

РАЗДЕЛ «ХИМИЯ. ХИМИЧЕСКИЕ, БИОТЕХНОЛОГИИ. ЭКОЛОГИЯ»

УДК 548.736:546.562:541.49

КОВАЛЕНКО А.Л., к.т.н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ (II) С N-ПРОИЗВОДНЫМИ ДИЭТАНОЛАМИНА

Синтезовано комплексні сполуки міді (II) з N-похідними діетаноламіну (ДЕА). Комплекси вивчені методами електронної та ІК-спектроскопії, магнетохімії, диференційного термічного аналізу. Висловлена думка про їх будову.

Синтезированы комплексные соединения меди (II) с N-производными диэтианоламинами (ДЕА). Комплексы изучены методами электронной и ИК-спектроскопии, магнетохимии, дифференциального термического анализа. Высказано предположение по их строению.

Complex copper compounds with N-derivitive diethanolamine. They have been investigated by methods of electronic and IR-spectroscopy, magnetochemie, by means of differential thermal analysis. Some hypotheses about their structure have been given.

Введение. В работах [1-3] изучены бисхелаты кобальта(II) с производными диэтианоламина. Авторами установлено строение этих соединений, изучены их свойства. Представляло интерес получить комплексы меди (II) с N- производными ДЭА, сопоставить их с соответствующими соединениями кобальта (II) и выявить влияние природы центрального иона, N – алкильного радикала и аниона соли на их строение и свойства.

Постановка задачи. При взаимодействии солей меди (II) $CuX_2 \cdot nH_2O$, где X – $1/2SO_4$, NO_3 с N-бензилдиэтианоламином (БЗДЭА) в соотношении 1:2 в спиртовой среде образуются соединения типа $[Cu(БЗДЭА)_2]X_2$. Комплексы $[Cu(БЗДЭА)_2]SO_4$, $[Cu(БЗДЭА)_2](NO_3)_2$ в индивидуальном состоянии представляют собой вещества светло-голубого цвета, растворимые в воде и органических растворителях, устойчивы на воздухе.

Молекулярная электропроводность соединений $[Cu(БЗДЭА)_2]SO_4$ и $[Cu(БЗДЭА)_2](NO_3)_2$ в метаноле при 20°C составляет 170 и 226 Ом⁻¹ см² моль⁻¹, с течением времени практически не изменяется.

Результаты работы. Результаты определения молекулярной электропроводности характеризуют комплекс $[Cu(БЗДЭА)_2]SO_4$ как бинарный электролит, а $[Cu(БЗДЭА)_2](NO_3)_2$ – как тройной электролит. pH свежеприготовленных миллимолярных растворов комплексов $[Cu(БЗДЭА)_2]SO_4$ и $[Cu(БЗДЭА)_2](NO_3)_2$ с концентрацией 10⁻³ моль/л составляет величины 6,45 и 6,38 соответственно и во времени не изменяется.

Изучены электронные спектры поглощения комплексов $[Cu(БЗДЭА)_2]X_2$, где X – $1/2SO_4$, NO_3 , в твердом состоянии. Спектр соединения $[Cu(БЗДЭА)_2]SO_4$ характеризуется ассиметричной полосой с максимумом при 14900 см⁻¹, на кривой имеется пере-

гиб в области 16200 см^{-1} . Спектр комплекса $[Cu(BЗДЭА)_2](NO_3)_2$ содержит ассиметричную полосу с максимумом при 15300 см^{-1} и перегиб около 16000 см^{-1} . Кривые поглощения бисхелатов в метаноле характеризуются широкой ассиметричной полосой с максимумом около 12800 см^{-1} . Спектры соединения $[Cu(BЗДЭА)_2]X_2$ в 1 моль/л водном растворе едкого натра содержат ассиметричную широкую полосу с максимумом в области 15400 см^{-1} .

В ИК-спектре аминоспирта в области $3200\text{-}3500\text{ см}^{-1}$ наблюдается одна широкая полоса с максимумом при 3380 см^{-1} . В связи с тем, что спектр лиганда получен в пленке, конфигурация этой полосы указывает на образование прочных внутри- или межмолекулярных водородных связей. Деформационным колебаниям оксигрупп аминоспирта отвечает поглощение в области $1600\text{-}1660\text{ см}^{-1}$. В интервале $1400\text{-}1460\text{ см}^{-1}$ наблюдаются полосы поглощения деформационных колебаний $\delta(CH_2)$, $\delta(CCH)$, $\delta(NCH)$, а также колебаний связей $C-N$. В области 1390 см^{-1} полоса поглощения отвечает деформационным колебаниям $\delta(CH_2)$, $\delta(CCH)$, $\delta(COH)$. Для спектров комплексов в области $1200\text{-}1300\text{ см}^{-1}$ проведено такое же отнесение, тем более, что поглощение в указанном интервале также чувствительно к координации. В спектре БЗДЭА поглощение $\nu(CC)$, $\nu(CN)$, $\nu(CO)$ проявляется в виде широкой интенсивной полосы с перегибами в области $1045\text{-}1150\text{ см}^{-1}$. В интервале $880\text{-}980\text{ см}^{-1}$ полосы отнесены к валентным колебаниям $C-C$ и $C-O$, а также $\rho(CH)$. Полоса при 780 см^{-1} , видимо, относится к внеплосковому колебанию OH -группы и к поглощению $\rho(CH)$. Ниже 700 см^{-1} не наблюдается каких-либо заметных полос поглощения.

В ИК-спектрах комплексов $[Cu(BЗДЭА)_2]X_2$ в интервале $3100\text{-}3500\text{ см}^{-1}$ появляются две полосы поглощения. Полоса с максимумом при 3150 см^{-1} относится к поглощению координированных OH -групп. Координация OH -групп доказывается и данными в области поглощения $\nu(C-O)$, а также появлением полос $\nu(Cu-O)$.

Полоса деформационных колебаний спиртовых OH -групп при $\sim 1650\text{ см}^{-1}$ смещена в низкочастотную область на $15\text{-}30\text{ см}^{-1}$. Это может быть обусловлено только взаимодействием оксигрупп с центральным ионом. Полосы деформационных колебаний CCH , NCH , CH_2 при $\sim 1450\text{ см}^{-1}$ также чувствительны к комплексообразованию. Они расщепляются на две компоненты: значение одной на $10\text{-}20\text{ см}^{-1}$ выше, чем в спектре свободного лиганда, а другой – на $5\text{-}10\text{ см}^{-1}$ ниже.

То же наблюдается с полосой при $\sim 1370\text{ см}^{-1}$. Область поглощения $\nu(C-O)$ при 1045 см^{-1} подтверждает координацию лиганда через атомы кислорода. Эта полоса в комплексах расщеплена, причем обе компоненты претерпевают низкочастотный сдвиг.

Полосы в области $360\text{ – }660\text{ см}^{-1}$ отнесены к валентным колебаниям $Cu-O$.

Поскольку значения частот при ~ 1450 и 1415 см^{-1} чувствительны к координации, а частота $\nu(CH)$ в спектрах комплексов расщеплена на две компоненты, лиганд координирован также посредством атома азота. Это подтверждается наличием полос поглощения $\nu(Cu-N)$ в области $400\text{-}480$ и $200\text{-}280\text{ см}^{-1}$. Следовательно, лиганд является тридентатным, связи с центральным ионом осуществляются через аминогруппу и два атома кислорода оксигрупп.

Бисхелаты меди (II) с БЗДЭА устойчивы при нагревании до 150°C . На дериватограмме комплекса $[Cu(BЗДЭА)_2](NO_3)_2$ при 155°C проявляется эндоэффект, который отвечает плавлению вещества, сразу же за этим следует разложение всего комплекса – убыль массы составляет $\sim 70\%$. Наличие ионов NO_3^- в комплексе уменьшает его устойчивость к нагреванию вследствие окислительных свойств аниона.

Для соли $[Cu(БЗДЭА)_2]SO_4$ эндоэффект плавления с разложением наблюдается при $170^\circ C$, после чего происходит трехступенчатое разложение внутренней сферы комплекса: это, по-видимому, является следствием ступенчатого отщепления лиганда.

Не исключена, однако, вероятность, что в процессе нагревания может происходить изменение кристаллической решетки комплекса или же изменение координационного числа центрального иона и дентатности лиганда. Кроме того, при отщеплении первой молекулы БЗДЭА, по-видимому, во внутреннюю сферу входит сульфат-ион.

Данные изучения температурной зависимости эффективных магнитных моментов соединений показывают, что в интервале температур 80-300 К величины эффективных магнитных моментов практически не изменяются и соответствуют мономерным соединениям.

Спектры ЭПР сульфатного и нитратного производных имеют форму ассиметричного синглета, характерного для магнитоконцентрированных соединений мономерной меди с аксиальной анизотропией g -фактора.

Для комплекса $[Cu(БЗДЭА)_2]SO_4$

$G = 2,188$; $g' = 2,140$; $g'' = 2,083$ при $t = 300^\circ K$.

Для соединения $[Cu(БЗДЭА)_2](NO_3)_2$

$g = 2,086$; $g' = 2,290$ при $t = 300^\circ K$.

В пределах ошибки g -фактора линии при различных температурах совпадают, с изменением температуры ширина линии существенно не изменяется, что свидетельствует в пользу диполь-дипольного спин-спинового взаимодействия между ионами меди, уширяющими индивидуальную линию.

Выводы. Используя данные электронной и колебательной спектроскопии, температурной зависимости $\mu_{эф}$, дифференциального термического анализа, ЭПР, а также по аналогии с соответствующими бисхелатами $[Co(RДДЭ)_2]X_2$, строение комплексного катиона в соединении $[Cu(БЗДЭА)_2]X_2$ можно представить следующими формулами (1,2), согласно которых природа N -радикалов и внешнесферных анионов может оказывать определенное влияние на структурные, спектральные, магнитные, термические и физико-химические характеристики бисхелатов.



ЛИТЕРАТУРА

1. Евреев В.Н., Голуб В.Г. Комплексные соединения кобальта с диэтаноломином. – Журн. неорг. химии. 1972, т.17, вып.5. – 1388с.
2. Гельденгершель Х.И. Соединения платины с диэтаноломином. – Журн. неорганической химии, 1962, т.7. – 233с.
3. Евреев В.Н. Мурашко С.В. Мостиковы медно-кобальтовые комплексы с диэтаноломином. – Журн. неорг. химии, 1976. т.21. вып.1. – 153с.

УДК 548.736:546.562:541.49

КОВАЛЕНКО А.Л., к.х.н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

**СОЕДИНЕНИЕ МЕДИ (II) С ТРИС-(ОКСИМЕТИЛ)-АМИНОМЕТАНОМ
ВНУТРИКОМПЛЕКСНОГО ТИПА**

Одержано координаційні сполуки міді (II) з трис-оксиметил-амінометаном внутрішньокомплексного типу. Сполуки вивчені методами фізико-хімічного аналізу, висловлена думка про їх будову.

Получены координационные соединения меди (II) с трис-оксиметил-аминометаном внутрикомплексного типа. Соединения изучены методами физико-химического анализа, высказано предположение о строении комплексов.

Coordinative cooper compound with tris-oxymethyl-aminomethan of intracomplex type have been obtained. The compounds have been investigated by methods of physical-chemical analysis. Some hypotheses about the structure of the compounds have been made.

Введение. Известно, что медь (II) с аминспиртами может образовывать четырех-, пяти- и шестикоординационные соединения. В литературе имеются некоторые сведения по комплексообразованию меди (II) с трис-оксиметил-аминометаном (ТРИС), однако эти данные немногочисленны и разрознены, отсутствуют данные по физико-химическим свойствам этих соединений, структурным исследованиям [1-3].

Постановка задачи. При взаимодействии водных растворов солей меди (II) с ТРИС в щелочной среде при $pH \sim 10$ происходит образование внутрикомплексного соединения (ВКС) $[Cu(ТРИС - H)_2] \cdot 5H_2O$ по схеме:
 $CuX_2 \cdot nH_2O + NaOH + 2ТРИС \rightarrow [Cu(ТРИС - H)_2] \cdot 5H_2O + NaX_2$, где X – моноанион.

Для получения соединения с большим выходом необходимо взять водный раствор ацетата меди с ТРИС в соотношении 1:3,5. Несколько меньший выход ВКС получается при взаимодействии соли $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ с ТРИС в щелочной среде в соотношении 1:3,5.

В качестве исходных могут быть использованы не только соли меди, но и бисхелаты меди с ТРИС. При взаимодействии различных хелатов меди с ТРИС, например $[Cu(ТРИС_2 - H)H_2O] \cdot Cl \cdot H_2O$ или $[Cu(ТРИС)_2]SO_4$, с насыщенным водным раствором щелочи получается ВКС $[Cu(ТРИС - H)_2] \cdot 5H_2O$.

При попытке получить смешанные комплексные соединения меди с N-производными ДЭА – типа R ДЭА с ТРИС в водной и спиртовой среде получается также ВКС. Это свидетельствует о достаточной устойчивости ВКС.

Результаты работы. Получено комплексное соединение $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$. В индивидуальном состоянии комплекс представляет собой мелкокристаллическое вещество красно-фиолетового цвета, хорошо растворимое в растворах щелочей, слабо растворимое в органических растворителях, в сильно кислых растворах комплекс разрушается. На воздухе вещество постепенно изменяется, особенно под действием паров воды, красно-фиолетовая окраска комплекса переходит в синюю.

Молекулярная электропроводность свежеприготовленного миллимолярного водного раствора комплекса $[Cu(ТРИС - Н_2)] \cdot 5H_2O$ при 20°C составляет $\sim 14 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2 \text{ моль}^{-1}$. Это свидетельствует о частичном протонировании ВКС в водной среде. pH этого раствора составляет 9,45 и во времени практически не измеряется.

Выполнены и изучены электронные спектры поглощения комплекса $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$ в индивидуальном состоянии и 1 моль/л водном растворе щелочи.

В твердом состоянии спектр поглощения характеризуется ассиметричной широкой полосой со слабым расщеплением с возможным максимумом при 17100 см^{-1} .

Спектр соединения в 1 моль/л растворе едкого натра подобен спектру индивидуального комплекса и содержит широкую ассиметричную полосу поглощения около 17000 см^{-1} . С течением времени спектр поглощения практически не изменяется, что свидетельствует о достаточной устойчивости соединения в этих условиях.

Согласно ИК-спектроскопии молекула лиганда содержит NH_2 -группу и три гидроксильные группы, которые в ИК-спектре поглощают в области $3100-3600 \text{ см}^{-1}$. Полосы поглощения с максимумом при $3400-3300 \text{ см}^{-1}$ следует отнести к колебаниям OH -групп, а полосы при $3250-3155 \text{ см}^{-1}$ – к поглощению NH_2 -группы. Такие сравнительно низкие значения частот $\nu(NH)$ и $\nu(OH)$ свидетельствуют о наличии внутримолекулярных водородных связей.

В интервале $1600-1650 \text{ см}^{-1}$ в спектре $ТРИС$ наблюдаются две полосы поглощения с максимумами при 1630 и 1605 см^{-1} . Высокочастотную полосу, по-видимому, следует отнести к деформационному ассиметричному колебанию $\delta_{as}(NH_2)$ аминоксипы, а низкочастотную – к ассиметричному колебанию $\delta_{as}(OH)$ -оксигрупп. Полосы поглощения симметрических колебаний $\delta_s(NH_2)$ и $\delta_s(OH)$ наблюдаются при 1380 и 1345 см^{-1} соответственно.

Колебания $\delta(CH_2)$, $\delta(CCH)$, $\delta(NCH)$ проявляются при 1510 , 1455 , 1318 и 1293 см^{-1} . Поглощение валентных колебаний $C-N$ наблюдаются при 1160 , 1100 , 987 , 947 см^{-1} , валентных колебаний $C-C$ – при 1065 , 1045 , 903 см^{-1} , и поглощение колебаний $C-O$ проявляется полосами с максимумами при 1032 , 1018 , 860 , 835 см^{-1} . В области ниже 700 см^{-1} наблюдаются полосы поглощения $\nu(CC)$, $\gamma(CCN)$, $\chi(CNC)$ - 680 , 600 , 450 , 427 см^{-1} .

Данные ИК-спектроскопии указывают на транс-строение комплекса $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$. Это подтверждается наличием нерасщепленных полос поглощения с максимумами при $1600-1670 \text{ см}^{-1}$ [$\delta(NH_2)$]. При $1560-1580 \text{ см}^{-1}$ [$\delta(OH)$], а также полос в области поглощения OH - и NH_2 -групп.

Кроме того, полосы поглощения $\nu(Cu - O)$ и $\nu(Cu - N)$ также не расщеплены. В ИК-спектрах комплексов меди с $ТРИС$ в области поглощения NH - и OH -групп наблюдается серия полос поглощения, часть из которых относится к связанным NH - и OH -группам; высокочастотная полоса с максимумом при 3400 см^{-1} , по-видимому, может

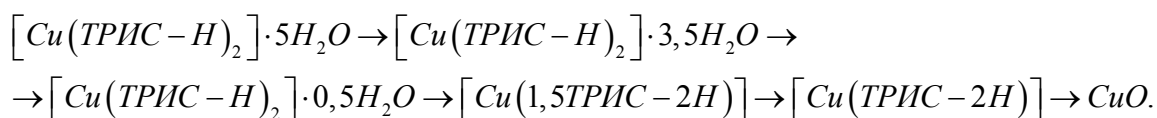
быть отнесена к свободной *ОН*-группе, связанной водородными связями с молекулами кристаллизационной воды или же участвующей в каком-либо другом взаимодействии. Полосы поглощения претерпевают низкочастотное смещение на 30 и 15 см⁻¹ соответственно. Следовательно, аминогруппа и одна *ОН*-группа образуют координационные связи с металлом, и лиганд является би- или трехдентатным.

Координация через атом азота подтверждается смещением полос поглощения. Кроме того, в области 500-600 см⁻¹, 400-460 см⁻¹ и 250-300 см⁻¹ в ИК-спектре $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$ появляются полосы поглощения, часть из которых, по видимому, относится к колебаниям (*Сu - N*).

Образование связей *Сu - O* кроме низкочастотного смещения $\nu(OH)$ ведет к изменению частот $\delta(OH)$ и $\nu(C - O)$. Например, $\nu_{as}(C - O)$ претерпевает низкочастотное смещение, а $\nu_s(C - O)$ – высокочастотное. В области поглощения $\nu(Cu - O)$ наблюдаются полосы с частотами 675, 605, 375, 350 см⁻¹.

Вся совокупность ИК- спектральных данных указывает, что комплекс $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$ имеет квадратно-плоскостную конфигурацию, депротонированный лиганд присоединен к меди по *NO*-типу, молекулы воды связаны водородными связями со свободной группой *ОН* и с атомами кислорода лиганда.

Дериватограмма комплекса свидетельствует о том, что при нагревании соединения $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$ в интервале температур 50-60°С отщепляется слабо связанная водородными связями вода. При более сильном нагревании в интервале 130-150°С теряется оставшаяся вода и начинает отщепляться аминспирт. Разложение комплекса изображается:



Данные температурной зависимости магнитной восприимчивости ($= 1,90$) в интервале температур 80 – 300К свидетельствуют о мономерном строении комплекса.

Спектр ЭПР $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$ представляет собой ассиметричный синглет, характерный для магнито-концентрированных соединений мономерной меди с аксиальной анизотропией *g* – фактора. С понижением температуры ширина линии существенно не изменяется, что свидетельствует о том, что основным уширяющим индивидуальную линию фактором является диполь-дипольное спин-спиновое взаимодействие между ионами меди.

Для соединения $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$

$$g_1 = 2,068, \quad \Delta H_{pp} = 100\text{э} \quad \text{при } t = 300^\circ \text{C};$$

$$g_2 = 2,066, \quad \Delta H_{pp} = 90\text{э} \quad \text{при } t = 103^\circ \text{C}.$$

Форма линии ВКС типична для мономерных соединений меди(II).

Выводы. На основании данных электронной и молекулярной спектроскопии, магнитной восприимчивости, дифференциального термического анализа и ЭПР можно высказать предположение, что ВКС $[Cu(ТРИС - Н)_2] \cdot 5H_2O$ имеет мономерное центросимметричное строение с транс-конфигурацией. Электрообменное взаимодействие отсутствует. ТРИС выступает как однозарядный анион и образует пятичленные циклы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евреев В.Н., Богданов А.П., Зеленцов В.В. Биядерные комплексы кобальта с трис-(оксиметил)-аминометаном. – Коорд. химия, 1978, т. 4, вып. 11. – 1718с.
2. Стеценко А.И., Шигина Л.И. Комплексные соединения платины с трис-(оксиметил)-аминометаном. – Журн. неорг. химии, 1981, т. 26. вып. 3. – 690с.
3. Евреев В.Н. Три- и тетрагетероядерные комплексы с трис-(оксиметил)-аминометаном. – Коорд. химия, 1978, т.4, вып.9. – 1402с.

УДК 661.872.532-12:661.214.9

ШКІРКО І.В., аспірант
ВОЛОШИН М.Д., д.т.н., професор
ОНУФРІЄВА А.М., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО СІРЧАНОКИСЛОТНОГО ТРАВІЛЬНОГО РОЗЧИНУ
НА ВИХІД І ЯКІСТЬ ЗАЛІЗНОГО КУПОРОСУ**

Відпрацьовані травильні розчини доцільно переробляти та вилучати з них залізний купорос. В даній роботі представлені результати досліджень якості відпрацьованого сірчанокислотного травильного розчину. Визначено експериментально кількість і проаналізовано якість отриманого залізного купоросу.

Отработанные травильные растворы целесообразно перерабатывать для получения железного купороса. В данной работе представлены результаты исследований качества отработанного сернокислотного травильного раствора. Определено экспериментально количество и проанализировано качество полученного железного купороса.

The perfected pickling solutions is reasonable to process for reception the ferrous sulfate. In given work are presented results of the studies quality perfected sulphur oxide pickling solution. It is determined experimental amount and is analyses quality of the got ferrous sulfate.

Вступ. Серед промислових стічних вод важливе місце займають відпрацьовані травильні розчини. Відпрацьовані травильні розчини є стоками травильних відділень на металургійних, трубопрокатних і машинобудівних заводах. Ці розчини утворюються при обробці (травленні) металевих виробів кислотами з метою видалення з їх поверхні окалини та іржі [1].

Щороку у процесі травлення утворюється понад 2 млн. т відпрацьованих травильних розчинів [2].

В залежності від виду виробів, які обробляються, питома витрата стічних вод може коливатися від 0,4 м³ на 1 т виробів при травленні прутів до 50 м³ на 1 т при травленні оцинкованих труб. В середньому утворення стічних вод травильних цехів складає 3-3,5 м³ на 1 т виробів, з яких близько 85% – промивні стоки [1, 2].

Для травлення спеціальних видів сталі використовують азотну, фосфорну, плавикову та сірчану кислоти. В нашій країні по сформованим умовам економіки для трав-

лення використовують переважно технічну сірчану кислоту. Найбільша швидкість травлення відбувається при 20-25% - й концентрації розчину [1].

Відпрацьовані травильні розчини відносяться до числа агресивних промислових стоків. В процесі травлення відпрацьований травильний розчин поступово вичерпується та збагачується солями заліза і тому через певний проміжок часу його необхідно видалити та замінити новим. Такі розчини містять приблизно від 260 до 310г/л солей заліза і 30-100 г/л вільної сірчаної кислоти.

Скид їх у водойми наносить велику шкоду як навколишньому середовищу так і народному господарству [3]. Ці забруднення здатні знищити мікробіоценози у спорудах біологічної очистки стічних вод. Навіть незначний вміст кислоти у воді згубно впливає на біологічні процеси, які відбуваються у воді. Крім того, кислі води також згубно впливають на будівні та залізні конструкції, мости, греблі, трубопроводи і т.д. [4]. Тому недопустимо скидання травильних розчинів у каналізаційну систему, а доцільно їх переробляти [5, 6].

На практиці декілька підприємств взагалі не переробляють відпрацьовані травильні розчини, а нейтралізують їх вапняковим молоком і скидають у каналізацію, сплачуючи при цьому штрафи та забруднюючи навколишнє середовище. Найбільш часто зустрічаються наступні забруднення: неорганічні кислоти та їх солі, луги, поверхнево активні речовини і неорганічні солі важких металів [3].

Постановка задачі. Об'єктом дослідження є відпрацьовані сірчаноокислотні травильні розчини з концентрацією від 0,02 до 6,37 % H_2SO_4 , які утворюються при травленні сталевій проволочки-катанки.

Метою роботи є дослідження впливу складу відпрацьованого сірчаноокислотного травильного розчину на вихід і якість залізного купоросу.

В ході виконання роботи було поставлено наступні задачі:

1. Визначити фізико-хімічні властивості відпрацьованого сірчаноокислотного травильного розчину та вплив складу відпрацьованого сірчаноокислотного травильного розчину на якість залізного купоросу.
2. Визначити експериментально вихід і проаналізувати якість залізного купоросу, отриманого шляхом випарювання розчину.

Для визначення якісного складу відпрацьованого травильного розчину, а також його фізико-хімічних показників використовували наступні методи: титрометричний, гравіметричний, електрометричний.

В пробах відпрацьованого сірчаноокислотного травильного розчину визначали вміст сірчаної кислоти, сульфату заліза і нерозчинних домішок, густину і показник рН. Також розглянуто якість отриманого кристалічного сульфату заліза за вмістом вільної сірчаної кислоти і визначена його вологість.

Вміст сірчаної кислоти в травильному розчині визначали титрометричним методом шляхом нейтралізації кислоти лугом в присутності індикатору метилового оранжевого. Для зменшення можливої похибки експерименту досліджувалося дві паралельні проби.

Визначення нерозчинних домішок (окалина, іржа та інші механічні забруднення) виконувалося гравіметричним методом за допомогою паперових фільтрів. Розчин фільтрували через паперові фільтри, які попередньо висушили до постійної маси при 105°C, потім фільтр поміщали у фарфорові чашки і висушували при 70-80°C до постійної маси.

Для встановлення вмісту сульфату заліза у досліджуваному травильному розчині використовували метод максимального виморожування. При цьому пробу розчину охолоджували в морозильній камері при температурі мінус 14°C до випадіння залізного купоросу. Потім розчин відфільтровували через паперові фільтри, які попередньо ви-

сушили до постійної маси при 105°C, а виділений залізний купорос висушували при 70-80°C до постійної маси і зважували.

Густину відпрацьованого травильного розчину визначали за допомогою ареометрів. Активну реакцію середовища (рН) визначали за допомогою іономіру ІВ-74.

Другим етапом лабораторних досліджень було визначення якості кристалічного сульфату заліза.

Спочатку з відпрацьованого травильного розчину випарювали частину води під вакуумом при температурі 70°C. При цьому відбувалося концентрування травильного розчину. Потім сконцентрований розчин переливали у ємкість і охолоджували до температури плюс 9°C. При цьому відбувалось розділення фаз у колбі: скристалізований сульфат заліза випадав в осад на дно, а маточний розчин залишався у верхньому шарі. Маточний розчин переливали у іншу ємкість, а осад додатково промивали водою. Отриманий залізний купорос висушували у сушильній шафі до постійної маси при температурі 70°C і зважували. У сконденсованій воді, що випарилась з травильного розчину, визначали показник рН.

Для дослідження якості отриманого залізного купоросу було визначено у ньому вміст вільної сірчаної кислоти і вологість.

Вміст сірчаної кислоти визначали наступним чином. Відфільтрований та промитий залізний купорос додатково промивали водою і у промивному фільтраті визначали вміст кислоти методом титрування гідроксидом натрію.

Вологість отриманого осаду визначали, зважуючи відфільтровані вологі кристали та кристали, висушені у сушильній шафі до постійної маси.

Маточний розчин (фільтрат) аналізували на вміст вільної сірчаної кислоти методом титрування і на вміст семиводного сульфату заліза методом виморожування.

Результати роботи. При проведенні лабораторних досліджень аналізували сім проб травильних розчинів з різною концентрацією сірчаної кислоти: 0,02; 0,12; 0,20; 0,24; 0,42; 1,22; 6,37%.

При аналізі якості відпрацьованого травильного розчину визначили основні показники: вміст вільної сірчаної кислоти, залізного купоросу, нерозчинних домішок, густину та показник рН. Результати досліджень якості відпрацьованого сірчаноокислотного травильного розчину приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика якості відпрацьованих сірчаноокислотних травильних розчинів

№ п/п	Концентрація H ₂ SO ₄		Вміст FeSO ₄ ·7H ₂ O		Вміст домішок		Густина розчину, г/см ³	рН
	%	г/л	%	г/л	%	г/л		
1	0,02	0,259	28,57	370	0,42	5,404	1,295	4,0
2	0,12	1,470	26,61	326	0,39	4,821	1,225	3,5
3	0,20	2,436	26,23	320	0,35	4,270	1,218	3,0
4	0,24	2,870	24,25	290	0,37	4,551	1,196	3,0
5	0,42	5,044	24,13	297	0,34	4,103	1,203	2,0
6	1,22	15,836	29,27	382	0,29	3,420	1,298	1,5
7	6,37	73,451	19,75	228	0,27	3,083	1,153	1,0

В маточному розчині (фільтрат) визначали вміст вільної сірчаної кислоти методом титрування, у конденсаті визначали показник рН. Результати досліджень по визначенню якості фільтрату і конденсату приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Визначення якості маточного розчину

№ п/п	Концентрація H ₂ SO ₄ , %	Об'єм розчину, мл	Час до-сліду, хв	Конденсат		Фільтрат	
				Об'єм, мл	pH	Об'єм, мл	Концентрація H ₂ SO ₄ , %
1	0,02	500	60	190	6,0	207	0,038
2	0,02	500	100	240	6,0	148	0,049
3	0,02	500	60	218	5,0	174	0,039
4	0,2	500	60	150	5,5	265	0,320
5	1,22	500	60	210	5,0	179	2,501
6	6,37	500	60	190	4,5	238	11,980

Досліджуючи якість вилученого залізного купоросу, було визначено вміст вільної сірчаної кислоти і вологість осаду. Якість вилученого залізного купоросу визначали у пробах №1, №6. Результати проведеного аналізу визначення якості вилученого залізного купоросу з відпрацьованого травильного розчину представлено у табл.3.

Таблиця 3 – Якість вилученого залізного купоросу

№ п/п	Номер проби	Концентрація у розчині H ₂ SO ₄ , %	Вміст H ₂ SO ₄ у залізному купоросі, %	Зовнішній вигляд кристалів	Примітки
1	1	0,02	0,001	зеленувато-блакитні	
2	6	6,37	1,3	жовто-зелені	Після повторної промивки
			0,93	зеленувато-блакитні	

Згідно ГОСТу 6982-94 (основні вимоги до якості технічного залізного купоросу) за вмістом вільної сірчаної кислоти пробу № 1 можна віднести до марки А. Інша проба № 6 залізного купоросу не відповідає вимогам ГОСТу 6982-94 за вмістом вільної сірчаної кислоти та за зовнішнім виглядом отриманих кристалів – жовто-зелені кристали замість зеленувато-блакитних. Тому для проби № 6 необхідна додаткова промивка водою. Отриманні кристали після повторної промивки можна віднести до марки Б (вміст вільної сірчаної кислоти не більш 1%).

Вологість осаду визначалась у трьох пробах, отриманих з травильного розчину з концентрацією 0,02 % H₂SO₄ (відповідно проба № 1 отримана при випаровуванні з розчину 190 мл води; проба № 4 – 150 мл води), а також у пробі № 5 залізного купоросу, вилученого з травильного розчину з концентрацією 1,22 % H₂SO₄ (при 210 мл випареної води). Результати досліджень представлено у табл.4.

Таблиця 4 – Визначання вологості осаду

№ п/п	Номер проби	Концентрація в розчині H ₂ SO ₄ , %	Об'єм розчину, мл	Кількість випареної води	Маса вологого осаду, г	Маса сухого осаду, г	Маса води, г	Вологість осаду
1	1	0,02	500	190	161,815	132,78	29,035	17,94
2	4	0,2	500	150	144,682	117,70	26,982	18,65
3	5	1,22	500	210	172,960	142,87	30,09	17,41

Висновки. При визначенні фізико-хімічних властивостей відпрацьованих сірчано-ніокислотних травильних розчинів встановлено залежність між концентрацією сірчаної кислоти і вмістом нерозчинних домішок у травильному розчині: чим менша концентрація кислоти, тим більший вміст домішок (окалина, іржа, пісок та ін.). Так для розчину з концентрацією 0,02 % H_2SO_4 вміст домішок складає 0,42%, а у розчині з концентрацією 6,37% H_2SO_4 – 0,27%.

Визначаючи вміст у розчині залізного купоросу та зв'язок з концентрацією сірчаної кислоти, встановлено зворотно-пропорційний зв'язок: чим менша концентрація сірчаної кислоти, тим більший вміст залізного купоросу. Однак необхідно відмітити, що в деяких пробах немає чіткої залежності між концентрацією сірчаної кислоти і залізного купоросу у розчині. Це пояснюється особливостями проведення процесу травлення та можливо додаванням кислоти у відпрацьовані травильні розчини з метою підвищення їх концентрації для повторного використання.

Згідно ГОСТу 6982-94 пробу отриманого залізного купоросу № 1 з вмістом вільної сірчаної кислоти 0,02% можна віднести до марки А (вміст вільної сірчаної кислоти не більше 0,3), а пробу отриманого залізного купоросу № 6 з вмістом вільної сірчаної кислоти 6,37% після додаткової промивки можна віднести до марки Б (вміст вільної сірчаної кислоти не більше 1%). Вологість отриманого залізного купоросу коливається у межах 17-19%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий черной металлургии и способы их очистки: Справочное пособие. – Днепропетровск. – 1998. – 44с.
2. Смирнов Д.Н., Генкин В.Е. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов. – М.: «Металлургия», 1980 – 196с.
3. Лукьяница А.Н. Интенсификация процессов утилизации отработанных травильных растворов: Дисс. канд. технич. наук. Днепропетровск, 1963. – 17с.
4. Калиновский Е.А., Саранин О.Л. Безотходные технологии очистки сточных вод. Очистка гальванических стоков// Научно-технический журнал «Экотехнологии и ресурсосбережение». – 1999. – № 1. – С.48-53.
5. Шабалин А.Ф. Очистка и использование сточных вод на предприятиях черной металлургии. – М.: «Металлургия», 1968. – 340с.
6. Паперный С.Е. Вакуум-криталлизационные купоросные установки. – М., «Металлургия», 1967г. – 405с.
7. Технологическая инструкция ТИ – 2003 – 01. Подготовка поверхности катанки. Днепропетровск УПП «УТОГ».

УДК.621.1.016.4.004.16

ПАНЧЕНКО М.І., к.т.н., доцент
АНАЦЬКИЙ М.С., студент
КУЧЕРЕНКО В.О., студент

Дніпропетровський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПОВЕРХНЕЮ АПАРАТІВ

Розглядаються питання щодо втрат тепла поверхнею апаратів в хімічній технології та методи їх визначення деякими авторами. На основі виконаних досліджень рекомендовано, для більш точних розрахунків коефіцієнтів тепловіддачі поверхнею апаратів, користуватися критеріями Прандтля (Pr), Нуссельта (Nu) та Грасгофа (Gr).

Рассматриваются вопросы потерь тепла поверхностью аппаратов в химической технологии и методы их определения некоторыми авторами. На основе выполненных исследований, рекомендовано для более точных расчетов коэффициентов теплоотдачи поверхностью аппаратов, пользоваться критериями Прандтля (Pr), Нуссельта (Nu) и Грасгофа (Gr).

It is examined questions of losses warm by the surface of vehicles in chemical technology and methods of their determination by some authors. On the basis of the executed researches it is recommended for more exact calculations of coefficients of heat emission by the surface of vehicles to use the criteria of Prandtl (Pr), Nuselt (Nu) and Grossgoff (Gr).

Вступ. Економія паливно-енергетичних ресурсів відноситься до найважливіших завдань сучасної техніки. Розвиток так званої енергозберігаючої технології визначає головні напрямки науково-технічного прогресу і в хімічній технології. Як відомо, в цій галузі техніки витрачається біля 15% всіх спожитих енергоресурсів. В багатьох хімічних виробництвах використання енергії складає основну частину затрат. Крім того, деякі джерела енергії, в тому числі природний газ, нафта, кам'яне вугілля є одночасно сировиною для отримання ряду продуктів хімічного синтезу. В цьому випадку необхідно розробляти нові технології, що забезпечують комплексне використання цієї сировини для виробництва продукції і енергії. Такі завдання стоять, зокрема, у виробництві зв'язаного азоту, яке розвивається як потужна галузь народного господарства [1].

Незважаючи на те, що в хімічній технології значна кількість традиційного палива використовується як сировина для отримання нових хімічних речовин, загальна кількість спожитої енергії, в кінці кінців, потрапляє в навколишнє середовище в якості тепла та готової продукції: добриво, отрутохімікати – на сільськогосподарські угіддя, газоподібні речовини – в повітря, тверді вироби із хімічних речовин – на смітник.

Значна кількість енергії витрачається розігрітою поверхнею апаратів, точна кількість якої на сьогоднішній день невідома. Втрати тепла поверхнею апаратів поповнюють масштаби теплового забруднення навколишнього середовища, що супроводжується підвищенням температури над промисловими агломераціями в порівнянні з природними екосистемами.

Постановка задачі. При викладанні дисциплін студентам з напрямку «Хімічна технологія та інженерія» мало приділяється уваги щодо втрат тепла поверхнею основного та допоміжного хімічного обладнання. Так, в літературних джерелах хіміко-технологічного напрямку розрахунок втрат тепла стінкою апарату в навколишнє середовище не проводиться, а приймається в межах від 1% до 20% від загального теплового навантаження [2]. Інші автори пропонують приймати втрати тепла в межах від 3% до 5% від загальної кількості [3], від 1% до 20% від загального приходу теплоти [4] або розраховують різницю між приходом і витратою тепла від 0,6% до 17,6% [5]. У деяких джерелах втрати тепла не враховувалися взагалі [6]. Такий підхід методично невірний і не вписується в сучасні умови значного подорожчання енергоресурсів і їх ролі в хімічній промисловості на перспективу.

При розрахунку втрат тепла поверхнею апаратів в навколишнє середовище важливе значення має відносна площа поверхні апарату. Якщо, наприклад, розрахувати втрати тепла для апарату продуктивністю 1 млн.т і окремо 4-х апаратів продуктивністю того ж продукту по 0,25 млн.т кожен, то втрати теплоти будуть в 2 рази менші у першого, ніж у чотирьох окремих з такою ж сумарною продуктивністю.

Для визначення втрат тепла в навколишнє середовище поверхнею апаратів основним показником є коефіцієнт тепловіддачі, який залежить від температури поверхні апарату та температури навколишнього середовища. Основна задача досліджень – ви-

значення і порівняння дослідного та розрахункових коефіцієнтів тепловіддачі циліндричної поверхні при зміні її температури в межах від 50 до 100°C.

Результати роботи. Для виконання досліджень використовували циліндричну мідну трубку діаметром 25 мм і довжиною 1 м. На поверхні трубки встановлювали три термометра для визначення середньої температури поверхні стінки. В середній частині трубки по всій її довжині встановлювали електричний нагрівач.

Дослідний коефіцієнт $\alpha_{\text{дос}}$ розраховували з рівняння

$$Q = \alpha_{\text{дос}} \cdot F \cdot \Delta t, \quad (1)$$

де $Q = V \cdot I$ – витрати енергії нагрівачем, Вт;

F – поверхня циліндричної мідної трубки, м²;

Δt – різниця температур поверхні трубки і навколишнього середовища, °C;

V – напруга джерела енергії, В;

I – сила струму, А.

Дослідний коефіцієнт порівнювали з коефіцієнтами, розрахованими за відомими наближеними формулами [7,8]:

$$\alpha_{\text{заг}} = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{н.с}}), \quad (2)$$

$$\alpha_{\text{заг}} = 9,3 + 0,058 \cdot t_{\text{ст}}, \quad (3)$$

де $t_{\text{ст}}$ і $t_{\text{н.с}}$ – температура стінки апарату і навколишнього середовища відповідно, °C.

Крім цього визначали конвективний коефіцієнт тепловіддачі та коефіцієнт випромінювання. Сумму вказаних коефіцієнтів порівнювали з дослідним коефіцієнтом тепловіддачі. Конвективний коефіцієнт тепловіддачі розраховували, використовуючи критерії Грасгофа (Gr), Прандтля (Pr) та Нуссельта (Nu), за рівняннями:

$$Gr = d^3 \cdot \rho^2 \cdot \beta \cdot g \cdot \Delta t / \mu^2, \quad (4)$$

$$Pr = c \cdot \mu / \lambda, \quad (5)$$

$$Nu = \alpha_k \cdot \lambda / d, \quad (6)$$

$$Nu = m (Gr \cdot Pr)^n, \quad (7)$$

де d – діаметр трубки, м;

ρ – густина повітря при середній температурі, кг/м³;

β – коефіцієнт об'ємного розширення повітря, К⁻¹;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

Δt – різниця температур стінки і повітря, К;

μ – Коефіцієнт динамічної в'язкості повітря, Па·с;

c – теплоємність повітря, Дж/кг·К;

λ – коефіцієнт теплопровідності повітря, Дж/м·К;

α_k – конвективний коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м²·К;

m, n – коефіцієнти, які залежать від добутку $Gr \cdot Pr$ [7];

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням $\alpha_{\text{вип}}$ визначали за формулою [7]:

$$\alpha_{\text{вип}} = \varepsilon \cdot C \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] / (T_1 - T_2), \quad (8)$$

де ε – ступінь чорноти міді = 0,58;

C – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла = 5,7 Вт/м²·К⁴;

T_1 і T_2 – температури поверхні мідної трубки і повітря, К.

Середню температуру стінки підтримували регулятором напруги в межах 50-100°C. Дослідження значень коефіцієнтів тепловіддачі проводили при горизонтальному положенні мідної трубки, а також під кутом 45°. Теоретичний коефіцієнт тепловіддачі визначали як суму конвективного коефіцієнта (рівняння (4-7)) та коефіцієнта випромінювання (рівняння (8)): $\alpha = \alpha_k + \alpha_{\text{вип}}$

Результати досліджень наведені в табл.1. Дослідний коефіцієнт тепловіддачі визначали за рівнянням (1).

Таблица 1 – Результаты исследований коэффициентов теплоотдачи медной цилиндрической поверхнею

№ п/п	Потужність Вт	Середня температура стінки	Дослідний коефіцієнт теплоотдачи	Коефіцієнт теплоотдачи за розрахований за формулами		
				теплоотдачи за критеріальними рівняннями	1.2	1.3
горизонтальне положення трубки						
1	30	52,7	12,462	12,325	11,933	11,887
2	45	60,7	14,895	12,943	12,333	12,447
3	63	72,7	15,84	13,748	12,933	13,287
4	80	86,7	15,759	14,575	13,633	14,267
5	103,5	101,7	16,55	15,522	14,383	15,317
кут нахилу 45 °						
1	30	52,7	13,331	12,232	11,933	11,747
2	45	65,7	13,758	13,235	12,583	12,657
3	63	77	15,142	13,976	13,15	13,45
4	80	88,7	15,759	14,662	13,733	14,267
5	99	98	17,043	15,308	14,2	14,92

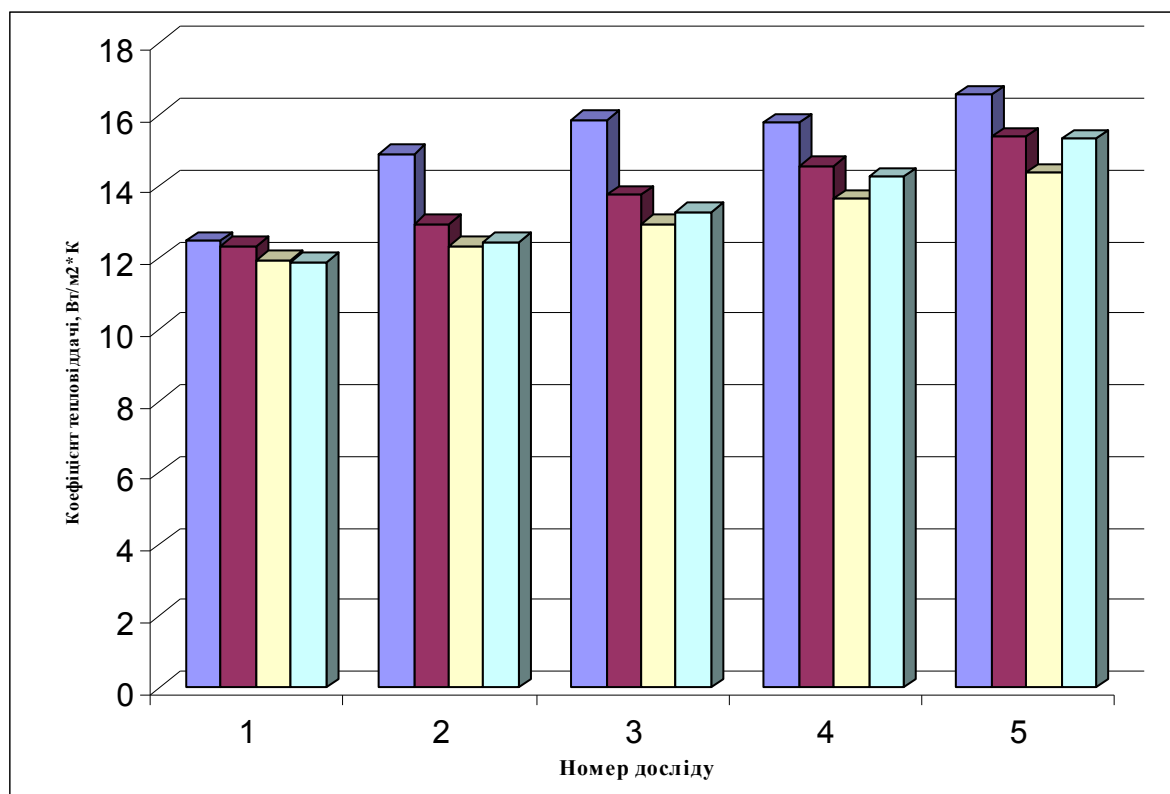


Рисунок 1 – Значення коефіцієнтів теплоотдачи при горизонтальному розташуванні мідної трубки

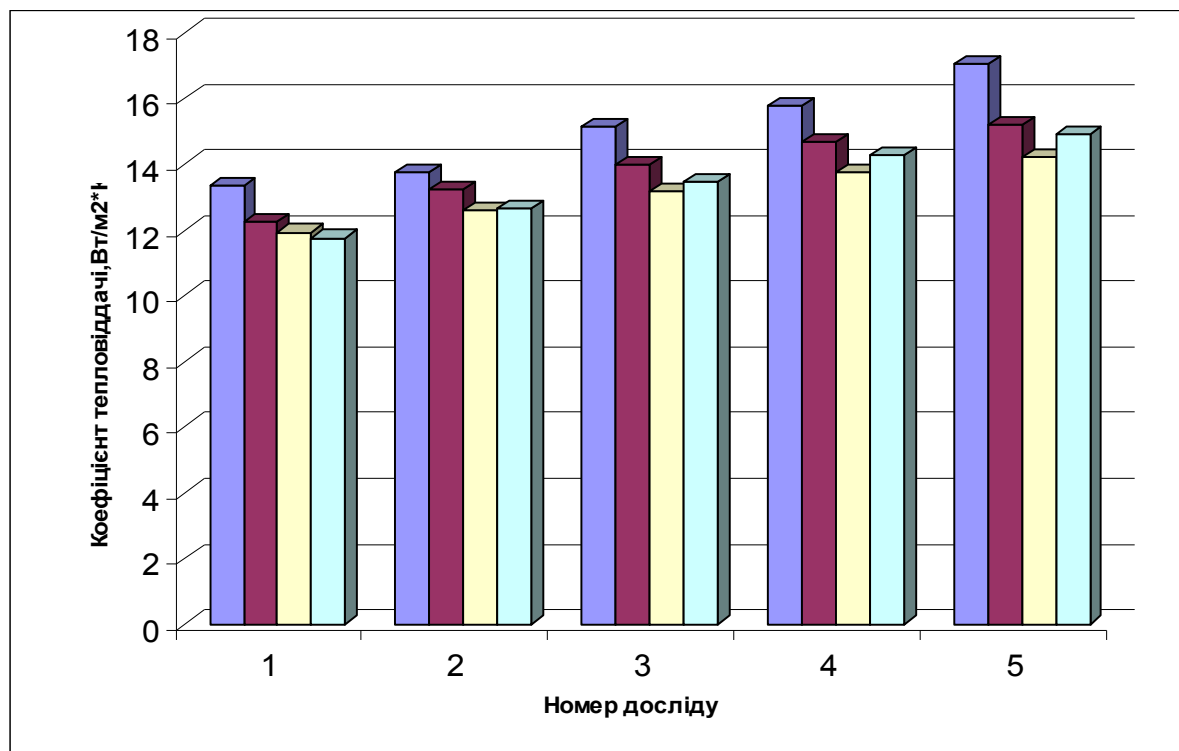


Рисунок 2 – Значення коефіцієнтів тепловіддачі при розташуванні мідної трубки під кутом 45°

Висновки. Значення коефіцієнта тепловіддачі, розрахованого за критеріальними рівняннями Грасгофа, Прандтля та Нусельта, краще відповідає дослідному, ніж розраховані за наближеними формулами (2), (3) (рис.1, 2). У зв'язку з цим при розрахунках втрат тепла бажано користуватись критеріальними рівняннями. Використання цих рівнянь бажано застосовувати при проектуванні хімічних апаратів, що дозволить точніше розраховувати втрати тепла поверхнею апаратів. Таким чином, ця пропозиція дозволить знайти оптимальні розміри хімічних апаратів з меншими відносними втратами енергоресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. – М.: Химия, 1988. – 280с.
2. Атрощенко В.Я., Гельперин И.Я., Засорин А.П и др. Методы расчетов по технологии связанного азота. – К.: Вища школа, 1978. – 312с.
3. Клевке В.Л., Поляков Я.Я. Технология азотных удобрений. – М.: Госхимиздат, 1963. – 392с.
4. Расчеты по технологии неорганических веществ. Изд. 2-е, перераб, под редакцией М.Е. Позина. – Л.: Химия, 1977. – 496с.
5. Бесков С.Д. Технохимические расчеты. – М.: Высшая школа, 1966. – 520с.
6. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. – М.: Химия, 1985. – 384с.
7. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/ Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. –Л.: Химия, 1987. – 576с., ил.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд., пер. и доп. М., Химия, 1981. – 754с.

Днепродзержинский государственный технический университет

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ПУЛЬПЕ НА ПРОЦЕСС ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ

Наведені дослідження, в результаті яких встановлено закономірності зміни ефективності флотації залежно від вмісту твердих частинок в початковій пульпі при певних значеннях їх мінералізації і дисперсності, що дозволяє створити такі водно-шламові схеми вуглезбагачення, які обумовлювали б оптимальні показники для флотації названого параметра.

Приведены исследования, в результате которых установлены закономерности изменения эффективности флотации в зависимости от содержания твердых частиц в исходной пульпе при определенных значениях их минерализации и дисперсности, что позволяет создать такие водно-шламовые схемы углеобогащения, которые обуславливали бы оптимальные показатели для флотации названного параметра.

Researches which conformities to the law of change of efficiency of flotation are set as a result of are resulted, depending on maintenance of hard particles in initial pulp at the defined values of their mineralization and dispersion, that allow to create the such water-shlams charts of enrichment of coal, which causes optimum indexes for flotation of the adopted parameter.

Введение. В настоящее время технологические схемы большинства углеобогачительных фабрик (УОФ) представляют собой комбинации методов обогащения в осадочных машинах крупного и мелкого угля, в тяжелосредних сепараторах и циклонах флотации. Внедрение прогрессивной технологии обогащения в различных аппаратах с магнетитовой суспензией сдерживается, а некоторые УОФ вообще отказались от данного метода по причине значительных эксплуатационных затрат на ремонт оборудования из-за быстрого его абразивного износа. В то же время известна их высокая технологическая эффективность, обеспечивающая максимальное извлечение в концентрат легких фракций при минимальном его засорении тяжелыми фракциями угля.

Цель работы. Исследовать факторы, определяющие характер изменения показателей флотации, путем анализа результатов аэрации пульпы при различном содержании в ней твердых частичек.

Результаты работы. Одним из наиболее существенных технологических факторов, влияющих на процесс флотации, является концентрация твердых частичек в пульпе. Но поскольку показатели эффективности флотации зависят не только от содержания твердой фазы в питании, но и от зольности угольного шлама, при обработке результатов опытов по зольности они были разделены на следующие диапазоны, %: 18-22; 22-24 и 24-30.

Характер изменения показателей выхода концентрата, его зольности отходов и эффективности флотации от содержания твердой фазы в питании в указанных диапазонах зольности характеризуется зависимостями, которые могут быть аппроксимированы уравнениями второго порядка:

а) при зольности твердого остатка питания флотации в пределах 18-22%:

$$\gamma_k = 68,88 + 0,1959T - 0,00162T^2;$$

$$A^c_k = 9,04 - 0,0113T + 0,00012T^2;$$

$$A^c_{отх} = 45,50 + 0,128T - 0,00099T^2;$$

$$E = 387,40 + 1,1454T - 0,01117T^2;$$

б) при зольности твердого остатка питания флотации в пределах 22-24%:

$$\gamma_k = 36,28 + 0,5653T - 0,002T^2;$$

$$A^c_k = 9,18 + 0,0078T + 0,00001T^2;$$

$$A^c_{отх} = 17,46 + 0,6296T - 0,0022T^2;$$

$$E = 19,00 + 6,2277T - 0,02248T^2;$$

в) при зольности твердого остатка питания флотации в пределах 24-30%:

$$\gamma_k = 25,88 + 0,6468T - 0,00236T^2;$$

$$A^c_k = 11,62 - 0,0074T + 0,00008T^2;$$

$$A^c_{отх} = 23,22 + 0,5572T - 0,002T^2;$$

$$E = 52,80 + 4,4737T - 0,01708T^2, \text{ где } T - \text{ содержание твердой фазы в пульпе, г/л.}$$

Как видно, эффективность флотации шлама высокозольных углей в зависимости от концентрации флотируемого материала в пульпе изменяется по кривой с максимумом, соответствующим определенному ее значению, что является основой оптимизации вводно-шламовых схем и технологии подготовки шлама для флотации.

Для изучения факторов, определяющих такой характер изменения показателей флотации, проводились исследования аэрации пульпы при различном содержании в ней твердых частичек, которая изменяется, как показали результаты опытов (табл.1), не только в связи с уменьшением удельного расхода воздуха на единицу массы твердых частичек при увеличении их концентрации, но и от общего уменьшения количества инжектируемого в пульпу воздуха.

Как видно из данных табл.1, общий расход воздуха в пульпу уменьшается с 25,27 до 20,1 л при повышении содержания в ней твердой фазы от 50 до 250 г/л, что обусловлено повышением плотности пульпы, в результате чего увеличивается гидростатическое сопротивление движению воздуха. В то же время, увеличивающее сопротивление среды заметно уменьшает и скорость поднятия пузырьков воздуха, что в конечном счете перекрывает влияние снижения количества засасываемого воздуха. Однако, аэрированность пульпы снижается при росте концентрации в ней твердой фазы также из-за повышения общего расхода флотационных реагентов при постоянной величине удельного их расхода на единицу массы и в связи с этим увеличивается вязкость жидкой фазы системы. Так, при изменении концентрации реагентов в чистой воде в соответствии с концентрацией, рассчитанной на всю массу твердых частичек в постоянном объеме пульпы при изменении их содержания от 50 до 250 г/л, расход воздуха уменьшается от 27,15 до 22,84 л.

Таким образом, с увеличением содержания твердых частиц в пульпе для данной конструкции флотационной машины показатели флотации снижаются, что связано с ухудшением параметров ее аэрации.

Одним из основных факторов, определяющих эффективность флотации при изменении концентрации в исходной пульпе твердых частичек, является скорость флотации. Анализ уравнения кинетики флотации показывает, что скорость ее во всех случаях определяется начальной концентрацией флотируемых частичек в пульпе и должна возрастать непрерывно в соответствии с кривой, о порядке которой единого мнения не существует. В результате исследований средняя скорость флотации, в качестве которой принята величина извлечения флотируемого компонента в единицу времени за весь период флотации, изменяется по кривой с максимумом в области содержания твердой фазы в питании около 150 г/л. Этот характер кривой объясняется также недостаточной степенью аэрации пульпы при высоких значениях содержания в ней твердых частичек.

В принципе, при неизменном удельном расходе воздуха на единицу массы флотируемых частичек скорость флотации должна возрастать по кривой, монотонно стремящейся вверх.

Изучение особенностей процесса флотации шламов высокозольных углей показывает также, что изменяется и характер распределения зольности, т.е. степени минерализации порций флотируемого материала во времени. Если при малом содержании твердой фазы в пульпе наименьшая минерализация угольного концентрата, извлекаемого в пенный продукт, наблюдается в начальной стадии флотации, то для пульпы с повышенным содержанием твердых частичек минимальная его минерализация наблюдается в середине процесса. Объясняется это тем, что в начале флотации разбавленной пульпы извлекается преимущественно низкзольные крупные частицы. При флотации пульпы с повышенным содержанием твердой фазы, наоборот, флотируются в начальной стадии процесса преимущественно тонкодисперсные частички. Эта закономерность изменения эффективности флотации от содержания твердой фазы в исходной пульпе была подтверждена результатами промышленных испытаний при постоянной нагрузке и расходе реагентов.

Выводы. Установленные закономерности изменения эффективности флотации в зависимости от содержания твердых частичек в исходной пульпе при определенных значениях их минерализации и дисперсности позволяют создать такие вводно-шламовые схемы углеобогащения, которые обуславливали бы оптимальные показатели для флотации названного параметра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пиккат-Ордынский Г.А., Острый В.А. Технология флотационного обогащения угля. – М.: Недра, 1972. – С.112.
2. Фоменко Т.Г., Бутовецкий В.С., Погарцева Е.М. Вводно-шламовое хозяйство углеобогажительных фабрик. – М.: Недра, 1974. – С.269.
3. Барский Л.А., Плаксин Н.А. Критерий оптимизации разделительных процессов. – М.: Недра, 1967. – С.176.
4. Бутовецкий В.С., Кандратенко А.Ф., Григорьева К.А. Научные труды УкрНИИУглеобогащение. – Недра, т. IV, 1965. – С.197-240.

УДК 662.741

БАРСКИЙ В.Д.,* д.т.н., профессор
ГУЛЯЕВ В.М., к.т.н., доцент

*Украинский государственный химико-технологический университет
Днепропетровский государственный технический университет

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ, «ГОРЯЧАЯ» и «ХОЛОДНАЯ» ПРОЧНОСТЬ КОКСА

Досліджено взаємозв'язок між показниками якості коксу CRI, CSR, M25, M10. Показана необхідність їх спільного використання як таких, що відображують різні властивості коксу.

Исследована взаимосвязь между показателями качества кокса CRI, CSR, M25, M10. Показана необходимость их совместного использования как отражающих различные свойства кокса.

Intercommunication between the indexes of quality of coke of CRI, CSR, M25, M10, is explored. The necessity of their sharing is shown, as reflecting different properties of coke.

Введение. Как показано ранее, «горячая» прочность кокса (показатель CSR в методе NSC) определяется разрушением (истиранием) ослабленной газификацией части куска кокса, остающейся за поверхностью продвигающейся к его центру реакции между углеродом и диоксидом углерода. Очевидно поэтому, что, как и реакционная способность кокса (РСК), «горячая» прочность кокса является, прежде всего, функцией группового химического состава органической массы углей (ОМУ) и, как следствие, фазового состава пластической массы углей и шихт.

Вместе с тем, в общем случае прочность кокса определяется его сопротивлением не только истиранию, но и дробящим усилиям. При этом механическая прочность кокса будет пропорциональна эффективной площади сечения разлома куска. Для кусков одинакового размера эффективная площадь сечения будет тем больше, чем меньше пористость и трещиноватость кокса.

Трещиноватость является следствием нарушения равновесия между массой коксующего материала и занимаемым им объемом [1] из-за высоких выходов парогазовых продуктов и степени конденсированности образовавшихся химических структур.

Пористость кокса растет, когда высокий выход парогазовых продуктов пиролиза сочетается с образованием относительно большого количества достаточно текучей пластической массы.

При анализе сопротивляемости кокса дробящим усилиям следует учитывать также степень макроструктурной организации твердой фазы, достигаемой в результате спекания: она снижается при изменении фазового состава продуктов пиролиза ОМУ в сторону уменьшения параметра $\alpha_{ж.т.}$ – отношения выходов жидкоподвижных и твердых продуктов пиролиза ОМУ в центробежном поле.

Постановка задачи. Обобщение этих положений и полученных результатов позволяет представить причинно-следственные отношения между явлениями, протекающими в ходе процесса коксования, и состоянием вещества в виде схемы (рис.1), включающей основные, определяющие это состояние, признаки.

Как видно из этой схемы, в основе всех стадий процесса коксования лежит групповой химический состав ОМУ.

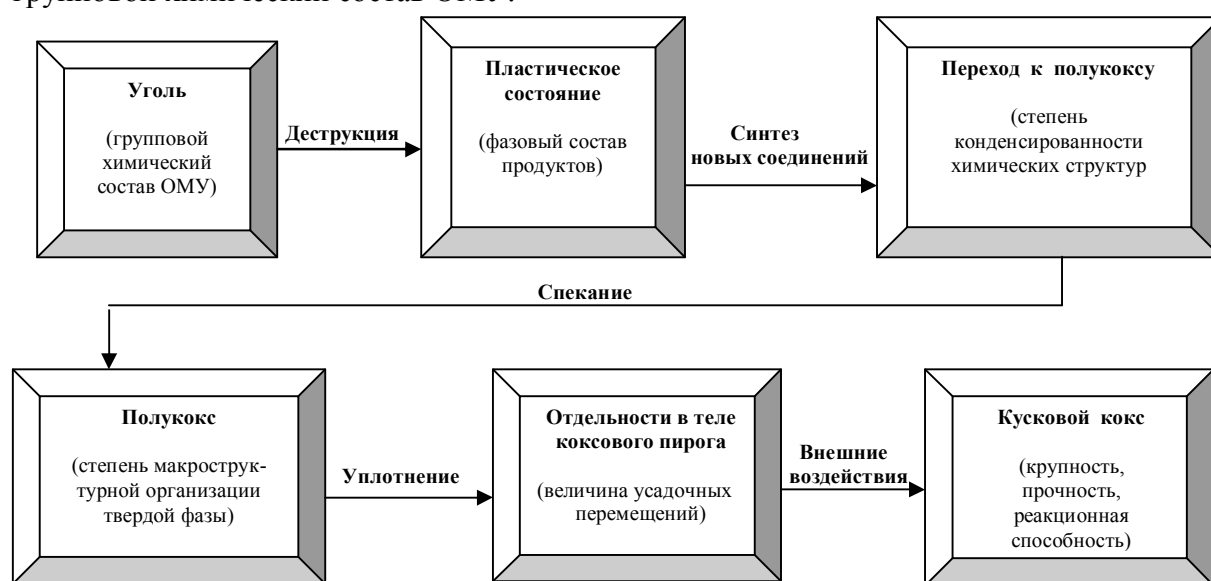


Рисунок 1 – Схема причинно-следственных связей между явлениями, состояниями вещества и их определяющими признаками

Из приведенной укрупненной схемы механизма формирования реакционных и прочностных свойств кокса следует также, что показатель CSR лишь повторяет информацию, доставляемую показателем CRI, оценивая результат одного и того же процесса газификации кокса по относительному количеству образовавшейся «золы».

Учитывая особенности методики испытания кокса в аппарате NSC (прежде всего отбор кусков узкого класса крупности, отсутствие условий для реализации разрушения по трещинам и в зонах, ослабленных повышенной пористостью кокса), делаем вывод о том, что определяемые испытанием широких классов крупности такие показатели, как M25 и M10 существенно шире охватывают свойства кокса, относимые к его механической прочности.

Результаты работы. Для иллюстрации различных функций рассматриваемых показателей при оценке качества кокса и формирующих его факторов использовали результаты испытаний коксов, полученных из шихт разного строя и состава [2].

Особенностью эксперимента является повышенное содержание в шихтах углей марок Г, Ж, К и ОС различных шахт, а также концентратов ЦОФ «Антоновская» (ГЖ) и «Сибирь» (КС+ОС).

Многовариантность составов шихт позволила осуществить надежное сопоставление зависимостей показателя качества кокса CSR от CRI (рис.2) и показателя M10 от M25 (рис.3)¹.

Как видно, полученные в обоих случаях оценки тесноты связи настолько велики (соответственно $r_{xy}^2 = 0,94$ и $r_{xy}^2 = 0,95$), что можно утверждать:

- газификация кокса практически полностью определяет величину показателя CSR;
- содержание класса >25мм практически полностью определяет выход класса <10мм.

Вместе с тем из рис.2 следует, что показатели метода “NSC” не выделяют из общего массива данных коксы из шихт определенного состава: ромбы и квадраты распределены равномерно во всем диапазоне изменения значений показателей CRI и CSR.

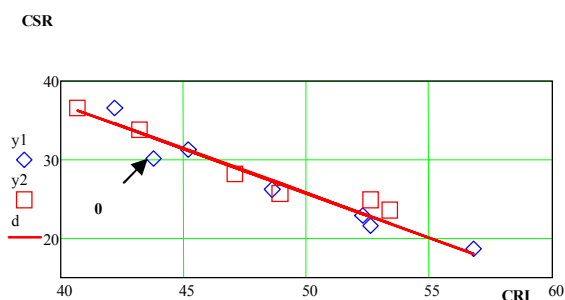


Рисунок 2 – Связь между показателями CSR и CRI

$$CSR = 82,315 - 1,132 \cdot CRI$$

$$r_{xy} = -0,9690$$

$$S_{ост.}^{opt} = 1,4025 \quad S_{ост.}^{общ} = 1,4810$$

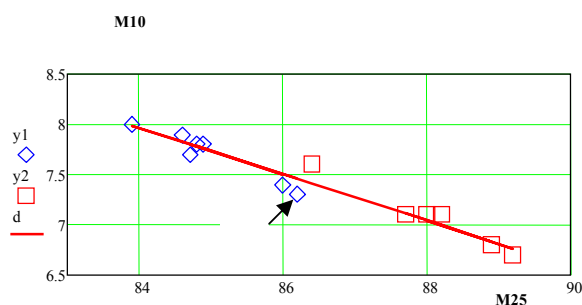


Рисунок 3 – Связь между показателями M10 и M25

$$M10 = 27,4290 - 0,2320 \cdot M25$$

$$r_{xy} = -0,975$$

$$S_{ост.}^{opt} = 0,0930 \quad S_{ост.}^{общ} = 0,0950$$

¹ На рис. 2, 3 коксам из шихт с высоким содержанием углей марки Г соответствуют ромбы, а коксам из шихт с высоким содержанием углей марок Ж, К, ОС и концентратов ГЖ и (КС+ОС) соответствуют квадраты.

В противоположность этому показатели «холодной» прочности четко делят весь массив данных на две группы (рис.3), в одной из которых сосредоточены коксы из шихт с большим содержанием газовых углей, тогда как во второй – коксы из шихт с большой долей углей других марок.

Полноты ради ввели в рассмотрение выход класса 25–10мм, определенный по формуле:

$$\Delta M = 100 - (M25 + M10), \%$$

Графики, приведенные на рис.4, 5, подтверждают выводы, сделанные выше. Существенно, что:

- границей между упомянутыми группами коксов, выделяемыми показателями M25, M10 и ΔM , является кокс из базовой шихты, характерной средними значениями долей участия углей различных марок (выделен на рисунках знаком «0»);
- прямая пропорциональность между показателями ΔM и M10 (рис.5) говорит о том, что класс 25–10мм и класс 10–0мм образуются «независимо» из класса ≥ 25 мм.

Оба эти замечания в сочетании с высокими оценками тесноты связи усиливают вывод о неслучайном характере наблюдаемых возможностей показателей «холодной» прочности при оценке качества кокса.

В связи с изложенным, получает совершенно иную интерпретацию «слабая» связь показателей метода «NSC» с показателями «холодной» прочности кокса (рис.6, 7).

Связь между ними, порожаемая химической природой органической массы коксующих углей и фазовым составом их пластической массы², проявляется внутри групп данных, разделяемых на рис.4, 5 линиями ортогональной регрессии.

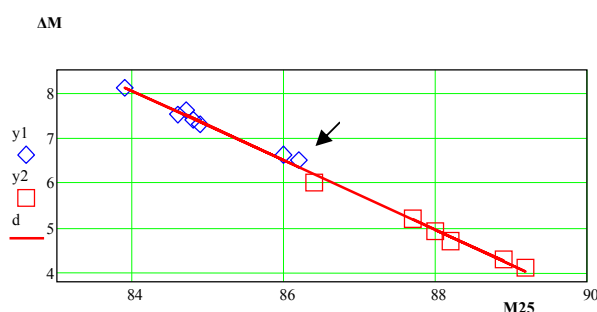


Рисунок 4 – Зависимость между показателями ΔM и M25

$$\Delta M = 72,742 - 0,770 \cdot M25$$

$$r_{xy} = -0,998$$

$$S_{ост.}^{opt} = 0,0860 \quad S_{ост.}^{общ} = 0,0950$$

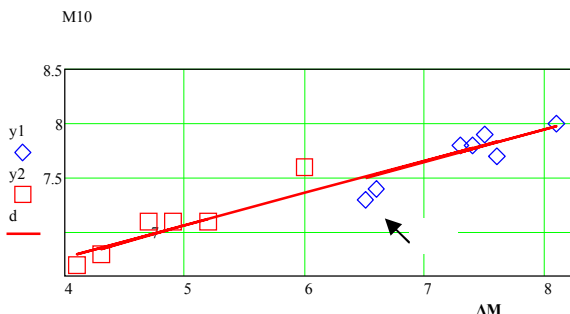


Рисунок 5 – Зависимость между показателями ΔM и M10

$$M10 = 5,579 + 0,296 \cdot \Delta M$$

$$r_{xy} = -0,957$$

$$S_{ост.}^{opt} = 0,1214 \quad S_{ост.}^{общ} = 1,402$$

² -Только в этом смысле следует понимать результаты, полученные в [3,4].

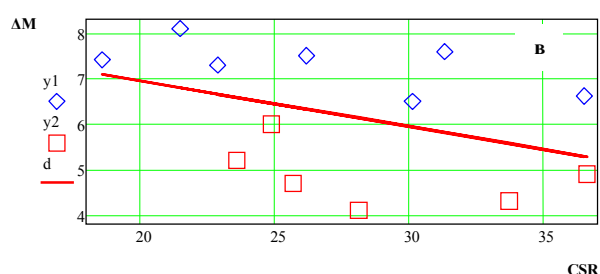
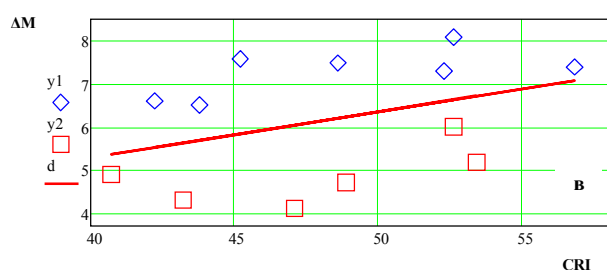
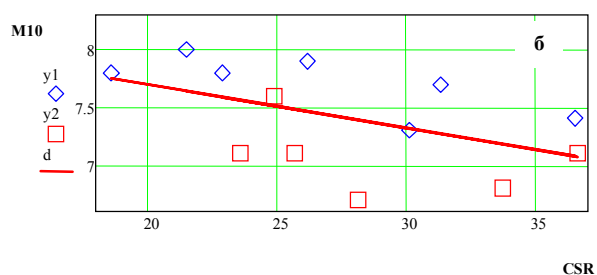
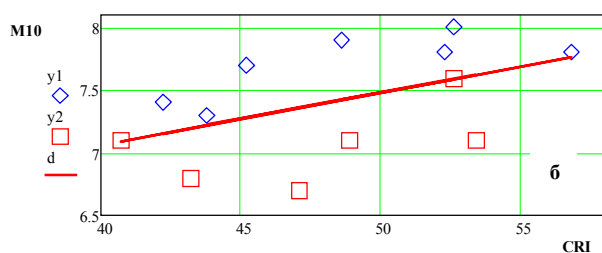
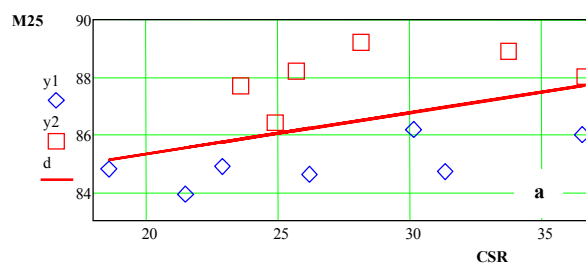
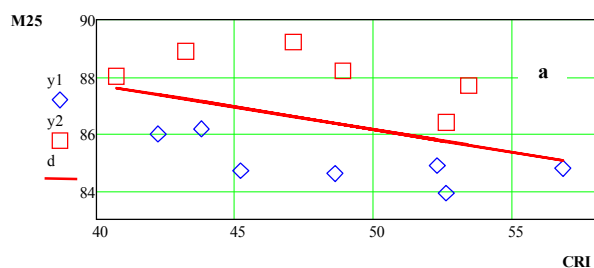


Рисунок 6 – Связь между показателями CRI и:

- а) M25
- б) M10
- в) ΔM

Рисунок 7 – Связь между показателями CSR и:

- а) M25
- б) M10
- в) ΔM

В целом же эта связь существенно ослабляется действием факторов, не задействованных в методе «NSC», но работающих в методах определения «холодной» прочности – факторов, ослабляющих сопротивляемость кокса измельчению путем образования пор и трещин в теле куска.

Выводы. Из изложенного следует, что даже если исходить только из «интересов» доменного производства, то кроме сопротивляемости куска кокса газификации и, как следствие, росту его истираемости, придется учитывать также сопротивление кусков кокса раздавливающим усилиям, для оценки которого как раз и необходимы показатели «холодной» прочности.

Эта необходимость становится еще более очевидной, если учитывать также «интересы» коксохимического производства, основной продукт которого – кокс – претерпевает (при выдаче, тушении, сортировке, транспортировке и др.) существенные дробящие и истирающие воздействия, снижающие выход доменного кокса практически без изменения величин показателей CRI и CSR.

Поскольку методы определения механической прочности кокса в значительной степени моделируют внепечные воздействия на него, более полная оценка качества кокса может быть получена только сочетанием этих методов с определением РСК и, в частности, по методу «NSC».

Для более полного моделирования процесса разрушения кокса на пути от коксовой до доменной печи рекомендовано использовать метод расчета прочностных характеристик кокса по показателям его «холодной» прочности [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Барский В.Д., Рубчевский В.Н. Элементы теории процесса слоевого коксования. 1. Физическая модель// Кокс и химия. – 1998. – №2. – С.14-21.
2. Кафтан Ю.С., Дроздник И.Д., Мирошниченко Д.В. и др. Взаимосвязь органической и минеральной частей угольной шихты с «холодной» и «горячей» прочностью кокса// Углекимический журнал. – 2007. – №3-4. – С.3-13.
3. Морозов О.С., Мурат С.Г., Зотов А.Н. и др. Зависимость «холодной» прочности кокса от показателей CRI и CSR// Кокс и химия. – 2003. – №1. – С.20-21.
4. Титов В.В., Морозов О.С., Юхименко В.И. и др. Зависимость показателя CSR от прочности пористого тела кокса и химического состава его золы// Кокс и химия. – 2004. – №12. – С.21-22.
5. Гуляев В.М., Мучник Д.А. Прогноз качества скипового кокса и потерь от измельчения// Кокс и химия. – 2005. – №2. – С.7-16.

УДК 579

ГУЛЯЕВ В.М., к.т.н., доцент
ФІЛІМОНЕНКО Д.В., аспірант
ХАРИТОНОВА О.Ю., аспірант

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНВЕРТАЗНОЇ АКТИВНОСТІ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

В експерименті досліджувалася інвертазна активність хлібопекарських дріжджів, вплив на її рівень обсягу засівного інокуляту; зафіксовано динаміку розвитку і накопичення ферменту біомасою S. cerevisiae. Визначено економічні коефіцієнти глибинної ферментації дріжджів в лабораторних умовах. Запропоновано заходи, спрямовані на підвищення рівня активності β-фруктофуранозидази дріжджової біомаси для подальшого виділення ферменту і виготовлення іммобілізованого препарату.

В ходе эксперимента исследовалась инвертазная активность хлебопекарных дрожжей, влияние на ее уровень объема посевного инокулята; зафиксирована динамика развития и накопления фермента биомассой S. cerevisiae. Определены экономические коэффициенты глубинной ферментации дрожжей в лабораторных условиях. Предложены мероприятия, направленные на повышение уровня активности β-фруктофуранозидазы дрожжевой биомассы для дальнейшего выделения фермента и изготовления иммобилизованного препарата.

Invertase activity of bakery yeasts, influence on its level of sowing volume of inoculum in experience, was investigated; fixed dynamics of development and enzyme accumulation by biomass of S. cerevisiae. The economic coefficients of yeasts submerged fermentation are defined in laboratory conditions. Introduced measures, directed on the increase of level of invertase activity yeasts biomass for the further separation of enzyme and producing of immobilised preparation.

Вступ. Серед відомих продуцентів промислової мікробіології дріжджові мікроорганізми роду *Saccharomyces* найбільш безпечні для людей і навколишнього середови-

ща. Вони відрізняються відносно невибагливістю і високою швидкістю росту і розмноження. Хлібопекарські дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* є багатим і невичерпним джерелом біологічних ресурсів для наукових досліджень. Серед широкого різноманіття біологічно-активних речовин, що синтезуються дріжджами чільне місце посідають ферменти, зокрема β -фруктофуранозидаза (інвертаза Е.С 3.2.1.26) – ензим, який дозволяє отримувати інвертний цукор із сахарози і не застосовувати при цьому агресивні хімічні реагенти: кислоти і луги. На світовому біотехнологічному ринку, який обчислюється десятками млрд. доларів, за попитом серед ферментних препаратів β -фруктофуранозидаза посідає друге місце. Промислове використання інвертази в кондитерській, хлібопекарській, лікєро-горілчаній галузях народного господарства, в медицині, бджільництві значно розширилося і здешевіло із появою іммобілізованих препаратів [1-3].

Постановка задачі. Україна – високорозвинена країна зі значним економіко-науковим потенціалом, має декілька власних підприємств-виробників біотехнологічної продукції, та жоден з них не виробляє ферментні препарати із інвертазною активністю.

Українські дріжджові заводи, забезпечуючи потребу держави в дріжджовій біомасі, мають можливість використовувати свою потужність і для виділення ферментів.

β -фруктофуранозидаза має широке поширення в промислових процесах і, відповідно, високий попит, тому розробка власної технології виробництва препарату стабілізованої інвертази є актуальною проблемою.

Об'єктом дослідження служила культура *Saccharomyces cerevisiae*. Культуру дріжджів підтримували та зберігали на скошеному агаризованому середовищі при 4°C.

Культуру *Saccharomyces cerevisiae* вирощували в колбах Ерленмейера ємністю 250 мл шляхом глибинної ферментації при рН = 6,0, при 30°C на поживному середовищі наступного складу (г/л): сахароза 30, пептон 5,0 і дріжджовий екстракт 3,0 з постійним перемішуванням при 200 об/хв.

Першу серію дослідів проводили в вісім етапів. Під час експериментів визначали оптимальну кількість засівного матеріалу для одержання максимальної інвертазної активності, для чого останній вносили в поживне середовище в наступних обсягах (мл): 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0.

Вплив кількості засівного матеріалу на культивування дріжджів протягом 48 год характеризували з використанням економічних коефіцієнтів - Y_p/x , Y_p/s і Y_x/s .

В другій серії дослідів оптимальну кількість засівного матеріалу, яку визначили в першій серії дослідів, культивували на протязі 96 годин. Визначалися кількість накопиченої біомаси, рівень інвертазної активності і спожитого культурою цукру.

Активність інвертази визначали згідно з методом Самнера і Хоувела[4]. Одна інвертазна одиниця визначалася як кількість ферменту, що дозволяє отримати 1 мг інвертного цукру на протязі 5 хвилин при 20°C і рН 4,5. Біомасу дріжджів визначали ваговим методом. Вміст цукру в середовищі визначали колориметричним методом[5].

Результати роботи. Вплив кількості засівного матеріалу на ферментацію дріжджів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Вплив обсягу інокуляту на рівень біосинтезу інвертази *S. cerevisiae*

Об'єм інокуляту, мл	Споживання цукру, мг/мл	Активність інвертази, Од/мл	Біомаса, г/л
0,5	6,40	3,52	5,32
1,0	6,60	7,48	6,05
1,5	6,65	6,53	6,70
2,0	6,80	6,04	7,26
2,5	7,00	5,47	7,68
3,0	7,15	5,00	7,93
3,5	7,30	4,51	8,12
4,0	7,40	4,07	8,27

Отримані результати характеризували відносними економічними коефіцієнтами (рис.1).

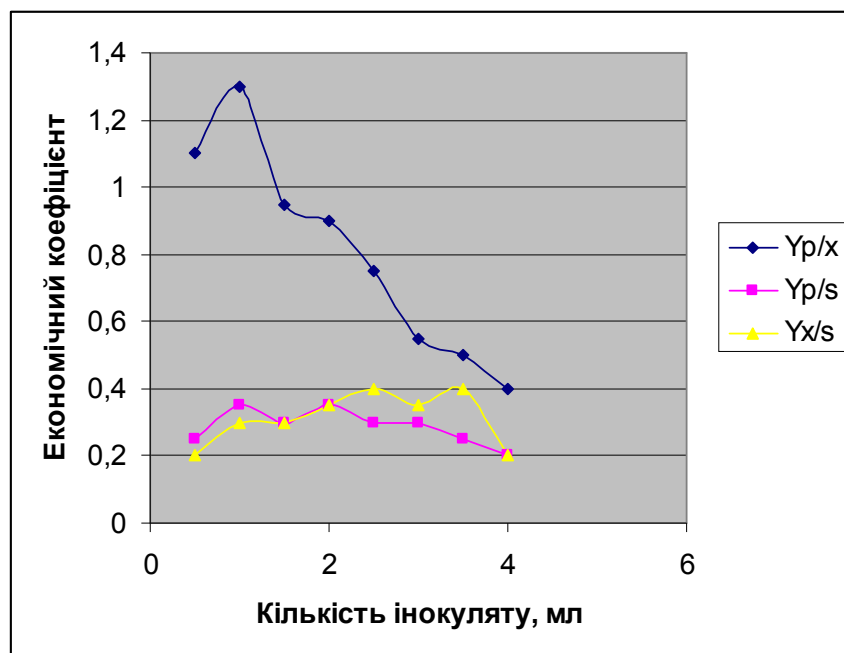


Рисунок 1 – Вплив обсягу інокуляту на значення показників культивування і біосинтезу інвертази *S. cerevisiae*: $Y_{p/x}$, $Y_{p/s}$ і $Y_{x/s}$

Результати другої серії дослідів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Динаміка біосинтезу інвертази

Час культивування, год	Біомаса, мг/мл	Споживання цукру, мг/мл	Інвертазна активність, Од/мл
8	1,08	9,27	0,92
12	1,37	10,32	1,63
24	2,41	12,78	3,04
36	2,81	14,61	3,92
48	3,84	18,53	7,48
54	4,14	19,38	7,54
60	4,42	20,34	6,23
72	5,06	22,29	5,24
84	5,16	22,98	4,66
96	5,22	23,16	3,97

Висновки. Згідно даних оптимальний обсяг інокуляту – 1 мл, він забезпечує найбільші коефіцієнти виходу ферменту в наведених умовах культивування. Отримані відомості про динаміку розвитку хлібопекарських дріжджів – продуцентів β -фруктофуранозидози свідчать, що оптимальна тривалість культивування складає 54 години, при якій інвертазна активність є максимальною – 7,54 Од/мл, більша тривалість ку-

льтивації призводить до подальшого накопичення культурою біомаси і поступовою втратою ферментативної активності.

Напрямами наступних досліджень є уточнення оптимальних умов біосинтезу інвертази культурою хлібопекарських дріжджів шляхом комплексного підбору факторів ферментаційного середовища, дослідження процесу іммобілізації β -фруктофуранозидози на різних носіях.

Результати роботи можуть бути рекомендовані для проектування технології виробництва інвертази з використанням в якості продуцента хлібопекарських дріжджів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грачева И.М. Технология ферментных препаратов. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1987. – 335с.
2. Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов. Учебное пособие для вузов/ [И.М. Грачева, Ю.П. Грачев, М.С. Мосичев и др.] – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 240с.
3. Robert J. Trumbly, June 1986. Isolation of *Saccharomyces cerevisiae* mutants constitutive for invertase synthesis. Journal of bacteriology, p. 1123 – 1127.
4. Sumner J.B. and S.F. Howell, 1935. A method for determination of saccharase activity. J.Biol.Chem., 108; 51-54.
5. Tasun K, P. Chose and K. Ghen, 1970. Sugar determination of DNS method. Biotechnol. Bioeng., 12: 921.

УДК 658.265.001.45

КЛЬОПА Т.П., ст. викладач

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АЗОТНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Виконано фізико-хімічний аналіз води оборотних систем водопостачання підприємств азотної промисловості для подальшої розробки рекомендацій з поліпшення якості підготовки оборотної води.

Выполнен физико-химический анализ воды оборотных систем водоснабжения предприятий азотной промышленности для дальнейшей разработки рекомендаций по улучшению качества подготовки оборотной воды.

This article deals with the physical and chemical analysis of circulating water-systems of enterprises of azot industry to be applied for the further development of recommendation as for the improvement of circulating water quality.

Вступ. В теперішній час на сучасних хімічних підприємствах широко застосовуються системи зворотного водопостачання. Зворотна вода використовується переважно для охолодження діючих агрегатів, для живлення котлів, для переміщення матеріалів та розведення промислових стічних вод.

Системи зворотного водопостачання мають ряд суттєвих переваг, а саме:

- Рациональне використання водних ресурсів, що дозволяє скоротити до мінімуму споживання води із вододжерел;

- Скорочення до мінімуму або виключення скиду стічної води в джерела водопостачання, що забезпечує зменшення забруднення поверхневих джерел.

Нормальній роботі систем зворотного водопостачання перешкоджають різного роду відкладення та обростання, які утворюються у теплообмінних апаратах, трубопроводах та градирнях в процесі експлуатації. До відкладень, які зустрічаються найбільш часто, відносяться сольові, а зокрема відкладення карбонату кальцію, що утворюються найбільш інтенсивно на поверхнях теплообміну внаслідок порушення вуглекислотної рівноваги в системах зворотного водопостачання. Ці відкладення типові для систем, які у якості додаткової води використовують воду, яка має значну жорсткість та лужність. Для систем, працюючих на воді поверхневих джерел, характерний розвиток біологічних обростань, які складаються в основному із мікроорганізмів у теплообмінних апаратах та водоростей у градирнях [1].

Значну частину відкладень в теплообмінних апаратах та резервуарах градирень складають грубо дисперсні домішки, які вносяться у системи зворотного водопостачання з повітрям у градирнях та з додатковою водою. Відкладення у теплообмінних апаратах представляють конгломерат із неорганічних та біологічних речовин і, крім того, продуктів, які охолоджуються та потрапляють у зворотну воду через нещільності теплообмінної апаратури, а також продуктів корозії. Відкладення, що утворюються на поверхнях теплообміну, призводять до різкого погіршення теплопередачі, внаслідок чого знижується продуктивність технологічних установок, погіршується якість продукту, збільшуються втрати сировини та ін.

Поряд з найбільш розповсюдженими в системах зворотного водопостачання відкладеннями карбонату кальцію відбуваються також відкладення сульфату кальцію. Проблема сульфатних відкладень стає з кожним роком все гострішою у зв'язку з дефіцитом води в ряді промислових районів та переводом систем зворотного водопостачання на режими роботи з мінімальним додаванням води і відповідно з максимальними коефіцієнтами концентрування солей.

Можливість та інтенсивність розвитку біологічних обростань в значній мірі визначаються умовами зовнішнього середовища: фізичними властивостями води та її хімічним складом. Фізичні властивості води та її хімічний склад в значній мірі визначають можливість і інтенсивність розвитку біологічних обростань.

Від якості води та організації водопостачання промислових підприємств в значній мірі залежить якість та собівартість продукції. Тому необхідні методи обробки та попередження різних відкладень та обростань.

Останнім часом багато авторів у своїх дослідженнях вказують на недостатню підготовку води до подання її у зворотні системи водопостачання [2].

Для дослідження складу води використовуються фізико-хімічні методи, які прийняті для контролю складу природних вод.[3].

Постановка задачі. В якості об'єкта дослідження обирається вода системи зворотного водопостачання ВАТ "ДніпроАзот"(водозворотний цикл № 20, цех синтезу аміаку).

Для визначення якісного та кількісного складу зворотної води, а також її фізичних показників використовуються наступні методи:

- титриметричний – вільна вугільна кислота, вільний аміак;
 - комплексонометричне титрування – загальна жорсткість, вміст іонів кальцію, магнію, сульфати;
 - перманганатометричне титрування – окислюваність води;
 - меркуриметричне титрування – вміст хлоридів;
 - йодометричне титрування – вміст розчиненого кисню та біологічної потреби у кисні БПК₅ та БПК₂₀;

- гравіметричний метод – загальна мінералізація та вміст завислих речовин;
- фотоколориметричний - для визначення вмісту заліза, нітратів, колірності, іону амонію NH_4^+ ;
- електрометричний – активна реакція води (рН).

Результати роботи. Дослідження проводяться для визначення наступних показників: температури, рН, колірності, лужності, вільної вугільної кислоти, жорсткості, іонів кальцію, магнію, заліза загального (заліза (II) та заліза (III)), іонів амонію, нітратів, окислюваності води, хлорид-іону, сульфат-іону, розчиненого кисню, сухого залишку, завислих речовин, біологічної потреби у кисні.

Температуру досліджуваної води визначають каліброваним ртутним термометром, ціна поділки якого складала $0,5^\circ\text{C}$. Температура води складала 20°C [3].

Колірність досліджуваної води визначають фотоколориметричним методом. Зміни оптичної щільності визначають фотоколориметром КФК-2МП, який було прокалібровано за набором стандартних розчинів суміші діхромату калію та сірчаної кислоти відомої концентрації. Визначення виконуються у кюветах з товщиною світлопоглинаючого шару 5см в синій частині спектру при довжині хвилі 413нм. Контрольною рідиною служить дистильована вода. Колірність води складала 25° *.

Активну реакцію середовища (рН) визначають за допомогою іономіру ІВ-74, рН досліджуваної води складало 7,28. Активна реакція середовища характеризує ступінь кислотності або лужності води, визначається співвідношенням концентрацій водневих та гідроксильних іонів. Для більшості природних вод рН змінюється у межах 6,5-8,5.

Сухий залишок – кількість речовин у вигляді мінеральних солей та нелетких органічних сполук, яка утворюється в результаті випаровування при 105°C визначеного об'єму води, попередньо профільтрованої через паперовий фільтр. Сухий залишок склав 589,9мг/л.

Завислі речовини. Визначення завислих речовин виконують гравіметричним методом за допомогою паперових фільтрів. Воду фільтрують через паперові фільтри, які попередньо висушують до постійної маси при 105°C , потім фільтр поміщають у бюкс і висушують при 105°C до постійної маси. Вміст завислих речовин склав 119,2мг/л.

Лужність води визначають титруванням досліджуваної води соляною кислотою в присутності індикатора метилового-оранжевого. Загальна лужність води складала 6 мг-екв/л.

Вміст *вільної вугільної кислоти* у досліджуваній воді визначають титруванням – нейтралізацією вугільної кислоти лугом в присутності індикатора фенолфталеїну. Титрування закінчують при рН=8,4, коли кількістю вільної вугільної кислоти можна зневажити і у воді залишаються лише гідрокарбонати. Забарвлення розчину, що титрується, змінювалось поступово, тому для точного визначення кінця реакції отримане забарвлення зрівнювали з інтенсивністю забарвлення стандартного розчину – “свідка”. Вміст вільної вугільної кислоти склав 17,6мг/л.

Жорсткість. Метод, який використовується для визначення жорсткості води, засновано на зв'язуванні іонів кальцію та магнію в комплексні сполуки, що супроводжується зміною забарвлення індикатора еріохром до переходу червоного забарвлення в фіолетове, а потім в синє. Загальна жорсткість води в результаті дослідження складала 5,8 мг-екв/л.

Визначення вмісту іонів *кальцію* виконується комплексонометричним титруванням із застосуванням в якості індикатора мурексиду. Даний метод засновано на здатності трилону Б в присутності індикатора утворювати малодисоційований комплекс з іонами кальцію у лужному середовищі, який має лілове забарвлення. В якості розчину

* Тут і в подальшому показані середні значення, отримані при дослідженні.

“свідка” при титруванні використовували перетитровану пробу. Вміст іонів кальцію у воді склав 52,1 мг-екв/л.

Для визначення вмісту іонів *магнію* використовується комплексонометричне титрування комплексом III в присутності індикатора еріохром чорного. Вміст магнію у воді склав 53,4 мг/л.

Визначення *вільного аміаку* виконується титруванням досліджуваної води соляною кислотою в присутності індикатора метилового-оранжевого. Кількість вільного аміаку у воді склала 0,085 мг/л.

Хімічна потреба у кисні (ХПК). Визначення ХПК виконується перманганатометричним титруванням у кислому середовищі. Перманганат калію являється сильним окисником та реагує з присутніми у воді окисниками. Марганець при цьому міняє свій ступінь окислення з +7 до +2; хімічна потреба у кисні склала 80 мгО₂/л.

Вміст *розчиненого кисню* у воді визначається йодометричним методом Вінклера. Кількість розчиненого кисню у воді склала 2,4 мгО₂/л. Вміст розчиненого кисню коливається від 0 до 14,6 мг/л та залежить від атмосферного тиску, температури та вмісту розчинених у воді солей. Збагачення води киснем відбувається за рахунок розчинення водою його із повітря та виділення водяною рослинністю в процесі фотосинтезу.

Біологічна потреба у кисні (БПК). Для визначення БПК воду витримують при постійній температурі 20°C, а потім розчинений кисень визначають йодометричним методом Вінклера. Значення БПК₅ склало 0,3 мг/л. Це кількість кисню, яка витрачається у визначений проміжок часу на аеробне біохімічне розкладення органічних речовин, що містяться у досліджуваній воді. БПК характеризує ступінь забруднення водою органічними речовинами [4].

Вміст *хлоридів* у воді визначають меркуриметричним титруванням. Даний метод засновано на титруванні проби води розчином солі ртуті (II) в присутності індикатора діфенілкарбазона. Вміст хлоридів у воді склав 34,5 мг/л.

При дослідженні вмісту *сульфатів* у воді використовують комплексонометричне титрування: спочатку сульфат-іони осаджують, пробу фільтрують, а потім осад розчиняли у лужному розчині трилону Б, а надлишок останнього відтитровували розчином солі магнію. Кількість сульфатів у воді склала 50,1 мг/л. Вміст сульфатів у воді коливається від десятків до тисяч міліграмів на літр води.

Для визначення *заліза* використовується фотоколориметричний метод з роданідом калію. Метод засновано на здатності іонів заліза (III) взаємодіяти у сильно кислому середовищі з іоном роданіду. При цьому в залежності від концентрації іонів заліза утворюється ряд комплексних сполук червоного кольору, які зумовлюють різну інтенсивність забарвленого розчину. Інтенсивність забарвлення досліджуваної води визначається за допомогою фотоколориметра КФК-2МП, товщина робочого шару дорівнювала 1 см при довжині хвилі $\lambda=490$ нм. В результаті вміст іонів заліза (III) склав 0,01 мг/л.

Визначення *нітратів* виконується фотоколориметричним методом із застосуванням саліцилату натрію. При взаємодії нітрат-іону з саліциловокислим натрієм вода набуває яскраво-жовтого забарвлення. Інтенсивність забарвлення свідчить про кількість нітрат-іону у досліджуваній воді. Оптичну щільність отриманого розчину вимірювали на фотоколориметрі КФК-2МП, товщина робочого шару дорівнювала 1 см при довжині хвилі $\lambda= 440$ нм. Вміст нітратів у воді склав 0,1 мг/л.

Результати дослідження води наведені у табл. 1.

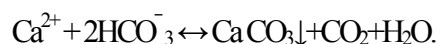
Таблиця 1 – Порівняння отриманих результатів дослідження фізико-хімічного складу оборотної води з нормативними даними

Показник якості води	Розмірність	Значення	
		отримане	нормативне
Температура	°С	20	20-30
Колірність	град.	25	20-30
Активна реакція води	pH	7,2	6,5-8,5
Лужність	мг-екв/л	6	2-3
Вільна вугільна кислота	мг/л	17,6	Сліди
Жорсткість	мг-екв/л	5,8	2,5
Кальцій	мг/л	52,1	2,5
Магній	мг/л	53,8	12
Залізо загальне	мг/л	0,011	0,1
Вільний аміак	мг/л	0,085	-
Нітрати	мг/л	0,1	0,02
ХПК	мгО ₂ /л	80	55
Розчинений кисень	мгО ₂ /л	2,4	0,5
Хлориди	мг/л	34,5	350
Сульфати	мг/л	50,1	500
Завислі речовини	мг/л	119,2	20-30
Сухий залишок	мг/л	589,9	1000
БПК ₅	мгО ₂ /л	0,3	1-2

Висновки. Виходячи з отриманих даних та порівнявши їх з нормативними, можна зробити висновок, що концентрація деяких показників, а саме: лужність, вільна вугільна кислота, жорсткість, нітрати, ХПК, завислі речовини перевищують нормативні значення. Перевищення цих показників може призвести до таких наслідків: погіршення теплопередачі, що веде до зниження продуктивності технологічного обладнання, погіршення якості продукції, що випускається, збільшення енерговитрат, підвищення корозії.

Підвищений вміст нітратів у воді 0,1мг/л проти 0,02мг/л може призводити до розвитку бактерій, які окислюють нітрат-іон і при цьому утворюють відкладення та обростання. Для запобігання інтенсивному біологічному обростанню споруд і теплообмінних апаратів оборотних систем водопостачання в оборотній, а отже, і в підживлювальній воді, треба обмежити вміст органічних речовин і сполук біогенних елементів (нітрогену, фосфору), які є живильним середовищем для мікроорганізмів, що вносяться в систему із свіжою водою.

В умовах роботи оборотних систем багаторазове підігрівання води до 40-45°С, охолодження її в градирнях чи бризкальних басейнах жорсткість води, яка зумовлена наявністю карбонату кальцію, перевищує допустимі показники у 2 рази, що призводить до втрати оксиду карбону (IV) та відкладання на поверхнях теплообмінників і труб карбонату кальцію за реакцією



У підживлювальній та оборотній воді обмежується також вміст завислих речовин (у досліджуваній воді у 5 разів перевищує норму).

Грубозернисті неорганічні завислі речовини (пісок) осідають у пазухах холодильників, засмічують трубки конденсаторів, відкладаються на окремих ділянках трубопроводів, а малі часточки завислих речовин (мул, глинисті часточки), які

самостійно не осідають у теплообмінній апаратурі, потрапляють до складу відкладів карбонату і сульфату кальцію, що утворюються і збільшують їхню міцність.

Хімічна потреба у кисні складає 80 мг/л при нормі 55 мг/л, що свідчить про наявність великої кількості органічних сполук, які є живильними речовинами для мікроорганізмів, що утворюють біообростання.

В даній роботі розглянуто фізико-хімічні властивості води зворотної системи водопостачання, наведено методи, якими проводились дослідження, та проаналізовано вплив різних хімічних речовин на теплообмінні процеси у технологічному обладнанні та охолодження даної води. Надалі планується провести дослідження мікробіологічного складу зворотної води з метою усунення біообростань та підвищення якості оборотного водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучеренко В.И. Гладков В.Л. Обратное водоснабжение: (Системы водяного охлаждения). – М.: Стройиздат, 1980. – 168с.
2. Пилипчик П.П, Семенова А.Г. Химические взаимодействия веществ в воде оборотных систем водоснабжения //Химия и технология воды. – 2003. – №1 – С.25-28.
3. Кульский Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. В 2 частях. – К.: Наукова думка, 1980. – 1206с.
4. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: Учебное пособие. – Минск: Высшая школа, 1980. – 320с.
5. Запольський А.К. та ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. – К.: Лібра. – 2000. – 552с.

УДК 621.921.002.84

ПАСЕНКО А.В., аспірант
КОРОБОЧКА А.Н., д.т.н., професор

Днепродзержинский государственный технический университет

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Розглянуто технологічну схему утилізації шламових відходів систем водопідготовки електричних станцій для їх використання в сільському господарстві.

Рассмотрена технологическая схема утилизации шламовых отходов систем водоподготовки электростанций для их использования в сельском хозяйстве.

The of technological chart of utilization of wastes of the systems of preparation of water of power-stations is considered for their use in agriculture.

Введение. Отходы, которые образуются в результате осветления технической воды в водоподготовительных системах электростанций, представлены в виде шламовой пульпы. Использование данных шламов в качестве мелиората, удобрений или как составных их частей возможно при условии удаления из их состава остатков технической воды. Содержание остаточной влаги в составе таких шламов не должно превышать 5-10% согласно требований ГОСТ 14050-78.

Согласно существующим исследованиям [1] большинство разработанных технологических схем утилизации шламовых отходов систем водоподготовки электростанций предусматривает энерго- и ресурсозатратный высокотемпературный ($t = 600-1100^{\circ}\text{C}$) процесс удаления влаги из шламовой пульпы. При этом образуется большое количество дополнительных выбросов, загрязняющих атмосферу.

Постановка задачи. Предлагаемая технологическая схема обезвоживания шламовой пульпы предполагает выполнение следующих операций:

- сбор и отведение шламовой пульпы;
- сгущение шламовой пульпы для получения плотной суспензии и удаление фильтрата на технологические нужды водоподготовительной системы электростанции;
- механическое обезвоживание шламовой суспензии методом фильтрования с получением осадка и удалением фильтрата;
- высушивание шламового осадка до минимального содержания влаги с использованием вторичных энергоресурсов – низкопотенциальной энергии отходящих газов;
- утилизация образующегося водяного пара;
- отведение конденсата на технологические нужды водоподготовительной системы электростанции;
- сбор и фасовка органо-минерального сырья.

Результаты работы. На рис.1 представлена схема технологического процесса утилизации шламов систем водоподготовки электростанций.

Шламовые воды являются неоднородной смесью, компоненты в которой находятся в различных агрегатных состояниях. Неоднородная смесь «твердые частицы – жидкость» является суспензией. Для эффективного её разделения можно использовать седиментационное осаждение и фильтрование. Процесс гравитационного осаждения целесообразно производить в отстойниках непрерывного действия. Отстаивание обрабатываемой суспензии может быть долгосрочным в аппаратах периодического действия с удалением около 40-60% технической воды и ускоренным в устройствах непрерывного действия (2-5% удаления влаги) с последующим фильтрованием (40-60% удаления влаги). Техническая вода после выполнения данных операций направляется в систему водоподготовки электростанции после предварительной очистки от механических примесей. После предварительного обезвоживания шлам направляется в барабанную сушилку, где производится его обезвоживание до остаточного 5-10% содержания влаги.

В предлагаемой технологической схеме выбран конвективный нагрев воздуха для сушки обрабатываемого шлама. Нагрев воздуха осуществляется с помощью отработанных дымовых газов в специальных теплообменниках. Сушка обрабатываемых газов непосредственно отработанными дымовыми газами недопустима вследствие их токсичности. А насыщение токсичными газами получаемого продукта не позволяет использовать его в сельском хозяйстве.

После прохождения рабочей полости аппарата для сушки шлама охлажденный воздух направляется в устройство для осаждения из него пыли. Высушенный шлам направляется на фасовку.

При сушке частиц шлама возникают два процесса, идущих в противоположных направлениях. Первый процесс, или период постоянных условий, продолжается до тех пор, пока испарение происходит свободно и на всех частицах шлама еще остается пленка воды. В течение этого периода температура высушиваемого материала не поднимается выше точки росы удаляемых газов, уносящих испарившуюся воду. Второй период, идущий со все уменьшающейся скоростью, начинается в тот момент, когда внешняя влага испаряется настолько, что не покрывает сплошь всю поверхность частиц

шлама. Сухие поверхности частиц начинают соприкасаться с воздушным слоем, и скорость испарения уменьшается. Скорость испарения зависит от того, насколько быстро влага перемещается из внутренних частей частиц на поверхность. Как только вода с поверхности удалена, испарение происходит в тех слоях частицы, которые лежат внутри, под поверхностью. При этих условиях поверхность может сильно нагреться, в то время как внутри еще имеется значительное количество влаги.

Работа сушилки, которая основана на указанных выше правилах и на необходимости обеспечить экономическую работу, должна обладать следующими качествами:

- количество нагретого воздуха при температуре, немного превышающей критическую температуру, при которой еще возможно сушить частицы шлама, должно быть достаточным;

- время нахождения частицы шлама в сушилке должно быть минимальным, но обеспечивать надлежащее удаление влаги;

- отходящие газы должны иметь температуру достаточно высокую, чтобы предупредить конденсацию до того, как они покинут сушилку;

- в сушилке должен быть обеспечен тесный контакт горячего воздуха и высушиваемого шлама;

- сушилка должна быть простой по устройству и легко регулироваться.

К факторам, влияющим на скорость сушки частиц шлама, относятся следующие: содержание внешней влаги в исходном шламе; содержание внешней влаги в высушенном шламе; вес нагретого воздуха, поступающего в сушилку; температура отходящих газов; средняя крупность твердых частиц шлама. Наиболее надежным критерием, влияющим на эффективность работы сушилки, является количество теплоты, которое имеет нагретый воздух, на единицу веса удаленной технической воды:

$$q = Q_v / 1 \text{ кг},$$

где q – удельный расход теплоты.

Время, необходимое для нагрева частицы шлама, может быть определено по формуле:

$$T = K R^2 c \rho / \alpha,$$

где K – коэффициент пропорциональности (устанавливается экспериментальным путем);

R – эквивалентный радиус твердой частицы шлама;

c – удельная теплоемкость высушиваемого шлама;

ρ – удельный вес шлама;

α – коэффициент теплопроводности.

Соотношение $\alpha / c \rho$ является коэффициентом термодиффузии.

Выводы. Для расчета технологических параметров сушильного агрегата необходимо знать количество испаряемой влаги, температуру воздуха при входе в сушилку и теплофизические параметры высушиваемого шлама, которые необходимо установить экспериментальным путем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митчелл Д. Р. Обогащение угля. – М.: Углетехиздат, 1986. – 668с.

Международный казахско-турецкий университет им. Х.А.Ясави

ПРОВЕТРИВАЕМОСТЬ ТЕРРИТОРИИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТОИМОСТИ ЖИЛЬЯ

Предложена методика расчета проветриваемости территории, позволяющая дать оценку стоимости жилья с учетом экологичности района застройки, определяемой коэффициентом аэрации.

We proposed the technique of calculation of area aeration which allows us to estimate the cost of housing with respect of environment which is determined by the aeration index.

Введение. Основными климатообразующими факторами являются скорость ветра, температура и влажность жилой среды. Повышенные температура и влажность воздуха в штилевый период создают дискомфортные условия в среде обитания человека. Для устранения дискомфорта необходима аэрация территории. В зимнее время при низких температурах ветер усугубляет ощущение холода и тем самым усиливает дискомфорт в окружающей среде. Перемещения больших масс и холодного воздуха от морей и океанов вглубь континентов вызывают большие колебания в температуре приземных слоев.

Постановка задачи. Ветер как фактор, влияющий на планировку застройки городов с учетом экологических и климатологических условий, учитывается при решении задач:

- а) аэрации или защиты городских территорий от неблагоприятных явлений;
- б) теплотехнических расчетов стен, зданий и сооружений, а также микроклимата жилой среды;
- в) определения аэродинамического давления на сооружения, здания и электропровода в расчетах на их прочность и устойчивость;
- г) оценки масштабов снежных заносов на дорогах, улицах, городских территориях и затрат по их уборке и расчистке.

Проветриваемость жилой среды в кварталах, микрорайонах, городских районах и в целом по городу является основным параметром застройки и реконструкции. Для оценки качества места жилья одним из основных параметров может быть предлагаемый нами коэффициент аэрации:

$$K_A = \frac{P_v - \Delta P}{P_v} \quad (1)$$

В этой зависимости P_v – нормативный скоростной напор (по метеоданным) на площади будущей застройки, Па; ΔP – сопротивление района застройки с учетом рельефа местности, Па. Эти величины определяются по господствующему направлению розы ветров при средней скорости ветрового потока.

При анализе застройки необходимо исходить из того, что чем больше K_A , тем лучше проветриваемость, т.е. аэрируемость жилого массива. Наиболее идеальна застройка жилого массива с коэффициентом аэрации $K_A \rightarrow 1$. Однако, в этом случае значительно увеличивается длина водопроводной, канализационной, электрической и га-

зопроводной сетей, что приводит к удорожанию строительства зданий. При $K_A \rightarrow 0$ отсутствует циркуляция воздушной среды, что приводит к длительному застою ЗВ вокруг объекта проживания. Это будет способствовать отравлению организма человека. Поэтому при проектировании жилого массива необходимо провести оценку места строительства дома, исходя из уравнения (1).

Результаты работы. Сопротивление района застройки с учетом рельефа местности определим по формуле:

$$\Delta P = \xi \cdot \theta_v \cdot \theta_p \cdot \frac{\rho_r \cdot W_6^2}{2 \cdot \varepsilon^2} \cdot \frac{L}{t\varepsilon}, \quad (2)$$

где ξ – коэффициент сопротивления;

θ_v – коэффициент, характеризующий степень взаимодействия вихрей в продольном направлении;

θ_p – коэффициент, характеризующий степень взаимодействия вихрей в поперечном направлении;

ε – пористость, определяемая по формуле:

$$\varepsilon = 1 - K_3, \quad (3)$$

здесь K_3 – коэффициент застройки:

$$K_3 = \frac{\Sigma F_3}{F}, \quad (4)$$

где ΣF_3 – суммарное значение площадей поперечных сечений зданий в приземном слое, m^2 ;

F – площадь квартала, микрорайона, города, m^2 . Для современных многоэтажных городов $K_3 = 0,1 \div 0,2$;

L – длина продуваемого участка микрорайона, города, m ;

W_6 – скорость ветра, m/c .

Стоимость квартиры или коттеджа в зависимости от качества воздушного бассейна определяется по формуле

$$C_n \sim \frac{C_3}{e^{-B \cdot K_a}}, \quad (5)$$

где C_n – покупательская стоимость здания, тенге;

C_3 – стоимость здания с учетом капитальных затрат, близости к центру города, наличия в районе лесного массива и зон отдыха, транспортных средств и т.д., тенге.

Стоимость здания C_3 определяется на основании заключения по экспертизе оценки недвижимости. Такие заключения составляются как для квартир, расположенных в высотных зданиях, так и для частных домовладений. Заключение по экспертизе оценки недвижимости содержит:

1. Адрес объекта недвижимости – расположение объекта в городе.
2. Характеристику района расположения и здания, где указывается степень развития инфраструктуры, наличие торговых точек, учреждений соцкультбыта, состояние дорог и их покрытий, состояние подъездов и т.д.
3. Характеристику здания, в котором находится квартира: год постройки; материал стен; этажность; год произведенного ремонта; техническое состояние подъездов, лестничных клеток и коммуникаций, наличие лифта, мусоропровода, транспортная развязка.
4. Краткое описание и основные технико-экономические показатели квартиры: этаж, количество жилых комнат, расположение, санузел, общая, жилая и нежилая пло-

щадь, год последнего ремонта, телефон, наличие балкона, состояние квартиры дома (окна, двери, стены, полы, потолки, состояние сантехнического оборудования).

5. Инженерное обеспечение (центральное отопление, водоснабжение, канализация, электричество).

В дальнейшем используется метод прямого сравнительного анализа продаж, согласно которому оцениваемый объект сравнивается с аналогичным, расположенным в этом районе. Сопоставление производится по таким показателям как: местонахождение, материал стен, этажность, площадь (общая, жилая, нежилая), цена предложения, поправки на: месторасположение, материал стен, на износ и ремонт, этажность, планировку, коммуникации, приводится скорректированная цена и определяется стоимость 1 кв.м. общей площади.

Превалирующим в оценке стоимости квартир или коттеджа являются качество воздушного бассейна, которое учитывается коэффициентом аэрации по формуле (5).

Коэффициент аэрации зависит от географического места строительства объекта, плотности застройки и обтекаемости здания, т.е. от его формы. Первый показатель в уравнении (1) учитывается величиной P_e нормативного скоростного напора (по данным метеослужбы) для площадки будущей застройки. Эти данные являются справочными. В укрупненном варианте они приведены в справочнике [1].

Плотность застройки предлагается учесть через пористость застройки ε_0 ($\text{м}^2/\text{м}^2$), равную:

$$\varepsilon_0 = \frac{F_n - F_3}{F_n}, \quad (6)$$

где F_n – площадь площадки (микрорайона, квартала) для строительства, м^2 ;

F_3 – суммарная площадь оснований проектируемых зданий и сооружений, м^2 .

Форма (коробчатая, башенная, цилиндрическая, п-образная и др.) зданий учитывается через коэффициент сопротивления ζ_3 , являющийся справочными данными [2,3].

Исходя из этих представлений, оценим стоимость зданий в зависимости от экологичности района строительства в г. Шымкенте. Город относится к VI зоне и тогда из [1] $P_e=8,5$ кПа ($850\text{н}/\text{м}^2$). Сопротивление продуваемости района застройки определим по известному уравнению:

$$\Delta P = \zeta_3 n_3 \frac{\rho_e u_e^2}{2\varepsilon_0^2}, \quad (7)$$

где n_3 – количество рядов зданий в микрорайоне по господствующему направлению ветра;

u_e – скорость ветра, м/с.

Для примера примем строительную площадку с количеством $n_3=10$. Средняя скорость согласно «розе» ветров $u_e=2,7$ м/с. Для коробчатых зданий $\zeta_3=1,6$.

Коэффициент B в уравнении (5) для г.Шымкента равен 0,6. Чем выше эта величина, тем выше возможность для проживания в комфортных условиях. Оценим K_a и C_n для $\varepsilon_0 = 0,3; 0,5; 0,7; 0,9$.

Таблица 1 – Результаты расчета покупательской стоимости зданий

Плотность застройки ε_0	0,3	0,5	0,7	0,9
Коэффициент аэрации K_a	0,085	0,29	0,56	0,898
Покупательская стоимость здания с учетом цены за 1м^2 в долл. США, C_n .	300	345	420	490

Выводы. В целом проведенная оценка показала, что за счет экологичности района застройки и возможности хорошей аэрации продажная стоимость здания может повыситься до 50%.

Таким образом, предложена методика расчета проветриваемости территории, позволяющая дать оценку стоимости жилья с учетом экологичности района застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. М.: Машгиз, 1963. – 673с.
2. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов (Подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов). – М.: Машиностроение, 1983. – 351с.:ил.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии // Под ред. П.Г.Романкова. – Л.: Химия, 1981. – 560с.