среди которых автотранспорт занимает ведущее место.

Анализ статистических данных показывает, что за последнее десятилетие доля выбросов от данной группы загрязнителей увеличилась почти вдвое и превышает 40 % (2010 – 2011 годы). При сохранении существующей динамики роста автопарка объемы выбросов от автомобильного транспорта могут вскоре превысить выбросы от стационарных источников.

Компоненты выхлопных газов загрязняют все составляющие биосферы: воздух, верхние слои почв, растительность, с которых вместе с осадками дождя, снега, талыми и сливными водами, попадают в поверхностный водный бассейн.

Целью данного исследования является количественное определение степени поглощения почвенными покровами одного из компонентов выбросов - азота диоксида, который под воздействием внешних факторов трансформируется в нитриты и нитраты.

Объектами были выбраны отдельные участки дорог улиц и перекрестков с интенсивным движением автотранспорта. Отбор проб осуществлялся на расстоянии 30 м от обочины с шагом 3 м. На рисунке 1 представлены в виде диаграмм результаты исследованных проб.

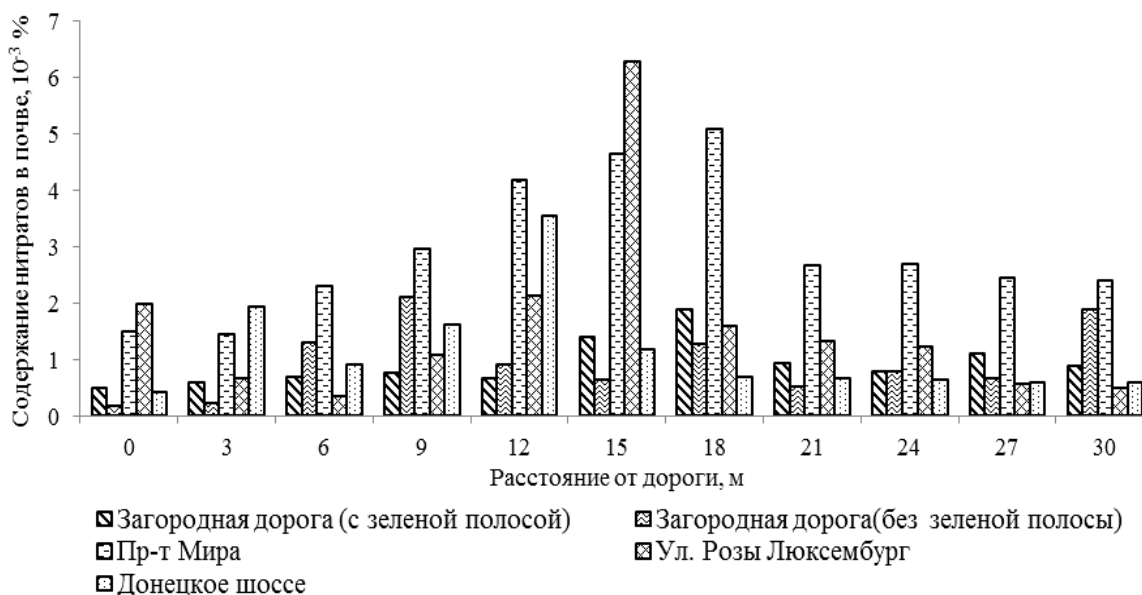


Рисунок 1 – Распределение концентрации нитратов в почвах

Диаграммы показывают, что максимальное содержание нитратов в почвах наблюдается в интервале от 12 до 18 м. Наибольшая амплитуда концентраций соответствует улицам с высокой интенсивностью движения и более длительным отрезком времени между выпадением осадков в виде дождя и отбором проб.

УДК 330.15

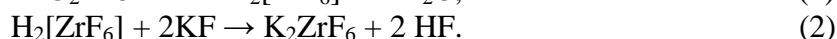
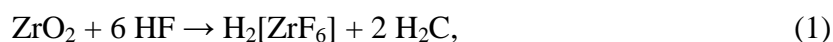
## МОНИТОРИНГ ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНСКОЙ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ФАБРИКИ

**А. В. Булавин, Д. Е. Тасбаш**

Донецкий национальный технический университет  
38000, Украина, г. Донецк, ул. Артема, 58  
dasha-tasbash@mail.ru

Донская химико-металлургическая фабрика расположена в пгт. Донское Волновихского района. В 60-70 гг. в помещении склада взрывчатых веществ было создано хранилище радиоактивных отходов производства, что было связано с производством калия фторниобата и фторцирконата, по схеме, разработанной московским институтом «Гиредмет».

Процесс получения фторцирконата калия заключается в следующем. Во фторопластовый стакан объемом один литр, оборудованный мешалкой, заливали 40 % кислоту фтористоводородную. Включали мешалку и загружали циркония оксид массой 50 г. Пульпу доводили до объема 400 мл, затем нагревали до температуры 95 – 100 °С. В процессе растворения через четыре часа в стакан заливали раствор калия фторида в количестве, необходимом для реакции:



После завершения реакции полученный раствор фильтровали от нерастворимого осадка. Фильтрат охлаждали до  $t = 20$  °С. При этом происходило выделение кристаллов калия фторцирконата. В процессе образуются отходы, обладающие повышенной радиоактивностью, которые размещались в помещении железобетонного склада.

Позднее склад засыпался слоем глины толщиной 0,5 – 0,7 м и слоем земли, толщиной более 1 м. В настоящее время хранилище укрыто насыпным грунтом с размерами 20 × 30 м с плоской вершиной, обозначенный знаками радиационной опасности.

Целью данного исследования является определение целостности защитного насыпного слоя хранилища. Для этого нами проводились радиометрические измерения мощности экспозиционной дозы в атмосферном воздухе на территории захоронения, начиная с ноября 2011 года. Измерения проводились ежемесячно, в дневное время с помощью дозиметра ДРГ-01Т. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение мощности экспозиционной дозы (МЭД) излучения на поверхности захоронения технологических отходов Донской ХМФ

Месяц	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
МЭД, мкР/ч	17	17	17	19	17
Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
МЭД, мкР/ч	18	19	18	19	19

Как видно по таблице, мощность экспозиционной дозы излучения в атмосферном воздухе на территории захоронения за 10 месяцев изменялась в незначительных пределах, и не превышает предельно допустимое значение мощности равное 30 мкР/ч, что свидетельствует об отсутствии нарушений и провалов в защитном насыпном слое.

УДК 661.152.4

**ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ****А.В. Литвиненко, Н.П. Юхименко**Сумский государственный университет  
40007, Украина, г. Сумы, ул. Римского-Корсакова, 2  
ravenatko@yandex.ru

В химической, горнодобывающей, строительной и других отраслях промышленности исходным сырьем или конечным продуктом являются дисперсные вещества, к фракционному составу которых предъявляются высокие требования. Нередко и продукты получают в виде порошка, крупнозернистого материала или гранул, качество которых существенно зависит от их однородности. Разделить полидисперсный материал на узкие фракции с заданным гранулометрическим составом можно путем проведения технологического процесса называемого классификацией, область использования которого чрезвычайно широка. Например, фракционирование гранулированных материалов применяется при получении минеральных удобрений, удаление высокодисперсных частиц (обеспыливание) из подсыпного материала камер обжиговых печей используется при производстве электродов, очистка и подготовка семян к посеву является важнейшей технологической операцией в сельском хозяйстве. Высокая степень разделения при осуществлении процессов классификации дисперсных материалов влияет не только на расходные нормы сырья и его качество, но и определяет производительность и эффективность работы других машин и аппаратов в технологической схеме, что в конечном итоге сказывается на технико - экономических показателях всего производства.

Важным аспектом в процессе классификации является возможность переработки отходов горнорудных предприятий, использующих фракционное сырьё. Большая часть полезной фракции попадает в отходы на производстве, попадая в провал или в унос, вместе с пылевой фракцией.

Для решения поставленной проблемы был спроектирован пневматический классификатор (рис.), который позволяет: 1) удалять тонкодисперсные фракции и получать обеспыленные продукты; 2) удалять крупные фракции и получать тонкодисперсные продукты; 3) выделять из сыпучего материала требуемую фракцию по граничному размеру частиц; 4) выделять из полидисперсного материала более двух фракций с заданным гранулометрическим составом.

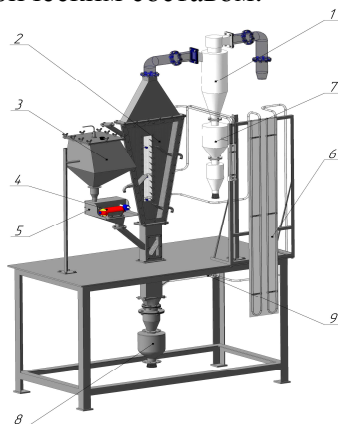


Рис — Схема экспериментальной установки для пневмоклассификации  
1 — циклон; 2 — пневмоклассификатор; 3 — бункер для ввода сырья; 4 — электродвигатель 5 — дозатор; 6 — манометры; 7 — бункер сбора пыли; 8 — бункер сбора тяжелой фракции; 9 - коллектор.

УДК 661.152.4

## КАПСУЛИРОВАНИЕ ГРАНУЛ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ КАК СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

**Р.А. Острога, Н.П. Юхименко**

Сумский государственный университет  
40007, Украина, г. Сумы, ул. Римского-Корсакова, 2  
ruslan-ostroga@yandex.ru

Все виды сельскохозяйственного производства взаимосвязаны с окружающей средой. В результате деятельности сельскохозяйственных предприятий, коммунальных, перерабатывающих и ряда других образуются большое количество органических отходов. К наиболее опасному загрязнению окружающей среды приводят навозные и пометные стоки животноводческих комплексов и птицефабрик. Из образующихся стоков в качестве удобрений используется менее 70%, остальная часть переполняет пруды-накопители, сбрасывается на прилегающие земли, в очистные сооружения и водоемы (в том числе источники питьевого водоснабжения). Даже разбросанные по полям фекалии животных, так или иначе, попадают в подземные воды, загрязняя их соединениями азота в количествах, во много раз превышающих ПДК. Также навоз в сыром виде обладает неблагоприятными свойствами: имеет сильный неприятный запах, содержит множество микроорганизмов, среди которых нередко возбудители опасных заболеваний. По этой причине его подвергают компостированию, при котором большая часть органического вещества разлагается в компостной куче и не попадает в почву. Как следствие этого, плодородие земель продолжает снижаться.

На сегодняшний день очень широко применяются минеральные удобрения. Причина их популярности заключается в том, что они легко поглощаются растениями и дают видимый результат за короткий промежуток времени. Но употребление даже тщательно подобранных для культуры минеральных составляющих не решает проблему плодородия почвы. И если органику можно использовать без минеральных удобрений, то исключительная минерализация почвы не повышает ее влагосодержание и воздухопроницаемость.

В связи со сложившейся экологической обстановкой в последнее время активно пропагандируется использование органо-минеральных удобрений. Причем мировая тенденция такова, что требует получения удобрений не в порошкообразном или кристаллическом виде, а в гранулированном.

Поставленная задача решается капсулированием минеральных гранул органическим веществом (навозом, пометом). Нанесение органической оболочки осуществляется методом дражирования гранул в аппарате кипящего слоя (рис.).

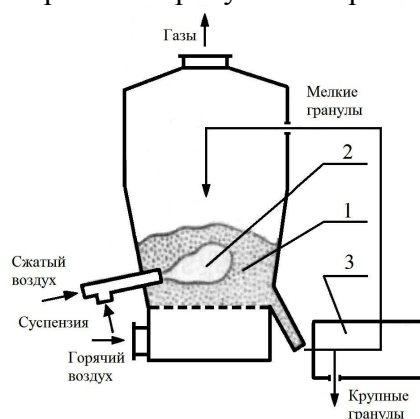


Рис. – Схема и потоки аппарата кипящего слоя:

1 – зона сушки гранул; 2 – зона орошения; 3 – зона сепарации.

УДК 669.213.6

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ДОПОДРІБНЕННЯ РУДНИХ КОНЦЕНТРАТІВ МОКРИМ СПОСОБОМ****О.А. Півоваров, М.І. Воробйова**

Український державний хіміко-технологічний університет

49005, м. Дніпропетровськ, пр-т Гагаріна 8

Rita-vorobyova@yandex.ru

Сучасний стан золотопереробної промисловості характеризується зниженням якості сировини та залученням до експлуатації упорних руд та концентратів, переробка яких із застосуванням традиційної технології вилучення золота ціануванням не забезпечує достатньо високих показників вилуговування дорогоцінних металів і супроводжується підвищеними витратами на окремі технологічні операції. Існує ряд методів, що дозволяють переробляти зазначений вид сировини при досягненні прийнятних технологічних та економічних показників. На сьогоднішній день це варіанти, які базуються на попередній механоактивації сировини мокрим способом з подальшим вилуговуванням одержаних продуктів [1]. Однак недоліком цього методу є недостатня ефективність при значних енерговитратах. Для інтенсифікації подрібнення мокрим способом відомо додавання поверхнево активних речовин. Однак їх застосування пов'язане з подальшим очищенням подрібненої сировини до санітарних норм, що тягне за собою витрати на додаткові технологічні операції. Враховуючи вище зазначене, питання зниження енергоємності та підвищення ефективності доподрібнення рудних концентратів мокрим способом з урахуванням екологічних аспектів є своєчасним та актуальним.

Для інтенсифікації процесу подрібнення рудних концентратів запропоновано доподрібнення їх мокрим способом із застосуванням в якості зволожуючого агента води, активованої під дією контактної нерівноважної плазми (КНП). В якості об'єкта досліджень використовували рудний концентрат який за компонентним складом відноситься до кварц-сульфідного типу. Експериментально встановлено, що в результаті плазмохімічної активації води змінюється її показник поверхневого натягу. Показано, що в залежності від часу обробки цей значення становить 0,064 – 0,059, що на 3–11% нижче в порівнянні із значенням поверхневого натягу технологічної води, що свідчить про збільшення поверхнево активних властивостей активованої води.

Експериментальні дослідження додавання плазмохімічно активованої води при доподрібненні рудного концентрату свідчать про збільшення коефіцієнта ефективності напрацювання рудного концентрату класу крупності менше 0,01 мм в 1,4 - 2,8 рази в порівнянні з застосуванням технологічної води.

Таки чином, застосування активованої води в якості зволожуючого агента при доподрібненні рудних концентратів мокрим способом дозволяє підвищення ефективності процесу при зниженні його енергоємності і є безпечним з екологічної точки зору.

**Список літератури**

1. Литвинов Н.Л. Интенсификация процесса измельчения труднообогатимой золотосодержащей руды Албазинского месторождения / Н. Л. Литвинов, Н. Г. Ятлукова, Т. Н. Мельникова, Е. И. Данилов // Горный журнал. – 2006. – №10. – С. 63–64.

УДК 667.662.11:661.872.222.3

## **СИНТЕЗ КОНЦЕНТРАТА ЖЕЛЕЗОКИСНОГО КРАСНОГО ПИГМЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДВУОКИСИ ТИТАНА**

**Костенко Ю. С., Вазиев Я. Г., Дуплик В.С., Мараховская А. Ю.**

Шосткинский институт Сумского государственного университета

41100, г. Шостка, ул. Институтская, 1

st\_george@inbox.ru

Железоокисные пигменты одна из самых распространенных групп неорганических пигментов. Оксиды железа долговечны, экономичны, не оказывают значительного влияния на экологию, безопасны для здоровья и широкодоступны. Сырьем для их производства являются природные руды (гематит). Одним из источников сырья могут стать производственные отходы. Таким видом отходов является железный купорос, который образуется на предприятиях производства двуокиси титана, с содержанием основного продукта выше 90%.

Целью исследования являлось изучение подходов к синтезу хромофорных соединений железа из железного купороса, содержащегося в указанных отходах.

Для достижения цели ставили задачи:

- изучение условий формирования хромофоров из техногенного сырья;
- изучение условий достижения высокого выхода хромофоров, определенной дисперсности, маслостойкости, укрывистости и других потребительских качеств продукта реакции.

Создание хромофоров со спектром от охры до колькотара достигали путем варьирования режимов термического разложения. При этом меняли кинетические параметры процесса обработки сырья (синтез "мокрым способом"), длительность процессов обработки и термического разложения, типы модификаторов и их количество.

Упрощения и удешевления процесса синтеза "мокрым способом" достигали заменой кислорода воздуха на стадии окисления  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  в  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  источником кислорода из химических соединений. В качестве кислородной добавки использовали композицию, содержащую активный кислород. Одновременно снижали температуру процесса с целью экономии энергии. Такой подход способствовал снижению экологической нагрузки на окружающую среду и удешевлению конечного продукта.

С применением разнообразных технологических приемов, синтезированы 22 образца хромофоров широкой цветовой палитры. Содержание основного компонента ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) в образцах составляет 94,2-97,9%.

Образцы испытаны на укрывистость, массовые доли летучих веществ и веществ растворимых в воде, на остатки после мокрого и сухого просеивания, маслостойкость и относительную красящую способность по ДСТУ 1438-94.

Таким образом, в ходе исследований теоретически и практически обоснована возможность синтеза хромофоров красных оттенков, изучены подходы к синтезу хромофорных соединений железа из железного купороса, содержащегося в отходах производства двуокиси титана.

Показана возможность удешевления синтеза пигментов на основе оксидов железа из отходов производства с применением разработанных подходов.



УДК 661.882

## ЗНЕШКОЖДЕННЯ КИСЛИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОЛИ ТЕЦ

**Круглова Н.О., Мараховська О.Ю.**

Шосткинський інститут Сумського державного університету

41100, м. Шостка, вул. Інститутська, 1

[knatalialek@mail.ru](mailto:knatalialek@mail.ru)

Результатом виробництва більшості підприємств хімічної промисловості є утворення різних видів відходів. Зокрема, при виробництві титан (IV) оксиду пігментного за сульфатнокислотою технологією одним із таких відходів є кислі шламові відходи. Утворені відходи являють собою неоднорідну за розмірами вологу кристалічну масу сірого кольору з кислою реакцією середовища. В твердих відходах міститься значна кількість титан (IV) оксиду, сірки, залізо, кремній та незначні домішки інших металів. Накопичення таких відходів у шламосховищах є потенційно небезпечним і несе загрозу для оточуючих ґрунтових і водних екосистем.

Метою даної роботи є нейтралізування кислих твердих відходів сульфатнокислотного виробництва титан (IV) оксиду пігментного з використанням техногенних відходів.

Для досліджень в якості лужного агенту використовували золу теплоелектростанцій. Лабораторні дослідження проводили за кімнатної температури. До суспензії кислого шламу з водою додавали золу теплоелектростанцій у співвідношенні кислий шлам : зола теплоелектростанції 1:1 та 1:2. Отриману суміш відстоювали до повітряно-сухого стану. Повноту нейтралізації вивчали методом диференціально – термічного аналізу в неізотермічному режимі на дериватографі системи Паулік, Паулік ЕРДЕЙ, Q – 1500D за наступних умов : матеріал тиглів – платина, швидкість нагріву 20<sup>0</sup>град/хв., температура нагріву 1000<sup>0</sup>С, еталонна речовина – корунд. Результати досліджень продуктів зображені на рисунках 1 та 2. Аналіз DTA, DTG, TG – кривих показав, що в суміші шлам : зола теплоелектростанції у відношенні 1:2 практично відсутні термодинамічні процеси і можна зробити висновок, що у даному продукті пройшла повна нейтралізація шламу.

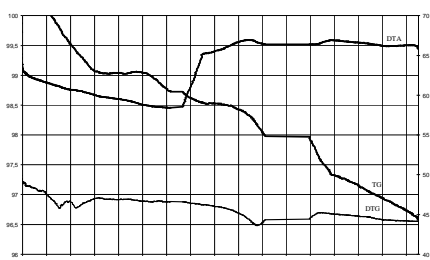


Рис. 1 Дериватограма суміші шлам:зола у співвідношенні 1:1

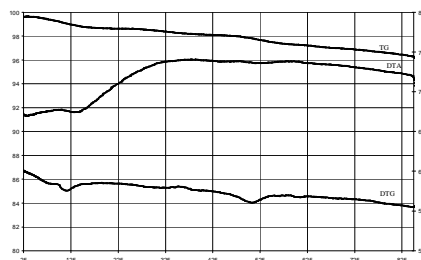


Рис. 2 Дериватограма суміші шлам:зола у співвідношенні 1:2

Запропонований спосіб нейтралізації твердих відходів виробництва титан (IV) оксиду пігментного за сульфатнокислотою технологією з використанням в якості лужного агенту золи теплоелектростанції дозволяє нейтралізувати кислі тверді відходи та зменшити накопичення другого виду відходу. Це сприятиме зменшенню техногенного впливу на навколишнє середовище накопичених відходів. Отриманий продукт, як приклад, можливо використовувати в якості добавки при виробництві будівельних матеріалів.

УДК 658.383:621.391:681.518

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА****Н.Ф. Мазуркевич, Ю.О. Безносик**

Національний технічний університет України „КПІ”

03056, г. Київ, пр. Перемоги, 37

[kxtp@list.ru](mailto:kxtp@list.ru)

Головна мета цього дослідження полягає в розробці ієрархічної моделі складеного екологічного ризику хімічного виробництва й оцінці цього ризику. Це дослідження використовує методику якісної оцінки, що включає теорію нечітких множин, а також метод аналізу ієрархії (АНР). Ризик - це традиційний спосіб вираження невизначеності в життєвому циклі системи. Якщо комплексна система включає різні розподілені елементи ризику з невизначеними джерелами і величинами, то її часто не можна обробити з математичною точністю під час початкової фази прийняття рішення.

У більшості технічних задач, інформація про імовірності різних елементів ризику визначена нечітко. Термін "обчислення зі словами" був введений Заде, щоб охопити поняття скоріше лінгвістичного міркування, ніж числового. Таке міркування має центральне значення для багатьох допоміжних технологій, пов'язаних з інженерією і науками. Цей підхід виявився дуже корисним в медичній діагностиці, інформаційних технологіях, аналізі надійності і в багатьох інших сферах діяльності, де дані є або якісними, або прийняття рішення виконується на підставі думок експертів. При обчисленні величин елементів ризику інженери, менеджери та ін., які повинні приймати рішення, в основному розглядають ризик в термінах лінгвістичних змінних подібно таким як "дуже високий", "високий", "дуже низький", "низький" і т.д. Теорія нечітких множин ефективно справляється з цим типом невизначеності і лінгвістичні змінні можуть використовуватися для приблизного міркування.

В цій роботі, термін ризик визначається двома явними факторами: ступенем ( $r$ ) та значимістю ( $i$ ), де кожен фактор визначається трикутним нечітким числом. Значення цих двох факторів для кожного джерела ризику визначаються експертами у вигляді лінгвістичних змінних. Після цього виконується фазифікація і ризик визначається як добуток двох факторів: *Ризик = ступінь ризику × значимість ризику*.

Дефазифікація виконується з використанням методу центроїди для визначення ризику при даному ступені та важливості елемента ризику. Спочатку розробляється ієрархічна модель складеного ризику і використовується метод АНР для визначення матриці пріоритетів ( $w_{ij}$ ) для різних елементів ризику. Після аналізу технологічної схеми виробництва  $H_2SO_4$ , складу сировини та наявності в ній різних домішок, складу та характеру викидів даного виробництва, а також шляхів впливу на навколишнє середовище та людину, була побудована ієрархічна структура складеного екологічного ризику цього виробництва. Складений ризик оцінюється, використовуючи тріступінчасту методологію оцінки. Розроблена методологія була застосована до дослідження виробництва сірчаної кислоти контактним методом.

Для розрахунку складеного ризику було створено програмне забезпечення в системі MATLAB з використанням додатку Fuzzy Logic Toolbox. Програмне забезпечення не обмежене розрахунком складеного ризику однієї певної ієрархічної структури. До структури складеного ризику на другому рівні можуть бути включені інші види ризику, наприклад економічні, політичні, транспортні та ін. Отриманий результат кінцевого складеного ризику виявився середнім між "дуже малим" та "малим" в прийнятому 7-рівневому масштабі.

УДК 661.152

## ШКІДЛИВА ДІЯ ФОСФАТІВ ПРИ БІОЛОГІЧНОМУ ОЧИЩЕННІ ВОДИ

Молюга А.І., Кримець Г.В.

Хіміко-технологічний факультет  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”  
[anichka\\_moluga@bigmir.net](mailto:anichka_moluga@bigmir.net)

Очистка стічних вод від фосфатів є великою проблемою у всьому світі. Присутність лише 10 мг сполук фосфатів в 1 м<sup>3</sup> поверхневих вод викликає бурхливий розвиток фітопланктону та інтенсивне розмноження водоростей, особливо синьо-зелених, які в процесі свого біологічного розвитку утворюють токсичні речовини і викликають масову загибель гідрофауни. Потрапляння цих сполук у водойми стає причиною вторинного забруднення води, підвищення кольоровості, температури, зниження концентрації розчиненого кисню та погіршення органолептичних показників, викликає “цвітіння” води. „Цвітіння” води в природних водоймах надзвичайно ускладнює її використання для водопостачання населених місць і промислових підприємств. Прісна вода стає непридатною для пиття і небезпечною для життя. Евтрофікована водойма втрачає своє біогеоценотичне значення.

Фосфати потрапляють у природні води в результаті розчинення фосфатовмісних порід, при надходженні у водойми добрив, синтетичних миючих засобів. На частку фосфатів приходиться більше 10 % забруднень прісних водойм України.

Біологічна очистка стічних вод від фосфору – широко застосовуваний на практиці метод. Перевагою біологічного очищення стічних вод є висока швидкість і використання речовин в низьких концентраціях.

До факторів, які діють на ефективність біологічної очистки також відноситься температура стічної води. Оптимальна температура – 20-30°C, при цьому біоценоз при сприятливих умовах представлений найбільш різноманітними й добре розвиненими мікроорганізмами. Якщо температурний режим не відповідає оптимальному, то швидкість процесів очищення помітно нижча максимальних значень.

Дослідження проводилися за допомогою вищих водних рослин роду *Cladofora*, які поглинають сполуки фосфору із води. В процесі повного біологічного очищення із стічних вод вилучається не більше 40% загального фосфору, що міститься у воді, яка очищається. Залежно від складності будови фосфатів і їх властивостей, процес окислення здійснюється з різною швидкістю. Такі результати отримуються через серйозні ускладнення викликані специфічним впливом фосфатів в результаті біологічної очистки досліджуваного зразка води. Навіть незначна їх кількість викликають порушення кисневого балансу, створюючи непридатні умови для розвитку біоценозу мікроорганізмів, що забезпечують процес біологічної очистки. Суттєвим недоліком при обробці стічних вод, що містять фосфати є високі проблеми, пов'язані з обробкою та утилізацією великих кількостей відходів.

Залишкова кількість розчинених фосфатів із стічних вод найбільш простим способом може бути видалена переведенням їх в нерозчинні з'єднання в результаті хімічної взаємодії сполук фосфору з коагулянтами і флокулянтами.

УДК 504 (628.356.64)

## МАГНІТОКЕРОВАНА СОРБЦІЯ ПОЛЮТАНТІВ САПОНІТОМ З ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Співак В.В., Астрелін І.М., Макарчук О.В., Гаращенко В.І.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Хіміко-технологічний факультет, кафедра ТНР та ЗХТ

03056, м. Київ, пр-т Перемоги, 37, корпус 4

Постійне зростання об'ємів забруднених природних та стічних вод внаслідок антропогенного впливу потребує пошуку нових безпечних методів їх очищення. В природі існують безпечні методи очищення води з вирівнюванням сольового балансу при її проходженні через наземні та підземні горизонти мінералів, що мають величезні адсорбційні властивості щодо токсичних речовин (глини, алюмосилікати, цеоліти тощо). Додавання таких природних мінералів-адсорбентів при очищенні стічних та забруднених природних вод на стадії відстоювання не тільки дозволить позбавитись небезпечних антропогенних забруднюючих домішок шляхом адсорбції без хімічних реактивів, а й покращити структуру та мінералізацію води.

Як показують результати досліджень, сапоніт є досить ефективним адсорбентом, однак його водні суспензії є кінетично нестійкими, що перешкоджає в повній мірі використати можливості мінералу як сорбента. Для стабілізації пульпи сорбуючого матеріалу та надання стійкості колоїдній системі «сапоніт – вода» нами було запропоновано використовувати ультразвукове диспергування. Проте застосування даного технологічного прийому породжувало інші технічні труднощі, а саме унеможлилювалось седиментаційне розділення суспензії, а отже ускладнювався процес розділення шламу відпрацьованого сорбенту та очищеної води введенням додаткових реактивів (дестабілізаторів), збільшенням тривалості процесу або ж потребою в додатковому потужному фільтруючому обладнанні. Рішення даної проблеми ми вбачаємо у використанні сапоніту в формі магнітокерованого сорбенту (МКС), що дасть можливість використати розвинену поверхню стійкої колоїдної частинки глини для ефективної адсорбції забруднювачів водного середовища, при цьому шлам відпрацьованого сорбенту легко відділяється на магнітних фільтрах нескладних конструкцій.

Отримання МКС на основі сапонітової глини передбачає використання магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) в якості магнітосприйнятливої матеріалу. Так як сапоніт володіє спорідненістю до йонів заліза  $\text{Fe}^{2+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$ , обумовленою морфологічними та кристалохімічними особливостями мінералу, тому утворення МКС реалізується за допомогою самочинного процесу фізичної адсорбції магнітних частинок на поверхні сапоніту у водному середовищі. Утворений таким чином хімічний тандем «колоїдна частинка сапоніту – магнітна мітка» володіє гарною адсорбційною здатністю по відношенню до полютантів різного генезису (важких металів, органічних барвників, фенольних речовин) та проявляє властивості парамагнетика, а отже при потрапленні в зовнішнє магнітне поле може видалятися з водного середовища методом магнітної сепарації. Запропонований метод є технологічно ефективним, так як сорбційні властивості сапоніту у формі МКС не погіршуються, а у випадку очищення води від важких металів навіть покращуються; економічно вигідним, адже матеріальні витрати незначні, технологія передбачає використання простого обладнання та вітчизняної природної сировини; екологічно безпечним, тому що в якості магнітних міток можна використовувати не лише синтезований магнетит чи магнітну рідину, а й відходи виробництва (відпрацьовані розчини травлення сталі та металургійні відходи чорних металів у вигляді стружки, пилу та ін.).

УДК 66.661:502.52

**УТИЛІЗАЦІЯ ФОСФОГІПСУ**

Теслюк О.В., Синюшкіна О.О., Кримець Г.В., Синюшкін О.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37

san@xtf.ntu-kpi.kiev.ua

У наш час підприємства, що виробляють неорганічні продукти викидають величезну кількість твердих відходів. Таким відходом є фосфогіпс (ФГ) – продукт сірчаноокислотного розкладу фосфатів, який містить до 94%  $\text{CaSO}_4$ , а також не розкладений фосфат, залишки кислоти та фторвмісних речовин, різні мікродомішки.

Ресурси ФГ, в перерахунку на сірку становлять понад 6 млн. т, але сьогодні використовується лише 4%. Важливу роль мають також і екологічні аспекти цієї проблеми, оскільки при зберіганні ФГ у відвалах, навіть після необхідної обробки, а також правильній експлуатації відвалів, наносить велику шкоду довкіллю, що проявляється у забрудненні підземних та ґрунтових вод шкідливими домішками, що просочуються крізь екрани відвалів та вимиваються атмосферними опадами.

Перспективним напрямом утилізації ФГ є його використання у якості сировини для отримання вихідних речовин отримання сірчаної кислоти.

Проведення процесу отримання з фосфогіпсу сірчаної кислоти засновано на термохімічному розкладенні сульфату кальцію при його взаємодії з відновником [1].

Для встановлення умов проведення процесу прожарювання було розраховано зміну ізобарно-ізотермічного потенціалу у залежності від температури. Розрахунки проводилися з урахуванням того, що одним з компонентів шихти (відновника) була органічна складова відходів виробництва органічних речовин.

Для розрахунків були обрані основні реакції, що супроводжують процес прожарювання шихти ФГ з відновником. Зміну енергії Гіббса процесів розраховували з використанням метода Тьомкіна-Шварцмана (в інтервалі температур 300 – 1200 К з кроком 100°).

Окрім того, були розглянуті реакції з такими речовинами, як антрацен, нафталін та фенатрен, що також входять до складу органічних відходів. Реакції цих речовин з сульфатом кальцію (та умови їх проведення, з отриманням різних продуктів) були також прораховані при різних температурах у інтервалі 300 – 1100 °С. Реакції, що розглядалися – це взаємодія кальцію сульфату з вуглецем, воднем, сіркою, а також антраценом, нафталіном, фенатреном та ін.

Для перевірки достовірності термодинамічних розрахунків та можливості реалізації процесу було проведено експериментальні дослідження з реальною сумішшю та при прорахованих температурах. Результати підтвердили наявність компонентів, що передбачалися та при розрахункових температурах, а інколи і при більш низьких. Це, імовірно, є вплив домішок, або присутність речовин і з'єднань, що утворюються при термообробці, не врахованих при проведенні розрахунків. Проведені досліди вказують на те, що, при реалізації запропонованої технології переробки ФГ з використанням у якості відновника, вирішуються екологічні проблеми, а також економічні – оскільки з'являється джерело достатньо дешевої сировини для отримання сірчаної кислоти.

Література:

1. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512с.

УДК 66.661.152

**ШЛЯХИ ВИЛУЧЕННЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СТІЧНИХ ВОД****Смірнова-Замкова М.Ю., Кринець Г.В., Костоглод О.Б.**

Хіміко-технологічний факультет НТУУ «КПІ»

м. Київ пр.. Перемоги 37 корп .4

[krimets@xtf.kpi.ua](mailto:krimets@xtf.kpi.ua)

Накопичення у екосистемі надлишку біогенних елементів (перш за все азоту і фосфору) веде до порушення біологічної рівноваги, яке виявляється у стрімкому зростанні кількості і біомаси окремих представників фауни водойми. Концентрації біогенних елементів і їх співвідношення визначають трофічний статус водоймищ і якість води. Велика кількість озер внаслідок накопичення надлишку біогенних елементів, викликаного антропогенною діяльністю, за дуже короткі проміжки часу стають евтрофними, тобто, надмірно збагаченими живою матерією. На поверхні евтрофних водойм відбувається масове цвітіння синьо-зелених водоростей, які мають неприємний запах і іноді виділяють у воду токсини. У рамках роботи було взято для дослідження конкретне підприємство харчової промисловості, у стічних водах якого наявні значні концентрації біогенних елементів. Характеристика вихідної води та допустимі концентрації наведені у табл.1.

Таблиця 1 - Характеристика вихідної води та допустимі концентрації

№	Показник якості	Допустиме значення	Характеристика вихідної води
1.	pH	6,5-9	2,6
2.	P <sup>заг.</sup>	8 г/м <sup>3</sup>	42
3.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	45 г/м <sup>3</sup>	0,5
4.	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	20 г/м <sup>3</sup>	5

Як видно з дослідних даних, значення за показниками азоту амонійного і нітратів норму не перевищують, а от коректувати pH і очищати від фосфору потрібно. Оскільки вода, яка надходить на очистку, має кислу реакцію, то для корегування середовища вирішено використати CaO, в інтервалі 100-200 мг на 1 дм<sup>3</sup> очищуємої води. Використання оксиду кальцію дозволяє не тільки скорегувати pH води а й частково видалити сполуки фосфору за рахунок переходу останніх у нерозчинну форму.

У наш час у системах водоочистки отримали широке поширення комплексні реагенти, що виконують функції коагулянта, флокулянта, осаджувача і адсорбента [1]. Це дозволяє використовувати переваги окремих компонентів. Шляхом проведення пошукових досліджень встановлено, що для зменшення концентрацій біогенних елементів доцільно використовувати флококоагулянт-сорбент (FKS), розроблений на кафедрі ТНР ХТФ НТУУ «КПІ». Оптимальною для цієї води виявилась доза FKS в інтервалі 250-350 мг/дм<sup>3</sup>, при котрій відбулось найповніше і найшвидше прояснення. Після обробки вода за всіма показниками відповідає санітарним нормам.

З метою встановлення оптимальних умов очистки води від сполук фосфору було вирішено дослідити коагулянти, що використовувались, на моделях води з точно визначеними дозами біогенних елементів, а саме, фосфору і органічних речовин. Концентрація сполук фосфору в модельній воді складала від 40 до 45 мгP/дм<sup>3</sup>. Найкращі результати під час очистки модельних розчинів виявив FKS за дози коагулянту 150-250 мг/дм<sup>3</sup> при цьому ступінь очищення складав 27%. При збільшенні дози FKS до 250-300 мг/дм<sup>3</sup> ступінь вилучення досяг 38%.

Перелік посилань:

1. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: [Текст] / Запольський А.К. – К.: Вища школа, – 2005. – 671 с.

УДК 66.661:504

**ОЧИСТКА ЕКСТРАКЦІЙНОЇ ФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ ВІД ФТОРУ****Ільїна І.С., Головков І.М., Синюшкін О.М., Лапінський А.В.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37

[san@xtf.ntu-kpi.kiev.ua](mailto:san@xtf.ntu-kpi.kiev.ua)

Фосфор і його сполуки відіграють важливу роль в життєдіяльності всіх живих організмів і рослинного світу. З цієї точки зору проблеми і завдання переробки фосфатної сировини в цільові продукти з дотриманням умов виходу з екологічної кризи є актуальними і представляють великий науковий і практичний інтерес. Умови загальновідомі: комплексне використання фосфорної сировини і розробка ресурсо- та енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій його переробки та отримання чистих продуктів.

Однією з найважливіших речовин у виробництві мінеральних добрив є екстракційна фосфорна кислота. Підвищений вміст фтору в ній (до 15%) не дозволяє без попереднього очищення використовувати її у виробництвах кормових і харчових фосфатів. Фторвмісні речовини присутні в фосфорній кислоті у вигляді фтороводневої, гексафторсилікатної кислот та їх складних сполучень з фосфорною кислотою, алюмінієм і залізом. Фтор у вигляді сполук, потрапляючи у навколишнє середовище з викидними газами або продуктами, отриманими з ЕФК завдають шкоди здоров'ю людей і тварин. Одним з перспективних методів знефторення може бути сорбція з допомогою природних мінералів.

У даній роботі були проведені дослідження з сорбційного очищення екстракційної фосфорної кислоти (ЕФК). Вихідний зразок ЕФК містив до 2 % фтору. Сорбент додавали у кількості (5 – 15) % від маси кислоти, що підлягала знефторенню при варіюванні часу витримки від 1 до 24 годин при перемішуванні. Залишковий фтор визначали хімічним способом, методом відгонки при температурі, що безперервно підвищується. Суспензію профільтрували та проводили хімічний аналіз на вміст фтору в газовій фазі та в отриманому осаді для подальшого розрахунку матеріального балансу.

Для знефторювання кислоти використовували наступні сорбенти: аніоніти (Моно А, Marathon А, SBR, АН – 31); окрім того  $Al_2O_3$ , кліноптілолітовий туф (монгольський), кліноптілоліт сокирницький, морденіт Линга, сапоніт Ташківського родовища, черкаський монтморилоніт; вугілля – КАУ і БАУ; цеоліти – NaY і NaA.

Найкращі показники наведені в таблиці.

Таблиця – Результати знефторення

Сорбент	Залишковий вміст фтору, %	Ступінь знефторення, %
Кліноптілолітовий ТУФ	0,29	80,8
Сокирницький кліноптілоліт	0,33	77,5
Сапоніт активний	0,57	61,4

Отримані результати свідчать, що природні алюмосилікати є нешкідливим і недорогим сорбційним матеріалом, який дозволяє без суттєвого втручання у технологічний процес виробництва ЕФК вилучати з неї фторвмісні розчинені сполуки.

Література:

1. Кочетков, С.П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты [Текст]: монография / Кочетков, С.П., Смирнов, Н.Н., Ильин А.П. – ГОУВПО Иван. ГХТУ.– Иваново, 2007. – 304 с. – ISBN 5-9616-0212-5.



УДК 613.147

## **ПРОБЛЕМА ФОСФАТІВ У СТІЧНИХ ВОДАХ**

**А.В. Лапінський, Г.В. Кринець, М.А. Сарана**

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»,

кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

03056, м. Київ, пр-т Перемоги 37, корп 4.

[lapinskiy@xtf.ntu-kpi.kiev.ua](mailto:lapinskiy@xtf.ntu-kpi.kiev.ua)

Проблема фосфатів у воді є досить актуальною, проте недостатньо помітною. На відміну від інших полютантів фосфати не відносять до токсичних речовин, навпаки, вони містять біогенний елемент – фосфор. В загальному розумінні під фосфатами маються на увазі солі ортофосфорної кислоти, хоча до стічних води потрапляють також пірофосфати і поліфосфати. В своїй первинній формі вони не всі можуть бути засвоєні водною флорою і фауною, проте через деякий час, особливо у кислих видах всі фосфати стають засвоюваними. На відміну від інших елементів, фосфор у стані засвоювання не змінює ступінь окиснення і не утворює летких сполук, тому і вилучити його з водою значно складніше.

Фосфати у воді поводять себе як добрива, сприяють швидкому і бурхливому накопиченню мікродоростей та інших організмів, внаслідок чого виникає евтрофікація водою з суттєвим погіршення якості води.

Для запобігання таким явищам розроблення різні, переважно хімічні способи вилучення фосфатів зі стічних вод до потрапляння останніх на очищення. Такі методи базуються на нейтралізації фосфатвмісних стоків або обробці їх солями заліза. В результаті утворюються труднорозчинні сполуки фосфору (гідроксид апатит, фосфати заліза). Однак у вік цих методів є суттєвий недолік поза увагою залишаються ті фосфати, що потрапили до водою раніше і вступили у локальний коло обігу фосфору. В процесі кола обігу фосфатний залишок без змін приєднується в процесі життєдіяльності до органічних сполук. Після відмирання організмів внаслідок мінералізації фосфати знову переходять у засвоювану форму і знов живлять нові оводні організми, Таким чином недостатньо просто припинити потрапляння до водою нових порцій фосфатів. Значно складнішою є задача розірвати вже існуючий коло обігу фосфору і вивести з водою раніше накопичені солі. Найбільш перспективними для цього, за результатами експериментів, проведених на кафедрі технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології є комбінація хімічної очистки з біологічним методом за умови подальшого механічного відводу біомаси.



УДК 666.03

**КОМБІНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЛУЧЕННЯ СПОЛУК ФОСФОРУ  
ЗІ СТІЧНИХ ВОД****Кримець Г.В., Лапінський А.В., Смірнова-Замкова М.Ю.,  
Баранівська Ю.С., Федоренко О.**

Хіміко-технологічний факультет НТУУ «КПІ», м.Київ, пр. Перемоги 37 корп.4

[krimets@xtf.kpi.ua](mailto:krimets@xtf.kpi.ua)

На сьогоднішній час використовується багато різноманітних миючих засобів, які в своєму складі містять сполуки фосфору. Скид стічних вод з надлишковим вмістом фосфатів призводить до значних проблем. Фосфор стимулює прискорений і надмірний ріст рослин (евтрофікація) в струмках, озерах, ріках і океанах. Наслідком цього може бути, наприклад, погіршення умов життя для риб через вичерпування кисню. Через помутніння води і неприємний запах знижується цінність водойм, які використовуються як місця відпочинку людей. Якщо ж дана водойма слугує джерелом питної води, то знову ж через неприємний запах і смак, які виникають через наявність органічних речовин та життєдіяльність водоростей, серйозно погіршується технічна і комерційна сторона очистки води. Евтрофікація є незворотнім процесом.

Для того щоб уповільнити чи попередити евтрофікацію, необхідно обмежити попадання фосфору в природні водойми. Зниження концентрації фосфору в стоках можна досягнути, вилучивши його в детергентах. Проте найбільш розповсюдженим шляхом вирішення цієї проблеми є очищення стічних вод. Основними методами очистки стічної води від сполук фосфору можуть бути, або хімічне осадження, або біологічне вилучення. Розглянемо переваги та недоліки обох методів. В разі використання для вилучення сполук фосфору хімічних реагентів, таких як солі заліза, алюмінію, кальцію, утворюються великі кількості вологого шламу, який складно утилізувати. Основною перевагою хімічних методів є їх простота в апаратурному плані і процес очистки протікає досить швидко. Перевагою біологічних методів є фактична безреагентність та високий ступінь очистки, проте основними недоліками біологічних методів є надвисока чутливість до складу очищуваної води (недопустимі коливання концентрацій), залежність від умов навколишнього середовища, проблеми утилізації великої кількості біологічного шламу. Також мікро організми які використовуються для очистки води погано сприймають надмірні концентрації фосфат іонів у воді (надмірні концентрації фосфат іонів інгібують розвиток мікроорганізмів).

Наведених вище проблем можна уникнути, якщо використати комбіновану схему очистки стічної води від сполук фосфору. Нами пропонується наступна схема очистки стічних вод від фосфоровмісних сполук :

Вихідна вода → ХІМІЧНЕ ВИДАЛЕННЯ → БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА → очищена вода

На стадії хімічного видалення пропонується використовувати, в якості осаджувача, солі заліза, але процес проводять не до повного вилучення сполук фосфору а до досягнення верхньої межі існування організмів які використовуються на подальшій стадії біологічної очистки води. Вибір солей заліза в якості реагенту для осадження сполук фосфору обумовлюється ще й тим, що добуток розчинності фосфату заліза на три порядки менший за добуток розчинності фосфатів кальцію та алюмінію. Також осади фосфатів заліза можна утилізувати як мікродобрива. На стадії біологічної очистки води замість традиційних мікробіологічних культур пропонується використовувати колонії водоростей та вищі водні рослини, накопичену в процесі очистки біомасу яким можливо досить просто утилізувати. Як варіант утилізації відходів пропонованої схеми можна запропонувати вермикомпостування утвореної біомаси вищих водних рослин та водоростей з осадами хімічного видалення (фосфатами заліза) з отриманням біогумусу. Попередні досліди з використанням водоростевої біомаси як часткової заміни годівлі для вермікультури доводять перспективність такого способу утилізації.

УДК 622.765:542

**РОЗПОДІЛЕННЯ ІОНІВ В ЗМІШАНИХ ШПІНЕЛЯХ****Іванюк О.В.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
[olenaivanyuk@ukr.net](mailto:olenaivanyuk@ukr.net)

Утворення змішаних шпінелей супроводжується розподіленням іонів в тетра- і октаедричних порожнинах оксигенного каркасу, що впливає на їх властивості, наприклад, на колір пігментів. Розподілення іонів в порожнинах можна розглядати аналогічно послідовно-паралельним хімічним реакціям з використанням принципу незалежності вказаних процесів. Не використання вказаного принципу не дозволило належним чином застосувати поняття енергії та ентропії переходу катіонів двох- та трьохвалентних металів в октаедричні порожнини для термодинамічного обґрунтування розподілення [1].

Утворення змішаної шпінелі з одноіменним катіоном двохвалентного металу та різноіменними катіонами трьохвалентного металу можна трактувати як процес, що протікає за двома паралельними реакціями:



де квадратними дужками позначається октаедрична порожнина оксигенного каркасу шпінелі.

Відношення  $B'/B''$  у реакційній суміші задається молярною часткою ( $n$ ) до одного з катіонів трьохвалентного металу. Загальний вигляд змішаної шпінелі такого типу можна записати так:  $A_{1-x-y} B'_x B''_y [A_{x+y} B'^{2-2n-x} B''^{2n-y}] O_4$ , де  $x, y$  – глибини протікання відповідних реакцій (1), (2). Із наведеної загальної формули змішаної шпінелі та рівнянь (1), (2) виходить, що величини  $A_{1-x-y}, B'^{2-2n-x}, B''^{2n-y}$  – вихідні, а  $A_{x+y}, B'_x, B''_y$  – кінцеві продукти реакції. У результаті чого система рівнянь ізотерм розупорядкування за паралельними реакціями (1) та (2) приймає наступний вигляд:

$$[x(x+y)]/[(1-x-y)(2-2n-x)] - \exp[(S_A - S_{B'})/R - (E_A - E_{B'})/(RT)] = 0,$$

$$[y(x+y)]/[(1-x-y)(2-2n-y)] - \exp[(S_A - S_{B''})/R - (E_A - E_{B''})/(RT)] = 0.$$

Змішані шпінелі з різноіменними катіонами трьохвалентного металу, наприклад, при утворенні цинк-ферум-алюмінієвої шпінелі з формулою  $Zn_{1-x-y} Fe_x Al_y [Zn_{x+y} Fe_{2-2n-x} Al_{2n-y}] O_4$ , за реакцією:  $ZnO + (1-n) [Fe]_2 O_3 + n [Al]_2 O_3 = Zn_{1-x-y} Fe_x Al_y [Zn_{x+y} Fe_{2-2n-x} Al_{2n-y}] O_4$ , є основою кольороутворення пігменту з відтінками від вохристого до коричневого, який використовується для виготовлення високотемпературних барвників вохристо-коричневої гами.

1. Резницкий Л.А. Кристаллоэнергетика оксидов.-М:Диалог МГУ,2000.-171 с.

УДК 530.1

**ТЕОРЕТИЧНА ТЕМПЕРАТУРА ПРОЦЕСУ****Супрунчук В.І., Іванюк Р.Р**

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

link.irr@gmail.com

Теоретична температура процесу з виділенням або поглинанням теплоти обчислюється виходячи з припущення, що процес протікає в закритій термодинамічній системі при постійному тиску. Для розрахунку використовується тепловий баланс, який ґрунтується на термохімічному рівнянні відносно 1 моль вибраного компонента:

$$A + bB + iI = rR + sS + iI + Q_p, \quad (1)$$

де  $b, r, s, i$  - не є стехіометричними коефіцієнтами, а кількістю молів компонентів нестехіометричної суміші, перераховані на 1 моль обраного компонента  $A$ ;

$Q_p$  - теплота хімічного процесу відносно 1 моль  $A$ .

Аналіз алгоритму обчислень свідчить, що цей метод суттєво ускладнює розрахунки робочого об'єму адіабатичного реактору, оскільки не описує функціональну залежність температури відносно ступеня перетворення обраного компонента  $A$  [1].

Виявлення функціональної залежності  $T=f(T_0, X_A)$  можливе з використанням визначення молярної теплоємності і фізичної теплоти та представляється в інтегрованому вигляді виразом:

$$t = t_B + Q_p \cdot X_A / n \cdot C_p, \quad (2)$$

де  $n$  - кількість молів компонентів системи.

Кількість молів  $n$  в системі можна обчислити використовуючи визначення поняття ступеня перетворення, складаючи таку послідовність рівнянь:

$$\begin{aligned} n_a &= n_{a0} + n_{a0} \cdot X_A; \\ n_b &= n_{b0} + b/a(n_{a0} \cdot X_A); \\ n_r &= n_{r0} + r/a(n_{a0} \cdot X_A); \\ n_s &= n_{s0} + s/a(n_{a0} \cdot X_A); \\ n_i &= n_{i0}. \end{aligned}$$

Враховуючи, що термохімічне рівняння (1), складеному відносно 1 моль  $A$ , кількість молів компонентів при зміні  $X_A$  визначається формулою:

$$n = n_0 + \Delta n X_A, \quad (3)$$

де  $\Delta n$  - сума стехіометричних коефіцієнтів

Таким чином, використовуючи (2), (3) формула для розрахунку теоретичної температури процесу матиме вигляд:

$$t = t_0 + \frac{Q_p X_A}{(n_0 + \Delta n X_A) \bar{C}_p},$$

де  $\bar{C}_p$  - середня молярна теплоємність реакційної суміші в інтервалі температур  $(273-T)$ , при значенні  $0.5 X_A$ .

1. Методи розрахунків у технології неорганічних речовин(ч.1. Зв'язаний азот)/ Лобойко О.Я., Товажнянський Л.Л., Слабун І.О. та ін.-Харків НТУ "ХПІ", 2001,-512 с.

УДК 622.765:542.61:546.571

## **ФЛОТОЕКСТРАКЦІЙНЕ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ІЗ СТІЧНИХ ВОД**

**Т.І. Обушенко, І.М. Астрелін, Н.М. Толстопалова, О.Б. Костоглод**  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
03056, Україна, м. Київ, пр. Перемоги 37 корп.4  
E-mail: [tio63@mail.ru](mailto:tio63@mail.ru)

Однією з найбільш актуальних екологічних проблем України є запобігання забруднення водних об'єктів, в першу чергу – поверхневих водойм, промисловими стічними водами, що містять токсичні метали. Як відомо, металовмісні стічні води утворюються на промислових підприємствах в результаті технологічної обробки різної сировини, матеріалів і виробів з них.

В Україні технологія очищення води включає тільки попереднє освітлення від механічних домішок і завислих речовин у відстійниках, очищення ж від іонів важких металів не проводиться.

У зв'язку з великою різноманітністю важких металів-забрудників та жорсткими нормами ГДК їх в очищеній воді, існує багато способів очистки стічних вод: хімічне осадження, рідинна екстракція, іонний обмін, електродіаліз. Всі ці методи мають ряд суттєвих недоліків. Тому пошук нових, більш досконалих та економічних методів, що дозволяють не тільки видаляти токсичні іони, а також регенерувати коштовні компоненти, є одним з основних напрямків розвитку технологій очищення стічних вод.

В роботі досліджено закономірності видалення іонів деяких важких металів, а саме: міді, нікелю, заліза, цинку, із модельних розчинів за допомогою флотоекстракції, яка є прогресивним розвитком іонної флотації [1] і, безумовно, превалює над нею в тих випадках, коли неможливе утворення піни, потрібної для іонної флотації або коли за мету ставиться кількісне відокремлення домішок з води для аналітичних цілей. Характерна риса флотоекстракційного процесу – відділення сфлотованої бульбашками речовини (сублату), яка концентрується в шарі органічної рідини на поверхні водної фази: сублат може як розчинятися в органічному шарі, так і утворювати суспензію, що утримується завдяки змочуванню.

Флотоекстракційна установка описана в праці [2]. Крім визначення раціональних умов проведення процесу, дослідження були спрямовані на вивчення складу сполук, що формуються під час процесу, виявлення стадій процесу й факторів, що дозволяють підвищити ступінь вилучення, розподілення й концентрування іонів металів. Для утворення сублату використовували натрієві та калієві мила насичених карбонових кислот, які вже тривалий час використовуються як збирачі при флотації, завдяки утворенню важкорозчинних сполук з іонами металів і поверхневій активності. Флотоекстракцію проводили до постійних залишкових концентрацій іонів металів, які визначали за стандартними методиками. Мірою ефективності процесу обрано ступінь вилучення металу. В якості флотоекстрагентів було досліджено ряд органічних сполук, з яких найкращим виявився ізоаміловий спирт.

Список літературних джерел

1. Себба Ф. Ионная флотация / Пер. с англ. В.П. Неберы и А.М. Гольмана. – М.: Металлургия, 1965. – 170 с.
2. Обушенко Т.І., Астрелін І.М., Толстопалова Н.М., Молодченко М.Є. Закономірності процесу флотоекстракції при очищенні стічних вод від іонів важких металів // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 3. – С. 117–122.

УДК 504.064.4:658.567.1

## РЕСУРНАЯ ЦЕННОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Э.Б. Хоботова, В.В. Даценко, М.И. Игнатенко, И.В. Грайворонская

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

61002, г. Харьков, ул. Петровского, 25

[chemistry@khadi.kharkov.ua](mailto:chemistry@khadi.kharkov.ua)

Низкий объём переработки отходов в Украине (10-15 %) обуславливает рост техногенного загрязнения всех компонентов окружающей природной среды (ОПС). Одним из перспективных и эффективных путей решения данной проблемы является использование промышленных отходов (ПО) для создания новых технических материалов. Целью работы являлось снижение техногенной нагрузки на ОПС в регионах с высоким уровнем накопления ПО за счет выявления их ресурсной ценности и вторичного использования в качестве технических материалов. Методами исследования являлись рентгенофазовый, гамма-спектрометрический, атомно-абсорбционный, петрографический и спектрофотометрический анализ и электронно-зондовый микроанализ. Объекты исследования: отвалы и гранулированные доменные и металлургические шлаки; гальванические шламы предприятий Украины.

На основе разработанной оптимальной методики проведения экологических научных исследований по определению ресурсной ценности промышленных отходов [1] с целью их утилизации предложены и обоснованы принципы определения химической и сорбционной активности техногенных материалов. Обоснованы эколого-химические критерии вторичного использования твердых промышленных отходов в производстве вяжущих материалов и сорбентов: отсутствие токсичных соединений, присутствие гидравлически активных минералов, наличие аморфного состояния веществ, необходимое соотношение оксидов главных элементов, соответствие модульной классификации, соответствие требованиям норм радиационной безопасности, согласно которым проведена классификация исследованных отходов.

Расширена база данных по естественным радиационным полям. Обоснованы причины и факторы, определяющие варьирование радиоактивности фракций ПО. Развито научное направление по обеспечению радиационной безопасности при использовании техногенного сырья в производстве строительных материалов.

Определены и проанализированы токсические свойства ингредиентов, входящих в состав гальванических ПО. Проведен расчет суммарного индекса токсичности ПО, согласно которому ПО гальванических производств в основном относятся к IV классу токсичности, т.е. являются малоопасными для ОПС. Разработаны эффективные мероприятия по минимизации объемов и обезвреживанию стоков и шламов гальванических производств. Созданы новые технологии утилизации ПО гальванических производств с целью выделения из них ценных компонентов, их рециркуляции и вторичного использования в качестве материального сырья.

### Литература:

1. А. с. № 34221 UA. Методика визначення корисних властивостей промислових відходів з метою їх утилізації в якості технічних матеріалів / Е.Б. Хоботова, М.І. Уханьова. – Дата реєстрації 23.07.10.

УДК 544.723:661.882

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ  
ТИТАНОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ,  
ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА****В. В. Остапчук, М. А. Барсукова, О. Ю. Мараховская**

Шосткинский институт Сумского государственного университета

41100, г. Шостка, ул. Институтская, 1

[shi\\_nir@sm.ukrtel.net](mailto:shi_nir@sm.ukrtel.net)

Известно [1], что гидроксиды поливалентных металлов обладают высокой сорбционной активностью и селективностью к отдельным ионам или группам ионов, высокой обменной емкостью, радиационной, химической и механической устойчивостью. Интерес к неорганическим сорбентам (в т.ч. труднорастворимые соли поливалентных металлов) с каждым годом возрастает, расширяется их ассортимент [2].

Целью настоящей работы является предварительная оценка сорбционных способностей титаносодержащих соединений, полученных из отходов производства диоксида титана.

В качестве исходного сырья для получения гидроксидов титана использовали раствор титанилсульфата, полученный путем перевода в раствор неразложившихся остатков природного ильменита в сернокислотном растворе  $\text{pH} = -1,6$ . Концентрацию титана определяли оксидиметрическим методом, который основан на окислительно-восстановительной реакции между восстановительным раствором титана и раствора железоаммонийных квасцов (окислитель).

Для получения сорбционно-активных соединений титана выбрали условия проведения гидролитического разложения раствора солей содержащих октосульфат титана в сернокислотном растворе. Для ускорения процесса применяли метод контролируемого гидролиза, для чего проводили разбавление исходного раствора водой в разных соотношениях. Исследовали сорбционную активность титаносодержащих соединений в интервале  $\text{pH} 1,4-1,5$  относительно ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ . В процессе гидролитического разложения отбирали пробы растворов, концентрация которых менялась, оставляя массовое содержание соединений титана постоянным. Процесс изучали в статических условиях при температуре  $20-40^\circ\text{C}$ . Содержание ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$  определяли на спектрофотометре ЮНИКО 2100. Стандартные растворы  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$  с концентрацией  $1\text{мг/мл}$  готовили по стандартным методикам [3],  $\text{Fe}^{2+}$  методом с применением 1,10-фенантролина [4].

В процессе работы были получены кинетические зависимости сорбции ионов и зависимости сорбционной способности в интервале  $\text{pH} 1,4-1,5$ .

Анализ полученных результатов показал наличие сорбционной активности титаносодержащих растворов относительно концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ . Показана принципиальная возможность применения растворов соединений, полученных из отходов производства диоксида титана для сорбции катионов.

1. Сорбционные и хроматографические процессы / [Е.С. Бойчинова, Т.С. Бондаренко, Н.В. Абовская, М.М. Колосова].-С.-П.: Санкт-Петербургский государственный технологический институт, 2010. – 314 с.

2. Производство двуокиси титана пигментной сульфатным способом / [Скомороха В.Н. и др.]; под ред. В.Н. Скоморохи. – Суми: АТЗТ «Арсенал – Пресс», 2002. – 204 с.

4. Ольшанова К.М. Аналитическая химия / Ольшанова К.М., Пискарева С.К., Барашков К.М. – М.: «Химия», 1980. – 397 с.

5. Марченко З. Фотометрическое определение элементов / Марченко З. – М.: «Мир», 1971. – 501 с.



УДК 662.756.3+547.915

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ НА КІНЕТИКУ РЕАКЦІЇ ПЕРЕЕСТЕРИФІКАЦІЇ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

О.І. Василькевич, М.Б. Степанов, С.Г. Бондаренко, О. Ю. Кукушкіна

Національний технічний університет України «КПІ»

03056, м.Київ, пр-кт. Перемоги, 37

<http://kpi.ua/>

Дефіцит традиційних паливно-енергетичних ресурсів та залежність від імпорту нафтопродуктів стимулює розвиток в Україні енергетики, заснованої на використанні відновлюваних джерел енергії. Зокрема інтенсивно розвиваються технології отримання біодизельного палива на основі рослинних жирів. В якості сировини можуть бути використані ріпакова, соєва, рицинова, соняшникова, пальмова та інші олії. Важливою перевагою палив на основі рослинних олій є більш висока екологічність як під час виробництва, так і при застосуванні.

В даній роботі досліджено кінетичні закономірності процесу отримання синтетичного палива, що передбачає переробку соняшникової олії у біодизель шляхом переестерифікації за присутності лужного каталізатору. Отримане таким чином біодизельне паливо складається із метилових естерів жирних кислот. Побічним продуктом цієї реакції є технічний гліцерин. Він може застосовуватись в якості висококалорійного палива для опалювальних котлів.

Методика проведення експерименту описана полягає у перемішуванні олії зі спиртом в термостатованій ємності в присутності гідроксиду калію та періодичному відборі проб для аналізу з подальшим хроматографічним визначенням вмісту метилових естерів у пробі. В якості каталізатора було використано технічний 90% КОН. Результати експериментальних досліджень наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихід метилових естерів при різних значеннях концентрації каталізатора та температури

Час реакції τ, хв	Концентрація КОН, % при температурі 23°C			Концентрація КОН, % при температурі 60°C		
	4,3	6,5	8,6	4,3	6,5	8,6
	Вихід метилових ефірів, %					
1	6,2	20,1	29,1	11,9	54,4	48,5
2	9,5	34,7	44,5	38,3	55,4	61,4
3	21,9	5,9	51,6	47,2	60,5	62,6
4	32,1	51,6	58,4	52,3	61,3	63,2
5	44,5	54,7	61,7	56,7	64,0	64,7
10	49,9	57,9	72,2	59,4	68,7	69,9
15	53,1	61,2	78,5	60,2	70,5	71,7
25	54,8	64,7	81,6	60,4	72,4	72,5
35	57,6	68,8	85,2	61,6	74,8	75,6
45	60,3	75,3	87,5	62,8	76,2	76,9

Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що кінетика реакції переестерифікації олії метанолом в присутності КОН є результатом накладання декількох фізико-хімічних процесів: хімічної реакції переестерифікації; дифузії реагентів та каталізатора через поверхню розділу фаз; взаємодії каталізатора з метанолом та продуктом реакції (гліцерином). При цьому швидкість процесу утворення метилових естерів суттєво залежить від концентрації гліцерину у системі та вихідної концентрації каталізатора.

УДК 661.666.4.002

**АНАЛІЗАТОР ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНІВ****М.Б. Степанов, С.Г. Бондаренко О.І. Василькевич,**

Національний технічний університет України «КПІ»

03056, м.Київ, пр-кт. Перемоги, 37

<http://kpi.ua/>

Бензин є найбільш поширеним видом моторного палива. Основними показниками якості бензинів є фракційний склад, тиск насиченої пари, густина і детонаційна стійкість. У сучасних автомобілях, оснащених електричною системою подачі і розпилювання бензину з комп'ютерним блоком управління, октанове число бензину є одним із основних параметрів для штатної роботи блоку управління. При невідповідності октанового числа стандартному двигун не може працювати в оптимальному режимі, порушується управління упорскуванням палива аж до аварійної втрати потужності.

Наша робота націлена на створення апаратно-програмного комплексу для визначення октанового числа бензину. Зазвичай октанове число визначається моторним або дослідницьким методами на установках ІТ9-2М, УІТ-65 (ГОСТ 511-82), ІТ9-6 (ГОСТ 8226-82). Складний та довготривалий аналіз цими методами не дає змогу оперативно визначати октанове число бензинів під час технологічного процесу виробництва бензину і швидко вносити корективи в режим роботи установок. Існуючі експрес-методи базуються на вимірюванні фізико-хімічних параметрів (спектральні характеристики, діелектрична стала, густина та інші), які слабо корелюють з октановим числом бензинів.

В основі нашого методу лежить вимірювання теплофізичних параметрів реакцій початкових стадій окислення вуглеводнів бензинів у певних термодинамічних умовах (сталий реакційний об'єм, низька температура та присутність каталізатору). В цих умовах відбувається низькотемпературне окиснення вуглеводнів бензину (без термічного розкладу), яке тотожне процесам, що протікають на початкових стадіях горіння у двигуні автомобілю. Як показали попередні дослідження, тепловий ефект цих реакцій та інші термодинамічні параметри мають тісний зв'язок з октановим числом.

Установка складається з персонального комп'ютера (ПЕОМ) в який вводяться результати вимірювання теплофізичних параметрів реакцій початкових стадій окислення вуглеводнів бензинів. Результати вимірювань обробляються за розробленим алгоритмом, в основу якого покладені математичні моделі процесів окислення. Таким чином обчислюється інтегральна характеристика, яка добре корелює з октановим числом. Введення проби через шприц-дозатор дозволяє використовувати для проведення аналізу незначного об'єму (до 5 мл). Модуль вимірювача являє собою стандартний хроматографічний блок, сигнал з якого подається на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), а потім через інтерфейс RS-232 на ПЕОМ (можливе також застосування мікропроцесора), де і обчислюється інтегральна характеристика проби бензину по розробленому алгоритму. Інформація про октанове число відображається на екрані монітору. Вимірювальний комплекс дозволяє проводити визначення октанового числа за короткий проміжок часу (до 60 с) при використанні проби у кількості до 5 мм<sup>3</sup>. Похибка вимірювань не перевищує 2%. В нашому приладі усунені недоліки традиційного методу холодно-полум'яного окислення. Простота апаратного оформлення, мала трудомісткість і тривалість аналізу відкриває широкі перспективи використання такого приладу на виробництві, а також при реалізації нафтопродуктів.