

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

**МАТЕРИАЛЫ  
II ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 90-ЛЕТИЮ  
ПРОФЕССОРА В.В. ТУТУРИНОЙ**

**27 – 28 апреля 2016 г.**



**ИРКУТСК  
2016 г.**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

МАТЕРИАЛЫ

II Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием,  
посвященной 90-летию профессора В.В. Тутуриной

(Иркутск, 27 – 28 апреля 2016 г.)

ИЗДАТЕЛЬСТВО

Иркутского национального исследовательского технического университета  
2016

**УДК 66.0+574/577**  
**ББК 35.11+28.0**  
**А 437**

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

**Актуальные проблемы химии и биотехнологии** : мат-лы II Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием (Иркутск, 27–28 апреля 2016 г.). – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2016.– 131 с.

Представлены материалы, посвященные актуальным проблемам прикладной химии и биотехнологии, химии биологически активных веществ растительного сырья и экологическим проблемам промышленности.

*Редакционная коллегия:*

Евстафьев С.Н. – д-р хим. наук, профессор, директор института пищевой инженерии и биотехнологии;

Филатова Е.Г. – канд. техн. наук, зам. директора института пищевой инженерии и биотехнологии по НИР;

Верхотуров В.В. – д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой технологии продуктов питания и химии;

Пожидаев Ю.Н. – д-р хим. наук, профессор кафедры технологии продуктов питания и химии;

Гайда В.К. – канд. биол. наук, зам. директора института пищевой инженерии и биотехнологии;

*Технический редактор:*

Анциферов В.А. – специалист по учебно-методической работе кафедры технологии продуктов питания и химии



Тутурина  
Валерия Васильевна  
(1926 - 2005 г.г.)

Заслуженный деятель науки РСФСР, академик СО АН ВШ, Заслуженный профессор ИрГТУ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, доктор химических наук, профессор Валерия Васильевна Тутурина (1926 - 2005 г.г.). Являлась организатором в ИрГТУ научного направления по исследованию состава и свойств углей и их практическому применению, в рамках которого под ее руководством подготовлено 25 кандидатских и 3 докторских диссертации.

Валерия Васильевна Тутурина родилась в 1926 году в Чите. Интерес к науке у нее проснулся в детстве на уроках в школе и в кружке по химии. Кроме того, она уделяла много времени самостоятельным занятиям, изучала биографии известных ученых, интересовалась научными журналами. Немаловажную роль в становлении профессионального пути сыграла семья В. Тутуриной. Например, ее мать известный профессор Валентина Ларина одна из первых затронула проблематику использования углей в качестве химического сырья.

В 1948 году В. Тутурина стала выпускницей кафедры органической химии ИГУ. Спустя четыре года перешла на работу в Иркутский горно-металлургический институт (ИРНИТУ). Организаторские способности и талант В. Тутуриной заметил бывший ректор ИГМИ Анатолий Игошин,

предложивший ей в 1962 году организовать кафедру органической химии, которой она руководила на протяжении 35 лет.

Обладая несомненным организаторским талантом, Валерия Васильевна собрала творческий коллектив сотрудников-энтузиастов, способных самостоятельно решать учебные и научные задачи. Она всегда поддерживала любые творческие методические и научные изыскания своих коллег. Значительны заслуги Валерии Васильевны в становлении, развитии, создании духа и имиджа кафедры органической химии. По результатам работы кафедры органической химии всегда занимала только первые места в Иркутском политехническом институте среди общеобразовательных кафедр.

В 1998 году кафедра из общеобразовательной стала выпускающей, сменив название - органической химии и пищевой технологии. В 2005 году основатель кафедры ушла из жизни. В 2006 году решением Ученого совета Иркутского технического университета кафедре присвоили имя профессора В. В. Тутуриной.

# СЕКЦИЯ № 1

## ПРИКЛАДНАЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

### ОКИСЛЕНИЕ 3-ХЛОРФЕНОЛА НА Ti-ЭЛЕКТРОДАХ, СОДЕРЖАЩИХ ПЛАТИНУ И ОКСИД ИРИДИЯ

Салех Мохаммед Мокбель (Йемен)<sup>1</sup>, Михаленко И.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> стажер кафедры физической и коллоидной химии Российского университета дружбы народов, г. Москва, e-mail:

<sup>2</sup> д.х.н., профессор кафедры физической и коллоидной химии Российского университета дружбы народов, г. Москва, e-mail: [mikhalenko\\_ii@pfur.ru](mailto:mikhalenko_ii@pfur.ru)

Фенол и хлорфенолы (ХФ) относят к особо вредным органическим загрязняющим веществам в сточных водах. Хлорфенолы входят в состав пестицидов, а также образуются из фенола, содержащегося в воде, которую подвергают хлорированию. Удаление ХФ проводят химическими методами (экстракция, ионный обмен, адсорбция, окисление с использованием химических реагентов, электроокисление), а также с использованием микробиологических технологий. Наибольшую эффективность показывает комбинация электрохимического, химического и фотохимического (УФ/Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) разложения ХФ, позволяющая добиться в многостадийном сложном процессе полного окисления поллютанта.

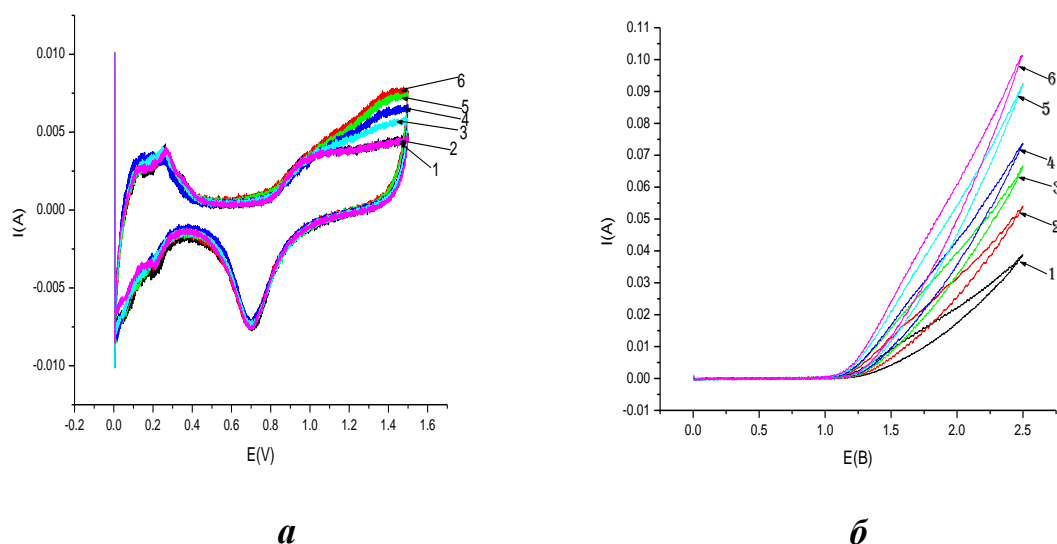
Цель работы – методом циклической вольтамперометрии исследовать электроокисление 3-хлорфенола на анодах Pt/Ti, IrO<sub>2</sub>/Ti, Pt/IrO<sub>2</sub>/Ti в кислой и щелочной среде при комнатной температуре.

Как и у фенола, ПДК 3-хлорфенола в воде составляет 0,001 мг/л, он относится к умеренно опасным веществам [1].

Методическая часть. Подложкой электрода служила гладкая Ti-фольга (99,9%) толщиной 0,1 мм с видимой двухсторонней поверхностью 2 см<sup>2</sup>. Перед платинированием или нанесением оксидной фазы её обрабатывали в ацетоне и в кипящем 15% растворе щавелевой кислоты. В методике нанесения использовали рекомендации авторов работы [2]. Фольгу предварительно выдерживали в водном растворе IrCl<sub>3</sub> с pH 1.8, затем в смеси IrCl<sub>3</sub> и LiOH с pH 12 и молярным соотношением [LiOH] / [IrCl<sub>3</sub>] = 3. После сушки при 20<sup>0</sup> на воздухе и при 200<sup>0</sup>С в печи электрод отжигали при 500<sup>0</sup>С в течение 1.5 часов. Обработки смесью IrCl<sub>3</sub> и LiOH с нагревами повторяли многократно. Электроосаждение платины проводили в растворе K<sub>2</sub>[Pt(NO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>] в течение 3 часов при токе 40 мА и потенциале 2.2 В. Коэффициент шероховатости поверхности (отношение истинной поверхности к видимой) оказался равным F = 30 у образца Pt/Ti и F = 76 у Pt/IrO<sub>2</sub>/Ti. По данным рентгенофлуоресцентного анализа (спектрометр Clever 31) содер-

жание платины составляло 15% от массы титана. Потенциодинамические измерения проводили в трехэлектродной ячейке с разделенными катодным и анодным пространствами в интервале потенциалов от  $-0.1\text{ В}$  до  $+2.5\text{ В}$ .  $I$ – $E$  кривые регистрировали для фоновых растворов ( $0.5\text{ М H}_2\text{SO}_4$  или  $1\text{ М NaOH}$ ), а затем для тех же растворов с 3-хлорфенолом, концентрацию которого варьировали. Скорость развертки потенциала выбрана  $100\text{ мВ/с}$  на основании результатов специально проведенных опытов. Электродный процесс должен протекать не в диффузионной, а в кинетической области, и тогда значение пика тока окисления отражает скорость гетерогенно-каталитической реакции.

Результаты и их обсуждение. На рис.1 показаны типичные  $I$ – $E$  зависимости (вольтамперограммы) окисления 3ХФ в кислой и щелочной среде. В случае платинированных электродов и кислой среды имеется три области изменения тока (рис.1а). Нижняя анодная ветвь получена при увеличении потенциала (окисление). Адсорбцию кислорода характеризует пик при  $\sim 0.7\text{ В}$  (I). Окисление 3ХФ начинается при потенциале  $\sim 1.3\text{ В}$ . Верхняя катодная ветвь (уменьшение потенциала, восстановление) имеет область окисления субстрата с пиком при  $1.4\text{ В}$  (II) и пик десорбции водорода в области от  $0.2\text{ В}$  до  $0.05\text{ В}$  (III). Площади пиков водорода катодной ветви (адсорбция  $\text{H}_2$ ) и анодной ветви (десорбция  $\text{H}_2$ ) одинаковые. Коэффициент шероховатости поверхности  $\text{Pt/Ti}$  и  $\text{Pt/IrO}_2/\text{Ti}$  рассчитывался по площади пика III. Пики I и III на ЦВА-кривой  $\text{IrO}_2/\text{Ti}$  отсутствуют (рис.1б), окисление начинается при более низком потенциале.



**Рис.1.** Потенциодинамические кривые электроокисления 3-хлорфенола на аноде  $\text{Pt/IrO}_2/\text{Ti}$  в кислой среде (**а**) и на  $\text{IrO}_2/\text{Ti}$  в щелочной среде (**б**) с линией фонового раствора 1 при возрастающей начальной концентрации вещества 2→6 ( $t^0 = 25^\circ\text{C}$ , скорость развертки потенциала  $V = 100\text{ мВ/с}$ ).

Значения  $I_{ox}$ , характеризующие скорость электроокисления, представляют собой разность между током пика окисления и током пика фонового раствора. Концентрационные зависимости анодного тока  $I_{ox}$  для всех систем нелинейные (рис.2). Отметим, что в случае 4-хлорфенола с анодом  $IrO_2/Ti$  нами были получены ранее линейные зависимости [3].

Формальный кинетический порядок реакции окисления 3-ХФ меньше первого и удовлетворительное спрямление получается для  $n = 1/2$ . На рис.3 показаны линеаризованные в координатах  $I_{ox}-\sqrt{C}$  концентрационные зависимости, используемые для определения константы скорости окисления  $K^{1/2}$ . Их значения приводятся в таблице.

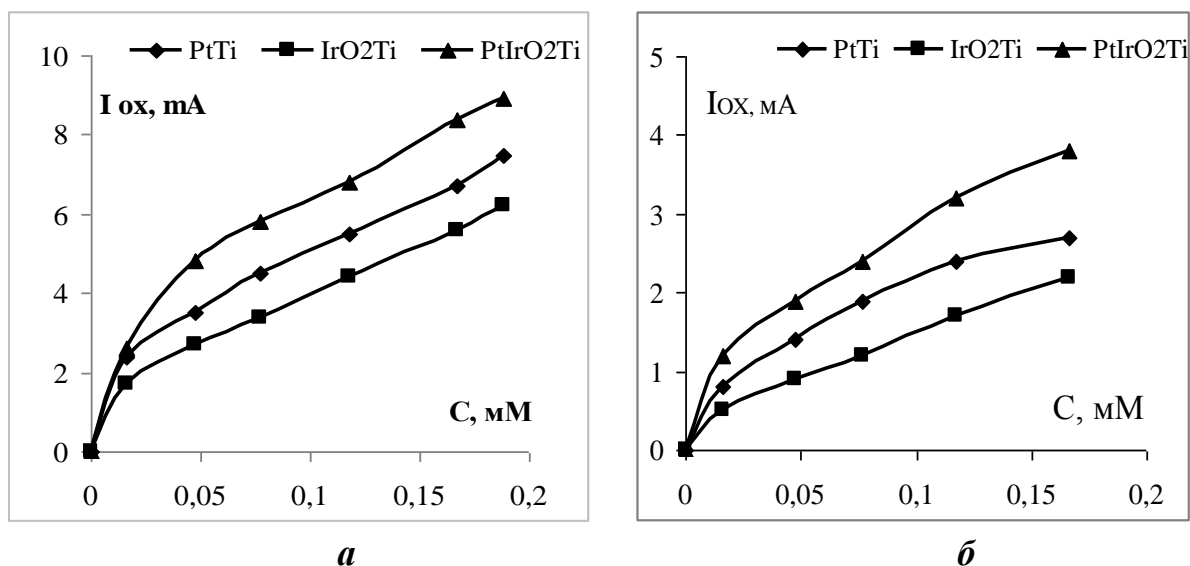


Рис.2. Зависимости скорости окисления 3-хлорфенола в кислой (а) и в щелочной (б) среде от его начальной концентрации (25 °C,  $V = 100$  мА/с)

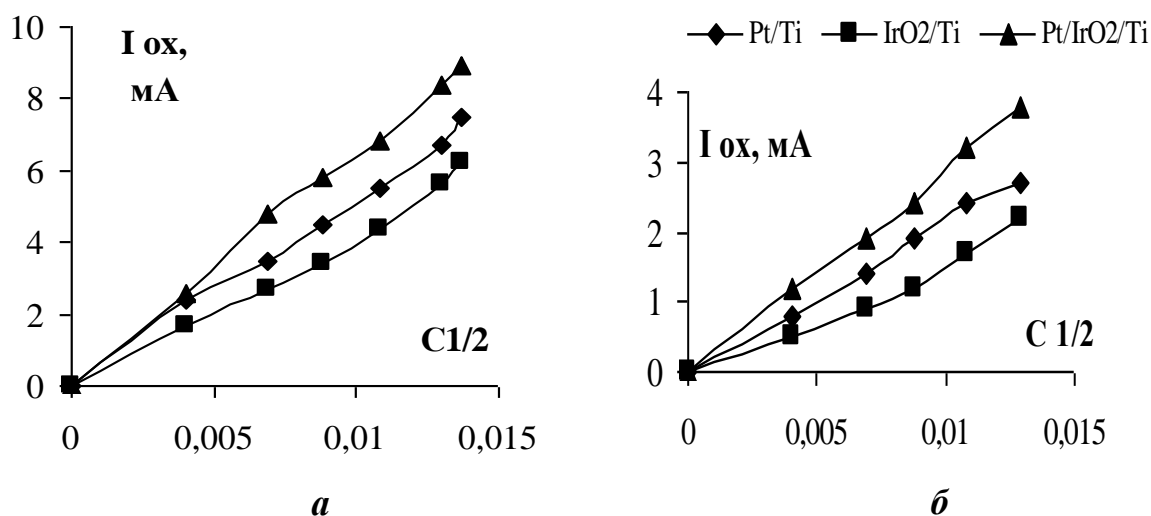


Рис.3. Линеаризованные зависимости: ток – концентрация для кислой среды (а) и щелочной среды (б).



Из графиков рис. 2,3 следует, что активность катализаторов повышается в ряду  $\text{IrO}_2/\text{Ti} < \text{Pt}/\text{Ti} < \text{Pt}/\text{IrO}_2/\text{Ti}$ . Значения  $I_{\text{OX}}$  больше в кислой среде. Добавление слоя  $\text{IrO}_2$ , приводит к росту рабочей поверхности анода, поэтому скорость реакции возрастает. Значения константы скорости электроокисления (табл.) подтверждают сказанное.

Рассмотрим влияние начальной концентрации 3-ХФ на общее количество адсорбированного кислорода, окисленного вещества и десорбированного водорода. На основании площади пиков I, II, III были рассчитаны их относительные изменения по формуле  $S\% = 100 \cdot (S - S_0) / S_0$ , где  $S$  и  $S_0$  – площади пиков I, II, III реакционного и фонового растворов.

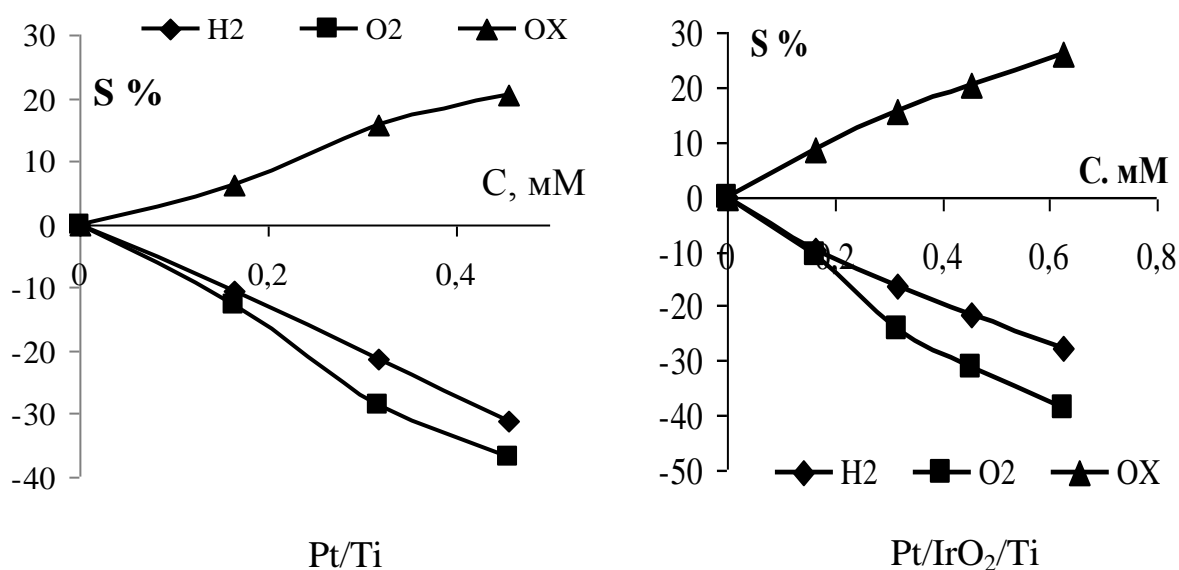


Рис.4. Относительное изменение общего количества адсорбированного кислорода, десорбированного водорода и окисленного 3-хлорфенола с ростом его начальной концентрации в электроокислении на платинированных Ti-анодах в щелочной среде.

Из рис.3 видно, что значения  $S\%$  увеличиваются (для  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2$  по модулю) с ростом концентрации 3-ХФ. Зависимости  $S\% - C$  для реакции окисления и адсорбции  $\text{O}_2$ /десорбции  $\text{H}_2$  антибатные [4]: общее количество окисляемого 3ХФ возрастает, а количества  $\text{O}_2$  адс и  $\text{H}_2$  дес снижаются из-за блокировки центров субстратом и продуктами его окисления. Зависимости  $S\% - C$  можно аппроксимировать прямой линией с высоким регрессионным коэффициентом  $R^2 = 0,99 \div 0,999$ . Тангенс угла наклона этих прямых, т.е. градиент концентрационного изменения  $S$  зависит от среды и анода, как видно из данных таблицы. Значения  $\Delta S / \Delta C$  (для  $S_{\text{H}_2}$  и  $S_{\text{O}_2}$  по модулю) значительно больше в случае щелочной среды проведения реакции.

Константы скорости электроокисления 3-хлорфенола и относительного изменения с ростом концентрации количеств адсорбированного кислорода  $\Delta S_{\text{O}_2}$ , десорбированного водорода  $\Delta S_{\text{H}_2}$  и окисленного вещества  $\Delta S_{\text{OX}}$  в: %

1- кислая среда (0.5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) , 2 – щелочная среда (1 М NaOH)

Анод	Pt/Ti		IrO <sub>2</sub> /Ti		Pt/IrO <sub>2</sub> /Ti	
Среда	1	2	1	2	1	2
$K_{1/2}$ , мА· л <sup>1/2</sup> · М <sup>-1/2</sup>	<b>522</b>	<b>216</b>	<b>439</b>	<b>168</b>	<b>642</b>	<b>292</b>
$\Delta S_{O_2}/\Delta C$ , л/моль	– 36	– 83	-	-	– 29	– 63
$S_{H_2}/\Delta C$ , л/моль	–16	– 69	-	-	– 19	– 44
$S_{OX}/\Delta C$ , л/моль	+ 16	+ 47	-	-	+ 27	+ 42

### Выводы.

1. Электроокисление 3-хлорфенола на Ti-анодах, покрытых оксидом иридия и платиной, соответствует кинетическому порядку  $n = 1/2$  , что указывает на возможность участия в адсорбции и в электродной реакции димеризованных молекул хлорорганического вещества.
2. Значения константы скорости окисления  $K_{1/2}$  увеличиваются в ряду IrO<sub>2</sub>/Ti < Pt/Ti < Pt/IrO<sub>2</sub>/Ti как в кислой, так и в щелочной среде. Для кислой среды значения  $K_{1/2}$  для все анодов больше в 2,2÷2,5 раза по сравнению с щелочной средой.
3. Установлено, что при увеличении концентрации субстрата общее количество адсорбированного кислорода и десорбированного водорода уменьшаются, количество окисленного 3ХФ увеличивается по линейной зависимости с градиентом, зависящим от среды и анода.

### *Библиографический список*

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде. Москва.1998 г.
2. Cruz J.C., Baglio V., Siracusano S., Ornelas R., Ortiz-Frade L., Arriaga L.G., et al. *Nanosized IrO<sub>2</sub> electrocatalysts for oxygen evolution reaction in an SPE electrolyzer* // J. Nanopart Res. 2011. V.13, pp.1639.
3. Салех М.М., Колосов Е.Н., Михаленко И.И. *Электрокаталитическое окисление 4-хлорфенола на титане, модифицированном оксидом иридия* // Материалы I Всерос. научно-практ.конф. (Иркутск, 28-29 апреля 2015 г.).Изд-во ИТННТУ. 2015. С.3.
4. Салех Мохаммед Мокбель, Колосов Е.Н., Михаленко И.И. *Окисление фенола и хлорфенолов на платинированных титановых анодах в кислой среде* // Журнал физической химии. 2016. Т.90. № 6.

## СОРБЦИЯ НИКЕЛЯ ИЗ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОКИСЛЕННЫХ РУД

Дударева Г.Н.<sup>1</sup>, Иринчинова Н.В.<sup>2</sup>, Дударева Ю.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>к.х.н., доцент кафедры общеобразовательных дисциплин ИРНИТУ г.Иркутск, [gndudareva@mail.ru](mailto:gndudareva@mail.ru)

<sup>2</sup>аспирант кафедры общеобразовательных дисциплин ИРНИТУ г.Иркутск

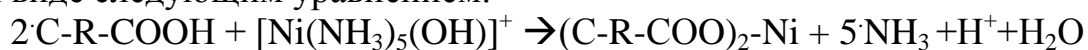
<sup>3</sup>студентка гр.ИСТб-14 института кибернетики ИРНИТУ, г.Иркутск

Окисленные никелевые руды составляют большую часть промышленных руд, пригодных для производства никеля. В основной состав окисленных руд, например, Кимперсайского никель-кобальтового месторождения [1], входят химические элементы в количествах, пересчитанных на оксиды, (%): 51 -  $\text{SiO}_2$ ; 5 -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 26 -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 6 -  $\text{MgO}$ ; 1, 2 -  $\text{NiO}$ ; 0,6 -  $\text{MnO}$ ; 0,6 -  $\text{CaO}$ ; 0,4 -  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; 0,1 -  $\text{CoO}$ . Переработка таких руд традиционным пирометаллургическим способом представляется нерентабельной ввиду низкого содержания никеля. Хлораммонийная технология разложения окисленных руд, сопряженная с сорбционным извлечением никеля – один из целесообразных путей освоения никелевых руд. В технологии оксиды перечисленных металлов при нагревании смеси до  $300^\circ\text{C}$  образуют с хлоридом аммония переходные комплексные соединения, разлагающиеся с образованием растворимых хлоридных солей металлов. Оксиды кремния и хрома при этом не реагируют с хлоридом аммония [2]. Водное выщелачивание образующихся смесей с последующей ступенчатой обработкой растворов аммиачной водой при определенном значении кислотности среды и фильтрацией осадков позволяет последовательно разделять металлы, содержащиеся в окисленной руде [1].

Целью представленной работы является установление оптимальных параметров сорбционного извлечения никеля из растворов выщелачивания окисленных руд с помощью углеродных сорбентов. В работе использован углеродный сорбент АД-05-2, представляющий собой черные гранулы неправильной формы с размером частиц от 0,5 до 2,0 мм. Суммарная открытая пористость составляет  $0,61 \text{ см}^3/\text{г}$ , удельная поверхность –  $550 \text{ м}^2/\text{г}$ . Сорбент проявляет амфотерные ионообменные свойства. Статическая катионообменная емкость  $0,92 \text{ мг-экв/г}$  и анионообменная емкость  $7,52 \text{ мг-экв/г}$ .

Сорбент проявляет адсорбционную активность к ионам никеля в слабо-щелочной и щелочной средах. Адсорбция резко возрастает при  $\text{pH} \geq 9,5$  что, может быть связано с изменением свойств поверхности сорбентов и изменением состояния сорбата в растворе. При  $\text{pH} \geq 9,5$  никель в растворе находится в виде аммиачного комплекса  $\text{Ni}(\text{NH}_4)^{2+}_{\text{н}}$ , где  $n_{\text{max}}=6$ . С

увеличением pH и, следовательно, увеличением концентрации гидроксид-ионов, происходит постепенное замещение молекул аммиака в координационной сфере никеля на гидроксид-ионы и образование смешанной координационной сферы. В условиях проведения адсорбции в интервале pH 9–11,5 формой присутствия никеля в растворе с учётом его констант гидролиза может быть  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_n(\text{OH})^+$ . В процессе адсорбции замечено небольшое снижение значений pH растворов на 0,1–0,5 единиц pH, что может свидетельствовать о наличии ионообменного взаимодействия в процессе сорбции. Схему уравнения процесса сорбции можно представить в общем виде следующим уравнением:



где С–поверхность угля; R-COOH–активные реакционно-способные группировки.

Кинетические исследования показали, что адсорбционное взаимодействие протекает достаточно интенсивно. Реакция соответствует первому порядку. Найденные значения констант скоростей при разных температурах равны соответственно:  $k_{298} = 0,204 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ ;  $k_{318} = 0,229 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ ;  $k_{338} = 0,287 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ . Время адсорбционного равновесия составляет 1–2 часа в зависимости от соотношения массы сорбент–раствор. С использованием данных кинетических исследований построены изотермы адсорбции никеля при 298°K, 318°K, 338°K. Установлено, что в процессе адсорбции с увеличением температуры ёмкость сорбента по отношению к никелю увеличивается. Сорбция ионов никеля (II) в данном случае не соответствует классическому поведению сорбции других ионов металлов, хотя и в нашем случае она экзотермическая. С нашей точки зрения это объясняется прочностью аквакомплексов и аквааминокомплексов никеля в водной щелочной среде. Именно для их разрушения требуется дополнительная энергия. Сорбцию никеля из растворов выщелачивания изучали с использованием модельных растворов. Готовили составной раствор, имитирующий промышленный, содержащий ионы металлов в пропорциях, соответствующих их содержанию в растворах выщелачивания обработанной руды. Исходная концентрация ионов никеля (II) составила  $35 \text{ мг/дм}^3$ . Проводили сорбцию из растворов никеля (II) и из модельного промышленного раствора. Адсорбцию выполняли в статических условиях, в щелочной водной среде при оптимальном значении pH, создаваемой гидроксидом натрия и концентрированным раствором аммиака. Результаты исследования показали, что достигается извлечение никеля из растворов выщелачивания окисленных никелевых руд на 89%, из растворов никеля (II) – на 95%.

Сочетание сорбционного передела с хлораммонийной технологией переработки окисленной руды повышает технологичность процесса за счет получения после десорбции концентрированных растворов, пригодных для прямого электролитического выделения никеля.

### *Библиографический список*

1. Андреев А.А., Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И. Хлораммонийная технология переработки окисленных никелевых руд. Цветные металлы, 2011, №1, с.18-21
2. Борисов В.А. Исследование взаимодействия хлорида аммония с оксидами металлов 4 периода периодической системы Д.И. Менделеева. Автореферат диссертации канд.техн.наук, Томск, 2010, с. 14-15.

## **АНАЛИЗ СОСТАВА ГЕКСАНОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ**

Верхотурова Е.В.<sup>1</sup>, Евстафьев С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> аспирант института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [v35@istu.edu](mailto:v35@istu.edu)

<sup>2</sup> д.х.н., профессор, директор института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [esn@istu.edu](mailto:esn@istu.edu)

Комплексная переработка растительного сырья с соблюдением принципов «зеленой химии» является на сегодняшний день актуальной задачей. На практике добиться высокой эффективности технологии с ее экологичностью сложно. Самым экологичным растворителем является вода, однако при условиях окружающей среды она не является эффективным реагентом, но, находясь в субкритических условиях, проявляет себя как растворитель и как катализатор одновременно, поэтому ее можно применять в качестве эффективного растворителя и экологичной реакционной среды для конверсии биомассы.

Комплексная переработка растительного сырья предполагает извлечение всех компонентов растительной биомассы с получением и применением образующихся в результате химических манипуляций продуктов, исключая образование отходов. Так, лигнин, являясь вместе с целлюлозой и гемицеллюлозами, основным компонентом растительных материалов практически не используется и рассматривается как не желательный элемент. Однако в настоящее время установлено, что значительной части низкомолекулярных фенолов присущ ряд ценных фармакологических свойств [1]. Исследований, посвящённых гидротермальной деполимеризации лигнина не так много, а имеющиеся данные получены в основном при температурах автогидролиза превышающих 350 °С [2,3] и с добавлением кислотных или щелочных катализаторов [4]. Поэтому необходимы дальнейшие исследования в области выделения продуктов фрагментации лигнина из растительного сырья методом субкритического автогидролиза и исследований их физико-химических свойств.

Цель работы состояла в изучении влияния температуры субкритического автогидролиза на выход и компонентный состав гексанорастворимых соединений соломы пшеницы.

Эксперимент проводился на лабораторной экстракционной установке [5]. В результате обработки получали газообразные, жидкие и твердые продукты. Из жидких продуктов отгоняли воду в вакууме и фракционировали последовательной обработкой гексаном, этанолом и водой по схеме [6].

Состав гексановых экстрактов (ГЭ) определяли методом ГХ-МС на хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies». Энергия ионизации – 70 эВ. Температура сепаратора – 280 °С, ионного источника – 230 °С. Кварцевая колонка 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95 % диметил-5 % дифенилполисилоксан). Условия анализа: 3 минуты изотермы при 50 °С с последующим подъемом температуры до 250 °С со скоростью 6 град/ мин и выдержкой в течение 40 мин при 250 °С. Относительное количественное содержание компонентов вычислено методом внутренней нормализации по площадям пиков без корректирующих коэффициентов чувствительности. Идентификацию компонентов осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST11».

Согласно полученным результатам, извлекаемые субкритической водой низкомолекулярные продукты фрагментации лигнина сконцентрированы в составе ГЭ и фракций этаноллигнина. Их выход и состав определяется условиями автогидролиза [6].

При температуре кипения воды (0,1 МПа) из соломы пшеницы извлечено всего 0,25 % (на а.с.м. соломы) гексанорастворимых соединений (рис.1).

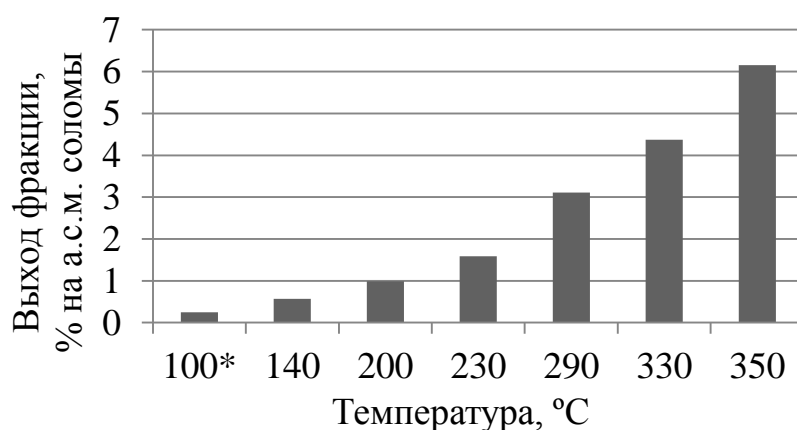


Рисунок 1 – Выход фракции ГЭ в зависимости от температуры обработки (30 Мпа, 10 мин)

\*фракция ГЭ, полученного из жидких продуктов при обработке соломы пшеницы водой при 98 °С в течение 180 мин при атмосферном давлении

В условиях субкритического автогидролиза наблюдается закономерное увеличение выхода фракции при увеличении температуры обработки. Так, уже при 140 °С выход фракции увеличился более чем в 2 раза по сравнению с атмосферной экстракцией. При повышении температуры в интервале 200-350 °С наблюдается значительное увеличение выхода ГЭ (в 10 раз по сравнению с обработкой при 140 °С) до максимального значения 6,15 % на а.с.м. соломы, что свидетельствует о интенсификации процессов делигнификации соломы.

Типичная хроматограмма гексанового экстракта изображена на рисунке 2. Согласно данным ГХ-МС фракция ГЭ содержит, в основном, алканы состава  $C_{17}-C_{35}$  и одноосновные карбоновые кислоты  $C_6-C_{18}$  (рис.3).

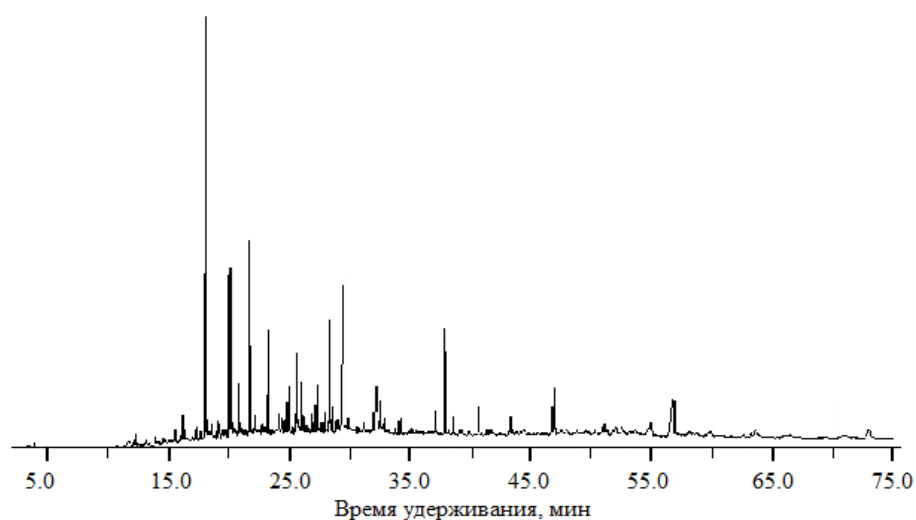
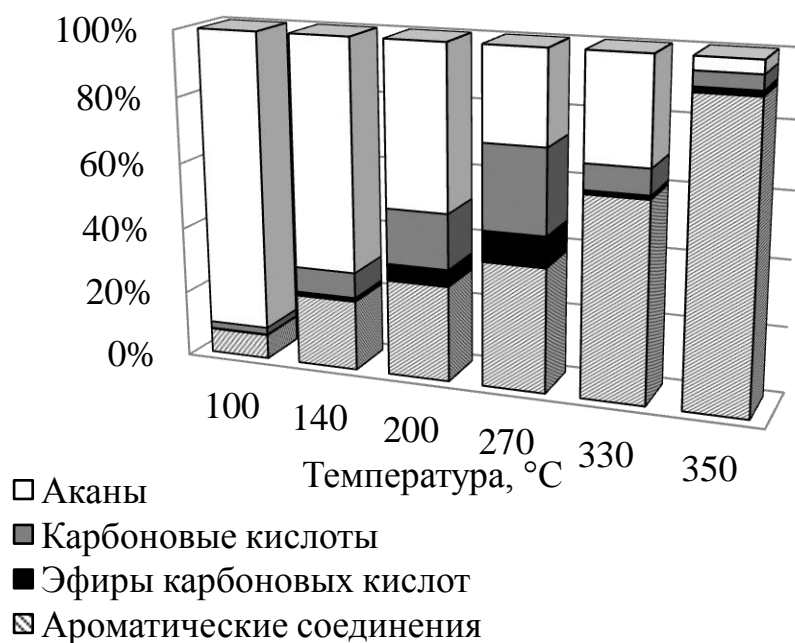


Рисунок 2 - Хроматограмма гексанового экстракта (условия автогидролиза: 330°С, 30 МПа, 10 мин)



### Рисунок 3 – Компонентный состав гексановых экстрактов в зависимости от температуры

Автогидролиз в исследуемом температурном интервале наряду с увеличением выхода ГЭ повысил в его составе долю ароматических соединений от 21,3 % при 140 °С до 92,5% отн. при 350 °С (рис.3) за счет процессов делигнификации и деструкции компонентов фракций этаноллигнина. Заметно также увеличение содержания карбоновых кислот в составе ГЭ в интервале температур 140-270 °С до максимального значения 25,4% отн., свидетельствующее о происходящих процессах гидролиза сложных эфиров. Резкое уменьшение содержания этих соединений в составе фракции при повышении температуры до 350 °С может быть следствием их деструкции.

Источником идентифицированных в процессе исследования состава гексановых экстрактов алканов, карбоновых кислот, эфиров карбоновых кислот является экстрактивные вещества, а также жиро-восковой слой, находящийся на поверхности соломины, который легко гидролизует в условиях субкритического автогидролиза.

В результате работы установлено, что температура субкритического автогидролиза оказывает непосредственное влияние на выход гексанорастворимых фракций и изменение компонентного состава. При повышении температуры увеличивается не только выход фракции, но и доля ароматических соединений в составе гексанорастворимых продуктов.

#### *Библиографический список*

1. Гоготов А.Ф., Бабкин В.А. Лигнин – потенциальный источник ценных низкомолекулярных соединений // Химия в интересах устойчивого развития. 1994. Т. 2. Вып. 2–3. С. 597–604.]
2. Wahyudiono, Kanetake T, Sasaki M, Goto M. Decomposition of a lignin model compound under hydrothermal conditions. Chemical Engineering Technology 2007;30(8):1113-1122.
3. Zhang B, Huang HJ, Ramaswamy S. Reaction kinetics of the hydrothermal treatment of lignin. Applied Biochemistry and Biotechnology 2008;147: 119-31.
4. Liu A, Park YK, Huang Z, Wang B, Ankumah RO, Biswas PK. Product identification and distribution from hydrothermal conversion of walnut shells. Energy & Fuels 2006;20:446e54.
5. Евстафьев С.Н. , Фомина Е.С., Привалова Е.А. Этаноллиз пшеничной соломы в условиях до- и сверхкритической экстракции // Химия растительного сырья. 2011. №4. с. 15-18
6. Евстафьев С.Н., Чечикова Е.В. Состав продуктов делигнификации соломы пшеницы в условиях субкритического автогидролиза // Вестник ИрГТУ № 11 (106) 2015 с. 111-118.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ В ВОДНЫХ АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Дударева Г.Н.<sup>1</sup>, Драгунский А.В.<sup>2</sup>, Дударева Ю.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>к.х.н., доцент кафедры общеобразовательных дисциплин ИРНИТУ г.Иркутск, [gndudareva@mail.ru](mailto:gndudareva@mail.ru)

<sup>2</sup>старший преподаватель кафедры общепрофессиональной подготовки Усольского филиала ИРНИТУ, г.Усолье-Сибирское

<sup>3</sup>студентка гр.ИСТб-14 института кибернетики ИРНИТУ, г.Иркутск

Предприятия металлообработки и машиностроения являются значительными потребителями водных ресурсов, использующие из водных источников около 12 % свежей воды от общего расхода промышленностью страны. Как правило, значительная часть этого количества расходуется на нужды гальванического производства. Оценка количества солей тяжелых металлов, сбрасываемых со сточными водами гальванопроизводств, свидетельствуют о существенном загрязнении природной среды и расточительном отношении к ресурсам. Гальванические производства имеют специфические особенности в использовании воды, источники ее загрязнения, что требует разработки и внедрения конкретных технологических решений проблемы очистки воды с целью ее комплексного использования. Серьезным источником загрязнения промышленных вод являются сернокислотные водные хромсодержащие растворы, применяемые для обезжиривания деталей перед последующей технологической обработкой. Утилизация таких растворов вызывает затруднения в связи с их высокой химической агрессивностью. Мониторинг загрязненности растворов современными методами атомно-абсорбционного и эмиссионного плазменного анализа вполне осуществим, однако методы являются весьма затратными и не всегда доступными.

В задачу нашей работы входила разработка доступной методики определения концентрации алюминия в растворах хроматирования металлических изделий. Классические варианты таких методик, разработанные для различных сплавов [1], рудных и других материалов [2-3] не осуществимы из-за собственной окраски хромовых солей, содержащихся в растворах в высоких концентрациях. Количества ионов алюминия (III) и хрома (VI) в загрязненных растворах обычно соотносятся как 1:10-14. Способ дифференциального фотометрического определения алюминия не дал положительных результатов из-за мешающего влияния собственной окраски ионов хрома (VI), устранение которого связыванием с каким-либо комплексообразователем не выполнимо вследствие его высокой концентрации. Разработанная методика включает разделение указанных металлов в аликвотной части растворов. Для отделения от ионов хрома (VI) проводили осаждение алюминия

в виде гидроксида в слабокислой среде. Концентрацию алюминия в исследуемом растворе, после отделения хрома устанавливали титриметрически с комплексоном III методом обратного титрования стандартным раствором азотнокислого цинка.

Контроль правильности методики осуществляли двумя способами: выборочным анализом растворов эмиссионным атомно-абсорбционным методом и прохождением всех стадий методики анализа с использованием раствора алюминия с известной концентрацией, который готовили из металлического алюминия марки «чда».

Таблица. Результаты определения алюминия в растворах хроматирования

Проба	Содержание алюминия, г/дм <sup>3</sup>		$\Delta X$	$S_r$
	1. Объёмный метод	2. ААЭС		
A1	0,765	0,835	0,070	0,063
A2	0,729	0,694	0,035	0,052
A3	0,671	0,705	0,034	0,048
A0	1,752	1,845	0,093	0,050
A05	1,447	1,615	0,168	0,104
K05	1,423	1,585	0,162	0,102
A10	1,446	1,575	0,129	0,082
K10	1,494	1,590	0,096	0,060
A15	1,872	1,990	0,118	0,059
K15	1,894	2,045	0,151	0,074
StAl	0,381	0,408	0,027	0,066

Таким образом, результаты определения алюминия по предлагаемой методике имеют достаточную точность и правильность, удовлетворительную сходимость и прецизионность. Методика не требует дефицитных реактивов и проста в исполнении.

#### *Библиографический список:*

- 1.Степин В.В. и др. Анализ цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1974, 208 с.
- 2.Малютина Т.М., Конькова О.В. Технический анализ в металлургии цветных и редких металлов. М.: Металлургия, 1977. 210 с.
- 3.Алесковский В.Б. и др. Физико-химические методы анализа. Практическое руководство. Л.: Химия, 1988. 376 с.

## ГИБРИДНЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Лебедева О.В.<sup>1</sup>, Сипкина Е.И.<sup>2</sup>, Малахова Е.А.<sup>3</sup>, Захарченко Д.Е.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>к.х.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: lebedeva@istu.edu

<sup>2</sup>аспирант, кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [evgiv84@mail.ru](mailto:evgiv84@mail.ru)

<sup>3</sup>Аппаратчик воздухоразделения цеха 12/44 Химического завода АО"АНХК" e-mail: lebedeva@istu.edu

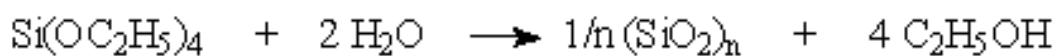
<sup>4</sup>студент, гр. ХТБп-15-2, e-mail: lebedeva@istu.edu

Среди большого разнообразия топливных элементов на сегодняшний день наиболее перспективными являются твердополимерные топливные элементы. Ключевым узлом топливных элементов является протонпроводящая мембрана [1-3]. Мембраны типа "Nafion" (США), "Flemion" (Япония), "Aciplex-S" (Япония), "Dowmembrane" (США), МФ-4СК (Россия), применяемые в настоящее время, имеют недостатки такие как: низкая термическая стабильность, ограничения по диапазону рабочих температур (до 100 °С) и влажности, а также высокая стоимость ограничивают их практическое применение.

Одним из перспективных методов получения протонпроводящих мембран является золь-гель синтез, применение которого может быть направлено как на улучшение свойств уже имеющихся, хорошо зарекомендовавших себя материалов, так и на разработку принципиально новых [4-6].

Целью работы являлось получение протонпроводящих композитных мембран на основе сульфированных сополимеров стирола с аллилглицидиловым эфиром золь-гель методом и исследование их характеристик (протонная проводимость, морфология поверхности, обменная емкость, водосодержание (массовая доля воды), изменение размеров при набухании, механические свойства).

В качестве прекурсора для получения гибридных мембран в работе использовался тетраэтоксисилан (ТЭОС). Участие тетраэтоксисилана в золь-гель процессе преследовало целью образование нерастворимого в воде и органических растворителях продуктов за счет формирования трехмерной силсесквиоксановой структуры сетчатых полимеров в соответствии с приведенным уравнением:

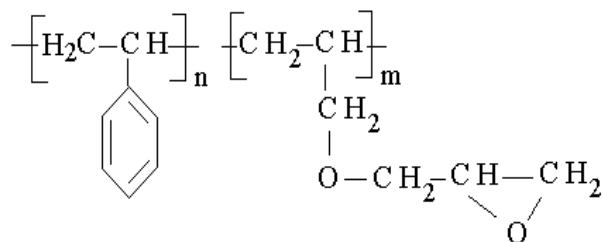


Повышения протонной проводимости мембран предполагалось добиться при формировании пленок на основе гибридных композитов. Полу-

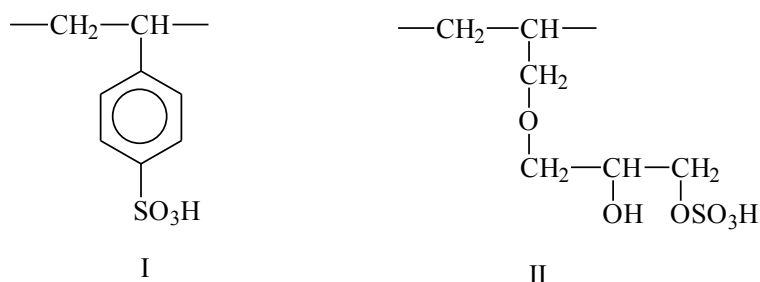
чение исходных растворов композитов, предназначенных для формирования полимерных пленок, осуществляли путем гидролиза ТЭОС в присутствии (со)полимеров из водно-спиртовых растворов в отсутствии катализатора. Продукты такого процесса представляли собой гидролизат, состоящий из полиорганосилоксанов, преимущественно, линейной структуры, содержащих значительное число свободных силанольных групп.

Роль кремниевого блока таких систем сводится, в основном, к улучшению транспорта протонов.

Как правило, протонпроводящая мембрана представляет собой пленку из полимера с гидрофобной основной цепью и кислотными группами в боковых цепях. Протонную проводимость обуславливает наличие в структуре способных к диссоциации кислотных групп. В качестве таких групп могут выступать сульфогруппы. В связи с этим для придания протонпроводящих свойств было проведено сульфирование сополимеров аллилглицидилового эфира этиленгликоля со стиролом концентрированной серной кислотой:



Процессу сульфирования могут подвергаться как звенья стирола, так и звенья аллилглицидилового эфира в составе исходного сополимера. В первом случае в структуре полимера будут появляться звенья типа *I*, во втором случае – типа *II*:



В ходе золь-гель процесса сульфированного сополимера аллилглицидилового эфира со стиролом были получены мембраны, обладающие протонной проводимостью порядка  $10^{-3}$  См/см.

Мембраны на основе сульфированного сополимера аллилглицидилового эфира со стиролом показали более высокую ионообменную емкость по сравнению Nafion 212 (1 и 5.5 мг·экв/г, соответственно). Модуль упругости мембранного материала составил 313 МПа в отличие от мембран Nafion 212 (160, 132 МПа) [7-9].

Таким образом, полученные мембраны на основе сульфированного сополимера аллилглицидилового эфира со стиролом можно рассматривать как перспективные для дальнейших исследований в качестве мембранных материалов для топливных элементах.

*Библиографический список*

1. Шаглаева Н.С., Султангареев Р.Г., Орхокова Е.А., Прозорова Г.Ф., Дмитриева Г.В., Дамбинова А.С., Стенина И.А., Ярославцев А.Б. // Протонпроводящие мембраны на основе модифицированного поливинилхлорида // Мембраны и мембранные технологии. 2011. Т. 1. № 3. С. 213-219.
2. Shaglaeva N.S., Orkhokova E.A., Rzhchitskii A.E., Dmitrieva G.V., Kolesnikov S.S., Dambinova A.S., Voronkov M.G., Sultangareev R.G., Prozorova G.F., Abzaeva K.A. // Reaction of sulfur with poly(vinyl chloride) Polymer Science. Series B. 2011. Т. 53. № 3-4. С. 197-201.
3. Шаглаева Н.С., Баяндин В.В., Султангареев Р.Г., Вакульская Т.И., Хуцишвили С.С., Орхокова Е.А., Прозорова Г.Г. Сополимеры винилхлорида, полученные полимераналогичными превращениями поливинилхлорида с натриевыми солями гетероароматических Н-Н- кислот // Журнал прикладной химии. 2013. Т. 86. № 10. С. 1623.
4. Pozhidaev Y., Lebedeva O., Bochkareva S., and Sipkina E.: Hybrid Composites from Silicon Materials and Nitrogenous Heterocyclic Polybases // Adv. Sci. Lett., Vol. 19, pp.309-312 (2013)
5. Lebedeva O., Pozhidaev Yu., Sipkina E., Chesnokova A. and Ivanov N.: Copolymers and Proton Conducting Films Based on N-Vinylpyrazole // Advanced Materials Research, Vol. 749, pp. 71-76 (2013), in press, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.749.71
6. Lebedeva O.V., Pozhidaev Yu. N., Shaglaeva N. S., Pozdnyakov A. S. and Bochkareva S.S. Polyelectrolytes based on nitrogenous bases // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 44 (2010), p. 786.
7. ГОСТ 17552-72. Мембраны ионнообменные. Методы определения полной и равновесной обменной емкости. – Введ.16.02.72. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1972. – 10 с.
8. ГОСТ №50111-92. Мембраны полимерные. Метод определения прочностных свойств плоских мембран. – Введ. 01.07.93. – М.: Госстандарт России, 1992. – 7 с.
9. ГОСТ 12423-66. Условия кондиционирования и испытания образцов. – Введ. 01.07.67. – М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с.

## ГИБРИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Сипкина Е.И.<sup>1</sup>, Синев А.Э<sup>2</sup>, Коноваленко А.А<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>аспирант, кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [evgiv84@mail.ru](mailto:evgiv84@mail.ru)

<sup>2</sup>студент, гр. ХТБп-13-1, e-mail: [evgiv84@mail.ru](mailto:evgiv84@mail.ru)

<sup>3</sup>студент, гр. ХТБп-15-2, e-mail: [evgiv84@mail.ru](mailto:evgiv84@mail.ru)

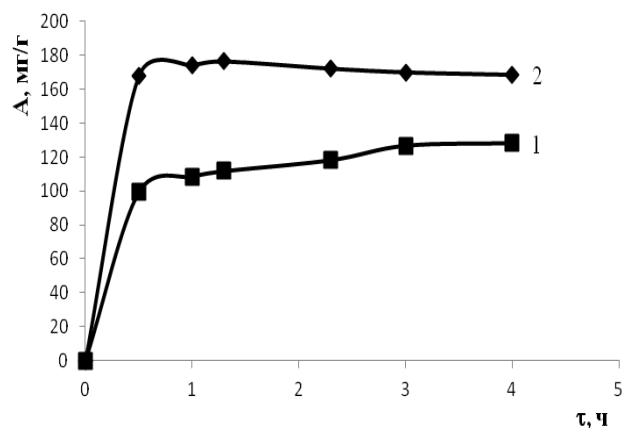
Для извлечения платиновых металлов широко применяются сорбционные методы. Полимеры на основе 1-винилимидазола и 4-винилпиридина зарекомендовали себя как эффективные сорбенты для извлечения благородных металлов [1-3].

Целью настоящей работы явился синтез композитов на основе сополимеров 1-винилимидазола (ВИМ), 4-винилпиридина (4-ВП) с винилацетатом (ВА) и тетраэтоксисилана (ТЭОС), изучение их сорбционных свойств по отношению к ионам платины (IV).

Сополимеры на основе ВИМ-ВА и 4-ВП-ВА получены из соответствующих мономеров по методике [3]. Получение гибридных материалов ТЭОС в сочетании с сополимерами ВИМ-ВА и 4-ВП-ВА проводили по методике [3]. Полученные гибридные композиты представляют собой твердые порошкообразные продукты телесного цвета, сформированные из атомов Si, N, C, O и H, нерастворимые в кислотах и органических растворителях.

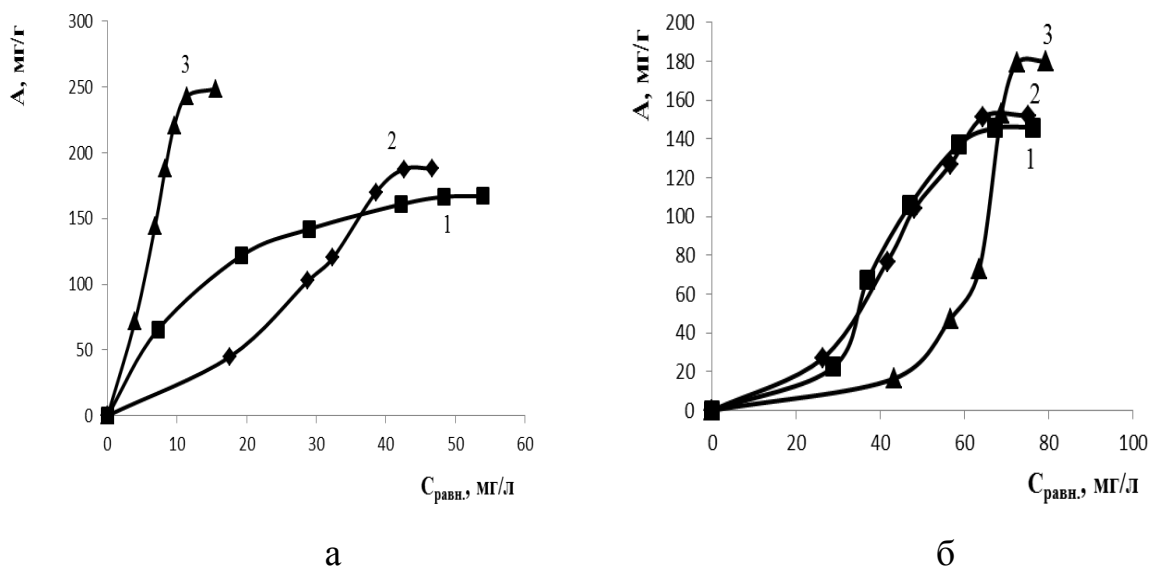
Композиционные материалы были исследованы на сорбционную способность по отношению к ионам Pt (IV) в растворе соляной кислоты. Определение содержания ионов металла в растворе осуществляли спектрофотометрическим методом с использованием спектрофотометра ПЭ-5400В. С увеличением концентрации соляной кислоты в интервале 0.25-3.0 моль/л, степень извлечения ионов Pt (IV) уменьшается, вероятно, за счет повышения устойчивости ацидокомплексов Pt (IV) в растворе [4]. В дальнейшем при проведении сорбции была использована 1 М раствор HCl.

Полное сорбционное равновесие в системах ВИМ-ВА-SiO<sub>2</sub> и 4-ВП-ВА-SiO<sub>2</sub> достигается после 3 часов контакта сорбентов с раствором ацидокомплекса [PtCl<sub>6</sub>]<sup>2-</sup> (рис. 1).



**Рис. 1.** Влияние времени контакта на извлечение Pt (IV) при 298 К:  
1 – композит ВИМ-ВА-SiO<sub>2</sub>; 2 – композит 4-ВП-ВА-SiO<sub>2</sub>

На рис. 2 представлены зависимости сорбционной емкости по отношению к хлорокомплексу Pt (IV) от равновесной концентрации. Как видно из графиков, при повышении температуры (298 К, 318 К и 338 К) сорбционная емкость данных композитов по отношению к ионам Pt (IV), увеличивается (рис. 2). Наибольшее значение сорбционной емкости (248,6 мг/г) и коэффициента межфазного распределения (15900 см<sup>3</sup>/г), обнаруживает образец на основе сополимера 4-ВП-ВА и ТЭОС при температуре 338 К.



**Рис. 2.** Изотермы сорбции Pt (IV) при 298 К (1), 318 К (2) и 338 К (3) композитами 4-ВП-ВА-SiO<sub>2</sub> (а) и ВИМ-ВА-SiO<sub>2</sub> (б).

Таким образом, золь-гель синтезом получены новые кремнийорганические композиты на основе сополимеров ВИМ-ВА, 4-ВП-ВА и тетраэтоксисилана, которые проявили высокую сорбционную способность в кислых растворах по отношению к ионам платины (IV).

### *Библиографический список*

1. Шаулина Л.П., Скушникова А.И., Домнина Е.С. и др. Изучение сорбции ионов благородных металлов сетчатыми полимерами винилимидазолов с акриловой кислотой // Журнал прикладной химии. – 1991. – Т. 64, № 1. – С. 194-196.
2. Пожидаев Ю.Н., Шаглаева Н.С., Лебедева О.В., Бочкарева С.С., Сафронов А.П., Воронков М.Г. Сополимеры на основе продуктов гидролиза тетраэтоксисилана с поли-N-винилазолами и поливинилпиридинами // Журнал прикладной химии. – 2007. – Т.80, № 8. – С. 1346-1349.
3. Лебедева О.В., Синев А.Э. Гибридные композиты и их свойства // Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2015. – № 2 (13). – С. 7-11.
4. Ливингстон С. Химия рутения, родия, палладия, осмия, иридия, платины. М.: Мир, 1978. 366 с.

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КИНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БИОХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ**

Шойдокова Х.Ц.<sup>1</sup>, Чыонг Суан Нам<sup>2</sup>, Яковлева А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> студентка гр. МЦБ-14-1 института металлургии и химической технологии им. С.Б. Леонова ИРНИТУ, г. Иркутск;

<sup>2</sup> к.х.н., ведущий научный сотрудник отдела исследований и разработок, фармацевтическая акционерная компания DHG, Кантхо, Вьетнам

<sup>3</sup> д.т.н., профессор кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: ayakov@istu.edu

Как известно, задачи формальной (феноменологической) кинетики сводятся к определению константы скорости и порядка химической реакции [1]. Эти задачи информативны и не утратили актуальности до настоящего времени, они интересны и несложны, когда при обработке экспериментальных данных используется современное программное обеспечение [2]. Задачи несколько усложняются, если известно, что рассматриваемая реакция имеет сложный характер. В этом случае необходима предварительная оценка механизма, определение отдельных стадий, их взаимоотношений и последовательности.

Биохимические реакции редко бывают простыми [3]. Лекарственные и биоактивные препараты часто изготавливают с использованием вытяжек из сырья растительного происхождения. Такие субстанции представляют смесь нескольких (иногда десятков) индивидуальных веществ. Взаимодействия в таких системах имеют сложный характер, поэтому для кинети-



ческой характеристики необходим целый комплекс самостоятельных исследований.

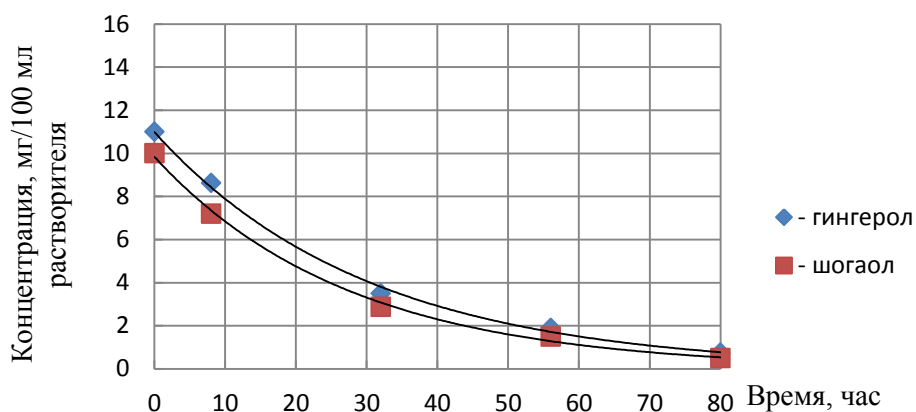
В [4] приведены результаты исследований, предназначенных для нахождения оптимальных условий экстракции жгучих веществ (гингерола и шогаола) из корня имбиря. Показано, что высокий выход жгучих веществ (около 90%) с использованием минимального количества растворителя достигается при использовании 2-х циклического процесса экстракции имбирного порошка методом горячей мацерации. Оптимальное соотношение объема растворителя и массы порошка имбиря определено равным 3,43-4,57 мл/г для первого и 2,86-3,43 мл/г – для второго циклов. При переносе данных, полученных в модельных условиях, чтобы рекомендации для проведения процесса в реальных (промышленных) условиях были убедительными, необходимо проведение кинетических исследований. Необходимо получение количественных показателей, в частности таких, как константы скорости (реакции в целом или отдельных ее стадий), потому что именно они являются теми обобщающими данными, которые используются при разработке технологического регламента процесса [5].

Опыты проведены в лабораторных условиях при температуре  $25 \pm 1$  °С.

Для предварительного кинетического анализа использованы наиболее типичные (усредненные из нескольких параллельных опытов) ЖХВР-хроматограммы первой серии опытов, которая была проведена специально для того, чтобы полностью экстрагировать 6-гингерол и 6-шогаол из высушенного корневища имбиря для оценки выхода экстракта в последующих сериях (рис. 3 [4]). В качестве кинетических данных используем высоты пиков гингерола и шогаола на хроматограммах и их эволюцию во времени.

Экспериментальные данные получены с использованием классических приемов обработки дифференциальных и интегральных уравнений [6]. Было принято предположение о том, что процесс экстракции как многие гетерогенные взаимодействия идет по принципам реакции первого порядка. На рис. 1 даны кинетические кривые, построенные по данным [4].

В таблице представлены значения констант скоростей процесса экстракции гингерола ( $k_1$ ) и шогаола ( $k_2$ ).



**Рис. 1 Кинетические кривые**

В таблице представлены значения констант скоростей процесса экстракции гингерола ( $k_1$ ) и шогола ( $k_2$ ).

Таблица – Определение констант скорости

Метод	Дифференциальный		Интегральный	
	расчетный	графический	расчетный	графический
$k_1 \cdot 10^2, \left(\frac{\text{мг}}{\text{л} \cdot \text{час}}\right)^{-1}$	3,05	3,26	3,49	3,6
$k_2 \cdot 10^2, \left(\frac{\text{мг}}{\text{л} \cdot \text{час}}\right)^{-1}$	3,52	3,9	3,8	3,9

Обнаруживается неплохая сходимость в величинах констант скорости, рассчитанных с использованием разных приемов расчета, усредненные константы равны: для гингерола  $3,26 \cdot 10^{-2} (\text{мг/л} \cdot \text{час})^{-1}$  и для шогола  $3,78 \cdot 10^{-2} (\text{мг/л} \cdot \text{час})^{-1}$ .

Более высокое значение константы скорости у шогола может свидетельствовать о возрастающей роли процесса дегидратации гингерола.

Полученные результаты представляют лишь предварительную оценку. Для получения полной картины необходимо учесть, что на рассматриваемый процесс влияют другие вещества, присутствующие в системе, что соотношение Ж : Т изменяется в ходе опыта и в каждом цикле используется свежая порция растворителя.

#### *Библиографический список*

1. Романовский Б.В. Основы химической кинетики. М.: Изд-во «Экзамен», 2006. – 415 с.
2. Статистика: теория и практика в Excel: учеб. пособие / В.С. Лялин, И.Г. Зверева. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010.
3. Орехов С.Н. Биотехнология. : учебник по направлению подготовки «Фармация» по дисциплине «Биотехнология» / С. Н. Орехов , И. И. Чакалева ; под ред. А. В. Катлинского. – М. : Академия, 2014. – 281 с.

4. Во Ян Ким Й, Яковлева А.А., Чыонг Суан Нам Оптимальные условия экстракции жгучих веществ из корня имбиря (*Zingiber officinale roscoe*). Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016, № 1.

5. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. Т. 1 Основы теории процессов химической технологии. / Д. А. Баранов [и др.]; – М.: Логос, 2000. – 478 с.

6. Яковлева А.А., Кудрявцева Е.В. Физическая химия. Учеб. пособие с грифом УМО. – 2-е изд., перераб. и доп. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 176 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ МЕМБРАН ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Захарченко Д.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>бакалавр гр. ХТбп-15-1, институт металлургии и химической технологии им. С.Б. Леонова, ИРНИТУ. E-mail: [sv.b58.00@mail.ru](mailto:sv.b58.00@mail.ru)

Исследования в области создания топливных элементов (ТЭ) свидетельствуют об устойчивой тенденции к переходу от классических ТЭ с жидким электролитом к ТЭ на основе полимерной протонообменной мембраны.

Основной функцией протонообменной мембраны является перенос протона, образовавшегося в результате ионизации водорода на аноде, в катодную область. На мембрану налагается ряд требований. Мембрана должна обладать механической прочностью, высокой химической стабильностью, как к окислению, так и к гидролизу, минимальной степенью набухания. Большинству из этих требований удовлетворяют мембраны на основе гибридных органо-неорганических полимеров.

Формирование мембран проводили из растворов полимеров и сополимеров в ДМФА. Для повышения эластичности мембран к исходному раствору (со)полимера добавляли пленкообразователь – поливинилбутираль. Получение пленок проводили методом полива. Активацию поверхности, после высушивания и термической обработки пленок при 110<sup>0</sup>С, осуществляли допированием сформированных мембран растворами ортофосфорной кислоты. Электропроводность пленок измеряли методом комплексного импеданса в изотермическом режиме.

Таблица 1

**Протонная проводимость мембран на основе гомополимеров и сополимеров**

№ п/п	Основа мембраны (полимер, состав сополимера)	Удельная проводимость, См·см <sup>-1</sup>
1	ПВП	$2.8 \cdot 10^{-5}$
2	ПМВП	$6.7 \cdot 10^{-5}$
3	МВП:ВХ (80:20 мол. %)	$9.1 \cdot 10^{-3}$
4	МВП:ВХ (90:10 мол. %)	$6.7 \cdot 10^{-3}$
5	МВП:ВА (67:33 мол. %)	$5.5 \cdot 10^{-5}$
6	ВП:ВА (80:20 мол. %)	$1.8 \cdot 10^{-5}$

Полученные результаты (табл. 1) свидетельствуют, что электрическая проводимость полимерных мембран на основе гомополимеров и сополимеров может быть оценена как недостаточно высокая.

Повышения электрической проводимости мембран предполагалось добиться при формировании пленок на основе изученных органо-неорганических композитов. Получение исходных растворов композитов, предназначенных для формирования полимерных пленок, осуществляли путем гидролиза тетраэтоксисилана (ТЭОС), в присутствии (со)полимеров из водно-спиртовых растворов в отсутствие катализатора (щелочного или кислотного).

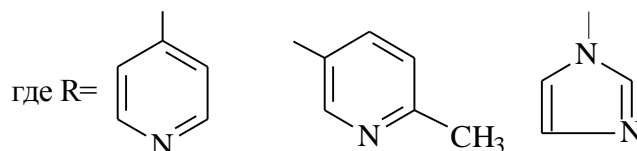
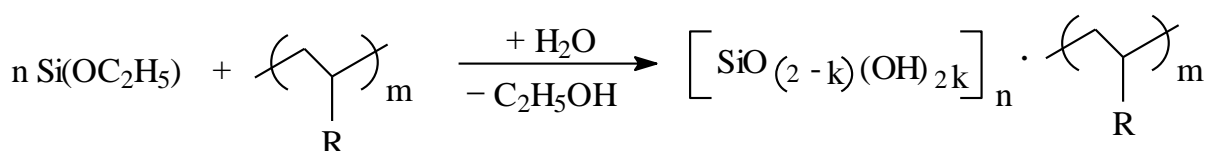


Таблица 2

**Протонная проводимость мембран на основе композитов**

№ п/п	Основа мембраны (полимер, состав сополимера)	Удельная проводимость, См·см <sup>-1</sup>
1	SiO <sub>2</sub> : ПВП (1 : 19)	$5.6 \cdot 10^{-3}$
2	SiO <sub>2</sub> : ПМВП (1 : 19)	$2.0 \cdot 10^{-2}$
3	SiO <sub>2</sub> : сополимер МВП:ВХ (1 : 19)	$1.2 \cdot 10^{-3}$
4	SiO <sub>2</sub> : сополимер МВП:ВХ (1 : 13)	$8.5 \cdot 10^{-3}$
5	SiO <sub>2</sub> : сополимер МВП:ВХ (1 : 9)	$4.0 \cdot 10^{-2}$
6	SiO <sub>2</sub> : сополимер МВП:ВА (1 : 19)	$1.0 \cdot 10^{-2}$

Представленные в табл. 2 данные, убедительно иллюстрируют общее повышение электропроводности пленок на основе композитов в сравнении с пленками на основе гомополимеров и сополимеров.

Таким образом, изученные сополимеры и композиты являются материалами, представляющими интерес при создании протонообменных мембран для водородно-воздушных топливных элементов, эксплуатационные характеристики которых не уступают лучшим отечественным и зарубежным аналогам.

#### *Библиографический список*

1. Пожидаев Ю.Н., Лебедева О.В., Бочкарева С.С., Шаглаева Н.С., Поздняков А.С. Полимерные электролиты на основе азотистых оснований // Хим. технология. 2010. Т. 11. № 1. С. 20-25.

2. Пожидаев Ю.Н., Лебедева О.В., Бочкарева С.С., Шаглаева Н.С., Морозова Л.В., Воронков М.Г. Гибридные нанокompозиты: полихлорметил-, полиметил-, полифенилсилсесквиоксан – азотистое основание // Журнал прикл. химии. 2008. Т. 81. Вып. 10. С. 1716-1720.

3. Yury Pozhidaev, Oksana Lebedeva, Svetlana Bochkareva, Evgeniya Sipkina Hybrid Composites from Silicon Materials and Nitrogenous Heterocyclic Polybases // Advanced Science Letteers. 2013. Vol. 19. № 1. P. 309-312.

4. Lebedeva O.V., Chesnokova A.N., Badlueva T.V., Sipkina E.I., Rzhechitskii A.E., Pozhidaev Y.N. Hybrid ion-exchange membranes based on heteroaromatic sulfonic acid derivatives // Petroleum Chemistry. 2015. Т. 55. № 5. С. 333-338.

5. Пожидаев Ю.Н., Лебедева О.В., Бочкарева С.С., Шаглаева Н.С., Воронков М.Г. Полимерные системы на основе азотистых оснований и кремний- органических соединений // Перспективные материалы. 2008. № 6 (спецвыпуск). Ч. 2. С. 268-270.

6. Лебедева О.В., Пожидаев Ю.Н., Бочкарева С.С., Шаглаева Н.С., Еськова Л.А. Соплимеры на основе N-винилпиразола // Журнал прикладной химии. 2011. Т.84. № 1. С. 128-132.

7. Лебедева О.В., Чеснокова А.Н., Бадлуева Т.В., Сипкина Е.И., Ржечицкий А.Э., Пожидаев Ю.Н. Гибридные ионообменные мембраны на основе гетероароматических производных сульфокислот // Мембраны и мембранные технологии. 2015. Т. 5. № 2. С. 87.

8. Lebedeva O.V., Pozhidaev Y.N., Sipkina E.I. The synthesis and properties of copolymers based on N-vinylpyrazole International Polymer // Science and Technology. 2015. Т. 42. № 4. С. T27-T31.

9. Лебедева О.В., Синев А.Э. Гибридные композиты и их свойства // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). С. 7-1.

10. Лебедева О.В. Свойства и области применения гибридных композитов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2014. № 6 (11). С. 7-25.

## ПРОТОНОПРОВОДЯЩИЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ

Еропов В.В.<sup>1</sup>, Бочкарёва С.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ХТбп-15-1, институт металлургии и химической технологии им. С.Б. Леонова, ИРНИТУ.

<sup>2</sup> к.х.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск. E-mail: [sv.b58.00@mail.ru](mailto:sv.b58.00@mail.ru)

Основной функцией протонообменной мембраны для топливного элемента (ТЭ) является перенос протона, образовавшегося в результате ионизации водорода на аноде, в катодную область.

Для эффективной работы ТЭ омические потери на мембране должны быть минимальными, что выполняется при высокой протонной проводимости мембраны. Удельная проводимость на уровне  $10^{-1} - 10^{-3}$  См/см считается достаточной для использования в ТЭ. Мембрана должна обладать механической прочностью, высокой химической стабильностью, как к окислению, так и к гидролизу, минимальной степенью набухания. Большинству из этих требований удовлетворяют мембраны на основе гибридных органо-неорганических полимеров.

Формирование мембран проводили из растворов полимеров и сополимеров в ДМФА. Для повышения эластичности мембран к исходному раствору (со)полимера добавляли пленкообразователь – поливинилбутираль. Получение пленок проводили методом полива. Активацию поверхности, после высушивания и термической обработки пленок при 110<sup>0</sup>С, осуществляли допированием сформированных мембран растворами ортофосфорной кислоты. Электропроводность пленок измеряли методом комплексного импеданса в изотермическом режиме.

Таблица 1

**Протонная проводимость мембран на основе гомополимеров и сополимеров**

№ п/п	Основа мембраны (полимер, состав сополимера)	Удельная проводимость, См·см <sup>-1</sup>
1	ПВП	$2.8 \cdot 10^{-5}$
2	ПМВП	$6.7 \cdot 10^{-5}$
3	ВП:ВТГИ (91: 9 мол. %)	$2.17 \cdot 10^{-4}$
4	ВП:ВТГИ (76:24 мол. %)	$3.5 \cdot 10^{-5}$
5	ВП:ВТГИ (14:86 мол. %)	$3.0 \cdot 10^{-5}$
6	ВП:ВА (80:20 мол. %)	$1.8 \cdot 10^{-5}$

Полученные результаты (табл. 1) свидетельствуют, что электрическая проводимость полимерных мембран на основе гомополимеров и сополимеров может быть оценена как недостаточно высокая.

Повышения электрической проводимости мембран предполагалось добиться при формировании пленок на основе изученных органо-неорганических композитов. Рядом достоинств, в сравнении с коммерческими перфторированными протонообменными мембранами “Nafion” обладают продукты золь-гель синтеза с участием алкоксисиланов. Роль кремниевого блока таких систем сводится, в основном, к улучшению транспорта протонов, которые генерируются полимерным электролитом за счет поверхностных явлений. Эти мембраны проявляют высокую протонную проводимость, как при комнатной температуре, так и при температуре выше температуры кипения воды (до 120-140°C), что недоступно для полимерных мембран. Получение исходных растворов композитов, предназначенных для формирования полимерных пленок, осуществляли путем гидролиза хлорметилтриэтоксисилана (ХМТЭС), в присутствии (со)полимеров из водно-спиртовых растворов в отсутствие катализатора (щелочного или кислотного).

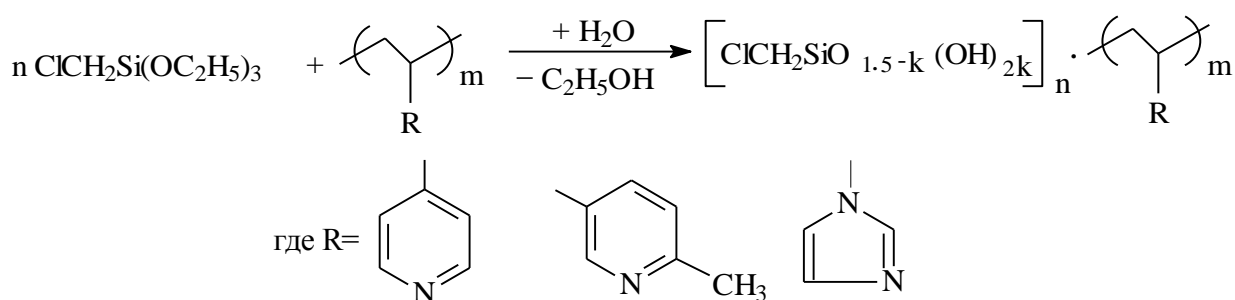


Таблица 2

**Протонная проводимость мембран на основе композитов**

№ п/п	Основа мембраны (полимер, состав сополимера)	Удельная проводимость, См·см <sup>-1</sup>
1	ClCH <sub>3</sub> SiO <sub>1.5</sub> : ПВП (1 : 19)	7.6 · 10 <sup>-4</sup>
2	ClCH <sub>3</sub> SiO <sub>1.5</sub> : ПМВП (1 : 19)	3.0 · 10 <sup>-4</sup>

Представленные в табл. 2 данные, убедительно иллюстрируют общее повышение электропроводности пленок на основе композитов в сравнении с пленками на основе гомополимеров и сополимеров.

Таким образом, изученные сополимеры и композиты являются материалами, представляющими интерес при создании протонообменных мембран для водородно-воздушных топливных элементов, эксплуатационные характеристики которых не уступают лучшим отечественным и зарубежным аналогам.

### *Библиографический список*

1. Пожидаев Ю.Н., Лебедева О.В., Бочкарева С.С., Шаглаева Н.С., Поздняков А.С. Полимерные электролиты на основе азотистых оснований // Хим. технология. 2010. Т. 11. № 1. С. 20-25.
2. Пожидаев Ю.Н., Лебедева О.В., Бочкарева С.С., Шаглаева Н.С., Морозова Л.В., Воронков М.Г. Гибридные нанокompозиты: полихлорметил-, полиметил-, полифенилсилсесквиоксан – азотистое основание // Журнал прикл. химии. 2008. Т. 81, Вып. 10. С. 1716-1720.
3. Yury Pozhidaev, Oksana Lebedeva, Svetlana Bochkareva, Evgeniya Sipkina Hybrid Composites from Silicon Materials and Nitrogenous Heterocyclic Polybases // Advanced Science Letters. 2013. Vol. 19. № 1. P. 309-312.
4. Lebedeva O.V., Chesnokova A.N., Badlueva T.V., Sipkina E.I., Rzhetschitskii A.E., Pozhidaev Y.N. Hybrid ion-exchange membranes based on heteroaromatic sulfonic acid derivatives // Petroleum Chemistry. 2015. Т. 55. № 5. С. 333-338.
5. Лебедева О.В., Чеснокова А.Н., Бадлуева Т.В., Сипкина Е.И., Ржечицкий А.Э., Пожидаев Ю.Н. Гибридные ионообменные мембраны на основе гетероароматических производных сульфокислот // Мембраны и мембранные технологии. 2015. Т. 5. № 2. С. 87.
6. Lebedeva O.V., Pozhidaev Y.N., Sipkina E.I. The synthesis and properties of copolymers based on N-vinylpyrazole International Polymer // Science and Technology. 2015. Т. 42. № 4. С. T27-T31.
7. Лебедева О.В., Синев А.Э. Гибридные композиты и их свойства // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). С. 7-11.
8. Лебедева О.В. Свойства и области применения гибридных композитов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2014. № 6 (11). С. 7-25.

### **ПРОТОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И НАТРИЕВОЙ СОЛИ 2-МЕРКАПТОБЕНЗИМИДАЗОЛА**

Птичкин А.Д.<sup>1</sup>, Орхокова Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ХТб -14-1, ИМХТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» г. Иркутск

<sup>2</sup> к.х.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: [zabanlena@yandex.ru](mailto:zabanlena@yandex.ru)

Материалы с высокой протонной проводимостью вызывают большой интерес как с точки зрения исследования фундаментальных закономерностей ионного переноса в различных средах, так и в связи с большими пер-



спективами их использования в электрохимических устройствах и, прежде всего, в топливных элементах.

Существующие коммерческие мембраны обладают высокой протонной проводимостью, химической и механической устойчивостью, но высокая стоимость и ряд технологических недостатков (*таких как резкое уменьшение проводимости при низкой влажности; сравнительно высокая проницаемость по водороду*) ограничивают их практическое применение [1,2].

Полимерные системы на основе модифицированного поливинилхлорида (далее ПВХ) являются малоизученными в качестве протон проводящих мембран.

Введение в макромолекулу ПВХ 2-меркаптобензимидазольных звеньев, содержащих пиридиновый атом азота, позволяет рассматривать такие высокомолекулярные соединения в качестве полимерных протонпроводящих мембран для топливных элементов.

Реакции частичного замещения атомов хлора в поливинилхлориде позволяют легко вводить в их состав функциональные группы, содержащие бензимидазольные фрагменты, которые при допировании *орто*-фосфорной кислотой образуют прочные комплексы.

Пленки полимерного электролита получали методом полива из растворов продуктов реакции ПВХ с Na-солью 2-меркаптобензимидазола (МБИ) с последующим испарением растворителя (диметилформамид). Получены эластичные и прочные пленки с толщиной  $60 \pm 10$  мкм. Пленки из нерастворимых продуктов реакции получали вальцеванием при температуре 140°C. Протонную проводимость ( $\sigma$ ) пленок на основе ПВХ - МБИ определяли после допирования *орто*-фосфорной кислотой. Протонная проводимость пленок составляет  $1,1 \cdot 10^{-2}$  и  $2,8 \cdot 10^{-3}$  См/см.

Дальнейшего повышения протонной проводимости мембран на основе ПВХ-МБИ можно достичь целенаправленным модифицированием мембраны неорганическими и органическими допантами по аналогии с исследованиями, проведенными в работах [2,3].

Главным достоинством мембраны на основе ПВХ-МБИ является простота ее получения. Возможными направлениями использования мембран на основе ПВХ-МБИ могут являться топливные элементы, электро-мембранные процессы разделения и очистки, где требуются большие блоки из ионообменных мембран.

#### *Библиографический список*

1. Бадлуева Т.В., Чеснокова А.Н., Лебедева О.В. новые протонпроводящие мембраны для топливных элементов Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2014. № 2 (7). С. 15-19.
2. Нгуен К.Ч., Лебедева О.В. Поиски новых протонпроводящих мембран для топливных элементов. Сборник научных трудов 17-й Междуна-

родной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2015. С. 431-433.

3. Matsuda A., Kanzaki T., Kotani Y., Tatsumisago M., Minami T. Proton conductivity and structure of phosphosilicate gels derived from tetraethoxysilane and phosphoric acid or triethylphosphate // Solid State Ionics. 2001. V. 139. P. 113-119.

4. Smitha B., Sridhar S., Khan A. A. Proton conducting composite membranes from polysulfone and heteropolyacid for fuel cell applications // J. Polym. Sci.: Part B: Polym. Phys. 2005. Vol. 43. P. 1538-1547.

## ПАРАМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Гритчин А.Б.<sup>1</sup>, Орхокова Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ХТб-14-1, ИМХТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

<sup>2</sup> к.х.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: [zabanlena@yandex.ru](mailto:zabanlena@yandex.ru)

Продукты реакции поливинилхлорида (ПВХ) с Na-солями пиразола (ПР), 3,5 -диметилпиразола (ДМП) и 2-меркаптобензимидазола (МБИ) обладают парамагнетизмом и дают в спектрах ЭПР интенсивные синглеты шириной от 9 до 14 Э, соответствующие концентрациям парамагнитных центров  $10^{17}$ – $10^{19}$  сп/г, характерные для полисопряженных систем (табл.).

Таблица. Концентрации парамагнитных центров в продуктах реакции поливинилхлорида с Na-солями пиразола, 3,5-диметилпиразола и 2-меркаптобензимидазола

№	Состав сополимеров, мол. %			N, сп·г <sup>-1</sup>	g-фактор	ΔH, Э	Параметр асимметрии (A/B)
	ВХ	ПР	~CH=CH~				
1	92.57	3.34	4.09	$4.0 \cdot 10^{17}$	2.0042	11.6	1.50
2	84.28	4.19	11.53	$8.0 \cdot 10^{17}$	2.0038	10.0	1.27
3	80.13	3.19	16.68	$6.2 \cdot 10^{17}$	2.0038	12.4	0.97
4	75.37	3.08	21.55	$2.2 \cdot 10^{19}$	2.0024	13.1	0.93
	ВХ	ДМП	~CH=CH~				
5	97.18	1.93	0.89	$7.6 \cdot 10^{16}$	2.0042	13.3	1.60
6	80.42	10.43	9.15	$6.0 \cdot 10^{17}$	2.0040	9.1	1.20
7	77.81	4.76	17.46	$7.6 \cdot 10^{17}$	2.0037	12.2	1.30
8	72.99	3.53	23.48	$1.0 \cdot 10^{18}$	2.0044	10.2	1.10
	ВХ	МБИ	~CH=CH~				
9	55.85	29.74	14.41	$9.4 \cdot 10^{16}$	2.0050	6.9	0.88
10	47.68	36.12	16.20	$7.0 \cdot 10^{17}$	2.0040	5.6	0.95

Кроме того, для этих реакций характерна высокая зависимость скорости процесса от природы нуклеофила и его концентрации[4].

В работе [2] изучен механизм дегидрохлорирования ПВХ и установлено, что при дегидрохлорировании ПВХ транс-формы образуются почти в 2-3 раза быстрее, чем цис-формы. Квантово-химические исследования механизма дегидрохлорирования 2-хлорбутана, являющегося модельным соединением винилхлоридных звеньев в ПВХ, показали, что при дегидрохлорировании 2-хлорбутана транс-формы образуются в 2 раза быстрее, чем цис-формы.[1,3]

Таким образом, при дегидрохлорировании винилхлоридных звеньев в реакции ПВХ с Na(K)-солями ПР или ДМП образуются в основном транс-формы ПВХ, в которых наблюдаются топологические дефектности полимеров, что и служит причиной парамагнетизма продуктов реакции.

В случае продуктов реакции ПВХ с Na-солью ПР повышение  $\sim\text{CH}=\text{CH}\sim$  фрагментов приводит к постепенному возрастанию концентраций парамагнитных центров и понижению значений g-фактора и параметра симметрии (эксперименты 1-4, табл.). Для образцов на основе ПВХ-ДМП увеличение поливиниленовых фрагментов в макромолекуле также сопровождается повышением концентрации парамагнитных центров и незначительным понижением параметра симметрии (эксперименты 5 - 8 табл.).

Постепенное возрастание концентраций парамагнитных центров объясняется повышением длины полисопряженных фрагментов.

Сополимеры ВХ-МБИ также обладают парамагнетизмом и дают в спектрах ЭПР интенсивные синглеты шириной от 5.6 до 6.9 Э, соответствующие концентрациям парамагнитных центров  $10^{17}$  сп/г, характерные для полисопряженных систем. Для этих сополимеров концентрация парамагнитных центров не зависит от состава сополимеров.

Таким образом, найден удивительно простой способ получения полимеров, обладающих парамагнетизмом.

#### *Библиографический список*

1. Борисевич С.С. Квантово-химическое исследование механизма реакций, протекающих при термическом дегидрохлорировании поливинилхлорида в массе. Автореферат канд. хим. наук. — Уфа, 2005. — 22 с.
2. Журавлева Т.С. Исследования полиацетилена магнитно-резонансными методами // Успехи химии. — 1987. — Т. LVI. — Вып. 1. — С. 128-147.
3. Янборисов В.М., Борисевич С.С. Механизм инициирования и роста полиеновых последовательностей при термической деструкции поливинилхлорида // Высокомолекулярные соединения. А. — 2005. — Т. 47. — № 8. — Р. 1-13.
4. Шаглаева Н.С., Воронков М.Г., Баяндин В.В., Султангареев Р.Г., Прозорова Г.Ф., Абзаева К.А., Орхокова Е.А. Реакции поливинилхлорида с

натриевыми и калиевыми производными гетероароматических и ароматических  $ph$ - и  $sh$ -кислот в апротонных растворителях // Журнал общей химии. 2013. Т. 83. № 8. С. 1286-1293.

## СКРИНИНГ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Хантаева Н.В.<sup>1</sup>, Селиванова А.И.<sup>2</sup>, Тигунцева Н.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ученица гр.25-31, МБОУ «Шелеховский лицей», г. Шелехов, e-mail: hantaeva.n@mail.ru

<sup>2</sup> ученица гр.25-31, МБОУ «Шелеховский лицей», г. Шелехов, e-mail: alin-aselwanova@mail.ru

<sup>3</sup> к.х.н., доцент кафедры органической химии и пищевой технологии им. проф. В.В. Тутуриной ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: v35@istu.edu

Использование агротехники, работающей на дизельном топливе, приводит к увеличению токсичных выбросов в окружающую среду и к высоким затратам на горюче смазывающие материалы [1,2]. Поэтому замена нефтяного топлива на биодизельное, полученное из собственного местного сырья, является актуальным.

Целью данной работы являлось анализ основных показателей качества растительных масел для получения биодизельного топлива.

В работе использовали подсолнечное (рафинированное и нерафинированное), оливковое, соевое (рафинированное), льняное (нерафинированное) масла, приобретенные в торговой сети.

Физико-химические и органолептические показатели растительных масел определяли по ГОСТ 18848-73; кислотное число (КЧ) масел и число омыления (ЧО) - в соответствии с ГОСТ 52110-2003, ГОСТ 5478-90 – титриметрическим методом с визуальной индикацией; определение эфирного числа (ЧЭ), средних молекулярных масс триацилглицеринов и жирных кислот, среднего содержания в масле триацилглицеринов проводили расчетным путем по методике, приведенной в [3].

Результаты исследования органолептических и физико-химических показателей всех образцов масел представлены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Органолептические показатели растительных масел

Наименования показателя	Характеристика и норма ГОСТ 18848-73	Характеристика исследуемых образцов масел
Запах и вкус	Без запаха, вкус обезличенного масла или с приятными специфическими оттенками	Без запаха, вкус обезличенного масла, специф. оттенок отсутствует

Цвет	-	Основным цветом растительных масел является желтый разной степени интенсивности: от темно-желтого до светло-желтого
Прозрачность	Прозрачное, без осадка	Прозрачное, без осадка, без помутнения

В ходе исследований было выявлено, что все масла, представленные в работе, соответствуют нормам ГОСТа 18848-73 и являются хорошими качественными продуктами.

Таблица 2 – Физико-химические показатели растительных масел

Образец масла	$KЧ$ , мг КОН	$ЧО$ , мг КОН	$ЧЭ$ , мг КОН	$M_{ТГ*}$	$M_{К**}$	$T_{ж***}$ , %
Подсолнечное (нерафинированное)	2,2	168,3	166,1	1000	321	98,7
Подсолнечное (рафинированное)	0,71	171,4	170,7	982	314,6	99,6
Соевое (рафинированное)	0,78	161,3	160,5	1044	335,3	99,5
Льняное (нерафинированное)	1,07	293,2	292,1	574,1	178,7	99,6
Оливковое	2,17	341	338,8	494	152	99,4

$M_{ТГ*}$  – средняя молекулярная масса триглицеридов;

$M_{К**}$  – средняя молекулярная масса смеси жирных кислот, входящих в их состав;

$T_{ж***}$  – процентное содержание в жире триглицеридов

Как видно из данных, представленных в таблице 2, физико-химические показатели растительных масел довольно близки и удовлетворяют требованиям стандарта. Однако использование нерафинированного подсолнечного и оливкового масел в качестве сырья при получении биодизтоплива по классической технологии нежелательно, т.к. они характеризуются высоким содержанием свободных органических кислот. Кислоты с щелочью, которая используется в качестве катализатора, образуют мыла, препятствующие расслоению продуктов и выделению дизтоплива.

Согласно полученным данным, наиболее приемлемо для получения биодизтоплива льняное масло, характеризующееся высоким содержанием триглицеридов и низким – свободных карбоновых кислот. Близки к нему по составу рафинированные подсолнечное и соевое масла.

Таким образом, в качестве сырья для получения биодизтоплива по

классической технологии могут быть использованы нерафинированное льняное и рафинированные подсолнечное и соевое масла.

*Библиографический список*

1. Техника и технологии производства и переработки растительных масел: учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В., Романцова, В.П. Таров. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.

2. Нагорнов, С.А. Перспективное топливо для дизельных двигателей /// Вопросы современной науки и практики. Университет им. Вернадского. - 2006. №1(3). - с. 212-216

3. Семёнова З.В., Ясько С.В., Верхотуров В.В. Пищевая химия. Лабораторный практикум: Методическое пособие по организации и проведению лабораторных работ для студентов направления 260100 «Продукты питания из растительного сырья». – Иркутск: Изд-во НИ ИрГТУ, 2013. – 125 с.

## СЕКЦИЯ № 2

### ПРИКЛАДНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

#### РЕГЕНЕРАЦИЯ ИОННОЙ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ ЭКСТРАКЦИИ ТЕТРАГИДРОФУРАНОМ

Хоанг Куанг Кыонг<sup>1</sup>, Евстафьев С. Н.<sup>2</sup>, Ушаков И. А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>аспирант кафедры органической химии и пищевой технологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: hqc9189@gmail.com

<sup>2</sup>проф., д.х.н., директор института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: esn@istu.edu

<sup>3</sup>к.х.н, доцент кафедры информатики ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: nmr@istu.edu

Повышенный интерес к ионным жидкостям (ИЖ) в последнее время привел к открытию огромного числа новых ИЖ с широким спектром применения, в том числе и для фракционирования лигноцеллюлозного сырья [1].

Хотя ИЖ описывают как весьма устойчивые зеленые растворители, обстоятельных исследований для количественной оценки их воздействия на окружающую среду явно недостаточно. Наряду с этим, важное экологическое и экономическое значение имеет разработка методов регенерации ИЖ для дальнейшего повторного использования. В настоящее время, ионные жидкости являются весьма дорогостоящими по сравнению с обычными молекулярными растворителями. Поэтому эффективность их утилизации важна для хозяйственного использования, особенно в крупномасштабных производствах.

Целью работы являлось изучение возможности регенерации хлорида 1-бутил-3-метилимидазолия после фракционирования соломы пшеницы экстракцией тетрагидрофураном.

Для эксперимента использовали хлорид 1-бутил-3-метилимидазолия, выделенный из продуктов фракционирования соломы пшеницы по методике [1]. Согласно методике фракционирования в составе ИЖ в виде примесей могут присутствовать: вода, хлорид натрия, соляная кислота (pH=2) и экстрактивные вещества соломы. Для подготовки ИЖ к экстракции ее предварительно нейтрализовали раствором 0,1 М NaOH. К полученному раствору после удаления воды вакуумной дистилляцией добавляли ацетонитрил в соотношении 1:26 по объему для осаждения хлорида натрия. По-

лученный осадок отделяли с помощью высокоскоростной центрифуги Thermo SCIENTIFIC. Ацетонитрил был удален от ИЖ вакуумной дистилляцией.

Экстракцию тетрагидрафураном проводили исчерпывающе на непрерывной установке, изображенной на рис. 1. Групповой состав экстракта анализировали методом ГХ-МС на хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies». Энергия ионизации – 70 эВ. Температура сепаратора – 280 °С, ионного источника – 230 °С. Кварцевая колонка 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95 % диметил-5 % дифенилполисилоксан). Условия анализа: 3 минуты изотермы при 50 °С с последующим подъемом температуры до 250 °С со скоростью 6 град/ мин и выдержкой в течение 40 мин при 250 °С. Относительное количественное содержание компонентов вычислено методом внутренней нормализации по площадям пиков без корректирующих коэффициентов чувствительности. Идентификацию компонентов осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST11».

Спектры ЯМР 1Н ИЖ до и после экстракции снимали на приборе ЯМР спектрометр Bruker 250 DPX в растворителе D2O. Температура +25 °С, частота 1Н ЯМР спектра 250 Мгц, концентрация образцов 5 %.



Рис. 1. Установка для непрерывной экстракции ионной жидкости

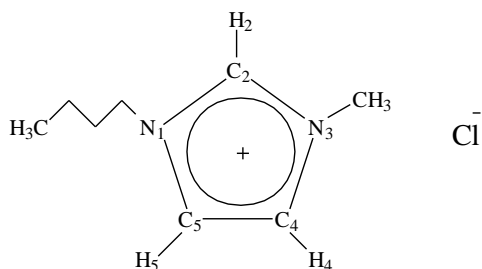
Таблица - Линии ЯМР 1Н-спектра хлорида 1-бутил-3-метилимидазолия

Линия, м.д.	Структурная группа*	Относительное содержание атомов водорода		
		Чистая	До экстракции	После экстракции
0,87(3)	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	0,20	0,19	0,19
1,31(6)	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	0,14	0,13	0,13
1,84(5)	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	0,14	0,13	0,16
2,69(1)	Ar-CH <sub>3</sub>	—	0,023	0,022
2,83(1)	-C≡C-H	—	0,027	—
2,99(1)	Alk-OH	—	0,03	—



3,87(1)	-N <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	0,20	0,18	0,18
4,19(3)	-N <sub>1</sub> -CH <sub>2</sub> -	0,14	0,13	0,13
7,42(2)	H(4,5)-C=	0,11	0,10	0,11
7,91(1)	Ar-OH	—	0,007	—
8,23(1)	Ar-H	—	0,003	—
8,71(1)	H(2)-C=	0,06	0,05	0,05

\*



В ЯМР <sup>1</sup>H-спектрах ИЖ до очистки наряду с линиями, характерными для структурных групп чистой ИЖ, присутствуют линии, свидетельствующие о присутствии спиртов, фенолов, алифатических и ароматических углеводородов. Доля водорода примесей, вычисленная по ЯМР-спектру, не превышает 9,0% от общего содержания водорода. После экстракции тетрагидрофураном доля водорода примесей снижена до 2,2%. Не удалось выделить полностью алкилароматические соединения.

Выход тетрагидрофуранового экстракта составил 0,3 % от массы ИЖ. По данным ГХ-МС в составе экстракта присутствуют алканы, сложные эфиры, алифатические и ароматические кислоты, альдегиды, кетоны и спирты. В преобладающих количествах присутствуют альдегиды и сложные эфиры.

Стоит отметить, что присутствие катиона имидазолия в составе экстракта, хотя в очень малом количестве, говорит о частичном растворении ИЖ в тетрагидрофуране.

Таким образом, в результате выполненной работы показано, что использование экстракции тетрагидрофураном для регенерации хлорида 1-бутил-3-метилимидазолия позволяет существенно сократить содержание примесей.

#### *Библиографический список*

1. С.Н. Евстафьев, Хоанг Куанг Кыонг. Состав продуктов фракционирования биомассы соломы пшеницы в среде ионной жидкости // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2015, № 3, С 21-27.

## ФЕРМЕНТОЛИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРИСУТСТВИИ 2-ГИДРОКСИЭТИЛАММОНИЕВЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Белобородова И.Д.<sup>1</sup>, Привалова Е.А.<sup>2</sup>, Адамович С.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> студент гр. ТПБ-12, института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск

<sup>2</sup> к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии, института пищевой инженерии и биотехнологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: [epriv@istu.edu](mailto:epriv@istu.edu)

<sup>3</sup> д.х.н., с.н.с. лаборатория элементоорганических соединений. Институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, г. Иркутск

В последние годы непищевое растительное сырье активно рассматривается в качестве альтернативного источника получения сбраживаемых сахаров для различных биотехнологических процессов. Целлюлоза, входящая в состав этих видов сырья, может быть гидролизована до низкомолекулярных сахаров с помощью целлюлолитических ферментных препаратов, при этом степень конверсии целлюлозы в простые сахара изменяется в широких пределах в зависимости от природы сырья, активности фермента и эффективности предподготовки. Скорость ферментативной реакции постепенно снижается вследствие инактивации ферментов целлюлазного комплекса.

Для сохранения высокой активности ферментов в течение более длительного времени применяется их активация [1], или стабилизация различными методами, например, введением в среду стабилизирующих веществ, перечень которых довольно обширен. В частности, в некоторых литературных источниках имеются сведения о стабилизации ферментных систем в присутствии соединений, относящихся к классу ионных жидкостей [2].

Целью данной работы является оценка стабилизирующего действия 2-гидроксиэтиламмониевых ионных жидкостей (ИЖ) формулы  $[N(CH_2CH_2OH)_3H]^+ \cdot ^-O(O)CCH_2YAr$ , где Ar = арил; Y = O, S, SO<sub>2</sub>, синтезированных в Иркутском институте химии им. А.Е. Фаворского, на ферментный комплекс Целлолюкс А (ООО ПО «Сиббиофарм», г. Бердск) в процессе гидролиза целлюлозы. Характеристика ионных жидкостей приведена в таблице.

Обозначение	Брутто формула ИЖ	Молекулярная масса	Температура плавления, °С
ИЖ1	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> ClNO <sub>5</sub> S	351,88	77-78
ИЖ2	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> ClNO <sub>7</sub> S	383,88	92-94
ИЖ3	2-C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> ClNO <sub>6</sub>	335,78	80
ИЖ4	4-C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> ClNO <sub>6</sub>	335,78	80-82

Исследованные ионные жидкости проявляют разнообразную биологическую активность в низких концентрациях, стимулируют процесс ферментации глюкозных субстратов и активируют спиртообразование [3, 4].

Ферментализу подвергали воздушно-сухие образцы фильтровальной бумаги и соломы пшеницы урожая 2012 и 2013 гг. с содержанием целлюлозы 38,2 и 42,8% соответственно. Ферментализ проводили ферментным комплексом «Целлолюкс А» с целлюлазной активностью 2000 ед./г в течение 24 ч при температуре 50°C, при pH 4,7–4,8 в среде ацетатного буфера. Концентрация ферментного препарата в реакционной среде составляла 2,5 мг/см<sup>3</sup> при отношении массы субстрата к массе раствора 1:50. Дозировку ионных жидкостей в среду для ферментализ осуществляли следующим образом: вначале готовили матричный раствор ИЖ с концентрацией 1 мг/мл (100 мг ИЖ растворяли в 100 мл дистиллированной воды). Далее методом последовательного разведения обеспечивали итоговую концентрацию ИЖ в среде  $1 \cdot 10^{-2}$  и  $1 \cdot 10^{-4}$  % масс. В контрольную пробу вместо раствора ионной жидкости вносили соответствующее количество дистиллированной воды.

По окончании ферментализ фермент инактивировали путем кратковременного нагревания до 90°C, субстрат отделяли от гидролизата фильтрованием. Степень конверсии целлюлозы в простые сахара оценивали по изменению концентрации редуцирующих веществ в гидролизатах, которую определяли методом Дюбуа [5].

Результаты ферментализ фильтровальной бумаги, как модельного целлюлозосодержащего субстрата, приведены на рисунках 1 и 2.

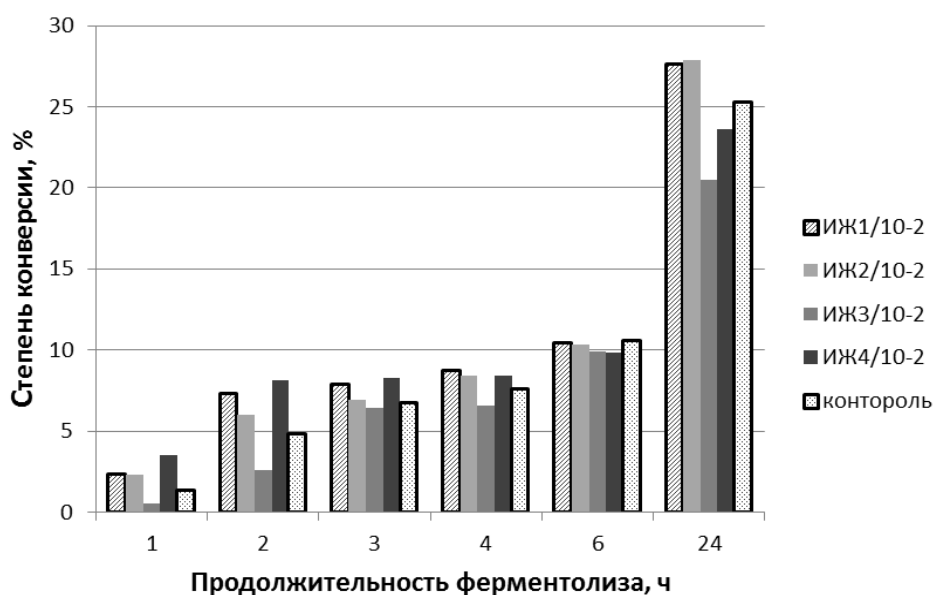


Рисунок 1 – Степень конверсии фильтровальной бумаги в присутствии ионных жидкостей в концентрации  $1 \cdot 10^{-2}$  % масс.

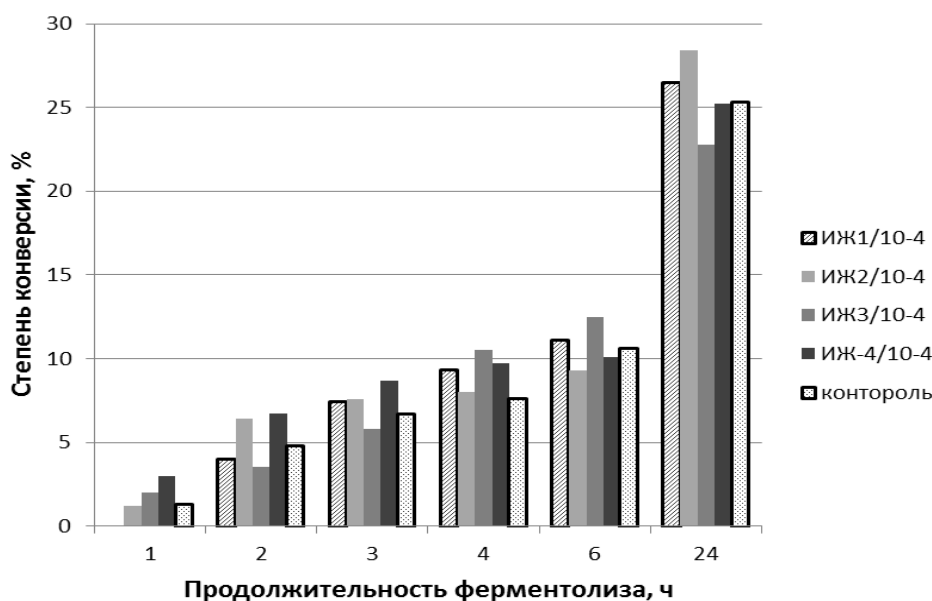


Рисунок 2 – Степень конверсии фильтровальной бумаги в присутствии ионных жидкостей в концентрации  $1 \cdot 10^{-4}$  % масс.

Как видно из представленных диаграмм, степень конверсии целлюлозы при проведении ферментализа в присутствии ионных жидкостей изменялась разнонаправленно. В ряде случаев было достигнуто увеличение степени конверсии на 2-4% по сравнению с контролем. Более выраженный эффект наблюдался при концентрации ионных жидкостей в среде  $1 \cdot 10^{-2}$  % масс. Можно отметить, что за 24 ч ферментализа не была достигнута фаза плато на кривой прироста концентрации простых сахаров в гидролизате. Этот факт позволяет заключить, что в течение указанного времени не происходит заметной инактивации ферментов как в контроле, так и в среде с добавлением ионной жидкости.

При ферментализе соломы пшеницы в течение 24 ч (рис. 3) внесение в среду ионных жидкостей также не оказывало существенного влияния на протекание процесса. Отдельные концентрации ИЖ оказывали слабое промотирующее действие на активность ферментного комплекса, в результате чего степень конверсии целлюлозы возрастала на 1-3% по сравнению с контролем.

Таким образом, предварительные исследования показали незначительное ферментстабилизирующее действие ионных жидкостей на целлюлазный комплекс Целлолюкс А. Наиболее выраженный эффект получен при использовании ИЖ-1 и ИЖ-2 в концентрации  $1 \cdot 10^{-2}$  % масс. Однако поскольку в исследованном временном интервале еще не была достигнута выраженная инактивация фермента, целесообразно увеличить продолжительность ферментализа для уточнения результатов.

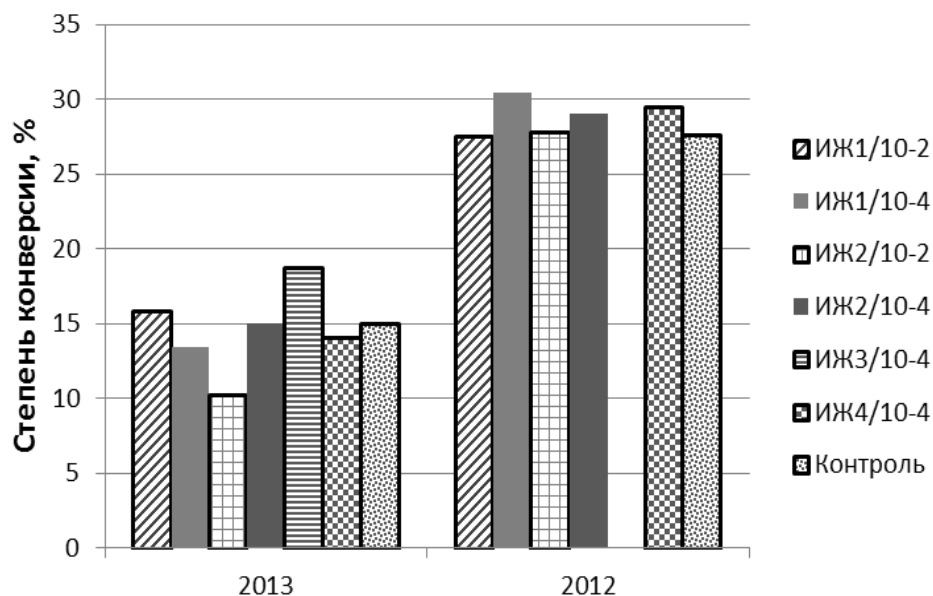


Рисунок 3 – Степень конверсии целлюлозы соломы пшеницы в процессе ферментализации в присутствии ионных жидкостей

#### *Библиографический список*

1. Голязимова О.В. Механическая активация ферментативного гидролиза лигноцеллюлозы // Химия растительного сырья, 2009, № 2, С. 59-63.
2. Асланов Л.А. Ионные жидкости в ряду растворителей / Л.А. Асланов, М.А. Захаров, Н.Л. Абрамычева. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 22 с.
3. Мирскова А.Н. Алканоламмониевые соли оргилсульфанил-(сульфонил)уксусных кислот – новые стимуляторы биологических процессов // Журнал органической химии, 2008. – Т.44. – Вып.10. – С. 1501-1508.
4. Молокова К.В. Влияние протонных ионных жидкостей на бродильную активность спиртовых дрожжей / К.В. Молокова, Е.А. Привалова, С.Н. Адамович, А.Н. Мирскова, Р.Г. Мирсков // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2014. – № 1(6). – С. 70-74.
5. Dubois M., Gilles K.A. Colorimetric method for determination of sugars and related substances//Analyt. Chem. 1956. V.28, P. 350-356.

# **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ СО<sub>2</sub>-ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

А.А. Анисимов<sup>1</sup>, С.Н. Евстафьев<sup>2</sup>, Н.П. Тигунцева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> студент гр. ТПб-12-1, института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: alexey\_anisimoff@mail.ru

<sup>2</sup> д.х.н., профессор, директор института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: esn@istu.edu

<sup>3</sup> к.х.н., доцент кафедры органической химии и пищевой технологии им проф. В.В. Тутуриной

В России потребление натурального сока на человека в год составляет в среднем 15-20 литров. По общему объему потребления соков Российская Федерация входит в первую десятку стран мира, однако по норме потребления сока на человека Россия все еще отстает от США, Австралии и стран Европы. Каждый житель этих стран выпивает в год более 30 литров витаминного напитка. На российском рынке 80% соков получены путем восстановления концентратов, состав которых менее полезен для организма. В Сибири, где далеко не самые благоприятные климатические условия, объективно существует недостаток витаминов для организма человека. Также, не стоит оставлять без внимания особенности климата Восточной Сибири и ее территориальную удаленность от моря, в связи с чем у жителей данного региона наблюдается дефицит некоторых минеральных веществ, прежде всего йода.

Соки можно рассматривать как дополнительную возможность насыщения организма витаминами и минеральными веществами. Но не все соки одинаково богаты теми или иными биологически активными веществами, поэтому имеется смысл во внесении в их состав сбалансированных экстрактов, с целью повышения полезности продукта.

На сегодняшний день сложившаяся в мире экологическая и социальная обстановка настоятельно требует новых подходов к извлечению биологических компонентов для профилактики, адаптации и реабилитации населения. Использование сверхкритических СО<sub>2</sub>-экстрактов повышает биологическую ценность и натуральность конечного продукта.

Цель работы – сравнительный анализ состава биологически активных веществ СО<sub>2</sub>-экстрактов из растительного сырья.

Работа выполнялась с образцами рябины обыкновенной сорта «Титан» и рябины черноплодной, выращенными в фермерском хозяйстве «Иркутский садовод», а также, ламинарии северной (ООО ПКЦ «Здоровье че-

рез питание», Барнаул). Образцы предварительно измельчали до крупности 1-3 мм и высушивали до постоянной массы.

Эксперименты проводились на лабораторной установке  $\text{CO}_2$ -экстракции, в интервале давлений 6–30 МПа, температуре 60 °С и продолжительности экстракции 180 минут. Состав  $\text{CO}_2$ -экстрактов анализировали методом ГХ-МС на хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies». Энергия ионизации – 70 эВ. Температура сепаратора – 280 °С, ионного источника – 230 °С. Кварцевая колонка 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95 % диметил-5 % дифенилполисилоксан). Условия анализа: 3 минуты изотермы при 100 °С с последующим подъемом температуры до 250 °С со скоростью 4 град/ мин и выдержкой в течение 75 мин при 250 °С. Идентификацию компонентов осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST11».

Установлено, что с увеличением давления выход экстракта рябины «Титан» возрастает до 2,5 % при рабочем давлении 30 МПа (рисунок). В составе экстракта обнаружены многоатомные спирты, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, ароматические соединения, витаминоподобные вещества и карбоновые кислоты. Стоит заметить, что независимо от используемого сырья, с увеличением давления в экстрактах уменьшается содержание алканов и ароматических соединений, но повышается содержание высших карбоновых кислот и витаминоподобных веществ, наибольший интерес из которых представляют альфа-токоферол (витамин Е), аскорбил пальмитат, сквален, олеиновая кислота.

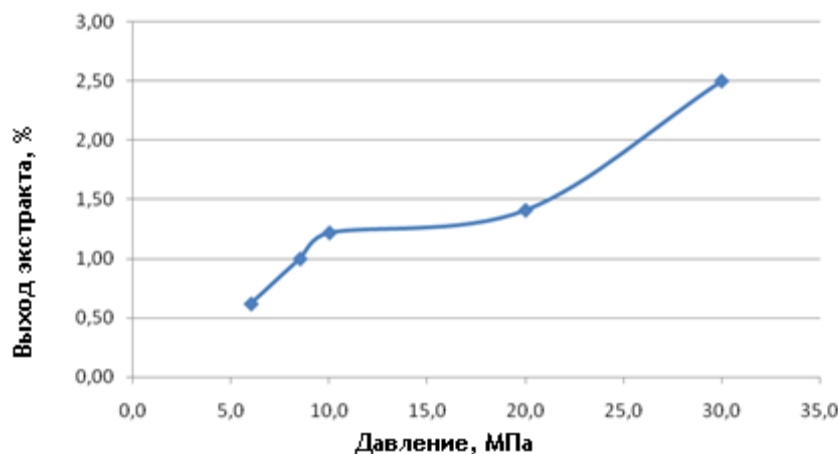


Рисунок – Зависимость выхода  $\text{CO}_2$ -экстракта рябины «Титан» от давления

Отличительной особенностью  $\text{CO}_2$ -экстрактов рябины черноплодной с выходом 2,37 % при 30 МПа, является большее количество сложных эфиров, содержание других соединений примерно сопоставимо.

Экстракты ламинарии северной содержат большое количество витаминоподобных веществ, также в их составе были обнаружены йодсодержащие соединения. Выход экстракта составил 0,15 % при 20 МПа.

В результате выполненной работы установлено, что СО<sub>2</sub>-экстракты образцов рябины характеризуются высоким содержанием биологически активных веществ, а экстракт ламинарии – йодсодержащих соединений. Из этого следует, что исследуемые СО<sub>2</sub>-экстракты могут быть использованы в качестве пищевых добавок, с целью повышения полезности продукта.

## **СПОСОБЫ ПОНИЖЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ СЛАБОУАКАГОЛЬНОГО ВИА ИЗ ОБЛЕПИХИ**

Супрун Н.П.<sup>1</sup>, Гусакова Г.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студент гр. ТПб-12, института пищевой инженерии и биотехнологии ИР-НИТУ, г. Иркутск, e-mail: n\_sunny\_smile@mail.ru

<sup>2</sup> к.с-х.н., доцент кафедры органической химии и пищевой технологии ИР-НИТУ, г. Иркутск, e-mail: gusakova58@mail.ru

Сегодня в России и во всем мире приоритетными стали программы оздоровления населения. Неуклонно возрастает объем исследований по созданию функциональных продуктов для систематического потребления, снижающих риск заболевания, сохраняющих и улучшающих здоровье за счет содержания физиологически функциональных ингредиентов. Полезные свойства облепихи, широко распространенной в Иркутской области и дающей стабильные урожаи, хорошо известны и активно изучаются современной наукой [1,2]. Однако химический состав и функционально-технологические свойства зависят от условий произрастания и требуют уточнения применительно к почвенно-климатическим условиям региона. Производство слабоалкогольных вин из облепихи позволит получить напитки с функционально-профилактическими свойствами: богатые витаминами группы В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, Е, С, содержащими яблочную, фолиевую, лимонную, винную и кофейную кислоты, микро- и макроэлементы, дубильные вещества и другие биологически активные соединения. Низкий процент алкоголя позволит употреблять его почти без ограничений

**Цель исследования** изучение различных способов понижения кислотности при производстве слабоалкогольных вин из облепихи, произрастающей в Сибири.

Исследование проводилось на кафедре органической химии и пищевой технологии. В лабораторных условиях. Органолептические по-



казатели и физико-химический состав определяли по общепринятым методикам [3].

Для приготовления слабоалкогольного вина была использована садовая облепиха сорта Солнечная. Средний вес ягоды 0,7-0,9 г, цвет желто-оранжевый, аромат сортовой средней интенсивности, вкус кисло-сладкий. По литературным данным известно, что урожайность данного сорта облепихи высокая – 11-15 кг с куста. Сорт зимостойкий, устойчив к вредителям и болезням [1,2].

Для приготовления сока ягоды облепихи предварительно промывали в проточной воде, подсушивали и замораживали на 2 месяца при температуре 18°C. Сок извлекали путем прессования размороженного и измельченного сырья. Получали сок первого давления, который объединяли с соком второго отжима из выжимок залитых 1 : 1 водой и выдержанных 3 часа при температуре 30°C. Выход сока в пересчете на первую фракцию составил 865 дм<sup>3</sup> на кг сырья.

Для понижения кислотности использовали березовый сок, полученный 5 мая 2016 г. и сброженный на спонтанной микрофлоре при температуре + 5°C.

Сок тыквы получали следующим способом: очищенную мякоть замораживали для разрушения клеточной структуры и лучшего выделения сока, после размораживания извлекали сок на ручной соковыжималке.

Полученные в ходе эксперимента химико-технологические показатели используемого сырья приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Химико-технологические показатели использованных соков

Наименование показателя	Содержание		
	Облепиховый сок	Березовый сок (сброженный)	Тыквенный сок
Выход сока, см <sup>3</sup> /кг	865 (750)	-	544
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную, г/дм <sup>3</sup>	17,0	3,68	0,2
Массовая концентрация сахаров, г/дм <sup>3</sup>	5,25	0,2	3,5
Плотность $\rho$	1,037	0,996	1,035

Из приведенных данных видно, что для постановки на брожение требуется корректировка облепихового сока по кислотности и сахаристости. Изучая влияние на органолептические показатели готовой продукции разных способов понижения кислотности, готовили 4 вида су-ла (рис.1).

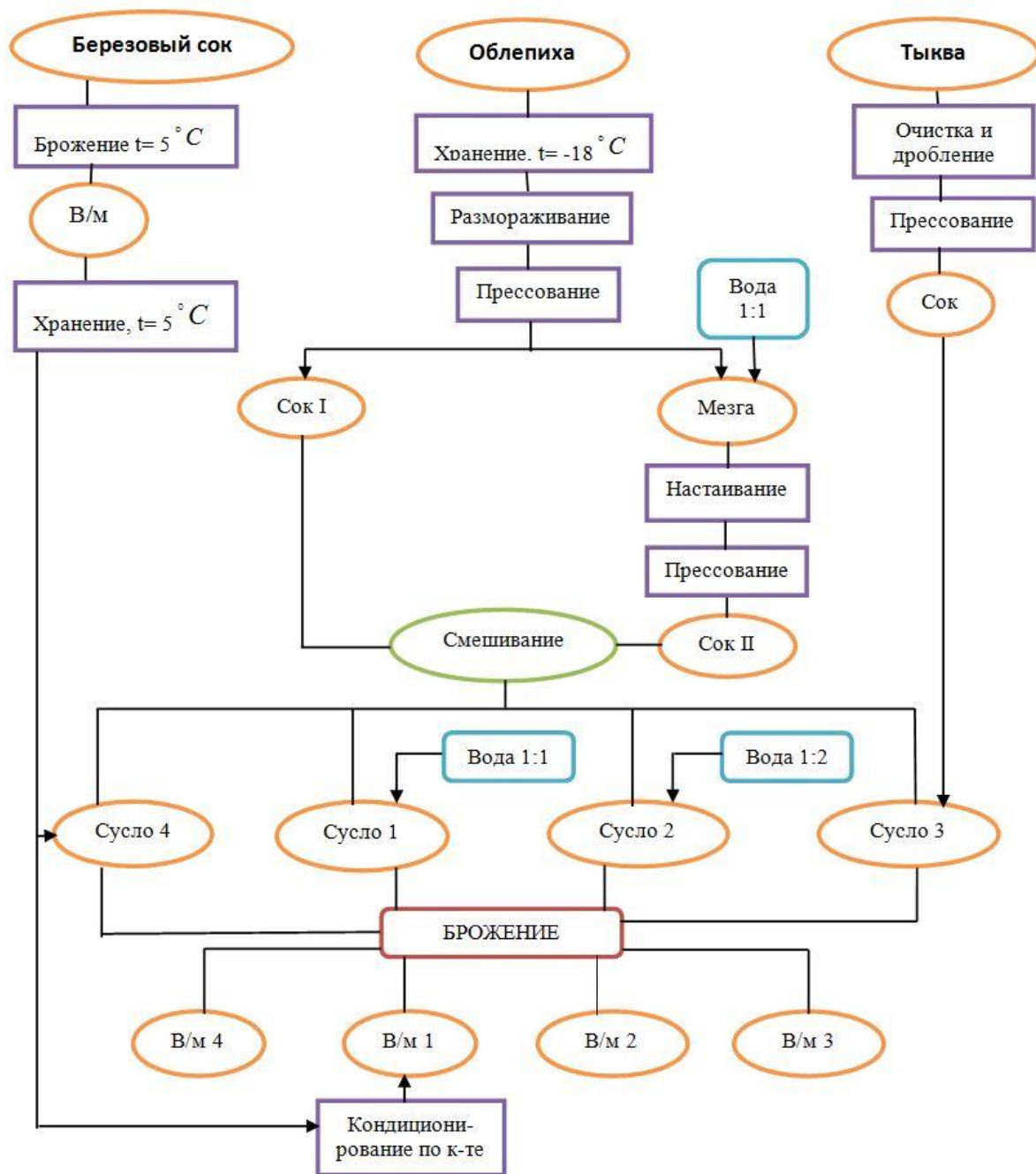


Рисунок 1 – Схема приготовления сусла

В первом образце кислотность понижена за счет добавления воды до  $8 \text{ г/дм}^3$ , во втором водой до  $12 \text{ г/дм}^3$ , но после брожения до  $8 \text{ г/дм}^3$  – березовым соком. В третьем образце – за счёт добавления тыквенного сока (до  $8 \text{ г/дм}^3$ ), а в четвертом за счет сброженного березового сока (до  $8 \text{ г/дм}^3$ ).

Перед брожением вводили свекловичный сахар из расчета получения собственного наброда 5%. Для сбраживания использовали сухие винные дрожжи (раса *Saccharomyces cerevisiae*), которые предварительно разбраживали и вносили 5 % от объема исходного сусла. Брожение

проводили стационарным способом в стеклянных баллонах при температуре 20°C. В ходе брожения контролировали температуру, накопление спирта, понижение сахаров и органолептику.

По данным диаграммы сбраживания сусла (рис. 2) на ранних стадиях брожения (1-7 день), концентрация сахара в сусле снижается быстро приближаясь к полиномиальной линии тренда, а в конце становится линейной до исчезновения сахаров.

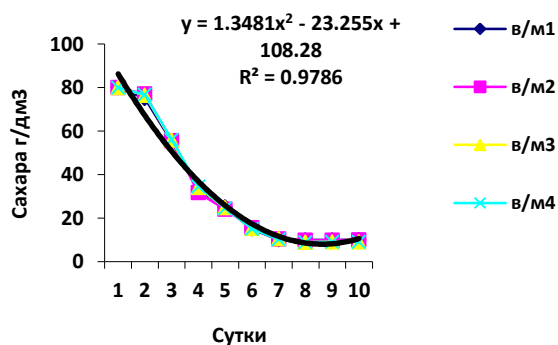


Рис. 2. Динамика изменения содержания сахаров в сбраживаемом сусле

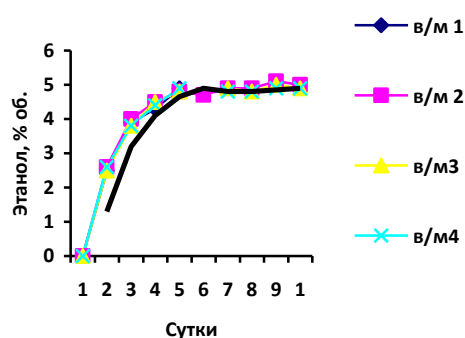


Рис. 3. Динамика изменения содержания этанола в сбраживаемом сусле

Эмперическая зависимость динамики накопления этанола от продолжительности брожения приведена на рис. 3. Основное количество этанола образуется в период начального брожения и нарастает в период дображивания. Наиболее интенсивное брожение наблюдали в первые 2 дня. Прекращение изменения плотности (5 день) свидетельствует об окончании брожения. Через 10 дней (после дображивания) сняли с дрожжевого осадка, оклеили бентонитом (3 г/дм³), профильтровали. Органолептические физико-химические показатели вина приведены в таблице 2.

Таблица 2

Органолептические физико-химические показатели вина

Показатели	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Цвет	Золотисто-соломенный с оранжевым оттенком	Золотисто-соломенный с оранжевым оттенком	Желто-оранжевый	Светлосоломенный
Аромат	Чистый сортовой	Чистый сортовой	Сортовой с овощной нотой	Чистый сортовой
Вкус	Легкий, свежий, гармоничный, слабоспиртуозный, кислый	Легкий, свежий, слабоспиртуозный, с высокой кислот-	Полный, свежий, гармоничный, слабоспиртуозный,	Полный, свежий, гармоничный, слабоспиртуозный,

		ностью,	кислый	спиртуоз- ный, кис- лый
Содержание этано- ла, %	4,8	5,1	5,2	5,2
Массовая концен- трация титруемых кислот, г/дм <sup>3</sup>	7,8	8,3	8,0	8,3
Массовая концен- трация сахаров, %	0,2	0,3	0,3	0,3
Плотность	0,995	0,997	0,998	0,997
Концентрация ле- тучих кислот, в %;	0,2	0,3	0,3	0,5
Органолептическая оценка, по шкале 10 бал	8,5	8,7		

Полученные вина имеют хорошую органолептическую оценку по физико-химическим показателям соответствуют ГОСТ 2007 «Вина плодовые столовые и виноматериалы плодовые столовые. Общие технические условия». Выбранная раса дрожжей позволяет сохранить и передать вину характерные, специфические для облепихи тона во вкусе и аромате. Использование березового сока для понижения кислотности не влияет на сортовой аромат характерный сырью, несколько увеличивает летучую кислотность вина но в пределах допустимой нормы. Введение тыквенного сока понижает органолептическую оценку аромата, но в сравнении с водой меньше снижает физиологическую ценность напитка.

Таким образом, показана возможность понижения кислотности в вине из облепихи за счет введения березового сока. Производство таких напитков расширит ассортимент недорогих вин, употребление которых в дозах, рекомендованных ВОЗ (150–300 мл), будет полезным для организма человека.

#### *Библиографический список*

1. Лоскутова Г.А., Кольтюгина О.В. Влияние сроков сбора плодов облепихи на химический состав и качество продуктов переработки // Ползуновский альманах. — 2006. — № 2. — С. 92-94
2. Школьников, М.Н. Номенклатура потребительских свойств балзамов. Современный подход / М.Н. Школьников, Е.Ю. Егорова, И.Э. Цапалова // Пиво и напитки. — 2008. — № 4. — С. 8-10.
3. Методы технологического контроля в виноделии. Под ред. Гержиковой В.Г. — Симферополь: «Таврида», 2002 г. — 260 с.

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ БРОЖЕНИЯ МЕЗГИ НА НАКОПЛЕНИЕ КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВИН ТИПА КОГОР ИЗ СМОРОДИНЫ

Мартынова Е.Ю.<sup>1</sup>, Гусакова Г.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>студент гр. ТПб-12-1, института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [Je\\_94@mail.ru](mailto:Je_94@mail.ru)

<sup>2</sup>к.х.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [gusakova58@mail.ru](mailto:gusakova58@mail.ru)

**Кагор** ([фр. Cahors](#)) красное, экстрактивное, сухое вино из региона Кагор во Франции. В России вина под таким наименованием имеют свою оригинальную технологию, главная задача которой приготовить вино интенсивно окрашенное, с высоким остаточным сахаром и полным вкусом. В аромате преобладают оттенки вишни, малины, черной смородины и молочных сливок. В виноградно-виноделии это результаты специальных приемов, а в плодово-ягодном виноделии эти тона естественные и характерные для сырья. Соответственно можно предположить, что ягоды черной смородины являются перспективным сырьем для приготовления вин данного типа. Важное технологическое значение при этом имеют антоцианы. Учитывая, что эти соединения имеют склонность к окислению и обесцвечиванию, целью эксперимента было изучение влияния различных способов брожения мезги на их накопление.

Работа выполнена с образцами ягод урожая 2015г. Определение органолептических показателей сока и виноматериала проводили по методикам приведенным в [3].

Сибирская смородина черная (*Ribesnigrum*) род растений из семейства крыжовниковые. Кустарники с дланевидно-лопастными листьями. Листья и ягоды чрезвычайно душисты от эфирного масла, заключающегося в особых железках. Ягоды среднего размера, шаровидные, черные, тонкая кожица. Вкус кисло-сладкий. Плоды богаты витамином С и витамином молодости Е, так же в смородине обнаружены сильные фитонциды, убивающие ряд вирусов, в частности вирус гриппа. Пигменты ягод содержат каротин, превращающийся в организме в витамин А, так же играющий большую роль в повышении иммунитета, в стимуляции клеточного обмена. Каротин препятствует преждевременному старению организма и образованию опухолей, предохраняет от вредного воздействия облучения и табачного дыма, способствует сохранению остроты зрения [2]. Для понижения кислотности смородинового сока (19,9 г/дм<sup>3</sup>) использовали сок ирги (3,2 г/дм<sup>3</sup>) в объеме 15 % [5].

До переработки ягоды хранились при температуре -18. Переработку вели следующим образом: смородину и иргу пропустили через соковыжималку. Далее полученную мезгу смешали с соком и делили на 4 части. Брожение проводили на чистой культуре сухих винных дрожжей (5 % от объема мезги). Первый образец продували ежедневно воздухом, второй – азотом, третий сбрасывали под затвором, контроль – в открытом резервуаре с плавающей шапкой. В процессе брожения контролировали температуру, накопление этанола, содержание красящих веществ и органолептику. На седьмой день отжали сок и заспиртовали.

На рисунке 1 показана динамика накопления этанола.

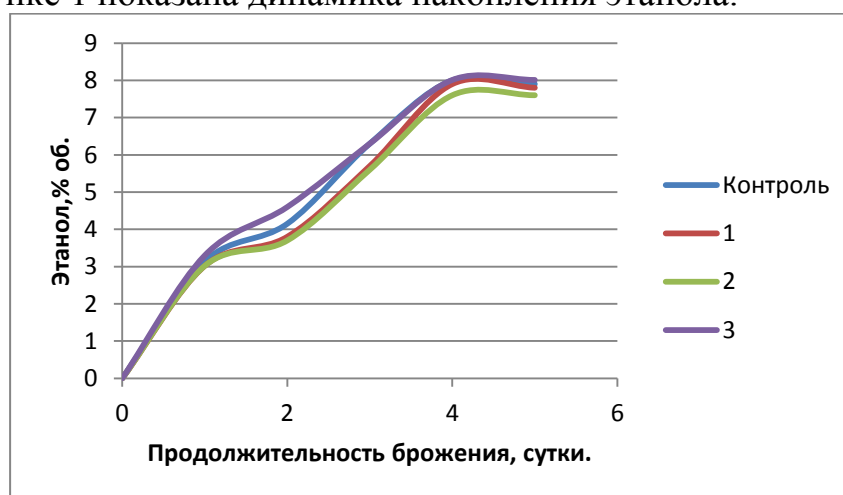


рис. 1. Динамика изменения содержания

Как видно из приведенных данных, различные способы брожения не повлияли на скорость накопления этанола, и основное брожение закончилось на 5 день. Динамика накопления красящих веществ показана на рисунке 2.

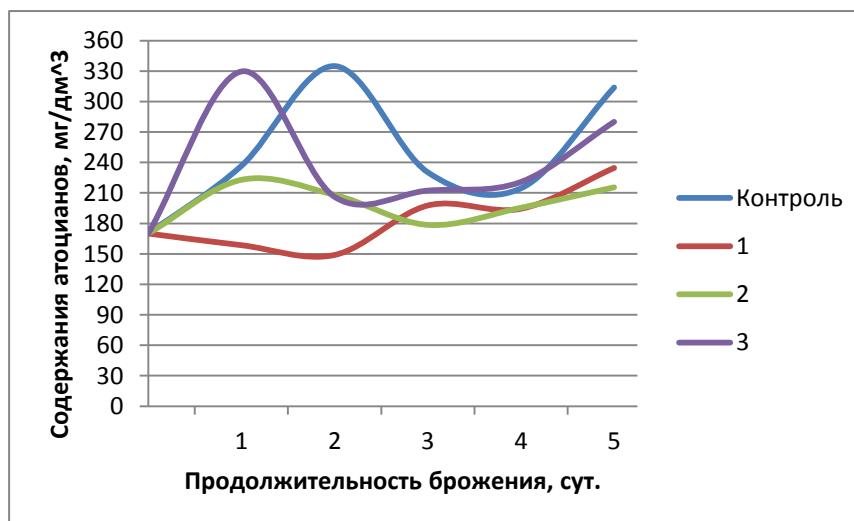


рис. 2. Динамика изменения содержания красящих веществ

При брожении контрольного образца в первые 2 дня наблюдали увеличение красящих веществ, чему по нашему мнению способствует разрушение клеточной ткани и переходу антоцианов в раствор. Дальнейшее снижение окраски, может быть связано с активностью ортодифенолоксидазы и пероксидазы. К концу брожения их количество вновь возрастает, что согласуется с литературными данными[4]. При активной продувке бродящей смеси воздухом наблюдаем равномерное увеличение содержание красящих веществ, но несколько ниже, чем в контрольном образце из-за возможного окисления части антоцианов. Продувка азотом должна была задержать окисление красящих веществ и способствовать их накоплению, но этого не произошло. Количество красящих веществ почти не менялось в процессе брожения, что по нашему мнению требует дополнительных исследований. При брожении под затвором количество красящих веществ меняется аналогично контролю, но несколько быстрее.

Показатели спиртованных виноматериалов после хранения в течении 1 месяца приведены в таблице 1

Таблица 1

**Физико-химические показатели виноматериалов**

<b>Физико-химические показатели</b>	<b>Контроль</b>	<b>Образец 1</b>	<b>Образец 2</b>	<b>Образец 3</b>
Содержание этанола, % об.	15,0	15,1	14,9	15,0
Содержание кислот, г/дм <sup>3</sup> не менее	11,1	9,3	9,6	10,9
Содержание сахара, г/дм <sup>3</sup>	0,7	0,8	0,7	0,7
Содержание красящих веществ, мг/дм <sup>3</sup>	286,3	120,9	190,1	233,4
Интенсивность окраски: $I = D_{420} + D_{520}$	0,271	0,123	0,180	0,221
Качество окраски: $T = D_{420} + D_{520}$	0,58	0,61	0,56	0,61

При хранении виноматериалов наблюдали понижение содержания красящих веществ. Возможные причины окисление, взаимодействие с белками, конденсация и выпадение в осадок. Поскольку антоцианы имеют максимум поглощения при длине волны 520 нм., а продукты конденсации и полимеризации фенольных веществ – при 420 нм., общую интенсивность цвета определяли как сумму оптических плотностей. Наиболее интенсивная окраска у контрольного образца и самая слабая в образце 1(ежедневная

аэрация воздухом), что указывает на потери красящих веществ за счет окисления. Показатель Т характеризующий качество окраски во всех образцах меньше 1, это характерно для молодых вин и так как преобладающую роль в окраске играют антоцианы. Все полученные образцы вин по запасу красящих веществ, сравнимы с образцами вин из лучших сортов красного винограда. Например, сок мякоти Саперави содержит 250-260 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, эксперимент подтверждает, что наибольшие потери красящих веществ связаны с аэрацией мезги, следовательно, в процессе переработки необходимо обеспечивать режимы наименьшего контакта мезги с кислородом воздуха. По запасу красящих веществ сок смородины может быть использован в производстве вин типа кагор.

#### *Библиографический список*

1. Валуйко Г.Г. Технология виноградных вин. – Симферополь: Таврида, 2001. – 624с.
2. Литовченко А.М. Тюрин С.Т. Технология плодово-ягодных вин.- Симферополь : Таврида, 2004 – 368с.
3. Методы технологического контроля в виноделии. Под ред. Гержиковой В.Г. – Симферополь: Таврида, 2002г. – 260с.
4. Ли Э.,Пигготт Дж. Спиртные напитки: Особенности брожения и производства/Э.Ли.Жд.Пигготт(ред.); перевод с англ.под общ.ред. А.Л.Панасюка. – СПб.; Профессия, 2006 – 552с., ил. – (Серия: Научные основы и технологии).
5. Мартынова Е.Ю., Гусакова Г.С., Перспективы использования смородины в производстве слабоалкогольных игристых напитков., Актуальные проблемы химии и биотехнологии: мат-лы I Всерос.науч.-практ.конф.(Иркутск, 28-29 апреля 2015г.).- Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015.- 162с.



# **СОСТАВ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРОДУКТОВ ФРАГМЕНТАЦИИ ЛИГНИНА СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ В СРЕДЕ ЭТАНОЛА**

Фомина Е.С.<sup>1</sup>, Евстафьев С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>старший преподаватель кафедры органической химии и пищевой технологии им. проф. В.В. Тутуриной, ИРНИТУ

<sup>2</sup>д.х.н., профессор, директор института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: esn@istu.edu

Алкоголиз давно привлекает исследователей как метод выделения и изучения строения нативного лигнина [1,2], а также как перспективный метод предподготовки лигноцеллюлозы для последующей биохимической переработки, прежде всего, вследствие его экологической безопасности.

На сегодняшний день поведение основных компонентов недревесного лигноцеллюлозного сырья в условиях этанолиза слабо изучено. Нами предпринята попытка через сравнительное исследование состава высокомолекулярных продуктов фрагментации лигнина получить информацию об интенсивности и направленности превращений компонентов соломы в условиях суб- и сверхкритического этанолиза.

Целью работы являлось выявление зависимости выхода и состава этаноллигнина соломы пшеницы от параметров процесса этанолиза.

Работа выполнена с образцами соломы пшеницы крупностью 1-5 мм. Компонентный состав соломы (% на а.с.м.): целлюлоза 41,9; лигнин 23,5; пентозаны 18,9. Этаноллиз проводили на лабораторной экстракционной установке в интервале температур 130-355°C, давлений 10-30 МПа и продолжительности 10-60 минут. Мягкий этаноллиз выполнен в аппарате Сокслета в течение 7 час. Жидкие продукты этанолиза после дистилляции этанола в вакууме фракционировали на водорастворимые соединения, гексановый экстракт (ГЭ) и этаноллигнин (ЭЛ) [3].

В результате изучения состава выделенных фракций установлено, что низкомолекулярные продукты фрагментации лигнина сконцентрированы преимущественно в гексановом экстракте, а высокомолекулярные – в этаноллигнине.

Выделенный ЭЛ представляет собой порошок, цвет которого в зависимости от условий процесса изменяется от светло-коричневого (мягкий этаноллиз) до темно-коричневого (сверхкритический этаноллиз).

Установлено, что во всем температурном интервале степень делигнификации соломы с повышением температуры, давления и продолжительности процесса увеличивается. В условиях мягкого и субкритического этанолиза до 200°C степень делигнификации соломы не превышает 10-

12%. При этом, большая часть растворенного лигнина выделяется в составе фракции ЭЛ.

В субкритических условиях в интервале 200-240 °С процессы делигнификации являются преобладающими и сопровождаются выделением значительных количеств фракций ГЭ и ЭЛ. В этих условиях из соломы удаляется около 48% исходного лигнина, а его доля в составе ЭЛ, полученного при 200 °С, составляет 62%, а при 240 °С – не более 51%. Это можно объяснить тем, что ЭЛ, полученный в интервале 200-240 °С, вероятно, является смесью соединений, образовавшихся путем конденсации продуктов гидролиза лигнина и полисахаридов соломы. В составе продуктов кислотного гидролиза фракций ЭЛ, полученных до 170 °С, содержание моносахаридов не превышает 4-6%, а при 240 °С составило 23,8% на фракцию.

Процесс сверхкритического этанолиза в интервале температур 250-350 °С характеризуется высокой эффективностью. Выход продуктов гидролиза полисахаридов проходит через максимум при 285 °С, в то время как, выход продуктов фрагментации лигнина резко возрастает, как при повышении температуры, так и давления и продолжительности процесса. Влияние давления наиболее выражено в интервале 20-30 МПа. Увеличение продолжительности процесса в большей степени влияет на выход низкомолекулярных продуктов фрагментации лигнина. Наблюдаемое снижение степени делигнификации при температурах выше 285 °С обусловлено, вероятно, процессами поликонденсации с образованием псевдолигнинов. В этих условиях, согласно полученным данным, выход фракции ЭЛ повышается с увеличением доли этанола в используемой водно-спиртовой смеси, что согласуется с существующими представлениями о механизме образования этаноллигнина.

ИК-спектры свидетельствуют о полифункциональности выделенных этаноллигнинов. В них присутствует интенсивная широкая полоса поглощения с максимумом при 3400 см<sup>-1</sup>, обусловленная валентными колебаниями ОН-групп. Полосы поглощения в области 3000-2800 см<sup>-1</sup> соответствуют валентным колебаниям С-Н связей метильных и метиленовых групп, при 1720-1700 см<sup>-1</sup> – валентным колебаниям карбонильных групп кислот, сложных эфиров и хиноидных структур. Согласно полученным ИК-спектрам в составе фракций ЭЛ присутствуют все три типа моноядерных арилпропановых структур: гидроксифенил-, гваяцил- и сиригилпропановых. Наличие ароматических структур п-кумарового типа проявляется широкой полосой поглощения с максимумом при 1608 см<sup>-1</sup>. Полоса поглощения при 1033 см<sup>-1</sup> указывает на наличие ароматических фрагментов G – типа, а при 1123 и 1328 см<sup>-1</sup> – S-типа.

Установлено, что то при температурах выше 285 °С в составе фракций ЭЛ наблюдается преобладающее содержание ароматических структур

Н-типа, что может быть обусловлено протеканием реакций деметоксилирования. Уменьшение доли метоксильных групп во фракциях проявляется на ИК-спектрах снижением интенсивности полос поглощения при 1458 и 1427 см<sup>-1</sup>.

Результаты исследования ЭЛ, выделенных при 250 °С, методом ЯМР <sup>1</sup>Н подтверждают заметное содержание в их составе, наряду с гидроксифенильными структурами гваяцильных фрагментов (7,25-6,35 м.д.) [4]. ХС <sup>1</sup>Н в диапазоне 3,95-3,55 м.д. свидетельствуют о наличии метоксильных групп при ароматическом кольце, в диапазоне 2,0-1,0 м.д. – атомов водорода β-метильных или β-метиленовых групп, находящихся не ближе чем в β-положении к ароматическому кольцу, в диапазоне 1,0-0,5 м.д. – метильных групп находящихся не ближе чем в γ-положении к ароматическому кольцу.

По данным ЯМР <sup>13</sup>С в этаноллигнинах соломы пшеницы преобладают *n*-оксифенильные структурные фрагменты, а соотношение *n*-оксифенильных, гваяцильных и сиригильных фрагментов составляет 70:20:10. Степень ароматичности этаноллигнинов, выделенных при 250 °С, определенная по соотношению ароматических и алифатических атомов углерода, составила 1,7, что близко значению для отдельных структурных фрагментов лигнина. При повышении температуры этанолиза в результате процессов деалкилирования величина этого соотношения возрастает.

#### *Библиографический список*

1. Грушников О.П., Елкин В.В. Достижения и проблемы химии лигнина. –М.: Наука, 1973. – 296 с.
2. Синицын А.П., Гусаков А.В., Черноглазов В.М. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов. –М.: Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.
3. Евстафьев С.Н., Фомина Е.С., Привалова Е.А. Исследование состава низкомолекулярных продуктов этанолиза соломы пшеницы //Фундаментальные исследования. 2011. №12. с. 609-614.
4. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарев Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. М.: Химия, 2000. 408 с.

## ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВИНМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГРУШЕВОГО СЫРЬЯ

Когай Ф.А.<sup>1</sup>, Лозовая Т.С.<sup>2</sup>

1. студент гр. ТПБ-12-1, института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: agq772@mail.ru

2. к.б.н., доцент кафедры органической химии и пищевой технологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: tnike75@mail.ru

Грушевый сидр – это слабоалкогольный напиток из сброженного сока груши, являющийся аналогом яблочного сидра. Национальные названия: перри (perry) в США и Великобритании, пуаре (poiré) во Франции, перада (perada) в Испании.

Грушевый сидр похож на яблочный как по способу производства, так и по ключевым характеристикам, например, содержание спирта — от 5 до 8,5% об. В отличие от обычного сидра, грушевый содержит много сахара (в том числе, в форме сорбитола). Современные производители нередко подмешивают в грушевый сок сахарный сироп для улучшения потребительских свойств напитка [1].

Производители западного региона России испытывают дефицит сырья при получении сидра. По ряду источников, груши, произрастающие в регионе Восточной Сибири, лучше всего отвечают требованиям, предъявляемым к составу соков и виноматериалов, идущих на производство сидра [2, 3]

Цель работы – приготовление и исследование виноматериалов на основе грушевого сырья.

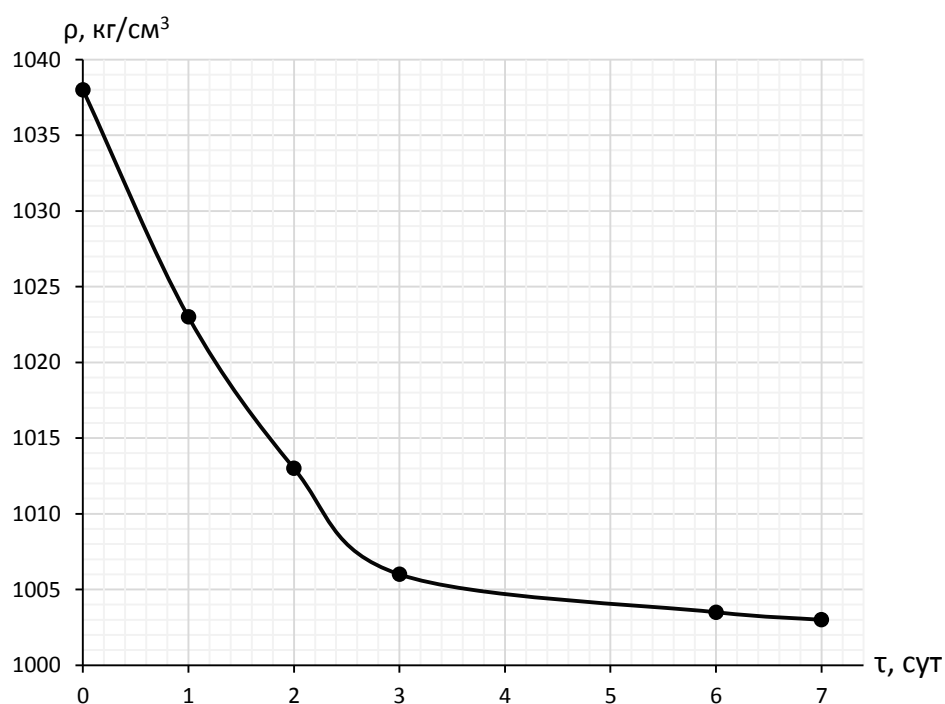
**Исследование проводилось на кафедре органической химии и пищевой технологии в лабораторных условиях. Органолептические и физико-химические показатели сока и виноматериала определялись по методикам, приведенным в [4].**

**В качестве основного сырья была использована Уссурийская груша (*Pirus ussuriensis Maxim*), являющаяся самым холодостойким видом груши. Относится к дикорастущим плодам, поэтому она отличается повышенным количеством дубильных веществ, а её мякоть содержит каменистые клетки. Распространена в Северо-Восточной Азии, Северном Китае и Корее. В Сибири доходит до Хабаровска. В садах встречается в Благовещенске, Хабаровске, Омске и других местностях Дальнего Востока и Сибири [5].**

До переработки уссурийские груши хранились при температуре –18 °С в течение 60 дней. Переработку вели по технологии приготовления малоокисленных виноматериалов [1, 6]. Сок был получен путем дробления и

последующего за ним прессования. Выход сока составил 60%. По качеству сок получился темноокрашенный, с сильным ароматом, соответствующий данному сорту. Содержание титруемых кислот  $19,2 \text{ г/дм}^3$ , сахаров – 10,6%. При постановке на брожение кислотность понижали до  $11 \text{ г/дм}^3$  посредством добавления сока из груш с низким содержанием титруемых кислот. Сок из них был получен тем же способом и при тех же условиях, что и из уссурийских груш; выход его составил 75%, содержание титруемых кислот  $2,1 \text{ г/дм}^3$ , сахаров – 3,8%.

Брожение проводили на чистой культуре винных дрожжей *Saccharomyces bayanus* французского производства стационарным способом в ПЭТ при температуре 18-20 °С. Дрожжи вносили в количестве 2% к объему сока, чтобы получилось 2–3 млн кл/мл сока. В процессе брожения контролировалась температура и плотность бродящего сока ареометрическим способом. Бурное брожение закончилось на 8 сутки. Изменение плотности бродящего сока во время этого брожения изображено графиком на рисунке 1.



**Рис. 1. Изменение плотности бродящего сока во время бурного брожения**

Тихое брожение продолжалось 30 дней при той же температуре. На его протяжении каждую неделю брались пробы на определение в них сахаров и этанола. Определение содержания сахаров велось по фенол-сернокислому методу, описанному в [7]. Полученные результаты приведены в таблице 1.

После тихого брожения виноматериал был отделен от дрожжевого осадка. Результатами пробной оклейки было установлено, что внесением ферментного препарата цитолитического действия в концентрации 0,35% от объема виноматериала можно добиться наилучшего осветления.

**Таблица 1**

***Изменение физико-химических показателей бродящего сока  
во время тихого брожения***

Физико-химические показатели	Время от начала основного брожения, сут			
	10	17	23	31
Содержание сахара, г/дм <sup>3</sup>	23,4	20,7	18,8	17,1
Содержание этанола, % об.	6,57	6,745	6,85	6,94

Полученный на основе морозостойких груш сидровый осветленный виноматериал имеет высокую прозрачность и приятный оранжево-желтый цвет, а также сильный сортовой аромат. По физико-химическим показателям соответствует ГОСТ Р 52836 – 2007 «Вина плодовые столовые и виноматериалы плодовые столовые. Общие технические условия».

***Библиографический список***

1. Вечер А.С, Юрченко Л.А. Сидры и яблочные игристые вина (химия и технология) // Пищевая промышленность. 1976. 135 с.
2. Немчинова А.И., Гусакова Г.С. Производство соков на основе мелкоплодных яблок Иркутской области // Актуальные проблемы химии и биотехнологии : мат-лы I Всерос.науч.-практ. конф. (Иркутск, 28–29 апреля 2015 г.). Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. 162 с.
3. Ширяева Е.В., Гусакова Г.С. Использование мелкоплодных яблок Восточной Сибири в производстве слабоалкогольных игристых напитков // Актуальные проблемы химии и биотехнологии : мат-лы I Всерос.науч.-практ. конф. (Иркутск, 28–29 апреля 2015 г.). Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. 162 с.
4. Методы технологического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. Симферополь: «Таврида», 2002. 260 с.
5. Сорта плодовых и ягодных культур / Под ред. Веняминовой А.Н. Москва: Изд-во сельскохозяйственной литературы», 1953. 1008 с.
6. Валуйко Г.Г. Технология виноградных вин. Симферополь: Таврида, 2001. 624 с.
7. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J., Robers P.A., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // Analyt. Chem., 1956. V. 28. P. 350–356.

## СЕКЦИЯ № 3

### ГИГИЕНА ПИТАНИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ. ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

#### ОЦЕНКА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ

Лукина С.И.<sup>1</sup>, Агаркова О.А.<sup>2</sup>, Трушкевич Л.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ВГУИТ, г. Воронеж, e-mail: lukina.si@yandex.ru

<sup>2</sup> бакалавр гр. Т-122, ВГУИТ, г. Воронеж, e-mail: olga.agarkowa.1994@mail.ru

<sup>3</sup> бакалавр гр. Т-142, ВГУИТ, г. Воронеж

В организме человека постоянно происходят процессы при участии кислорода – процессы окисления липидов, белков и нуклеиновых кислот, в результате которых в клетках образуются высокоактивные соединения кислорода, называемые свободными радикалами. Свободные радикалы необходимы для нормального дыхания, обмена веществ и уничтожения чужеродных бактерий. Однако, когда их образуется слишком много, возникает "синдром липидной перекисидации", способствующий развитию целого ряда заболеваний [1]. Антиоксиданты (антиокислители) регулируют нормальную деятельность организма человека. Они нейтрализуют в живой ткани избыток данных радикалов.

Оказание профилактического эффекта природными антиоксидантами возможно только при регулярном их потреблении вместе с пищевыми продуктами. Актуальным является обогащение продуктов массового спроса, употребляемых ежедневно, например, хлебобулочных изделий.

Целью работы явилась сравнительная оценка обогащенных хлебобулочных изделий по содержанию антиоксидантов.

В качестве исследуемых образцов были взяты хлебобулочные изделия из смеси муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и цельносмолотой из зерна пшеницы (60:40) с применением овощных концентрированных паст: 1 – «Олимпиец» с 4,5 % морковной пасты; 2 – «Маршал» с 4 % свекольной пасты; 3 – «Патриот» с 10 % тыквенной пасты [2]. Контролем служил хлеб белый из пшеничной муки первого сорта (образец 4).

Исследовали суммарное содержание антиоксидантов в хлебобулочных изделиях, определение проводили на анализаторе «ЦветЯуза-01-АА». Результаты приведены на рисунке.

В результате проведенного эксперимента было установлено, что наибольшее содержание антиоксидантов выявлено в хлебе «Маршал», которое в 100 г изделия составило 1,72 мг, что в 2,2 раза превысило значение контрольного образца, в хлебе «Олимпиец» этот показатель выше контроля на 37 %, а в хлебе «Патриот» на 50 %.

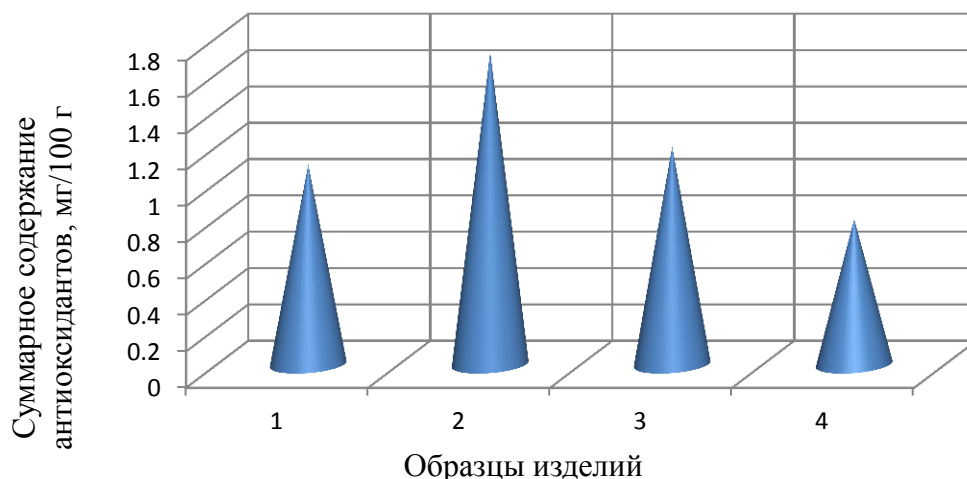


Рисунок – Суммарное содержание антиоксидантов в изделиях

Овощные пасты, входящие в состав хлебобулочных изделий, являются источниками мощных природных антиоксидантов: морковная содержит витамины Е, С, группы В,  $\beta$ -каротин, ...; тыквенная – полифенольные флавоноидные соединения и витамины С, Е и  $\beta$ -каротин; свекольная – ....

*Свекольная паста дала больший эффект, в ней должно быть больше всего антиоксидантов*

В муке из цельносмолотого зерна пшеницы больше содержание токоферола (в 1,2 раза), селена (в 2,5 раза), кальция (в 7 раз), витамина В<sub>2</sub> (в 5 раз), чем в муке пшеничной первого сорта.

Разработанные хлебобулочные изделия, обогащенные природными антиоксидантами, рекомендованы для профилактического питания.

#### *Библиографический список*

1. Саввин, П.Н. Антиоксидантная активность антоциановых красителей [Текст] / П.Н. Саввин, В.М. Болотов, Д.А. Кудинов // Материалы межрегиональной научно-практической юбилейной конференции «Проблемы здоровья школьников и студентов». - Воронеж: ВГУ, 2008. – С. 381-383.
2. Технология хлеба с применением овощных паст [Текст] / С.И. Лукина, Е.И. Пономарева, М.Г. Магомедов, О.А. Агаркова // Сборник



научных трудов по материалам V Международной заочной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий». – Белгород, 2015. - Ч. 2. – С. 38-41.

Свекла это сокровищница витаминов (А, В1, В2, В3, В4, С) и минералов (железо, калий, магний). Кроме того, свекла содержит биофлавоноиды, каротин, бетаин.

#### Антиоксиданты

Витамины. Бывают водорастворимыми и жирорастворимыми. Первые защищают сосуды, связки, мышцы, а вторые – жировые ткани. Бета-каротин, витамин А, витамин Е – антиоксиданты, самые мощные среди жирорастворимых, а витамин С, витамины В-группы – среди водорастворимых.

Биофлавоноиды. Для свободных радикалов действуют как ловушка, подавляют их формирование и помогают выводить токсины. К биофлавоноидам главным образом относятся содержащиеся в красном вине катехины и кверцетин, которого много в зеленом чае и цитрусовых.

Ферменты. Игрют роль катализаторов: увеличивают скорость обезвреживания свободных радикалов. Вырабатываются организмом. Можно и извне дополнительно получить эти антиоксиданты. Препараты, такие как, например, «Коэнзим Q10», восполняют недостаток энзимов.

Минеральные вещества. В организме не производятся, получить их можно только извне. Самые сильные антиоксиданты этой группы – кальций, марганец, селен, цинк. - Читайте подробнее на FB.ru: <http://fb.ru/article/138620/antioksidanty-preparaty-samyie-silnyie-antioksidanty-antioksidanty-v-tabletkah>

## ПРЯНИЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Лукина С.И.<sup>1</sup>, Пономарева Е.И.<sup>2</sup>, Пешкина И.П.<sup>3</sup>, Пастухова М.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ВГУИТ, г. Воронеж, e-mail: lukina.si@yandex.ru

<sup>2</sup> д.т.н., профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ВГУИТ, г. Воронеж, e-mail: elena6815@yandex.ru

<sup>3</sup> бакалавр гр. Т-121, ВГУИТ, г. Воронеж, e-mail: [irina300895@mail.ru](mailto:irina300895@mail.ru)

<sup>4</sup> бакалавр гр. Т-143, ВГУИТ, г. Воронеж, e-mail: [marina.pastuhova96@mail.ru](mailto:marina.pastuhova96@mail.ru)

Пряники относят к группе мучных кондитерских изделий повышенной сахароемкости и энергетической ценности. Несбалансированность пищевой ценности пряничных изделий объясняется высоким содержанием одних компонентов (в основном углеводов) и достаточно низким, а в ряде случаев и полным отсутствием других – витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Соотношение основных пищевых веществ - белков, жиров, углеводов в среднем составляет 1:0,5:16 [1].

Поэтому необходима корректировка состава пряничных изделий в сторону приближения к требованиям формулы сбалансированного питания. С этой целью целесообразно применение в их рецептурном составе нетрадиционных видов сырья.

Цель работы – разработка технологии пряников повышенной пищевой и биологической ценности.

Повышение пищевой ценности пряничных изделий осуществляли путем снижения содержания сахара по рецептуре контрольного образца (пряники глазированные, приготовленные сырцовым способом), применением мучной композитной смеси, а также внесением горчичного масла. В состав мучной композитной смеси входят такие нетрадиционные виды муки, как мука из цельносмолотых семян нута, мука из цельносмолотого зерна пшеницы и мука из отрубей гречишных, характеризующихся повышенным содержанием белка, незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон и микронутриентов (витаминов, макро- и микроэлементов) [2].

На основании проведенных исследований разработана рецептура и способ производства пряников «Дошколята», характеризующихся повышенной пищевой и биологической ценностью (таблица).

Таблица - Показатели пищевой ценности пряников

Наименование показателя	Значение показателей пряников	
	глазированные (контроль)	«Дошколята»
Содержание, г/100 г продукта:		
белка	6,1	7,6
жира	1,0	5,2
углеводов усвояемых	77,5	69,1
пищевых волокон	1,9	4,2
Биологическая ценность, %	52,2	79,2
Коэффициент биологической эффективности жиров	0,08	0,3
Энергетическая ценность, кДж/100 г	1435	1481

За счет применения нетрадиционных видов муки и горчичного масла содержание белков, жиров и углеводов в новом изделии более сбалансированно, чем в контроле. Коэффициент биологической эффективности жира увеличен в 3,7 раза из-за внесения с горчичным маслом полиненасыщенных жирных кислот – линолевой и линоленовой. Биологическая ценность увеличена на 27 %. При этом потребление 100 г обогащенных пряничных изделий обеспечит удовлетворение суточной потребности в белке на 10 %, жире – на 6 %, углеводах – на 19 %, пищевых волокнах – на 14 %, минеральных веществах – на 5-28 %, витаминах – на 7-18 %, незаменимых аминокислотах – на 9-19 %.

Установлено, что использование нетрадиционных видов сырья способствует повышению пищевой и биологической ценности пряников.

#### *Библиографический список*

1. Кузнецова Л.С. Технология приготовления мучных кондитерских изделий [Текст] / Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова. - М. : Мастерство, 2002. – 320 с.
2. Нетрадиционное сырье для функциональных видов хлеба и пряников [Текст] / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, А.В. Одинцова, Е.В. Зубкова // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития». - Екатеринбург, 2015. - С. 64-67.

## **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ТРИТИКАЛИЕВОГО ХЛЕБА С ДОБАВЛЕНИЕМ ЖМЫХА СЕМЯН КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР**

Р.Р. Мухамедзянова<sup>1</sup>, О.В. Куприна<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, [v35@istu.edu](mailto:v35@istu.edu)

Проблема качества и безопасности продуктов питания в современном обществе приобретает особую актуальность. В сложившихся экологических условиях продукты питания должны иметь не только биологическую и пищевую ценность, но и выполнять профилактические функции. Поэтому расширение ассортимента и увеличение объемов производства функциональных продуктов питания становится чрезвычайно важным для улучшения пищевого статуса населения России.

В настоящее время большой практический интерес в нашем крае приобретает уникальная зерновая культура тритикале, обладающая высокой урожайностью, зимостойкостью и устойчивостью к различным заболеваниям; соединяющая в себе биологическую полноценность белковых веществ ржи с уникальными хлебопекарными свойствами пшеницы, позволяющая повысить пищевую ценность хлеба [1].

Тритикале - это перспективная зерновая культура, содержащая большое количество белков (до 22 %), минеральных веществ и витаминов. Белки тритикале богаче незаменимыми аминокислотами и лучше усваиваются, чем белки пшеницы. Поэтому пищевая ценность новой культуры значительно выше известных злаков. В хлебопечении ее активно используют для производства хлеба, хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [2].

Цель научно-исследовательской работы – разработка рецептур хлеба на основе тритикалевой муки с добавлением жмыха семян капустных культур (рыжика, редьки, конопли, горчицы) с целью получения продукта с высокими пищевыми и биологическими достоинствами, а также с улучшенными вкусовыми свойствами.

В качестве объектов исследования использовали цельносмолотую муку из озимого сорта тритикале, выращенного на территории Иркутской области, а также жмыха семян рыжика, который вносили в количестве от 1 до 7% к массе муки.

Хлебопекарные показатели качества цельносмолотой муки тритикале представлены в таблице 1, влажность жмыха семян капустных культур указана в таблице 2.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели качества цельносмолотой муки тритикале

Наименование, сорт	Органолептические показатели качества (вкус, цвет, запах, хруст)	Физико-химические показатели качества		
		влажность, %	количество клейковины, %	качество клейковины,
				ИДК ед., группа
Цельносмолотая мука тритикале	Белый с кремовым оттенком или с сероватым оттенком; свойственный тритикалевой муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький Свойственный тритикалевой муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый При разжевывании муки не ощущаться хруста на зубах	8,5	18,8	68,2 (I группа)

Таблица 2 – Показатели влажности жмыха семян капустных культур

Наименование сырья	Влажность, %
Жмых семян рыжика	7,3
Жмых семян редьки	8,7
Жмых семян конопли	8,5
Жмых семян горчицы	5,5

В качестве базовой рецептуры хлеба на основе тритикалиевой муки использовали рецептуру, разработанную Еркинбаевой Р.К. (опарный способ тестоведения) [3] и Тертычной Т.Н. и др. (соотношение 60:40 – мука тритикале: пшеничная мука) [2]. В результате пробных выпечек хлеба с внесением цельносмолотой тритикалиевой муки на основе опарного способа тестоведения внесли изменения в состав и дозировку рецептурных компонентов (табл. 3), что позволило получить изделия с наилучшими показателями качества (табл. 4).

Таблица 3 – Рецепт тритикалевого хлеба

Наименование сырья	Опара	Тесто
Мука тритикале цельносмолотая, %	60	-
Мука пшеничная высшего сорта, %	-	40
Соль пищевая поваренная, %	-	1,5
Дрожжи прессованные, %	3	-
Сахар-песок, %	5	-

Пробные выпечки хлеба из цельносмолотой муки тритикале с внесением жмыха семян рыжика от 1 до 7 % к массе муки проводили на фоне контроля.

Брожение опары влажностью 45-45,8 % осуществлялось в течение 121 минуты при 38<sup>0</sup>С, начальная кислотность – 1,4 град, конечная – 2,0 град, затраты на брожение – 4,4%.

Брожение теста влажностью 48-50 % 50 минут при 38<sup>0</sup>С, начальная кислотность – 2,4 град, конечная – 4,6 град, затраты на брожение – 2,6%. Расстойка тестовых заготовок 35-40 минут при 35-40<sup>0</sup>С.

Выпекали формовой хлеб при температуре 220<sup>0</sup>С в течение 25-30 минут. Готовый хлеб анализировали и определяли следующие показатели качества: объем, пористость, кислотность, влажность, удельный объём, упёк, усушку, выход готового изделия и комплексную оценку качества по вкусовым характеристикам и внешнему виду формового хлеба (табл. 4).

Органолептический анализ образцов хлеба показал, что внесение жмыха семян рыжика способствует образованию приятного коричневого цвета корки, изделия приобретают выраженный вкус свойственный ржано-пшеничным сортам, при внесении жмыха от 5 и более % к массе муки проявляется достаточно приятный аромат жмыха семян рыжика. Значения влажности и кислотности готовых изделий остаются практически на уровне контрольного образца хлеба.

В то же время добавление жмыха семян рыжика влияет на пористость готовых изделий: наиболее заметно это проявляется для образцов с внесением от 5 до 7 %, хотя состояние пористости при этом остается на уровне контроля – все изделия имели равномерную пористость, сухую на ощупь, без липкости и заминаемости, что особенно важно для ржано-пшеничных сортов хлеба.

На рисунке 1 представлены фотографии образцов хлеба из цельносмолотой тритикалиевой муки с внесением жмыха семян рыжика на фоне контрольного образца.

В дальнейшем планируется провести пробные выпечки образцов хлеба с внесением жмыха семян редьки, горчицы и конопли, на основе полученных данных провести моделирование рецептуры тритикалиевого хлеба с внесением нескольких видов жмыха семян капустных.

Таблица 4 – Органолептические и физико-химические показатели качества хлеба из цельносмолотой тритикалиевой муки с внесением жмыха семян ржи

Показатели	Дозировка жмыха ржи к массе муки, %							
	0*	1	2	3	4	5	6	7
поверхность	Шероховатая, без крупных трещин и подрывов							
цвет корки	От светло-коричневого до темно-коричневого							
цвет мякиша	Свойственный ржано-пшеничным сортам							
Вкус, запах	Приятный ржано-пшеничный вкус, без посторонних запахов	Свойственный ржано-пшеничным сортам, без посторонних запахов	Свойственный ржано-пшеничным сортам, без посторонних запахов	Свойственный ржано-пшеничным сортам, без посторонних запахов	Свойственный ржано-пшеничным сортам, без посторонних запахов	Свойственный ржано-пшеничным сортам, с запахом жмыха семян ржи	Свойственный ржанопшеничным сортам, с запахом жмыха семян ржи	Свойственный ржано-пшеничным сортам, с запахом жмыха семян ржи
Кислотность, град	2,2	2,2	1,6	1,8	1,2	1,8	3,4	1,4
Пористость, %	78,2	77,2	75,6	75,1	72,1	69,3	70,2	70,5
Влажность, %	39,3	23,83	41,2	37,3	37,4	36,6	39,8	35,3
Объём хлеба, см <sup>3</sup>	6200	6000	6100	6180	6260	6340	6240	6220
Объёмный выход хлеба, см <sup>3</sup>	300	366,6	333,3	306,6	280	253,3	286,6	293,3
Удельный объём хлеба, см <sup>3</sup>	241,3	295,69	261,1	239,6	198,1	177,6	204,7	202,7
Упёк, %	16,5	15,8	17,2	13,1	9,6	9,52	9,3	11,7
Усушка, %	9,9	11,6	10,93	10,9	10,2	9,9	12,1	7,06
Выход готового изделия, %	124,3	124	127,6	128	141,3	142,6	140	144,6

\*Примечание – контрольный образец хлеба из муки тритикале без внесения жмыха.

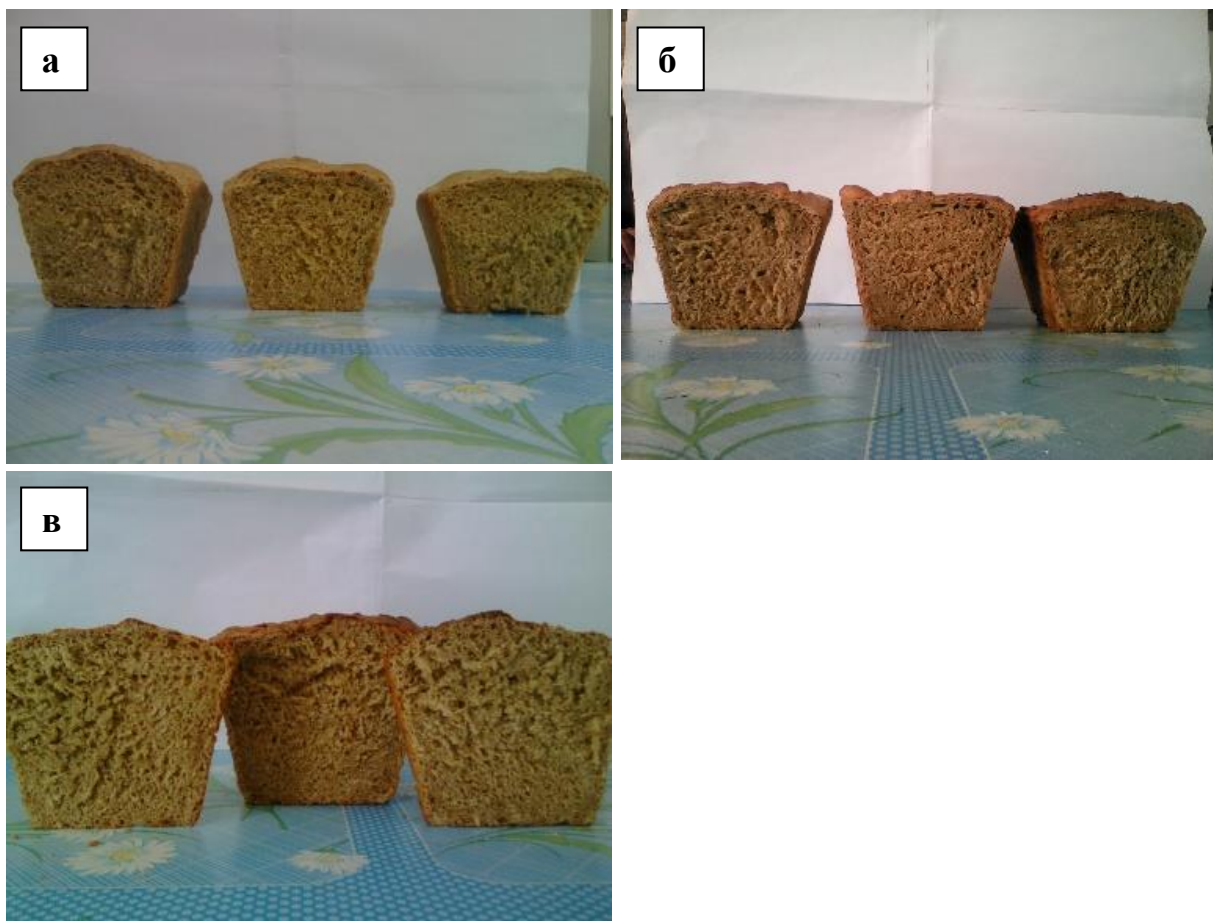


Рисунок 1. Образцы хлеба из цельносмолотой муки тритикале с внесением жмыха семян рыжика

а) – контрольный образец, 1%, 2% (дозировка жмыха семян рыжика добавляемого к массе муки);

б) – 3%, 4%, 5% (дозировка жмыха семян рыжика добавляемого к массе муки);

в) – контрольный образец, 6%; 7% (дозировка жмыха семян рыжика добавляемого к массе муки)

#### *Библиографический список*

1. Гриценко С.А. Разработка технологии хлеба функционального назначения на основе муки тритикале: Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01: Краснодар, 2003 129 с. РГБ ОД, 61:04-5/1270

2. Тертычная Т.Н., Кречетова С.В. Оптимизация рецептуры хлеба повышенной пищевой ценности на основе тритикале// Хлебопечение России, 2003, №1, с. 16-18

3. Еркинбаева Р.К. Технология хлебобулочных изделий из тритикалевой муки // Хлебопечение России, 2004, № 4, с. 14-15

4. ГОСТ 27558-87 Межгосударственный стандарт, мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста, М., 2007



5. ГОСТ 27839-89 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины, М., 1990

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛБЫ (TRITICUM DICOCUM)**

Дуния Оливия Сафи<sup>1</sup>, Александрова И.Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ТПБ-13-1, института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [sarah.malaika@yahoo.fr](mailto:sarah.malaika@yahoo.fr)

<sup>2</sup> старший преподаватель кафедры органической химии и пищевой технологии имени профессора В.В. Тутуриной ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [irina19983@gmail.com](mailto:irina19983@gmail.com)

Ведущее место в питании занимают хлеб, мучные и крупяные блюда. Широко распространены рожь, ячмень, овес, гречиха, а также просо. Полба, прежде всего, является традиционным сырьем для приготовления различных видов продуктов, сформированным опытом столетий, местностью, климатом и образом жизни в России.

Диетологи рекомендуют сохранять зерновые культуры, как основную часть рациона вследствие их естественно высокого содержания комплекса углеводов и низкого содержания жира. Потребляя ежедневно в постоянных и достаточно высоких количествах хлеб и блюда из зерновых культур можно обогатить в достаточной мере организм человека витаминами, минералами и другими биологически активными веществами.

Приоритетной задачей современной пищевой и сельскохозяйственной отрасли является здоровое питание. Создание продуктов на основе зерновых связано с оценкой их биологических и потребительских свойств, с учетом требований нутрициологии к их химическому составу и биологической ценности.

В связи с этим в данной работе рассмотрен малоиспользуемый в настоящее время вид пшеницы, входящий в группу пленчатые виды - полба-двузернянка (*Triticum dicocum*), когда-то широко распространенный и используемый в питании на юго-востоке России, в настоящее время культивируемый в незначительных объемах. Известно, что полба - неприхотлива к условиям возделывания, устойчива к засухе и болезням, характеризуется достаточно высоким содержанием белка.

Поэтому представляет интерес изучение возможности использования полбы в производстве продуктов повседневного спроса, увеличивая, тем самым, их пищевую ценность.

Целью настоящей работы является технологическая оценка муки из полбы, выращенной в Иркутской области, для использования в качестве сырья для продуктов питания.

Несмотря на то, что литературные данные по химическому составу полбы крайне скудны, известно, что она богата, как и большинство крупяных культур, крахмалом, который является источником энергии, играет структурообразующую роль в готовых изделиях; пищевыми волокнами – они способствуют продвижению пищи по ЖКТ, выведению холестерина и замедляют развитие атеросклероза, связывают тяжелые металлы, нитраты, нитриты, аммиак, радионуклиды, улучшают состояние кишечной микрофлоры, создают чувство насыщенности, снижают аппетит, способствуют снижению риска развития кариеса. По данным Института питания РАМН, оптимальное соотношение пищевых волокон в суточном рационе взрослого человека должно составлять 40-70 граммов. Зерновые продукты обеспечивают половину среднесуточного потребления пектиновых веществ [4].

Содержание липидов в зерне, по литературным данным, в зерне полбы составляет 2,2-2,8 %. Ценным свойством растительных липидов является содержание в них ненасыщенных жирных кислот (линолевой, линолеиновой, арахидоновой). Эти кислоты участвуют в липидном обмене, способствуют выведению из организма холестерина, являются предшественниками тканевых гормонов – простагландинов, благотворно влияют на состояние кожного и волосяного покровов. Доля ненасыщенных жирных кислот в жирах зерна крупяных культур достигает 82% [3].

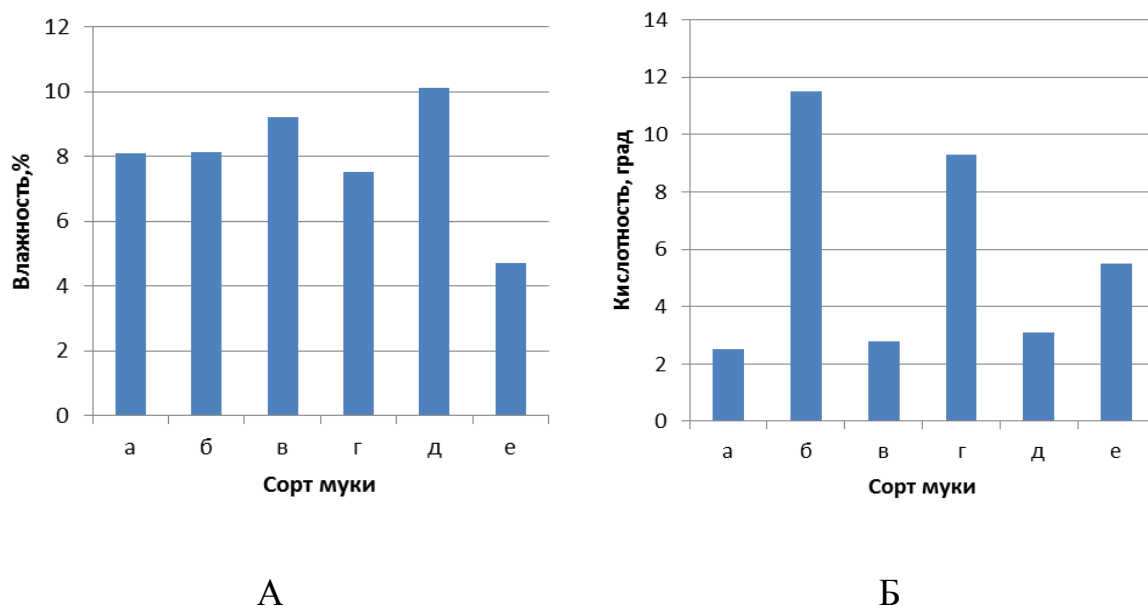
Зерновые продукты являются главными поставщиками витаминов группы В (тиамина, рибофлавина, ниацина). Поэтому применение полбы как источника биологически активных веществ для обогащения продуктов питания повседневного спроса имеет практическое значение.

В сравнительных экспериментах использовали муку пшеничную высшего, первого и второго сорта по ГОСТ Р52189-2003 «Мука пшеничная. Общие технические условия». Мука из полбы - крупитчатая, белого цвета с сероватым оттенком, тесто из нее быстрее темнеет, что свидетельствует о наличии полифенолов. Оно тяжелее и мука может быть использована в смеси со ржаной или пшеничной мукой второго сорта.

Состав и свойства муки из полбы (*Triticum dicoccum*): влажность – 6,78 %, кислотность – 8,7 °Т. Видно, что влажность полбяной муки в 1,3 раза ниже влажности пшеничной муки и более чем в 3 раза превышает ее по кислотности (рисунок 1). Готовые изделия имеют более выраженный вкус и аромат, хотя и уступают по внешнему виду.

Анализ каталога ВИР по содержанию белка в различных пшеницах показывает, что общее содержание белка в зерне полб колеблется от 9 до 27% [2], превышает таковое у пшеницы и риса. Поэтому полба способна

стать полноценной заменой традиционной пшеницы и крупяных культур, как источника биологически активных веществ.



А – Влажность исследуемых образцов:  
а – пшеничная мука высшего сорта, б – пшеничная мука первого сорта, в – пшеничная мука второго сорта, г – полбяная мука высшего сорта, д – полбяная мука первого сорта, е – полбяная мука второго сорта;  
Б – Кислотность исследуемых образцов:  
а – пшеничная мука высшего сорта, б – пшеничная мука первого сорта, в – пшеничная мука второго сорта, г – полбяная мука высшего сорта, д – полбяная мука первого сорта, е – полбяная мука второго сорта

Рисунок 1 – Физико-химические показатели пшеничной и полбяной муки

По своим технологическим свойствам полба сравнима с такими традиционно используемыми культурами, как рис и пшеница. По морфологическим характеристикам, согласно литературным данным, зерна полбы (геометрические показатели, натура, масса 1000 зерен, физическая плотность, содержание эндосперма и зародыша со щитком, стекловидность) по своим значениям приближаются к твердой пшенице [1].

Таким образом, целесообразно более широкого использование муки полбы (*Triticum dicoccum*) в разнообразной продукции в качестве экономически выгодного источника важнейших нутриентов - высококачественного белка и углеводов, например при производстве хлебобулочных и макаронных изделий.

### *Библиографический список*

1. Баженова И.А. Исследование свойств зерна полбы (*Triticum dicossum* Schrank) и разработка кулинарной продукции с его использованием: автореф. дис... канд. техн. наук. СПб, 2004. 16 с.
2. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 182. Пшеницы с высоким и повышенным содержанием белка в зерне. Л., 1976. 26 с.
3. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. М.: Высшая школа, 1991. 288 с.
4. Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.

## **РАЗВИТИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Абрамов А.О.<sup>1</sup>, Гайда В.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ТПб-12-1, института пищевой инженерии и биотехнологии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: Alexabramov37@gmail.

<sup>2</sup> к.б.н., доцент кафедры органической химии и пищевой технологии имени проф. В.В. Тутуриной ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: gd-vk@mail.ru

Иркутская область не входит в число регионов с благоприятными почвенно-климатическими условиями для возделывания пивоваренного ячменя и географически удалена от основных производителей пивоваренного солода. Импортный солод является дорогим сырьем и самой дорогой составляющей себестоимости производства пива. В урожайные годы разница в ценах между отечественным и импортным сырьем достигает 50-70%. При этом в Восточно-Сибирском регионе России выращивают множество сортов ячменя, в том числе и пивоваренные, что сохраняет перспективу развития сырьевой базы для солодовенного производства Иркутской области.

Сельское хозяйство Иркутской области по размерам посевной площади занимает второе место в Восточной Сибири после Красноярского края. Из 76,7 млн. га земли около 90% занято лесом и кустарниками, болотами и водами, а площадь сельскохозяйственных угодий составляет 3,5%. Распаханная площадь составляет немного больше 2%. Общая площадь сельскохозяйственных угодий равна 2644 тыс. га.

Ячмень, используемый для производства солода должен соответствовать требованиям указанным в ГОСТ 5060-86. В пивоваренной промышленности используют крупное зерно, обладающее высокой

способностью прорасти, отличающееся повышенным содержанием крахмала (60-70%) и экстрактивных веществ (78-82%), малым количеством белка (9-12%), тонкой и светлой оболочкой (7-9%). На получение ячменя, соответствующего нормам пивоваренной промышленности, основное влияние оказывает технология его возделывания.

Для ячменя характерен очень быстрый темп развития. Он более продуктивно использует запасы зимне-весенней влаги, успевает сформировать зерно до наступления сухой и жаркой погоды второй половины лета. Благодаря этому ячмень в засушливых зонах дает более высокие и стабильные урожаи, чем пшеница и овес.

Одна из важнейших технологических характеристик – содержание белка, от которого зависит выход экстракта и коллоидная стойкость готового пива. На формирование пивоваренных свойств ячменя, влияет множество факторов: погодные условия, уровень почвенной влаги, срок и норма посева, и особое влияние оказывает уровень минерального питания.

Ранее были изучены сорта пивоваренного ячменя Иркутской области. Было установлено, что по основным технологическим показателям двухрядный пивоваренный ячмень сорта Одесский 115, Ача, Сонет, Антон относятся к II классу согласно ГОСТ 5060-86. У сортов Одесский 100 и Зазерский 85 обнаружено высокое содержание белка, а содержание крахмала и экстрактивность были понижены. В соответствии со стандартом содержание белка в зерне ячменя, используемого в пивоваренных целях, не должно превышать 12%. Однако известно, что в условиях даже благоприятной для выращивания ячменя зоны в России довольно часто складываются неблагоприятные погодные условия, характеризующиеся воздушной и почвенной засухой, при которых формируется зерно с повышенным содержанием белка. Пленчатость сорта Одесский 100 более 9,5%, что может отрицательно повлиять на вкус и качество пива.

Возможно использование пивоваренных сортов ячменя Одесский 115 и Ача, выращиваемых в Восточной Сибири, для производства светлого пивоваренного солода. При соблюдении технологии выращивания пивоваренного ячменя, светлый пивоваренный солод, получаемый из данных сортов, отвечает требованиям ГОСТ 29294-92.

Научные работы, посвященные исследованию влияния сроков посева и агрофона на урожайность и пивоваренные показатели качества ярового ячменя сорта Ача, выращенного в различных почвенно-климатических условиях Иркутской области показывают, что в некоторых лесостепных и степных зонах погодные условия достаточно благоприятные для формирования крупного выровненного зерна с высокой способностью к прорастанию и хорошими солодовыми качествами.

Для высокопроизводительных крупных солодовен важно стабильное качество исходного сырья, что необходимо для поддержания отлаженной технологии и снижения потерь при производстве. Несмотря на это Пивоваренная компания Heineken в 2016г. запускает агропроект в Приангарье, наряду с Новосибирской областью и Республикой Башкирия, чтобы обеспечить свой завод ячменём местного производства.

Цель компании Heineken обеспечить производство солодовен как минимум на 80% региональным пивоваренным ячменём. Годовая потребность Иркутской солодовни в ячмене – 24 000 тонн, соответственно, для достижения цели нужно выращивать до 19 000 тонн в Иркутске. Есть ещё существенная потребность в ячмене для пивоварения (несоложенный ячмень) на всех пивоварнях.

Компания Heineken уже определила сорта ячменя, которые будет выращивать в сибирских условиях. Компания будет заключать договоры с фермерами до начала посевной и выдавать им зерно. В 2016 году планируется засеять 3 тысячи гектаров на территориях Иркутской, Новосибирской области и Республики Башкирии, а к 2019 году выйти на посевные площади в 25 тысяч гектаров. Контрактное выращивание ячменя Heineken мотивирует ростом железнодорожных тарифов на грузоперевозки. В 2014 году по заказам Heineken было перевезено 152,9 тысячи тонн ячменя и солода. Полный переход на местное сырьё в Сибири и Башкирии позволит компании экономить около 100 миллионов рублей в год, или 11–12% от всей стоимости закупки ячменя.

Таким образом, пивоваренный ячмень, выращиваемый в Иркутской области, в основном, имеет качество соответствующее 2 сорту и экономически целесообразен. Поэтому производство солода из местного ячменя и дальнейшее производство пива из такого солода весьма интересно и выгодно. В перспективе Иркутская область может не только обеспечить пивоваренным ячменем собственное производство, но и стать поставщиком пивоваренного ячменя для Дальнего Востока.

#### *Библиографический список*

1. А. Ю. Пузырева Влияние агрофона и условий выращивания на продуктивность и качество ячменя в Иркутской области / Плодородие. – 2014. – № 1 (76). – С. 26–28.

2. В.Ю. Гребенщиков, В.В. Верхотуров, С.О. Панковец, А.Ю. Пузырева Оценка технологических показателей качества зерна ячменя в различных экологических условиях Иркутской области // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – № 2–3 / том 320–321 / 2011.

3. Верхотуров В.В., Топорищева (Гайда) В.К. Характеристика пивоваренных сортов ячменя, выращенных в Восточной Сибири // Мат.

межрегион. конф. молод. ученых. – Казань: Изд-во КГТУ. 2004. – С.140 – 141.

4. [http: // www. bizcapital.ru /news/ pivovarennie – zavodi – zapuskaut – v –novosibirske – agroproekti – dlya – minimizacii – izderjek – na – sire. html.](http://www.bizcapital.ru/news/pivovarennie-zavodi-zapuskaut-v-novosibirske-agroproekti-dlya-minimizacii-izderjek-na-sire.html)

5. [https: // ircity. ru/news /8975/.](https://ircity.ru/news/8975/)

## СЕКЦИЯ № 4

### ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

#### АДСОРБЦИОННОЕ УДАЛЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД АКТИВНЫМИ УГЛЯМИ

Джессу Лубо Ивон Седрик<sup>1</sup> (Кот-Д'Ивуар), Панюшкина-Жидких И.В.<sup>2</sup>, Михаленко И.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> бакалавр кафедры физической и коллоидной химии Российского университета дружбы народов, г. Москва,

<sup>2</sup> аспирант кафедры физической и коллоидной химии Российского университета дружбы народов, г. Москва,

<sup>3</sup> д.х.н., профессор кафедры физической и коллоидной химии Российского университета дружбы народов, г. Москва, e-mail: mikhalenko\_ii@pfur.ru

Угольные материалы широко используются в качестве дешевых и эффективных сорбентов и фильтров в пищевой промышленности и фармацевтике. Углеродные сорбенты можно добавлять в баллоны с метан-бутановой смесью для увеличения их газонаполняемости. Применение активных углей в агротехнологиях направлено на детоксикацию почв от пестицидов, семян и комбикормов от протравливающих веществ [1,2].

Для стран Африки и Азии проблемы чистой воды и чистой сельхозпродукции являются очень острыми.

Ранее мы исследовали свойства содержащего ионы  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Au}^{+3}$  гранулированного активного угля марки GAC-410 (СЕКА, Франция) в адсорбционном удалении из водной среды хлорфенолов и красителей [3,4].

Цель работы – провести сравнительное изучение свойств ряда коммерческих углей в отношении сорбции из водных и водно-спиртовых растворов тестовых красителей анионного и катионного типа.

В работе использовались сорбенты российского производства и GAC-410. Технические характеристики приведены в табл.1. Насыпная плотность составляла 520 (1), 872 (2) и 400 (3) г/дм<sup>3</sup>, а прочность – 99 (1), 83,3 (2) и 90,3 % (3). У GAC и ВСК одинаковая удельная поверхность (~400 м<sup>2</sup>/г).



Табл.1.

№	Образец*	исходное сырье	Содерж. зола, % масс.	объем пор, см <sup>3</sup> /г			Полуширина микропор, X <sub>0</sub> , нм
				Σ	микро	мезо	
1	<b>ФАС</b>	фурфурол	0,1	0,85	<b>0,43</b>	0,42	0,50
2	<b>ДАС</b>	антрацит	7,1	0,20	<b>0,13</b>	0,07	0,77
3	<b>ВСК - 400</b>	скорлупа кокоса	2,7	0,80	<b>0,70</b>	0,06	0,73

Адсорбция азо-красителей (метиленового голубого –МГ и метилового оранжевого–МО) определялась методом спектрофотометрии по уменьшению амплитуды поглощения раствора в максимуме аналитической полосы со значениями длин волн 665 нм у МГ и 460 нм у МО в воде. Экстинкции [Е, л/(моль·см)] равны 73200 (МГ), 23000 (МО) в воде и 13800 у МО в смеси вода-этанол в соотношении 1:1 по объёму. Сравнивались величины гиббсовской адсорбции  $\Gamma$  разных марок углей, полученные в кинетических измерениях и при равновесной адсорбции красителей (Кр).

Активность сорбентов возрастает в ряду ГАС < ДАС < ФАС < ВСК в случае МГ (рис.1,табл.2), что согласуется с увеличением объема микропор в том же ряду, как видно из табл.1. Однако для МО такой закономерности нет. Скорости адсорбции приведены в табл.2. Скорость адсорбции МО (анионный Кр) на порядок больше скорости адсорбции МГ (катионный Кр) за исключением ВСК, значит на поверхности ФАС, ДАС и ГАС преобладают доступные для быстрой неравновесной адсорбции центры с положительным зарядом.

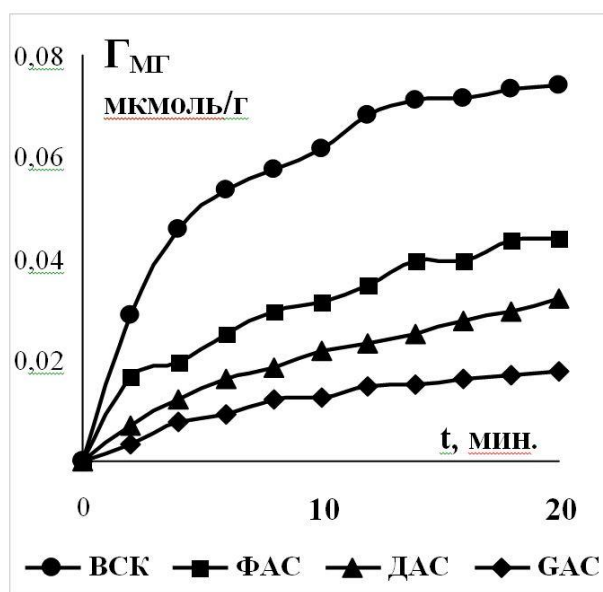


Рис.1. Кинетика адсорбции МГ

Табл.2.

Скорости адсорбции Кр из водной среды и их соотношение

Сорбент	W, мкмоль/(г·мин.)		
	МГ	МО	W <sub>МО</sub> /W <sub>МГ</sub>
<b>ФАС</b>	1,6	20	13
<b>ДАС</b>	1,3	25	19
<b>ВСК</b>	1,8	7	4
<b>ГАС</b>	0,6	10	17

На рис.2 приведены изотермы адсорбции МО на ФАС из водного и водно-спиртового раствора красителя. Их вид близок к линейной форме в области низких рабочих концентраций адсорбтива. Значения константы

Генри представлены в табл.3. Для образца ВСК изотермы имели нелинейный вид с участком скачкообразного изменения адсорбции, поэтому значения  $K_H$  носят оценочный характер и указаны в скобках.

Для ФАС и ДАС замена водной среды на водно-спиртовую приводит к увеличению адсорбции, а у других сорбентов картина обратная. Наибольшее влияние среды на сорбцию гранулированным углем ГАС. Ряд активности, построенный по значениям констант Генри адсорбции МО из водных растворов, следующий ДАС < ГАС < ФАС < ВСК. Как и в кинетических опытах с метиленовым голубым, более высокие величины  $\Gamma_{MO}$  и константы Генри у сорбента ВСК с наибольшим объемом микропор.

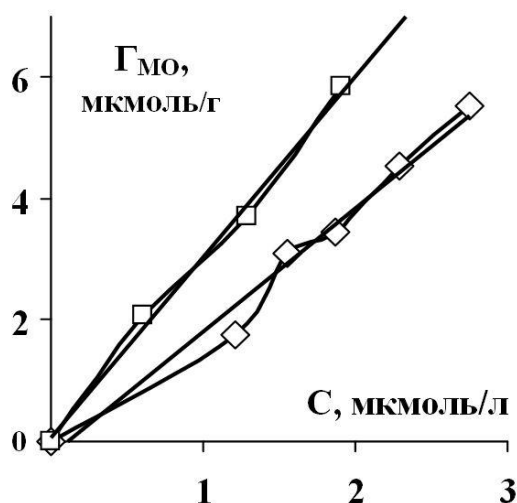


Табл.3.

Значения константы Генри  $K_H$  (л/г) адсорбции метилового оранжевого

Среда сорбент	а вода	б вода+спирт	$\frac{K_{H, a}}{K_{H, б}}$
<b>ФАС</b>	2,0	3,0	0,7
<b>ДАС</b>	1,3	2,0	0,7
<b>ВСК</b>	(3,5)	(2,9)	(1,2)
<b>ГАС</b>	2,5	0,9	2,8

Рис.2. Изотермы адсорбции системы МО/ФАС для водной (ромбы) и водно-спиртовой среды (квадраты) и значения константы Генри при 25 °С.

Таким образом, результаты изучения адсорбции тестовых молекул не дают простых корреляций между скоростью адсорбции, константой Генри и характеристиками пористости исследованных коммерческих углей. Большое значение имеет зарядовое состояние сорбата: у анионного красителя на всех образцах более высокие динамические показатели адсорбции в водной среде по сравнению с катионным красителем.

*\*Авторы выражают благодарность начальнику лаборатории активных углей, эластичных сорбентов и катализаторов «ЭНПО «Неорганика» (г. Электросталь Московской области) проф. В.М.Мухину за предоставленные для исследования образцы ФАС, ДАС, ВСК и их технические характеристики.*

#### Библиографический список

1. Капле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение (пер. с нем.). Л.: Химия, 1984, 215 с.
2. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.П. Активные угли России. М.: Металлургия, 2000, 352 с.

3. До Тхюи Май, Михаленко И.И. Мат. Всерос. конф. «Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности, Москва-Клязьма, 14-18 апреля 2014 г., с. 49.

4. До Тхюи Май, Михаленко И.И. Мат. Всерос. конф. «Сорбционные и ионообменные процессы в нано- и супрамолекулярной химии», Белгородский Гос.науч.-иссл. Университет, 22-28 сентября, 2014 г.

## **ОЧИСТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ КОАГУЛЯНТОВ И ФЛОКУЛЯНТОВ**

Благова И.Н.<sup>1</sup>, Минаева Л.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>бакалавр гр. ХТб-12, филиала в г. Усолье-Сибирское ИРНИТУ, г. Усолье-Сибирское, e-mail: [blagova.i94@mail.ru](mailto:blagova.i94@mail.ru)

<sup>2</sup>ст. преподаватель, кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов ИРНИТУ, e-mail: [lminaeva@istu.edu](mailto:lminaeva@istu.edu)

Во всем мире все больше внимания уделяется проблеме очистки технологических вод, как основной мере обеспечения экологической безопасности. В большинстве стран качество воды не отвечает нормативным требованиям, во многих регионах России неудовлетворительное и запущенное состояние очистных производственных, городских сооружений, либо их отсутствие представляют угрозу здоровью населения. Многие известные методы водоподготовки во многих случаях не только являются малоэффективными, но и не достаточно экономичными. Простых решений в обработке природной воды перед использованием ее в качестве питьевой, а на ряде производств и технической нет.

Очистка воды коагулированием и флокулированием представляет собой сложный физико-химический процесс на эффективность протекания, которого оказывают влияние многочисленные факторы: правильный выбор коагулянта, его дозы, качество воды (количество и дисперсность взвешенных, коллоидных частиц), ионный состав, щелочность и температура воды, количество растворенных органических соединений и т.д. Коагуляция наиболее эффективна для удаления из воды частиц размером 1–100 мкм. Коагуляция может происходить самопроизвольно или под влиянием химических и физических процессов. В процессах очистки технологических вод коагуляция происходит под влиянием добавляемых к ним специальных веществ – коагулянтов. На рынке имеется большой ассортимент коагулянтов: сульфат алюминия, разные виды оксихлорида алюминия, смешанные коагулянты, содержащие катионы (Al и Fe), (Al и Na), коагулянты-флокулянты, а также различные виды флокулянтов анионного и катионного типов. На большинстве действующих водоочистных сооруже-

ний России в технологии водоочистки в качестве коагулянта применяется сульфат алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ; алюминат натрия  $\text{NaAlO}_2$ ; гидроксхлорид алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_5\text{Cl}$ ; тетраоксосульфаты алюминия-калия и алюминия-аммония (квасцы алюмокалиевые и аммиачные). В большинстве случаев используют смесь  $\text{NaAlO}_2 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , совместное использование этих солей дает возможность повысить эффект осветления, увеличить плотность и скорость осаждения хлопьев, расширить оптимальную область pH среды. Оксихлорид алюминия обладает меньшей кислотностью и поэтому используется для очистки слабощелочных вод. Кроме названных коагулянтов для обработки сточных вод могут быть использованы различные глины (монтмориллонит, (бентонит), палыгорскит), отходы производства, содержащие алюминий, травильные растворы, пасты, шлаки содержащие диоксид кремния. Флокулянтами в технологии обработки воды называют неорганические вещества или органические высокомолекулярные соединения, позволяющие ускорить процесс образования хлопьев и их декантацию, при коагуляции солями алюминия или железа, повысить эффект осветления, увеличить скорости движения воды по сооружениям и их производительность. В последние годы появились новые флокулянты ионного и катионного типа: природные и синтетические. К природным флокулянтам относят крахмал, декстрин, эфиры, целлюлозы и другие. Активный диоксид кремния является наиболее распространенным неорганическим флокулянтом. Из синтетических органических коагулянтов наибольшее применение получил полиакриламид  $[-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CONH}_2]_n$  технический полиакриламид (ПАА) и гидролизованный полиакриламид (ГППА), «Праестол 650-ТР». В последнее время получили распространение комплексные реагенты, представляющие композицию индивидуальных ингредиентов, которые выполняют функции коагулянта, флокулянта, осадителя и адсорбента. Такими композитными реагентами являются алюмокремниевый коагулянт - флокулянт АКФК и силокс. Применение композитов упрощает реагентное хозяйство, дает возможность снизить энергозатраты, уменьшить площади, занимаемые установками по водоочистке. В настоящее время для физико-химической очистки применяют как радиальные флотаторы, так и ламельные вертикальные флотаторы. Для интенсификации процесса в коагуляционных камерах устанавливаются механические-перемешивающие устройства. В некоторых случаях достаточно камеры флокуляции, интегрированной в оборудование. Приготовление растворов химикатов происходит на специализированных станциях приготовления реагентов, полностью автоматической для флокулянта и полуавтоматической для коагулянта. Общий недостаток всех методов очистки воды с применением коагулянтов и флокулянтов заключается в том, что в условиях постоянно изменяющегося качества воды в источнике водоснабжения технологический режим работы очистных сооружений оказывается нерегули-

руемым. Малая эффективность в работе очистных сооружений во многих случаях объясняется особенностями самого процесса коагулирования: медленным гидролизом коагулянта и малой скоростью хлопьеобразования при низких температурах; недостаточной прочностью хлопьев, приводящей к загрязнению загрузки фильтров и разрушению осадка в осветлителях со взвешенным осадком, малой плотностью хлопьев, образующихся при коагуляции цветных вод. Одним из существенных недостатков технологии химической очистки сточных вод является наличие больших объемов шламов с высоким содержанием влаги.

Рациональное использование природной воды, значительное снижение образующихся сточных вод с использованием систем замкнутого водооборота на производстве, реализация современных технологий и усовершенствованных водохозяйственных систем очистки - путь сохранения природных источников воды для будущего.

#### *Библиографический список:*

1. Чупин Р.В. Направления модернизации локальных очистных сооружений промпредприятий / Чупин Р.В., Коваленко А.А. // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014 № 12. – 24– 31.

2. Потапов В.В. Улучшение качества очистки природных вод на очистных сооружениях МУП «Петропавловский водоканал» при применении коагулянтов и флокулянтов нового поколения / Потапов В.В., Бровкин А.Е., Хорошман Л.М. // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2014. № 30. – С. 29–34.

3. В.И. Дударев Аналитический обзор методов очистки природных и технологических вод от марганца: монография / В.И. Дударев, Л.А. Минаева, Е.Г. Филатова. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2013. – 124 с.

### **СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ИОНОВ ХРОМА (VI)**

Климова О.В.<sup>1</sup>, Дударев В.И.<sup>2</sup>, Житов С.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ст.преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин ИРНИТУ г.Иркутск, [Oklim89@mail.ru](mailto:Oklim89@mail.ru)

<sup>2</sup> д.т.н., профессор кафедры общеобразовательных дисциплин ИРНИТУ, г.Иркутск

<sup>3</sup> студент гр.ТХб-15-1 института недропользования ИРНИТУ, г.Иркутск

Гальванические производства предприятий машиностроения являются существенными потребителями водных ресурсов, значительная часть которых сбрасывается в виде сточных вод с высоким содержанием токсичных ионов хрома(VI). Как правило, это отдельный поток стоков, объеди-

няющий и концентрированные и промывные водные растворы, требующий специальной технологической обработки для нейтрализации кислотности и удаления токсичных загрязнений. Одним из наиболее широко применяемых для этих целей является реагентный метод, последствиями использования которого являются большие объемы осадков и недостаточно эффективная очистка стоков от металлов.

Нами разработана технология сорбционной очистки хромсодержащих стоков гальванопроизводства, отличающаяся высокой степенью извлечения ионов хрома(VI), а также, возможностью автоматизации этого процесса [1,2]. Согласно принципиальной технологической схеме узла очистки стоки проходят через усреднитель для корректировки pH. Оптимальную кислотность среды (pH=1–2) поддерживают добавлением раствора соляной кислоты. Далее раствор насосом подается в нижнюю корпусную часть адсорбера, где происходит процесс сорбции на углеродном адсорбенте. В качестве реакторов выбраны адсорберы с псевдоожиженным слоем. Данные аппараты имеют ряд преимуществ по сравнению с другими конструкциями адсорберов: большая площадь контакта фаз при том же объеме загрузки, большее время контакта фаз. Взаимодействие потока с адсорбентом в данных реакторах является максимальным. Кроме того, в лабораторных условиях лучшие сорбционные характеристики адсорбент проявил в статическом режиме. Очищенный сток выводится из адсорбера через отверстие в верхней части аппарата. Концентрация хрома (VI) на выходе из аппарата не превышает предельно допустимую (ПДК), которая составляет 0,05 мг/дм<sup>3</sup> при сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения. Для организации непрерывного процесса очистки предложено использовать два адсорбера: после насыщения углеродного адсорбента в первом аппарате его переключают на перезагрузку, а второй включают на сорбцию. Во время перезагрузки адсорбент направляется в десорбер оснащенный мешалкой, куда подается 1 %-ный раствор гидроксида натрия. Концентрированный раствор хрома после десорбции предлагается возвращать в гальваническое производство для дальнейшего использования хрома. Регенерированный адсорбент направляется в бак усреднитель. Сорбционные возможности углеродного адсорбента позволяют использовать его в 6 циклах сорбционно-десорбционного процесса. После десорбции элюат обрабатывается гидроксидом кальция. Полученный осадок отфильтровывается, а затем хром переводится в концентрированный раствор бихромата калия.

По результатам лабораторных исследований на основе разработанной схемы очистки сточных вод от ионов хрома проведена оценка экономической эффективности сорбционного метода очистки. На реализацию реагентной очистки на исследуемом предприятии расходы на материалы составляют 5909,77 тыс. руб. в год, а эксплуатационные затраты, в целом,

достигают 6648,96 тыс. руб. в год. Затраты на материалы при использовании сорбционного метода составят 3719,19 тыс. руб. в год, что почти на 40% ниже текущих затрат. Данная технология очистки позволит сократить затраты производства более, чем на 2000 тыс. руб. в год. Технико-экономическое обоснование и сравнение предложенного технологического способа очистки стоков от хрома с современными действующими технологиями выполнено с учетом требований, предъявляемых к качеству очищенной воды.

Разработанный технологический процесс безреагентной сорбционной очистки сточных вод от ионов хрома (VI) позволяет производить очистку до установленных значений ПДК. Представленная технологическая схема ориентирована на создание оборотного водопользования действующего предприятия. На основании технико-экономического расчета можно сделать вывод о целесообразности внедрения схемы очистки сточных вод гальванического производства, что позволит сократить сверхлимитные платежи предприятия за сброс загрязняющих веществ в водные объекты.

#### *Библиографический список*

1. Фомкин А.А., Цивадзе А.Ю., Школин А.В. и др. Углеродные адсорбенты в технологии цианистого извлечения золота // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. Т.50. №6. С. 563.
2. Климова О.В. Сорбция ионов хрома (VI) углеродным адсорбентом // Вестник ИрГТУ. 2012. №11. С.155-159.

### **РЕГЕНЕРАЦИЯ ХРОМОВОГО ЭЛЕКТРОЛИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ (ПЭМ)**

Минаев Д.В.<sup>1</sup>, Филатова Е.Г.<sup>2</sup>, Трезубов К.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> аспирант, института пищевой инженерии и биотехнологии, ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [minaev.dimn@yandex.ru](mailto:minaev.dimn@yandex.ru)

<sup>2</sup> к.т.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [efila@list.ru](mailto:efila@list.ru)

<sup>3</sup> студент гр. ХТб- 14-2 института металлургии и химической технологии им. С.Б. Леонова ИРНИТУ, г. Иркутск,, e-mail: [iiikirill@ya.ru](mailto:iiikirill@ya.ru)

В случае, когда недостаточно эффективными оказываются физико-химические методы очистки (дефицит производственных площадей, сложность доставки и использования реагентов, и др.) находят применение электрохимические методы. Они включают анодное окисление и катодное восстановление растворенных веществ, электролиз, электро-

коагулирование. Электрохимические установки отличаются компактностью, простотой управления, исключением потребности в реагентах, отсутствием повышенной чувствительности к изменениям условий ведения процесса [1-3].

Целью настоящей работы явилось исследование возможности регенерации отработанного электролита гальванического производства с помощью погружного электрохимического модуля (ПЭМ). ПЭМ – камера с последовательно чередующимися анодными и катодными зонами, разделяющимися мембраной, в которые в определенном соотношении подается электролит.

Количество примесей в хромовом электролите контролируется химическим анализом. Отбор и анализ проб хромового электролита ванн анодирования проводили ежемесячно с января 2013 по ноябрь 2015 года. Результаты мониторинга представлены на рис. 1–6.

По мере эксплуатации электролита в нем увеличивается содержание алюминия (рис. 1) и ионов хрома (VI) в пересчете на  $\text{CrO}_3$  (рис. 2). Согласно действующим нормативам содержание Al не должно превышать 3 г/л, а содержание ионов хрома (VI) в пересчете на  $\text{CrO}_3$  – 120 г/л, в противном случае электролит необходимо заменять или регенерировать, с целью получения качественных гальванопокрытий.

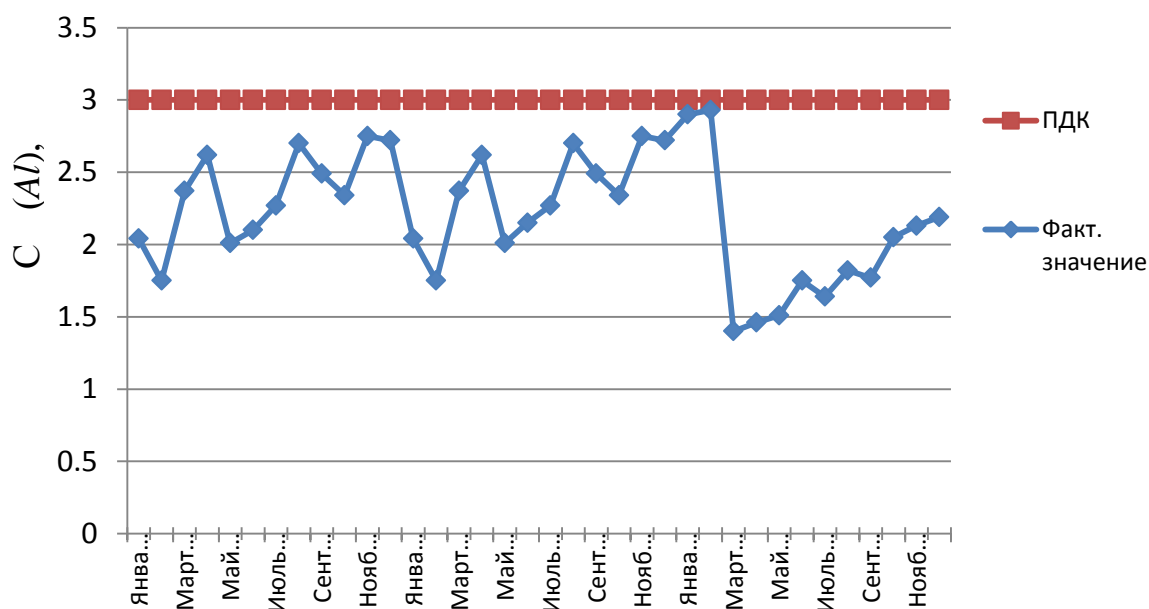


Рис. 1. Содержание алюминия в электролите



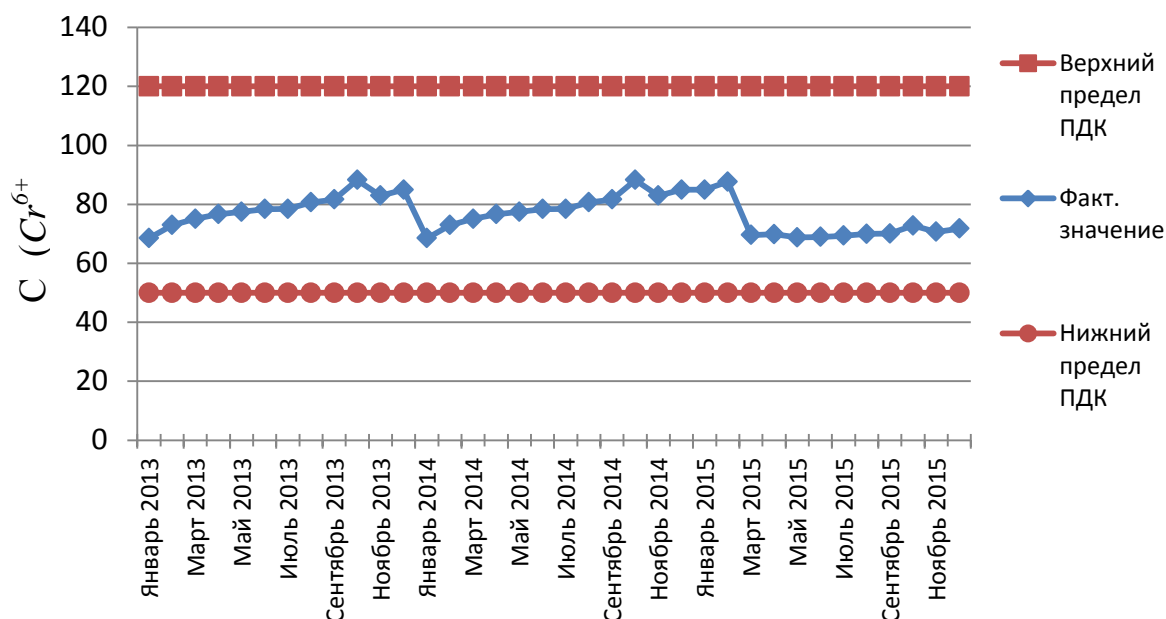


Рис. 2. Содержание ионов хрома (VI) в пересчете на  $\text{CrO}_3$

Как видно из представленных данных (рис. 1), содержание алюминия в хромовом электролите неоднократно приближается к критическому значению. Что касается содержания ионов хрома (VI) в пересчете на  $\text{CrO}_3$  (рис. 2), то его значение чаще приближается к нижнему пределу ПДК.

На рис. 3 и 4 представлены результаты мониторинга хлорид- и сульфат-ионов.

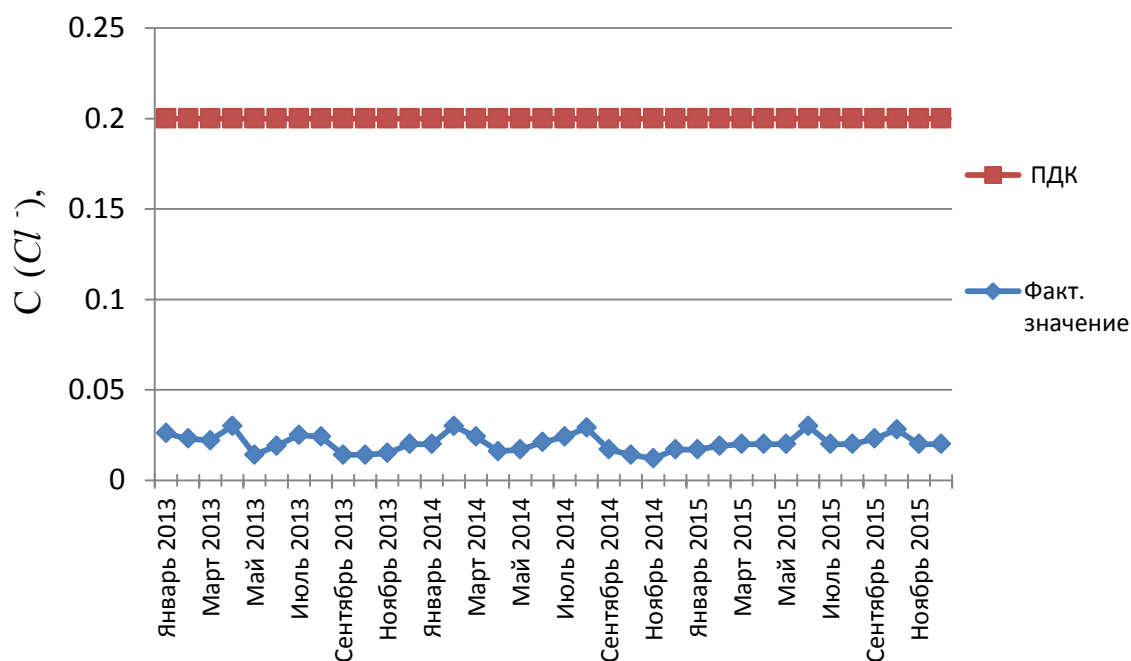


Рис. 3. Содержание хлорид-ионов

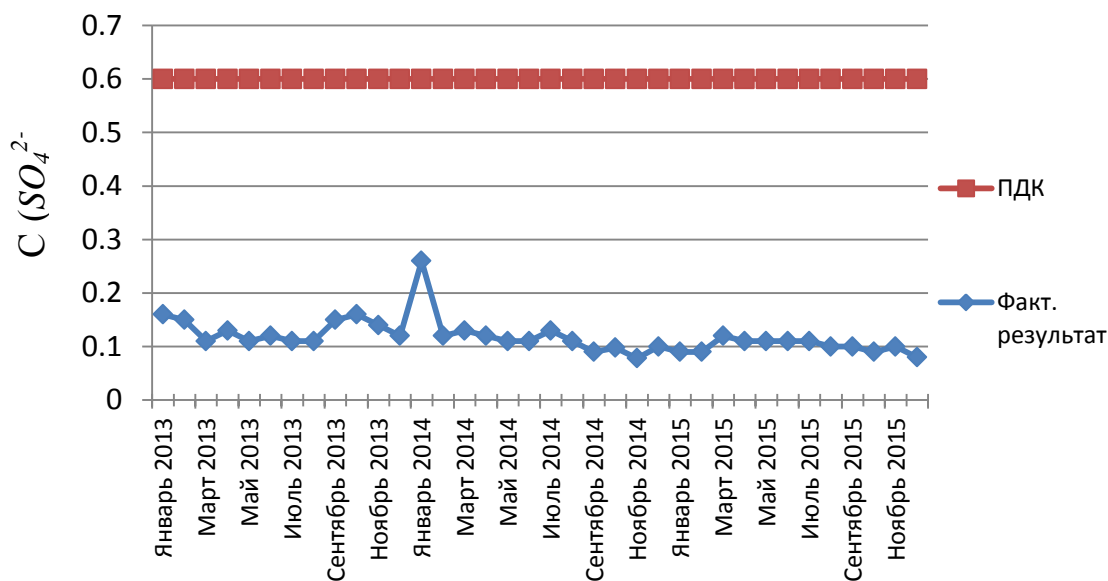


Рис. 4. Содержание сульфат-ионов

Как видно из приведенных результатов (рис. 3, 4), содержание хлорид- и сульфат-ионов остается в норме, в существенно более заниженной, чем значения ПДК.

На рис. 5 и 6 представлены зависимости изменения водородного показателя и удельной электрической проводимости.

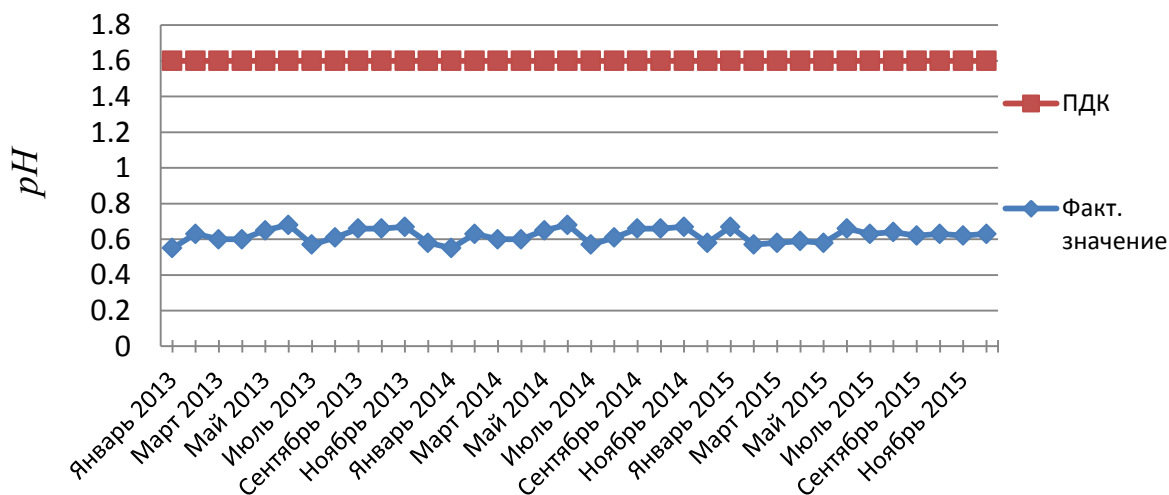


Рис. 5. Изменение водородного показателя среды

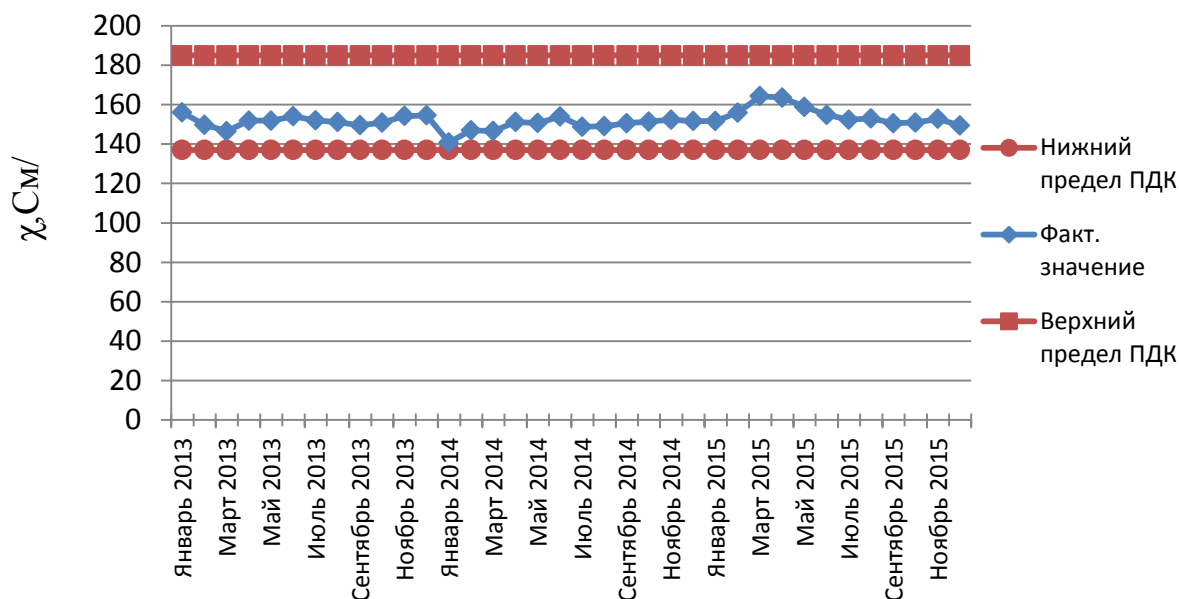


Рис. 6. Изменение удельной электрической проводимости электролита

Значение рН остается весь период значительно ниже требуемых норм ПДК. Удельная электрическая проводимость электролита наоборот достигает в отдельные моменты времени верхний и нижний пределы ПДК. Удельная электрическая проводимость является при этом экспрессивным параметром качества эксплуатируемого хромового электролита анодирования.

Регенерация электролита анодирования с использованием ПЭМ, обеспечивает возврат очищенного электролита в технологический процесс. Полученные результаты свидетельствуют о том, что электрохимический модуль показал положительные результаты, обеспечивая постоянство состава электролита, благодаря чему контролируемые параметры (рН, содержание ионов хрома (VI), алюминия, хлорид-ионов, сульфат-ионов, удельная электрическая проводимость электролита) находятся в норме.

#### *Библиографический список*

1. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / под ред. Проф. В.Н. Кудрявцева. – М. : Производственно-издательское предприятие «Глобус», 1998. – 302 с.
2. Минаев Д.В. Регенерация концентрированных электролитов гальванопроизводства / Минаев Д.В., Синев А.Э., Филатова Е.Г.// В сборнике: Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития, Волгоград. – 2015. – С. 195–196.

3. Филатова Е.Г. Исследование параметров извлечения ионов тяжелых металлов в электролизерах с алюминиевыми анодами / Филатова Е.Г., Соболева А.А., Минаев Д.В. // Водоочистка. 2015.– № 2.– С. 24–31.

## **АКТУАЛЬНОСТЬ АДСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ОТ ИОНОВ КОБАЛЬТА (II) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСТВОРОВ**

Тимошенко Ю.С.<sup>1</sup>, Дударев В.И.<sup>2</sup>, Тимошенко А.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> к.т.н., преподаватель Структурного подразделения филиала ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» в г. Усолье-Сибирском, e-mail: usuryh@mail.ru

<sup>2</sup> д.т.н., профессор кафедры общеобразовательных дисциплин ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: vdudarev@istu.edu

<sup>3</sup> преподаватель Структурного подразделения филиала ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» в г. Усолье-Сибирском, e-mail: [timochenkoartem@mail.ru](mailto:timochenkoartem@mail.ru)

Многие предприятия Иркутской области используют экологически ненадежные технологии, имеют низкий уровень механизации и автоматизации, в результате чего содержание тяжелых металлов в сточных водах очень высокое [1]. При этом они не извлекаются из воды механически, не удаляются при биологической очистке и такими традиционными методами водоочистки, как коагуляция и флотация. Это обуславливает необходимость введения в комплексную технологическую схему водоподготовки стадию сорбционной доочистки. Переработка таких производственных растворов сорбционными методами может быть экономически оправдана. Сорбционный процесс является хорошо управляемым и автоматизируемым, что является его несомненным достоинством. Можно эффективно использовать углеродные адсорбенты с высокой избирательностью и сорбционной емкостью не только для очистки сточных вод, но и для извлечения ценных компонентов [2]. Поэтому рассматриваемая проблема является актуальной не только в научном, но и практическом аспектах.

В природные воды соединения кобальта попадают в результате процессов выщелачивания их из медноколчедановых и других руд, из почв при разложении организмов и растений, а также со сточными водами металлургических, металлообрабатывающих и химических заводов. Некоторые количества кобальта поступают из почв в результате разложения растительных и животных организмов. Соединения кобальта в природных водах находятся в растворенном и взвешенном состоянии, количественное соотношение между которыми определяется химическим составом воды, температурой и значениями pH. Растворенные формы представлены в основном комплексными соединениями, в том числе с органическими веще-

ствами природных вод. Соединения двухвалентного кобальта наиболее характерны для поверхностных вод. В присутствии окислителей возможно существование в заметных концентрациях трехвалентного кобальта. Предельно допустимая концентрация кобальта(II) в водоемах санитарно-бытового назначения составляет 1 мг/л [3].

Для селективного извлечения кобальта(II) из сульфатных марганец-содержащих нейтральных и слабокислых растворов было предложено использовать эпоксиаминовый анионит СБ-1 с оксиэтильными группами и третичными аминами в депротонированном состоянии [4]. Исследования показали, что наилучшим регенерирующим действием обладают слабоконцентрированные (0,2 М и выше) растворы серной кислоты, способные количественно десорбировать и концентрировать ионы кобальта(II).

В настоящее время очистка сточных вод предприятий ядерного топливного цикла приобретает особое значение. Среди известных методов очистки широкое распространение нашел метод сорбции на природных неорганических сорбентах. В силу распространения магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  как в природе, так и в отходах металлургического производства, а также его достаточной пористости, представлял интерес изучить возможность применения его в качестве сорбента. В работе [5] изучалась сорбционная способность магнетита по отношению к кобальту-59. Эксперименты проводились на модельных растворах: изучены зависимости степени сорбции радионуклидов от различных условий (количества добавляемого сорбента при условии постоянства объема раствора, pH раствора при соотношении твердой и жидкой фазы 10:1 мг/мл, концентрации присутствующего в растворе стабильного изотопа, концентрации комплексообразователя).

Работы [6-8] посвящены исследованию химико-аналитических параметров взаимодействия пенополиуретана с тиоцианатными комплексами кобальта(II). Установлено, что тиоцианаты щелочных металлов сорбировались пенополиуретаном из соляно- и сернокислых растворов, причем величина сорбции росла с увеличением кислотности среды. В нейтральных и слабокислых растворах сорбция происходила по катионо-хелатному механизму. Было показано, что в образовании сорбированных тиоцианатных комплексах принимали участие как тиоцианат-ионы, находящиеся в растворе, так и перешедшие в фазу сорбента. Сорбция кобальта(II) происходила в интервале pH=0-6, величина сорбции повышалась с ростом протонизации сорбента. Скорость установления сорбционного равновесия замедлялась с увеличением объема раствора, уменьшением массы сорбента и с увеличением степени измельчения сорбента. Для извлечения кобальта(II) на 95 % из раствора объемом 25 мл на сорбент массой 0,20 г было необходимо 40, 20 и 10 минут соответственно. Были предложены методики сорбционно-десорбционно-фотометрического определения кобальта(II) в природных водах на уровне 30 мкг в пробе, а также методика сорбционно-

визуального тестирования кобальта(II) (50 мкг в пробе) в природных и сточных водах.

Несмотря на большое количество сорбирующих материалов, существует единая схема изучения адсорбционной способности сорбента по отношению к ионам кобальта (II) – статический и динамический метод. Заметное влияние на сорбцию оказывает кислотность среды. Наиболее применимы для описания изотерм сорбции уравнения Фрейндлиха и Ленгмюра, константы которых позволяют сравнивать активности сорбентов по отношению к металлам. Десорбция кобальта (II) металлов изучена в основном с помощью растворов неорганических кислот, степень извлечения металлов зависит от температуры, скорости элюирования, концентрации элюента, удельной нагрузки элюентов и их количества. Сорбционное извлечение ионов кобальта(II) основано на неуглеродных материалах. В работах, где использовались активные угли, степень очистки достигала 99%.

#### *Библиографический список*

1. Домрачева В.А. Извлечение металлов из сточных вод и техногенных образований: монография / В.А. Домрачева. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2006. – 152 с.
2. Мухин В.М. Активные угли России. / В.М. Мухин, А.В. Тарасов, В.Н. Клушин. – М. : Металлургия, 2000. – 352 с.
3. Беспмятников Г.П. Предельные допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспмятников, Ю.А. Кротов. – Л. : Химия, 1985. – 639 с.
4. Особенности сорбционного разделения кобальта(II) и марганца(II) в серно-кислых растворах / И.В. Кудрявцев [и др.] // Химическая технология. – 2007. – Т. 8, №12. – С. 563-566.
5. Исследование сорбционных свойств магнетита / Е.А. Беланова, Г.В. Кочкина // Полярное сияние 2007. Ядерное будущее: безопасность, экономика и право. Материалы X Международной молодежной научной конференции. – Москва, 2007. – С. 74.
6. Сорбционно-фотометрическое определение кобальта в виде тиоцианатных комплексов с пенополиуретане / Е.Н. Лысенко [и др.] // Химия и технология воды. – 1997. – Т.19, № 3. – С. 254-258.
7. Физико-химические основы сорбции тиоцианатных комплексов кобальта на пенополиуретане / Б.И. Набиванец [и др.] // Украинский химический журнал. – 1998. – Т.64, №5. – С. 18-24.
8. Лысенко Е.Н. Сорбция тиоцианатных комплексов Co(II), Fe(III) и Mo(VI, V) на пенополиуретане и использование ее в анализе : автореф. дисс. ... к-та хим. Наук / Е.Н. Лысенко ; Киевский ун-т им.Тараса Шевченко. – Киев, 1999. – 18 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА АД-05-2М

Тимошенко Ю.С.<sup>1</sup>, Тимошенко А.С.<sup>2</sup>, Олейников А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> к.т.н., преподаватель Структурного подразделения филиала ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» в г. Усолье-Сибирском, e-mail: usyryh@mail.ru

<sup>3</sup> преподаватель Структурного подразделения филиала ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» в г. Усолье-Сибирском, e-mail: [timochenkoartem@mail.ru](mailto:timochenkoartem@mail.ru),

<sup>4</sup> студент группы уМ-12-1 Структурного подразделения филиала ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» в г. Усолье-Сибирском, e-mail: oalexsis@mail.ru

Углеродный адсорбент марки АД-05-2М, являющийся разработкой ИРНИТУ, представляет собой зернистый материал из черных гранул неправильной формы со средним размером частиц от 0,5 до 2,0 мм.

Таблица 1 - Физико-химические свойства углеродного сорбента марки АД-05-2М

Наименование показателей	АД-05-2М
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г, не менее	640
Механическая прочность, %, не менее	83
Суммарный объем пор, см <sup>3</sup> /г, не менее	0,65
Объем микропор, см <sup>3</sup> /г	0,26
Объем переходных пор, см <sup>3</sup> /г	0,06
Сорбционная активность по йоду, %, не менее	50
Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup> , не нормируется	550

Современное исследование адсорбционных свойств высокодисперсных тел немыслимо без знания площади их поверхности. Этот показатель является наиболее важной характеристикой адсорбентов [1-4]. Удельную поверхность сорбентов определяли с помощью метода описанного в [5]. Добавляли в растворы н-бутилового спирта таких концентраций, чтобы каждый последующий был вдвое разбавленнее предыдущего, по 2 г активированного угля, колбы закрывали, оставляли на 1,5 часа, изредка взбалтывали для установления адсорбционного равновесия. Определяли поверхностное натяжение исходных растворов и по истечении указанного времени. Удельная поверхность адсорбента представляет собой суммарную площадь поверхности его пор, приходящей на единицу массы сорбента. Она связана с другими параметрами системы соотношением

$$S_{уд} = A_{\infty} N S_0, \quad (1)$$

где  $S_{уд}$  – удельная поверхность адсорбента, м<sup>2</sup>/г;  
 $A_{\infty}$  – максимальная адсорбция, моль/г;  
 $N$  – число Авогадро;  
 $S_0$  – площадь, занимаемая одной молекулой ПАВ, м<sup>2</sup>.

Прочность углеродных материалов оценивали по истиранию стальными стержнями по ГОСТ 16188-70 «Сорбенты. Метод определения прочности на истирание». Сущность метода заключается в механическом истирании навески из представительной пробы сорбента при поджатии ее стальным стержнем во вращающемся с определенной скоростью стальном барабане. По весу отсеянного сорбента до и после опыта определяется процентное содержание нераспыленного остатка, характеризующего прочность сорбента. Прочность сорбента  $\Pi$  (%) вычисляли по формуле:

$$\Pi = (b/a) \cdot 100, \quad (2)$$

где  $a$  – вес сорбента до опыта, г;  
 $b$  – вес сорбента, отсеянного от пыли после опыта, г.

Суммарный объем пор определяли по водопоглощению согласно ГОСТ 17219-71 «Угли активные. Метод определения суммарного объема пор по воде». Метод определения суммарной пористости основан на определении объема воды, заполняющей практически все поры угля при кипячении его в воде. Избыток воды из промежутков между зернами угля и с его поверхности удаляют путем отсасывания при разрежении  $60 \pm 5$  мм рт. ст. до сыпучего состояния.

Объем макропор и мезопор определяли согласно методике [6]. В работе использовали общепринятую символику обозначения пор:

$V$  – суммарный объем пор, см<sup>3</sup>/г;

$V_{ма}$  – объем макропор, см<sup>3</sup>/г;

$V_{ме}$  – объем мезопор, см<sup>3</sup>/г;

$V_{ми}$  – объем микропор, см<sup>3</sup>/г;

$W_s$  – предельный объем сорбционного пространства по теории заполнения микропор, см<sup>3</sup>/г.

Между ними существуют зависимости:

$$V = V_{ма} + V_{ме} + V_{ми} \quad (3)$$

$$W_s = V_{ме} + V_{ми} \quad (4)$$

$$V = W_s + V_{ма} \quad (5)$$



Предельный объем сорбционного пространства определяли по равновесному насыщению углеродсодержащего материала парами бензола. Объем микропор определяли по разнице:

$$V_{mi} = W_s - V_{me} \quad (6)$$

Адсорбционную активность по йоду определяли по ГОСТ 17823.2-72 «Продукты лесохимические. Метод определения йодного числа». Для этого пробу угля высушивали при 110-115°C в сушильном шкафу, помещали в коническую колбу, добавляли 100 мл раствора йода в йодистом калии и вручную каждую минуту взбалтывали в течении 30 мин. По разнице содержания йода в начале опыта и после обработки углем определяли адсорбционную активность по йоду.

Насыпная плотность характеризует массу единицы объема слоя углеродного материала. Определение проводили по ГОСТ 16190-70 «Сорбенты. Методы определения насыпной плотности». Насыпная плотность зависит от размера гранул вещества, их формы пористости. Естественно, что чем больше размер гранул, тем меньше их содержание в единице объема, и наоборот.

#### *Библиографический список*

1. Межфазовая граница газ-твердое тело / Под ред. Э. Флада. – М. : Мир, 1970. – 434 с.
2. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М. : Мир, 1979. – 206 с.
3. Строение и свойства адсорбентов и катализаторов / Под ред. В.Г. Линсена. – М. : Мир, 1973. – 645 с.
4. Буянова А.П. Определение удельной поверхности дисперсных и пористых материалов / Н.Е. Буянова, А.П. Карнаухов, Ю.А. Алабужев. – Новосибирск. : Изд-во Ин-та катализа АН СССР, 1978. – 75 с.
5. Белых П.Д. Поверхностные явления и дисперсные системы (коллоидная химия) : методическое пособие / П.Д. Белых [и др.]. – Иркутск. : Изд-во ИрГТУ, 2005. – 71 с.
6. Колышкин Д.А. Активные угли. Справочник / Д.А. Колышкин, К.К. Михайлова. – Л. : Химия, 1972. – 56.

## АНАЛИЗ РЕСТРИКТАЗНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Верхозина Е. В.<sup>1</sup>, Верхозина В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> к.б.н., научный сотрудник института Земной коры СО РАН,  
г. Иркутск, e-mail: [verhel@crust.irk.ru](mailto:verhel@crust.irk.ru)

<sup>2</sup> д.т.н., профессор кафедры управления промышленными предприятиями  
ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [verhval@mail.ru](mailto:verhval@mail.ru)

Работа посвящена анализу рестриктазной активности штаммов микроорганизмов- продуцентов ферментов эндонуклеаз рестрикции (ЭР). Экспериментальные исследования по выявлению штаммов бактерий, выделенных из оз. Байкал и обладающих ферментами ЭР (рестриктазами), имеют большое значение к решению проблем антропогенного воздействия.

Многолетние исследования (2001-2009 гг.) и полученные результаты свидетельствуют, что бактерии-продуценты ферментов ЭР, известных ранее лишь теоретически, обнаруживаются в штаммах бактерий, выделенных из проб воды, отобранных в антропогенных районах. В штаммах бактерий, выделенных из чистых участков озера, все обнаруженные нами рестриктазы являются хорошо известными или не выявляются вовсе. Использование метода кластерного анализа позволяет комплексно подойти к решению этой задачи.

Целью работы служило выявление частоты встречаемости ЭР, обладающих разной нуклеотидной последовательностью с применением метода кластерного анализа. Из различных экологических ниш озера были отобраны пробы воды в районах литорали: Листвянка, Слюдянка, Байкальск, Малое море, а также пелагиали Байкала. Из проб воды были выделены бактериальные штаммы и в них определены ферменты ЭР.

Для проведения кластерного анализа ЭР по схожести синтеза их в определенных местах в заданный момент отбора проб, полученные данные были сгруппированы следующим образом: в таблице в первом столбце обозначили название рестриктазы, во втором и последующих столбцах- результаты обнаружения искомой ЭР, выделенной в определенную дату сбора в конкретном районе озера Байкал. Всего в процессе поиска ЭР были проанализированы 66 проб, отобранных в разных районах озера. Таким образом, мы имеем характеристику - числовой вектор, состоящий из 66 координат. С помощью Евклидова расстояния для всех векторов, характеризующих ЭР, построена матрица попарных различий на основе которой, был проведен кластерный анализ (рис 1).

Анализ дендрограммы кластерного анализа ЭР позволяет выделить на ней четыре клады. В 3-ю и 4-ю кладу входят рестриктазы MboI и ClaI. Исходный массив данных говорит о том, что эти ЭР выявлены в процессе

поиска 13 и 10 раз соответственно. Не существовало ни одной пробы, где бы эти рестриктазы встретились одновременно, на это указывает большое Евклидово расстояние между кладами.

В кластер 1 входит ЭР HaeIII, которая выявлена в 7 пробах. В кладу 2 входят все остальные рестриктазы от 1 до 6 раз. Таким образом, в общую структуру кластеризации ЭР повлияла частота встречаемости.

В 56 пробах из 66 проанализированных, выделена только одна ЭР. В 9 пробах встретилось по 2 рестриктазы. Они отнесены ко второй кладе дендрограммы. В пробе, отобранной в районе Малого моря, было выделено 4 ЭР (Xho II, Ava II, EcoR II), отнесены ко 2 кладе дендрограммы. Одна ЭР отнесена к 3-ей кладе дендрограммы (Mbo I).

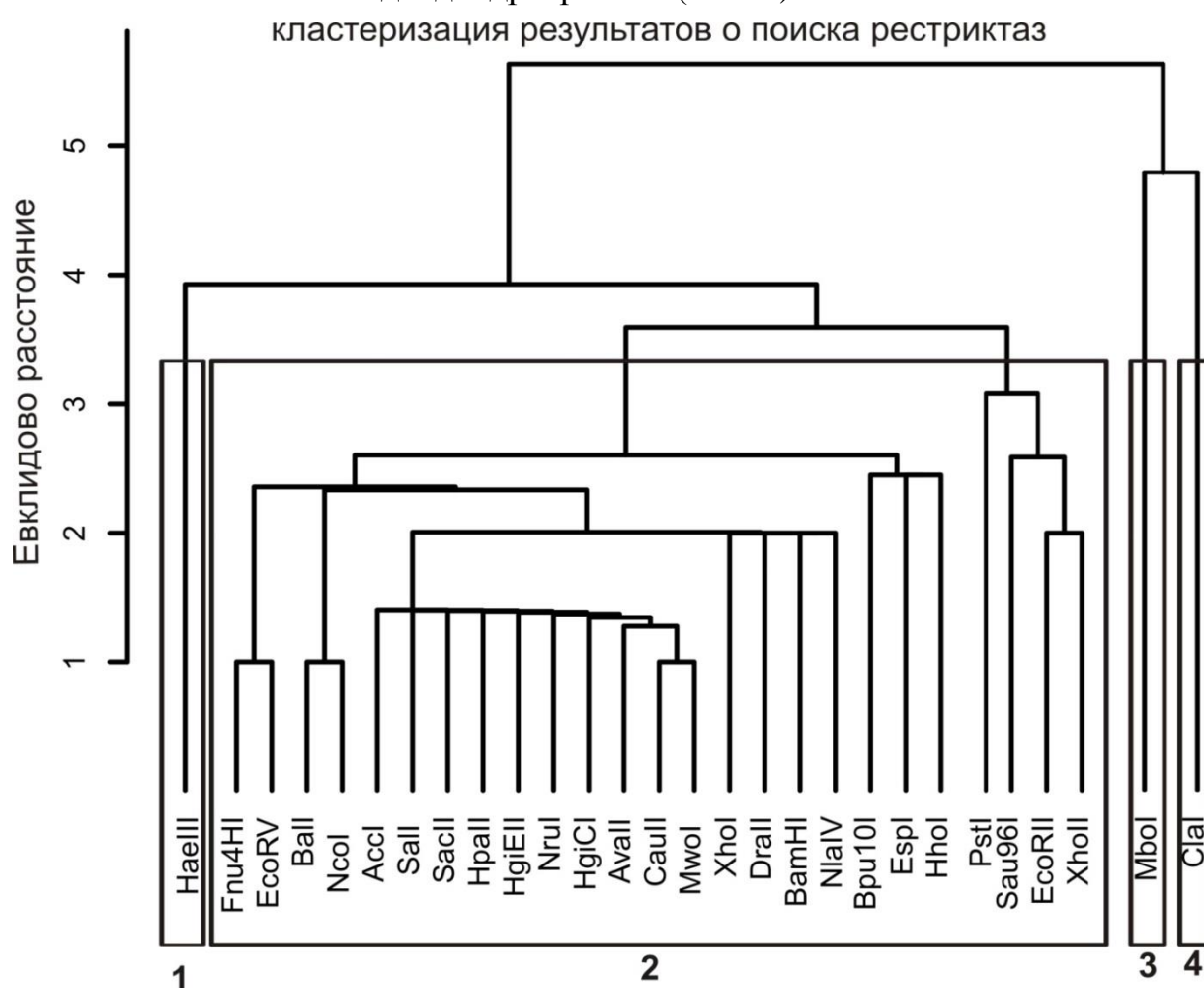


Рис. 1. Кластерная дендрограмма распределения ЭР по характеристике распределения в пробах. Прямоугольниками и цифрами выделены 4 кластера по характеристикам рестриктаз бактериальных штаммов.

Таким образом, проведение экспериментальных исследований по выявлению штаммов ЭР, выделенных из различных районов озера, позволяет комплексно подойти к решению проблемы. Среди методов статистического анализа (расчет средних значений, графическая визуализация показателей, кластерный анализ) наиболее информативным методом ока-

зался кластерный анализ с применением метода УПГМА с расчетом дистанций по Евклидовой мере расстояния. Большинство рестриктаз встречаются 1-2 раза, за исключением Малого моря, где в одном кластере встречаются 3 рестриктазы.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДСОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ АКТИВИРОВАННЫМИ УГЛЯМИ И ОТХОДАМИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Чугунов А.Д.<sup>1</sup>, Филатова Е.Г.<sup>2</sup>, Соболева В.Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ХТб- 14-2 института металлургии и химической технологии им. С.Б. Леонова ИРНИТУ, г. Иркутск,, e-mail: [iiikirill@ya.ru](mailto:iiikirill@ya.ru)

<sup>2</sup> к.т.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [efila@list.ru](mailto:efila@list.ru)

<sup>3</sup> к.т.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [nika.sobolek@mail.ru](mailto:nika.sobolek@mail.ru)

В наш нефтяной век особенно остро встает проблема экологии при активной добыче, транспортировке и переработке нефтепродуктов. Особенно опасны техногенные разливы нефти на водных пространствах, наносящие непоправимый вред экологии всей акватории. Ярчайшим примером тому является авария на нефтяной платформе Мексиканского залива. Кроме аварийных разливов нефти опасность также представляют промышленные сбросы различных предприятий в виде сточных вод.

Для очистки различных потоков сточных вод возможно применение механических, химических, биологических и физико-химических методов. Выбор того или иного метода как и их комбинации зависит от типа предприятия, условий и масштабов загрязнения, безопасности, экономичности и многих других факторов. К чисто механическим методам относят фильтрование, отстаивание. При этом наиболее часто применяют песколовки, фильтры, отстойники и др. Интересным является способ удаления нефти с помощью нефтеловушек. Принцип их действия основан на меньшей средней плотности нефти к воде, что означает, что при отстаивании она будет всплывать. Это позволяет удалять ее с поверхности. Наибольшее распространение получили горизонтальные нефтеловушки. Механические способы являются наиболее доступными и дешевыми, но они характеризуются низкой степенью очистки вод. К примеру, остаточное содержание высокодисперсных нефтепродуктов в тех же нефтеловушках составляет 10-30 мг/дм<sup>3</sup> [1].

Химические методы базируются в большинстве своем на принципах окисления загрязняющих веществ. К наиболее популярным химическим

методам относят нейтрализационный способ очистки, а также хлорирование и озонирование. В последнее время предпочтение отдается озонированию, вследствие его способности к обесцвечиванию воды, удалению посторонних привкусов и запахов в ней, безопасности использования и многим другим преимуществам [2]. Получают озон в озонаторах действием электрического разряда на кислород воздуха, что делает этот метод достаточно дорогим. К основным ограничениям применения химических методов на практике относят большой расход реагентов, дорогостоящего оборудования, появление побочных продуктов.

Одним из эффективных методов является биологическая очистка. При этом происходит удаление органического азота, фосфора и других соединений, содержащихся в нефти, при помощи микроорганизмов (активного ила). В процессе очистки происходит окисление и восстановление азота (нитрификация и денитрификация) и других загрязнений. На данное время биологическую очистку проводят в аэротенках и мембранных биореакторах (МБР). Как правило, биологической очистке должна предшествовать физико-химическая очистка сточных вод [3].

Физико-химические методы очистки вод включают коагуляцию, флотацию и адсорбцию. Процесс коагуляции состоит в том, что происходит укрупнение мелкодисперсных частиц. При этом в раствор добавляют специальные вещества-коагулянты, которые образуют хлопья гидроксидов металлов, оседающих вниз и захватывающих собой взвешенные вещества. Применяется для удаления примесей размером 1-100 мкм [4]. Флотация заключается в пропускании пузырьков воздуха через водный раствор, которые выносят частицы загрязняющих веществ на поверхность в виде пены, которая затем удаляется. Одним из самых эффективных и доступных методов очистки вод, в том числе и от нефтепродуктов является адсорбция. Адсорбционные методы характеризуются возможностью одновременной адсорбции нескольких веществ, рекуперации этих веществ, возможна также регенеративная адсорбция. Повсеместное применение адсорбционных методов делает и их малая стоимость и простота в получении адсорбентов; возможно использования любых углеродистых природных материалов, встречающихся повсеместно. Эффективность адсорбционной очистки достигает 80-99 % и зависит от природы адсорбента, величины его удельной поверхности и других факторов.

В качестве адсорбентов наиболее часто используют активированные угли, так как у них сильно развита удельная поверхность и пористость. Активированные угли можно активировать и модифицировать различными физико-химическими методами, изменяя тем самым параметры, влияющие на адсорбцию.

Так активацию исходного угля можно осуществить излучением СВЧ. В связи с действием излучения происходит испарение и частичная диссо-

ция связанной в углях воды и легковоспламеняющихся органических соединений, которые выходят из структуры угля в виде аэрозолей. При этом происходит увеличение пор [5].

Одним из способов модификации активированных углей является термическая обработка исходного угля щелочью. При этом усиливаются реакции гидрогенизации и дегидратации. Увеличение пористости и удельной поверхности угля происходит за счет выноса твердой фазы с летучими соединениями углерода, образующимися при его окислении. Выявлено, что оптимальным соотношением при такой обработке является уголь/щелочь = 1/3 в интервале температур 300-800<sup>0</sup>С (опыты проводили для высокоуглеродистого материала- лигнина) [6].

В Иркутской области как угледобывающего региона образуется большое количество отходов (60% от всего объема добычи), содержащих ценные компоненты, которые необходимо утилизировать. В настоящее время вышеуказанные отходы активно используются в качестве строительных материалов, в частности в качестве пористых наполнителей бетона [4].

Целью работы явилось использование модифицированных и активированных углей с привлечением отходов угледобывающих предприятий (в том числе донных отложений карьеров) для очистки сточных вод от нефтепродуктов.

Химический анализ отходов угледобывающих предприятий показал в них достаточное содержание оксидов алюминия и кремния. Данный факт говорит о больших перспективах применения последних, в том числе и в очистных технологиях карьерных вод.

#### *Библиографический список*

1. Ильясова К.У., Алпысбаева А.Б. Очистка сточных вод от нефтепродуктов // Вестник науки и образования. – 2015. – №1.
2. Морозова Е.М. Исследование способа обеззараживания сточных вод с помощью озона // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2011. – №3. – с. 162–165.
3. Степанов С.В. Особенности расчета сооружений биологической очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – №3. – с. 49–55.
4. Родионов А.И. Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
5. Пащенко С.Э., Саломатов В.В., Алексеенко С.В., Каляда В.В., Мадирбаев В.Ж., Гартвич Г.Г. Исследование процессов выносов аэрозольно-газовых компонентов при активации и воспламенении углей в высокоградиентном СВЧ поле // [интернет ресурс], URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2011/C02/052.pdf> (дата обращения 20.02.16).

6. Микова Н.М., Иванов И.П., Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н. Исследование термощелочной активации лигнина из соломы пшеницы, строения и свойств получаемых активированных углей // Химия растительного сырья. – 2014. – №3. – с. 227–234.

## **ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЯХ**

Добржанская Ю.А.<sup>1</sup>, Кузнецова О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ХТбп-14-1, институт металлургии и химической промышленности ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [olvlku20@mail.ru](mailto:olvlku20@mail.ru)

<sup>2</sup> к.х.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [olvlku20@mail.ru](mailto:olvlku20@mail.ru)

Одним из сильнейших по действию и наиболее распространенным химическим загрязнением атмосферного воздуха является загрязнение тяжелыми металлами, которые содержатся в твердых аэрозольных частицах. Химический состав взвешенных частиц в атмосфере достаточно разнообразен. Аэрозоли состоят главным образом из углеродсодержащих частиц, оксидов металлов и силикатов, растворенных электролитов и твердых солей. Состав аэрозольных частиц значительно изменяется в зависимости от размера. В частицах с  $D < 2,5$  мкм, которые осаждаются в легких человека, преимущественно концентрируются техногенные элементы (V, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Cd, Sb, Hg, Pb); элементы земной коры (Mg, Al, Si, Ca, Fe) входят в частицы с  $D > 2,5$  мкм [1].

К образованию взвешенных частиц в атмосферном воздухе приводят процессы горения, осуществляемые на ТЭЦ, мусоросжигательных заводах, в бытовых печах, в двигателях внутреннего сгорания, в печах обжига цемента, а также аэрозольные частицы попадают в атмосферу в результате лесных пожаров и вулканической деятельности. В продуктах сгорания угля идентифицировано около 60 металлов. В дымовых газах ТЭЦ обнаружены; Hg, As, Ba, Be, Br, Cl, Co, Cu, Fe, F, Pb, Mn, Sb, Mo, Ni, Ce, Zn, V, Ti [2]. Для большинства перечисленных элементов их выброс в атмосферу с дымовыми газами ТЭЦ составляет  $\frac{3}{4}$  от абсолютного уровня загрязнения воздуха всеми источниками эмиссии этих элементов.

Многие неорганические соединения тяжелых металлов обладают канцерогенными и мутагенными свойствами: соединения Pb, Cr(VI), Cd, V относятся к веществам 1 класса опасности, соединения Mn, Zn, Cu, Ni, Co менее токсичны и относятся к веществам 2 класса опасности [3]. Значительная биологическая роль тяжелых металлов определяет необходимость контроля их содержания. Частицы, образующиеся в результате сгорания, обычно имеют размер менее 1 мкм, так что они могут легко проникать в

легочные альвеолы. При воздействии на организм человека аэрозоли тяжелых металлов могут вызывать ряд специфических заболеваний (болезни легких, аллергические реакции). Тяжелые металлы способны аккумулировать в организме человека, вызывая серьезные последствия: мутагенные, канцерогенные, тератогенные. В связи с этим необходимо проводить мониторинг санитарного состояния атмосферного воздуха.

Согласно отечественному нормативному документу [3] для контроля содержания металлов в атмосфере городов в основном (~80%) рекомендуются методики, основанные на фотометрическом методе анализа. В настоящее время известны методики определения хрома с дифенилкарбазидом, ванадия с салицилгидроксамовой кислотой, свинца и цинка с сульфарсазеном, марганца путем окисления до марганцевой кислоты.

При количественном химическом анализе качество результатов обязательно зависит от полноты учета всех возможных химических взаимодействий компонентов, входящих в состав пробы, а также от правильности выбора метода анализа и методики выполнения измерений содержания определяемых компонентов. Известно, что при фотометрическом определении аналитов мешает присутствие больших количеств ионов с собственной окраской, например, ионов железа. Мешающее влияние железа требует устранения химическими способами.

Исследования показали, что при содержаниях Fe более 60 мкг оптическая плотность растворов исследуемых проб резко возрастает, что приводит к завышению результатов фотометрического анализа. Выяснили, что при высоких содержаниях железа погрешности результатов фотометрических методик могут достигать 25-40 отн. % в зависимости от элемента. Дополнительные исследования показали, что при увеличении количеств маскирующих реагентов влияние ионов железа снижается.

Таким образом, для получения достоверных результатов анализа необходим учет всех возможных взаимодействий, как матричных компонентов пробы, так и реактивов, вносимых в пробу в ходе выполнения анализа в виде маскирующих реагентов, буферных растворов и т.д.

#### *Библиографический список*

1. Santamaria J., Mendez J., Fernandez M. et.al. Particle size distribution of trace metals in atmosphere of Madrid (Spain) // Fresenius Z. Anal. Chem. – 1989. – V. 334, № 7. – P. 661.
2. Михайлов В.А., Пушкин С.Г., Назаров А.А. Исследование элементного состава атмосферных аэрозолей с помощью современных аналитических методов. – М.: Химия, 1979. – 55 с.
3. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М: Госкомгидромет СССР, 1991. – 693 с.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В СВАРОЧНЫХ АЭРОЗОЛЯХ

Рогова Ю.А.<sup>1</sup>, Кузнецова О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ХТбп-14-1, институт металлургии и химической промышленности ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [olvlku20@mail.ru](mailto:olvlku20@mail.ru)

<sup>2</sup> к.х.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [olvlku20@mail.ru](mailto:olvlku20@mail.ru)

На всех стадиях эволюции человек был тесно связан с окружающим миром. Но с тех пор как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось. Наиболее масштабным и значительным является химическое загрязнение среды. Среди них – газообразные и аэрозольные загрязнители промышленно-бытового происхождения.

Сварочные аэрозоли – один из негативных факторов, оказывающий влияние на здоровье сварщиков, именно поэтому этот вопрос актуален. Твердая составляющая сварочных аэрозолей (ТССА) представляет собой мелкодисперсные частицы, которые обладают высокой канцерогенностью и токсичностью. При попадании этих частиц через дыхательные пути в организм человека, они могут остаться там и стать причиной хронических заболеваний и снижения работоспособности. Сварочный аэрозоль, в частности, от электросварки, образуется от воздействия дугового электроразряда на свариваемый металл и электрод, при этом температура может достигать 5000°. Металл при этой температуре переходит в газовую фазу, затем конденсируется при охлаждении в воздухе, образуя тончайшую пыль. Кроме металла в воздух летит также материал флюса, состоящий из окислов железа и марганца, кремнезема и большого количества ферромарганца. Все эти материалы, испаряясь под воздействием высокой температуры дуги, при охлаждении конденсируются и впоследствии образуют с металлом прочные соединения. Именно эти соединения составляют твердую часть аэрозоля, частицы которого обычно имеют размер менее 1 мкм, так что они могут легко проникать в легочные альвеолы. Согласно литературным данным, респираторные эффекты, наблюдаемые у сварщиков, включают функцию изменений легких, лихорадку от паров металлов, бронхит, и возможное увеличение заболеваемости раком легких.

Для контроля состава ТССА согласно нормативному документу МУ №4945-88 [1] используются методики определения металлов в сварочных аэрозолях, основанные на методах атомно-абсорбционного, фотометрического и электрохимического анализа. Следует учесть то, что эти методики включают стадию предварительной обработки материала проб для удаления органической матрицы и перевода определяемых элементов в рас-

твор. Стадия разложения исследуемых образцов делает анализ с помощью указанных методик длительным и трудоемким.

Во время подготовки проб к анализу контролируемые компоненты выделяют с фильтра с помощью специальных растворителей или переводят в раствор, применяя «сухое» или «мокрое» озоление. Следует отметить, что при использовании селективных растворителей в раствор переходят только подвижные формы металлов, тогда как в аэрозолях присутствуют, в основном, труднорастворимые соли и оксиды металлов. Водорастворимые соединения Fe составляют всего 2% от их общей массы, для Mn, Mg, S, K, Cu – 20-25%; а для Na, Ca, Zn – 50-70% [2].

Метод «сухого» озоления представляет собой сжигание материала при постепенном повышении температуры от комнатной до 500°C с добавлением  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , до 800°C со смесью  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{KNO}_3$ . В монографии [3] отмечается, что при температуре выше 550°C возможны потери летучих компонентов.

Метод «мокрого» озоления заключается в том, что анализируемые элементы переводят в раствор с помощью растворов сильных окислителей. Чаще используется серная или азотная кислота, но для некоторых соединений, с плотно упакованной кристаллической структурой (например:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) лучше использовать смесь кислот – азотной и хлорной [3]. Соляную кислоту используют для растворения проб, содержащих Ag, Pb, Sb, Se, Te, отдельные соединения которых плохо растворимы серной и хлорной кислотами; еще эту кислоту используют для растворения Al и Fe в высоких концентрациях [3]. Если в аэрозоле содержатся силикаты, в состав которых входят определяемые элементы, рекомендуется использовать для растворения фтористоводородную кислоту. Следовательно, при выборе кислоты для растворения проб аэрозолей необходимо учитывать возможность образования нерастворимых или малорастворимых солей.

Применение рассмотренных методов нередко приводит к неполному разложению пробы, в результате после растворения остаются твердые частицы, которые могут содержать определяемые элементы.

В ходе эксперимента было установлено, что стандартизированные методики определения металлов в сварочных аэрозолях не всегда обеспечивают удовлетворительные результаты из-за погрешностей, возникающих на этапе подготовки проб к анализу. В зависимости от соединения для Mn погрешности результатов анализа составляют 5-20%, а для Cr могут достигать 100%.

#### *Библиографический список*

1. МУ № 4945-88. Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы). М.: МП «Рарог», 1992. – 112 с.

2. Дорошенко Н.В. Особенности проведения анализа проб пыли, выделяющейся при газовой резке металлолома // Завод. лаб. – 1998. – Т. 64, № 3. – С. 13-15.

3. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984. – 432 с.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ГОРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Иванова Л.Н.<sup>1</sup>, Минаева Л.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>бакалавр гр. ХТб-14, филиала в г. Усолье-Сибирское ИРНИТУ, г. Усолье-Сибирское, e-mail: [ivanovaln@mail.ru](mailto:ivanovaln@mail.ru)

<sup>2</sup>ст. преподаватель кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов ИРНИТУ, e-mail: [lminaeva@istu.edu](mailto:lminaeva@istu.edu)

Поступление в водные объекты промышленных сточных вод является одной из причин их загрязнения минеральными, биогенными и органическими веществами, многие из которых токсичны. Современный уровень очистки сточных вод недостаточен.

Объем сточных вод в Иркутской области, требующих очистки, в 2014 г. составил 590,22 млн.м<sup>3</sup>. В 2014 г. валовой сброс загрязняющих веществ составил 925,23 тыс. т, что на 2,3 % больше, чем в 2013 году. В водные объекты поступило до 48 загрязняющих веществ. Основными загрязняющими веществами, поступившими в поверхностные водные объекты со сброшенными сточными водами в соответствии с федеральным статистическим наблюдением по форме № 2-ТП (водхоз) за 2014 г., являются такие ионы металлов: железо – 66,91 т; алюминий – 5,47 т; марганец – 6,34 т; цинк – 4,71 т; медь – 1,19 т; бор – 1,21 т; никель – 0,10 т; кадмий – 0,01 т; ртуть – 2,39 кг [1, 2].

Наиболее приемлемыми из экономических соображений и экологии являются природные сорбенты, представленные материалами углеродного (графит, активированный уголь и их производные) и органического (торф, опилки, жмых) происхождения [3–5].

Исследование проводили с целью разработки эффективной, экологически безопасной технологии переработки сточных вод горно-перерабатывающих предприятий, позволяющей извлекать загрязняющие вещества. Учитывая особенности состава сточных вод горных предприятий медноколчеданного комплекса [6, 7]. В работе использовали модельные растворы с содержанием железа до 100 мг/дм<sup>3</sup>. Сорбцию ионов железа (III) проводили в статических условиях из модельных растворов, для приготовления которых использовали сульфата железа Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O

квалификации «хч» и дистиллированную воду при постоянном перемешивании на механическом встряхивателе. В качестве сорбентов в работе использовали: углеродный сорбент ИПИ-Т, природный цеолит (клиноптилолит), опилки, и золу отвалов ТЭЦ.

В табл. 1 представлены результаты анализа золы отвалов ТЭЦ выполненные на рентгенофлуорисцентном спектрометре ARL PERFORM X с помощью программного обеспечения QuantAS.

Таблица 1 – Результаты полуколичественного анализа золы

Элементы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
Концентрация, %	61,9	23,8	3,91	1,1	0,877	0,763	0,44	0,429

Как видно, из представленных данных (табл. 1) зола отвалов ТЭЦ содержит значительное количество оксидов SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что позволяет сделать вывод о ее хорошей коагулирующей способности.

На спектрофотометре СФ–46 определяли оптические плотности ( $\lambda = 510\text{nm}$ ), для этого отбирали из общего объема 100 мл аликвотную часть 1,0 мл раствора железа (III), помещали в мерную колбу емкостью 50 мл, вводили 30,0 мл 0,01 М раствора сульфосалициловой кислоты и 5 мл ацетатного буферного раствора (pH = 6,85), доводили объем мерной колбы дистиллированной водой до метки. В качестве раствора сравнения брали воду. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2– Степень извлечение железа

№	Сорбент	R, %
1	Зола	0,40
2	Опилки	0,59
3	Цеолиты	0,84
4	Углеродный сорбент	0,98

Проведенные исследования показали высокую степень извлечения ионов железа (III) на углеродном сорбенте ИПИ-Т и цеолите, достаточную – опилки, невысокую – зола отвалов ТЭЦ.

Таким образом, сорбционная технология может быть использована для доочистки железосодержащих сточных вод с использованием сорбентов, в отдельных случаях, позволяющей снизить концентрацию железа (III) до требуемых нормативов.

#### *Библиографический список*

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 году». – Иркутск : Форвард, 2015 г. – 328 с.

2. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2014 году». – М.: НИА-Природа, 2015. – 270 с.

3. Дударев В.И. Сорбционное концентрирование тяжелых металлов и определение никеля в производственных растворах / Дударев В.И., Филатова Е.Г., Дударева Г.Н., Климова О.В., Минаева Л.А., Рандин О.И. // За-водская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81. № 1–I. – С. 16–23.

4. Филатова Е. Г. Деманганадия сточных вод электрохимическим способом / В. И. Дударев, А. Н. Баранов, Е. Г. Филатова, Л. А. Минаева // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 4 (87). – С. 124–127.

5. Филатова Е. Г. Исследование параметров извлечения ионов тяжелых металлов в электролизерах с алюминиевыми анодами / Е. Г. Филатова, А. А. Соболева, Д. И. Минаев // Водоочистка, 2015. – № 2. – С. 24–31.

6. Филатова Е. Г. Извлечение ионов железа (II) из водных растворов углеродными адсорбентами / Е. Г. Филатова, В. И. Дударев, Ю. С. Сырых, А. Т. Нгуен Нгок // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 8 – С. 42–44.

7. Минаева Л.А. Применение электрохимической коагуляции для деманганации сточных вод / Минаева Л.А., Филатова Е.Г., Дударев В.И., Соболева В.Г.// Водоочистка. 2013.– № 9. – С. 37–43.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ КОМПОЗИТНЫХ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ МЕМБРАН**

Максименко С. Д.<sup>1</sup>, Усманов Р. Т.<sup>2</sup>, Чеснокова А. Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>аспирант Физико-технического института ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [irz.irk@mail.ru](mailto:irz.irk@mail.ru)

<sup>2</sup>студент гр. ХТБП-15-1 ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [ursa\\_55@mail.ru](mailto:ursa_55@mail.ru)

<sup>3</sup>к.х.н., ведущий инженер ФТИ ИРНИТУ, г. Иркутск: e-mail: [chesnokova@istu.edu](mailto:chesnokova@istu.edu)

Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Россия, г.Иркутск

Топливные элементы (ТЭ) используются с целью трансформации энергии топлива непосредственно в электрическую и тепловую энергию (избегая процессов горения). Коэффициент полезного действия таких устройств значительно выше, чем у двигателей внутреннего сгорания [1-4]. ТЭ обладают рядом преимуществ, по сравнению с традиционными источ-

никами энергии, такими как: малые габаритные размеры, малый вес, бесшумность работы, экономичность с точки зрения потребления топлива, а главное, в результате своей работы ТЭ не производят выделения вредных веществ в атмосферу (побочным продуктом является вода) [1-4].

Не смотря на ряд преимуществ и длинную историю развития, ТЭ являются на сегодняшний день довольно дорогостоящими устройствами, что, безусловно, ограничивает их коммерциализацию.

В случае твердополимерных топливных элементов (ТПТЭ) основное удорожание происходит за счет использования катализаторов на основе благородных металлов и дорогостоящих патентованных мембранных материалов. В связи с этим, создание ТЭ на основе материалов схожих по свойствам, обладающих при этом более низкой себестоимостью по сравнению с аналогами, а так же сравнительно простой технологией изготовления, является актуальной задачей современной науки.

Существует несколько методов для получения протонпроводящих мембран. Одним из перспективных является золь-гель синтез. Полученные этим методом мембраны сочетают в себе ряд свойств: высокая химическая и термическая стабильность неорганической матрицы и функциональные свойства органического компонента [2, 4-5].

Целью данной работы являлось исследование протонной проводимости мембран на основе сульфированного сополимера аллилглицидилового эфира со стиролом, полученных золь-гель методом с участием тетраэтоксисилана (ТЭОС) и пленкообразователя поливинилбутираля.

Синтез композитных мембран проводили по методике, описанной в [6-7].

Проводимость полученных образцов определяли методом импедансной спектроскопии при температурах 30, 40, 50, 60, 70 °С и относительной влажности 32%. Измерение импеданса проводилось на приборе Z-3000 (ООО «Элинс») в интервале частот от 100Гц до 1 МГц на симметричных ячейках двух типов С/мембрана/С и Au/мембрана/Au. Амплитуда внешнего переменного сигнала составляет 50 мВ.

На основе полученных данных построены графики зависимости протонной проводимости исследуемых мембран от температуры  $\lg \sigma (1/T)$  (рис. 1), по которым определена энергия активации переноса протонов. Исследование показало, что при 30 °С значение протонной проводимости изученных мембран составляет  $3 \cdot 10^{-4}$  См·см<sup>-1</sup>. С повышением температуры до 70 °С наблюдается увеличение проводимости в 7 раз. Энергия активации переноса протонов составляет 37.8 Дж/моль.

При проведении измерений с использованием двух типов электродов было установлено, что использование электродов с золотым напылением дает наилучшую характеристику.

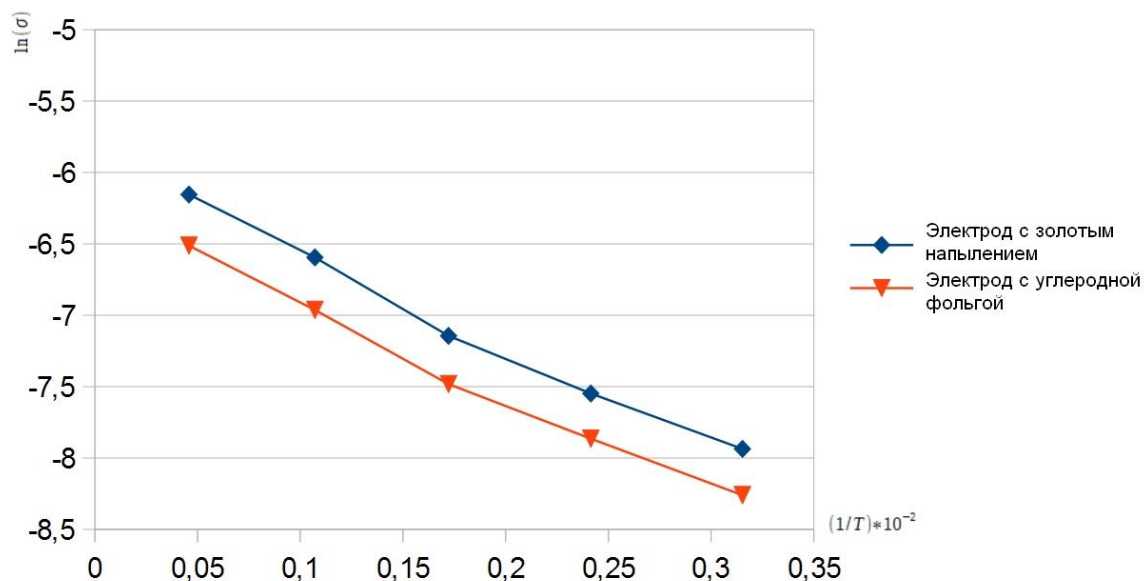


Рис. 1 - Графики зависимости протонной проводимости от температуры

Данные мембраны являются перспективными для дальнейшего изучения в составе ТЭ при условии снижения энергетического барьера процесса протонного переноса и улучшения физических свойств.

#### *Библиографический список*

1. Добровольский Ю.А., Писарева А.В., Леонова Л.С., Карелин А.И. Новые протонпроводящие мембраны для топливных элементов и газовых сенсоров // Альтернативная энергетика и экология. – 2004. – Т.20. №12. – С.36-41.
2. Zhao T.S. Advances in Fuel Cells / Zhao T.S., Kreuer K.-D., Nguyen T. – Elsevier, 2007. – 499с.
3. Иванчев С.С., Мякин С.В. Полимерные мембраны для топливных элементов: получение, структура, модифицирование, свойства // Успехи химии. – 2010.–Т.79. – №2. – С.117-134.
4. Pozhidaev Y., Lebedeva O., Bochkareva S., and Sipkina E. Hybrid Composites from Silicon Materials and Nitrogenous Heterocyclic Polybases // Adv. Sci. Lett.– 2013. – Vol. 19. – pp.309-312.
5. Цветкова И.Н., Шилова О.А., Гомза П.Ю., Сухой К.М. Золь-гель синтез и исследование силикофосфатных и гибридных протонпроводящих нанокомпозитов // Альтернативная энергетика и экология. – 2007. – №1(45). – С.137-138.
6. Бадлуева Т.В. Золь-гель синтез и исследование протонпроводящих мембран для топливных элементов / Дипломная работа, ИрГТУ, Иркутск, 2013, 64 с.

7. Chesnokova A.N., Lebedeva O.V., Pozhidaev Yu. N., Ivanov N. A. , Rzhechitskii A. E. Synthesis and Properties of Composite Membranes for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells / Advanced Materials Research, Vol.884-885 (2014) pp. 251-256.

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ХРОМА ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЕЙ

Субботина Е.В.<sup>1</sup>, Минаев Д.В.<sup>2</sup>, Чугунов А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> зав. лабораториями кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: subbotina123@list.ru

<sup>2</sup> аспирант, института пищевой инженерии и биотехнологии, ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [minaev.dimn@yandex.ru](mailto:minaev.dimn@yandex.ru)

<sup>3</sup> студент гр. ХТб- 14-2 института металлургии и химической технологии им. С.Б. Леонова ИРНИТУ, г. Иркутск,, e-mail: [chugunovsasha1996@yandex.ru](mailto:chugunovsasha1996@yandex.ru)

На сегодняшний день реагентная очистка хромсодержащих сточных вод, производится по довольно сложной технологии, в связи, с чем этот поток чаще всего выведен в самостоятельную линию [1]. Основной задачей обезвреживания сточных вод, содержащих соединения  $Cr^{6+}$ , является его восстановление до трехвалентного состояния. Соединения  $Cr^{3+}$ , примерно в 100 раз менее токсичны и склонны к гидролизу в щелочной среде, что позволяет удалять их в виде гидроксида при последующей очистке [1-3]. В качестве восстановителей широко используют сульфит, биосульфит и пиросульфит натрия, железный купорос и др. Однако, использование реагентного метода при очистке производственных сточных вод не позволяет использовать очищенные воды в оборотной системе водоснабжения предприятий, так как происходит дополнительное загрязнение воды анионами используемых реагентов.

Для извлечения ионов хрома (VI) широко применяют электрокоагуляцию с использованием железных электродов. Способ электрокоагуляционного восстановления шестивалентного хрома был внедрен в качестве локального метода очистки на многих предприятиях цветной металлургии и машиностроения бывшего СССР. К основным достоинствам этого метода относятся: высокая эффективность очистки от ионов хрома, возможность использования на предприятии оборотной системы водоснабжения, компактность электрокоагуляционной установки и простота управления, отсутствие потребности в реагентах, малая чувствительность к изменениям условий проведения процесса очистки (температуры, pH среды, присут-



ствия токсичных веществ), получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами.

В настоящее время этот метод признан устаревшим так при использовании на практике электрокоагуляции с железными электродами происходит большой расход листового железа, при этом удается использовать не более 50-70% металла электродов, вследствие зашламливания электродных систем гидроксидом железа и возникновением в результате коротких замыканий. Известно, что применение для очистки сточных вод от ионов хрома электрокоагуляции с алюминиевыми электродами не дало желаемых результатов. Концентрацию хрома при использовании алюминиевых электродов удается снижать по сравнению с исходной только в 2,5-3,0 раза [3]. Хотя известно, что применение гидроксида алюминия на практике позволяет добиться более высоких показателей эффективности очистки сточных вод, чем при использовании гидроксида железа [4-8].

Цель нашей работы заключалась в интенсификации электрокоагуляционного извлечения ионов хрома (VI) с использованием алюминиевых электродов. Концентрацию ионов хрома (VI) определяли спектрофотометрическим методом анализа с помощью дифенилкарбазида. При изучении электрокоагуляции модельных сточных вод, содержащих дихромат-ионы, стало понятным, что именно эти ионы вызывают пассивацию алюминиевых электродов, в результате, чего не удается снизить концентрацию хрома (VI) в сточной воде до норм ПДК (0,05 мг/л).

Между тем в работе [9] доказано агрессивное действие хлорид-ионов по отношению к алюминию, которое вызывает его локальную активацию. Алюминий подвергается локальному разрушению при всех исследованных концентрациях NaCl. Таким образом, вводя в сточные воды хлорид натрия, значительно увеличивается время работы алюминиевых анодов до пассивации. Вместе с тем добавление поваренной соли также увеличивает электропроводность растворов. Для интенсификации электрокоагуляционного извлечения ионов хрома (VI) с использованием алюминиевых электродов нами было изучено влияние на этот процесс различной концентрации хлорид-ионов, pH и плотности тока на электродах.

#### *Библиографический список*

1. Запольский А.К., Образцов В.В. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства. – К.: Техника, 1989. 199с.
2. Филатова Е.Г. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). С. 97-109.
3. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М. Технология электрохимической очистки воды. – Л.: Стройиздат, 1987. 312с.
4. Филатова Е.Г., Дударев В.И., Свитова А.О. Изучение адсорбционных свойств электрогенерируемого гидроксида алюминия // В книге: Тре-

твѣ Всероссийская научная конференция (с международным участием): «Успехи синтеза и комплексообразования». тезисы докладов. Москва, 2014. С. 224.

5. Филатова Е.Г., Дударев В.И., Соболева А.А., Климова О.В. Оптимизация электрокоагуляционной технологии удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод // Вода: химия и экология. 2014. № 2 (67). С. 36-42.

6. Филатова Е.Г., Соболева А.А., Дударев В.И., Помазкина О.И. Извлечение ионов меди из промывных стоков гальванического производства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 9 (68). С. 205-211.

7. Филатова Е.Г., Соболева А.А., Дударев В.И., Анциферов Е.А. Электрохимическая коагуляция ионов тяжелых металлов в связи с проблемой загрязнения и очистки сточных вод // Водоочистка. 2012. № 8. С. 22-28.

8. Филатова Е.Г., Соболева А.А., Дударев В.И. Электрокоагуляционное извлечение ионов никеля из сточных вод гальванического производства // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. Т. 2. № 1. С. 149-157.

9. Борисенкова Т.А., Калужина С.А. // Кондесированные среды и межфазные границы, том 13, № 2, С. 132-136.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД ТУНКИНСКОЙ ДОЛИНЫ**

Долгих Д.В.<sup>1</sup>, Бегунова Л.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студентка гр. ТПБ -15-2, институт пищевой инженерии и биотехнологии ИРНТУ, г. Иркутск, e-mail: darya.dolgh@bk.ru

<sup>2</sup> к.т.н., доцент каф. ТПП и Х, ИРНТУ, г. Иркутск, e-mail: lbegunova@mail.ru

Источниками водоснабжения в большинстве регионов РФ являются поверхностные воды рек (водохранилищ) и озѣр, на долю которых приходится 65-68 % от общего объема водозабора. Чтобы оценить качество природной воды необходимо исследовать основные показатели: рН, минерализованность (солесодержание), жесткость, содержание взвешенных и органических веществ, а также фазово-дисперсное состояние. В процессе естественного круговорота вода соприкасается с огромным количеством минералов, органических соединений, газов [1]. Тункинская долина географически является продолжением Байкальской впадины. Она представляет собой котловину почти круглой формы. С геологической точки зрения Тункинская долина представляет собой дно древнего озера. В результате тектонической катастрофы была разрушена мощная перемычка, и вода

древнего водоёма ушла в Байкал. Тункинский национальный парк занимает площадь 1,2 миллионов гектаров. В него входит вся Тункинская долина. Здесь есть курорты с горячей и холодной минеральной водой, такие как Аршан, Нилова Пустынь, Вышка (с. Жемчуг), а также Хонсор-Уула. На территории Тункинской долины находится большое количество рек и минеральных источников, которые не изучены по содержащимся в воде примесям.

Качество воды в значительной мере зависит от её ионного состава. Для подавляющего большинства природных вод общее солесодержание достаточно точно определяется катионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и анионами  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  (макрокомпоненты). Остальные ионы обычно присутствуют в очень незначительных количествах, но могут существенно влиять на свойства и качество воды.

Для исследования состава поверхностных вод Тункинской долины пробы отбирались в июле месяце 2015 г. Катионный состав исследуемых проб определяли атомно-эмиссионным методом анализа в аккредитованной лаборатории ИНЦ СО РАН. Экспериментальные данные представлены в табл 1.

Таблица 1

Источник	Na, мг/л	K, мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Fe, мг/л
р. Иркут	0,70	0,71	36,6	8,81	0,02
Кырен	2,34	1,55	38,8	6,79	0,06
Белый Иркут	1,21	2,22	24,3	5,06	0,02
Чёрный Иркут	0,70	0,73	20,6	3,99	0,02
р. Тунка	4,04	1,45	31,6	9,06	0,02
Ист. Глазной	5,88	2,35	24,7	10,6	0,17
Ист. Желудочный	3,90	2,12	21,0	6,22	0,76
Ист. Печёночный	8,49	3,70	31,7	16,7	0,16
Ист. Нервный	11,2	2,86	35,5	16,5	0,04
Ист. Мужской	11,2	2,83	33,4	16,4	0,04
Ист. Женский	11,2	2,83	32,6	16,0	0,02
Ист. Почечный	11,4	0,81	23,2	2,01	0,01

Проведённые исследования показали что ни в одной из отобранных проб превышений ПДК химических веществ [2,3,4] не наблюдается. В тоже время, полученные данные свидетельствуют о наличии сравнительно большого количества катионов натрия, калия, кальция, магния, железа общего в источниках, вода из которых используется в лечебных целях.

Пробы из поверхностных водных объектов (реки Иркут, Белый Иркут, Чёрный Иркут, Тунка, Кырен) содержат гораздо меньшее количество указанных элементов по сравнению с источниками. В соответствии с классификацией питьевых минеральных вод [5] подземные источники можно

отнести по общей минерализации к пресным питьевым минеральным водам с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup> включительно.

#### *Библиографический список*

1. Л.С. Алексеев. Контроль качества воды. Москва ИНФРА-М. 2004 г. 154 С.

2. ГН 2.1.5. 1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

3. РД 52.24.403-2007

4. РД 52.24.391-2008

5. ГОСТ Р 54316 – 2011. Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУММАРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ**

Репин Э. Е.<sup>1</sup>, Зенин Е.В.<sup>2</sup>, Бегунова Л.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> студент гр. ХТБ -14-2, институт металлургии и химической технологии им. С.Б Леонова ИРНИТУ, г.Иркутск, e-mail: rehin.edgar@mail.ru

<sup>2</sup> студент гр. ХТБ -14-1, институт металлургии и химической технологии им. С.Б Леонова ИРНИТУ, г.Иркутск, e-mail: markofblack@gmail.com

<sup>3</sup> к.т.н., доцент каф. ТПП и Х, ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: lbegunova@mail.ru

В систему экологического мониторинга входят наблюдения за состоянием элементов биосферы и наблюдения за источниками антропогенного воздействия. Одним из эффективных методов экологической индикации состояния городской среды в холодный период года служит эколого-геохимический мониторинг состояния снежного покрова. Актуальность такого выбора определяется тем, что государственные службы не исследуют систематически его химический состав. При формировании снеговой массы эффективно сорбируются примеси из атмосферы и депонируются не только влажные выпадения атмосферы, но и сухие пылевые выбросы от техногенных источников - автомобильного и железнодорожного транспорта.

В практике аналитического контроля качества вод под нефтепродуктами понимают неполярные и малополярные углеводороды (алифатические, ароматические, алициклические), составляющие основную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки. Содержание нефтепродуктов является одним из обобщенных показателей, характери-

зующих качество вод. Для питьевых вод предельно допустимая концентрация (ПДК) составляет 0,1 мг/дм<sup>3</sup> [1].

Основными методами количественного химического анализа, применяемыми в настоящее время при определении нефтепродуктов в водах, являются гравиметрический, ИК-спектроскопический, газохроматографический и флуориметрический. Для определения растворённых нефтепродуктов был выбран флуориметрический метод. Он основан на экстракции нефтепродуктов гексаном, очистке при необходимости экстракта с последующим измерением интенсивности флуоресценции экстракта, возникающей в результате оптического возбуждения. Метод отличается высокой чувствительностью (нижняя граница диапазона измерений 0,005 мг/дм<sup>3</sup>), экспрессностью, малыми объемами анализируемой пробы и отсутствием значимых мешающих влияний липидов. Для градуировки анализатора рекомендован стандартный образец, представляющий собой раствор масла турбинного Т-22 в гексане, который получил статус государственного (ГСО 7950-2001).

Для отбора снежных проб была выбрана площадка по ул. Мира напротив завода «Ангария». Рядом проходит автомобильная дорога с интенсивным движением. Пробы отбирали точно на всю глубину залегания снеговой массы при помощи снегомера, снегомерной рейки с шагом 2 метра [2]. Отбор проб снежного покрова производили в период его максимального накопления, незадолго до периода снеготаяния (конец февраля).

Для определения концентраций нефтепродуктов в талой воде использовалась методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой, и сточной воды на анализаторе «Флюорат – 02 – 5М». Экспериментальные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Пробы	Массовая концентрация нефтепродуктов в снеге мг/дм <sup>3</sup>
	Февраль
Автомобильная дорога – 0 метров	1,19
Автомобильная дорога – 2 метров	0,92
Автомобильная дорога – 4 метра	0,68
Автомобильная дорога – 6 метров	0,51
17 км Байкальского тракта	0,18

Для определения фоновой концентрации [3] нефтепродуктов был произведён отбор проб снега на территории, практически не подвергающейся загрязнению или испытывающей его в минимальной степени – садоводство «Политехник», расположенном на 17 км. Байкальского тракта.

Следует отметить, что на данный момент в Российской Федерации ПДК нефтепродуктов в почве не установлена. Эти нормы должны разраба-

тиваться для конкретного района и для конкретного типа почв, на основе анализа массива данных о воздействии нефтепродуктов на различные компоненты экосистем и на здоровье человека. На сегодняшний день степень загрязнения почв нефтепродуктами оценивается по превышению содержания углеводородов над фоновым значением в конкретном регионе.

Согласно полученным данным, содержание нефтепродуктов в проанализированных пробах находится в пределах от 1,19 до 0,51 мг/л, что в некоторых случаях превышает фоновое значение в 6 раз. Если сравнение проводить с ПДК питьевых вод [4,5], превышение концентрации нефтепродуктов наблюдается в диапазоне от 12 до 5 ПДК.

Проанализировав данные исследований различных научных учреждений по определению загрязняющих веществ в снеговой массе, следует сделать вывод о целесообразности организации централизованной системы мониторинга в части исследования атмосферных осадков на территории города Ангарска.

#### *Библиографический список*

1. ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – Введ. 2007-12-15. Гигиенические требования – РАМН, 2007

2. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков

3. ГН 2.1.7.2041-06 «ПДК химических веществ в почве»

4. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»;

5. ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения N 1 к ГН 2.1.5.1315-03»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ ПРИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ СТОЧНЫХ ВОД**

Помазкина О.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> аспирант, кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [olga\\_pomazkina@mail.ru](mailto:olga_pomazkina@mail.ru)

Предельные концентрации сброса загрязняющих веществ в рыбохозяйственные водоемы постоянно снижаются. Поэтому существующих технологий очистки сточных не достаточно для получения очищенной воды требуемого качества. Для наиболее полного извлечения

загрязняющих веществ из растворов с низкой концентрацией, в не конкуренции остаются адсорбционные методы очистки. При выборе адсорбентов определяющими факторами являются их цена, доступность, эффективность очистки и др. Всем перечисленным параметрам удовлетворяют природные цеолиты. Известно, что природные цеолиты высокоэффективно извлекают ионы тяжелых металлов из водных растворов и сточных вод [1-5].

С целью достижения предельно-допустимых концентраций сброса в рыбохозяйственные водоемы при очистке сточных вод гальванического производства осуществляли модифицирование природных цеолитов Забайкальского месторождения хлороводородом.

При модификации: брали 25 г прогретого до постоянной массы адсорбента при температуре 140 °С перемешивали в 100 мл 12-% раствора хлороводорода в течение 2-х часов. Через двое суток адсорбент отфильтровывали и высушивали до постоянной массы при комнатной температуре. Наблюдали увеличение массы модифицированного алюмосиликата на 20 %.

Изучение адсорбционных свойств цеолитов по отношению к ионам тяжелых металлов проводили в статических условиях. Для получения изотерм адсорбции в работе использовали метод неизменных навесок (1 г цеолита) и переменных концентраций ионов тяжелых металлов (от 5 до 250 мг/дм<sup>3</sup>)

Таким образом, модификации природных цеолитов хлороводородом позволяет не только повысить эффективности очистки сточных вод гальванического производства, но и обезвредить последние. Как оказалось, полученные адсорбенты, обладают антибактериальными свойствами, а хлороводород является хорошим дезинфектантом.

#### *Библиографический список*

1. Помазкина О.И. Адсорбция катионов никеля (II) природными цеолитами / О.И. Помазкина, Е.Г. Филатова, Ю.Н. Пожидаев // Физикохимия поверхности и защита материалов, 2014. – № 3. – С.262-268.
2. Филатова Е.Г. Использование природных цеолитов в технологии очистки сточных вод / Е.Г. Филатова, Ю.Н. Пожидаев, О.И. Помазкина // Вода: химия и экология, 2014. – № 11. – С. 83 – 88.
3. Филатова Е.Г. Разработка цеолитно-сорбционной технологии очистки сточных вод гальванического производства / Е.Г. Филатова, О.И. Помазкина, Ю.Н. Пожидаев // Химия и технология воды, 2014. – Т. 36, № 6. – С.559-567.
4. Помазкина О.И. Адсорбция ионов меди (II) гейландитом кальция / О.И. Помазкина, Е.Г. Филатова, Ю.Н. Пожидаев // Физикохимия поверхности и защита материалов, 2015. – Т.51, № 4. – С.518-522.

5. Помазкина О.И. Извлечение токсичных ионов из техногенных растворов / О.И. Помазкина, В.Г. Соболева, Е.Г. Филатова // IV Всероссийская научно – практическая конференция с международным участием «Проблемы безопасности и защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций». Уфа, 2014. - С. 156-159.

6. Помазкина О.И. Перспективы применения природных цеолитов в очистных технологиях воды / Помазкина О.И., Филатова Е.Г. // В сборнике: Химия и химическая технология в XXI веке. материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск, 2015. С. 173-174.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Уланова Н.А.

аспирант кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: ulanova\_na@mail.ru

Технологические процессы выработки электрической и тепловой энергии связаны с поступлением большого количества загрязняющих веществ в окружающую среду. В настоящее время проблема воздействия теплоэнергетики на окружающую природную среду остается актуальной, так как количество загрязнений в окружающей среде с каждым годом всё увеличивается. Промышленные площадки теплоэлектростанций (ТЭЦ) - одни из источников поступления загрязнений в окружающую среду через подземные воды. Очевидна необходимость в проведении исследований загрязнения подземных вод тепловыми электростанциями в Байкальском регионе. Несмотря на то, что исследования проводятся на протяжении ряда лет, последовательность и механизм распространения загрязнений остаются до настоящего времени малоизученными. Цель настоящей работы - исследовать химический состав подземных вод в зоне влияния промплощадки ТЭЦ.

Отбор проб и количественный химический анализ проб выполняли ежемесячно на сети контрольно-наблюдательных скважин промплощадки ТЭЦ согласно методическим рекомендациям по гидрогеохимическому опробованию подземных вод, отбор проб воды из скважин осуществлялся с предварительной прокачкой. Качественный и количественный состав подземных вод проводили по методикам ПНДФ. Определяли количество содержания загрязняющих веществ, являющихся специфичными для района исследований. Оценка воздействия ТЭЦ на подземные воды приводится



в сравнении с гигиеническими требованиями к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения (по ПДК для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения), т.к. территория промплощадки размещена в зоне месторождения пресных подземных вод.

Согласно результатам ранее проведенных исследований, в период 2006-2009 гг. на территории промплощадки наблюдалось увеличение содержания фтора, марганца, нефтепродуктов, сульфатов, аммония по отношению к фоновому состоянию в грунтовых водах. Превышение ПДК для источников хозяйственно-питьевого значения отмечалось по марганцу, растворенным нефтепродуктам и аммонии. К приоритетным гидрогеохимическим показателям территории промплощадки были отнесены растворенные нефтепродукты, марганец, т.к. отмечалось их повышенное содержание до 5 ПДК по отношению к нормативам утвержденным СанПиН 2.1.4.1074-01.

Содержание цинка, меди, фенолов, фосфатов, нитратов и нитритов не превышало значений ПДК, поэтому частое определение этих компонентов в дальнейшем сочли не рациональным. Содержание ванадия и хрома не превышали фоновых значений и были значительно ниже утвержденных нормативов ПДК. В период 2010-2015 гг. были проведены исследования химического состава подземных вод в районе расположения промплощадки ТЭЦ. Для оценки результатов исследований на участке приводятся совмещенные графики содержания приоритетных гидрогеохимических показателей в подземных водах территории промплощадки ТЭЦ (рис. 1,2)

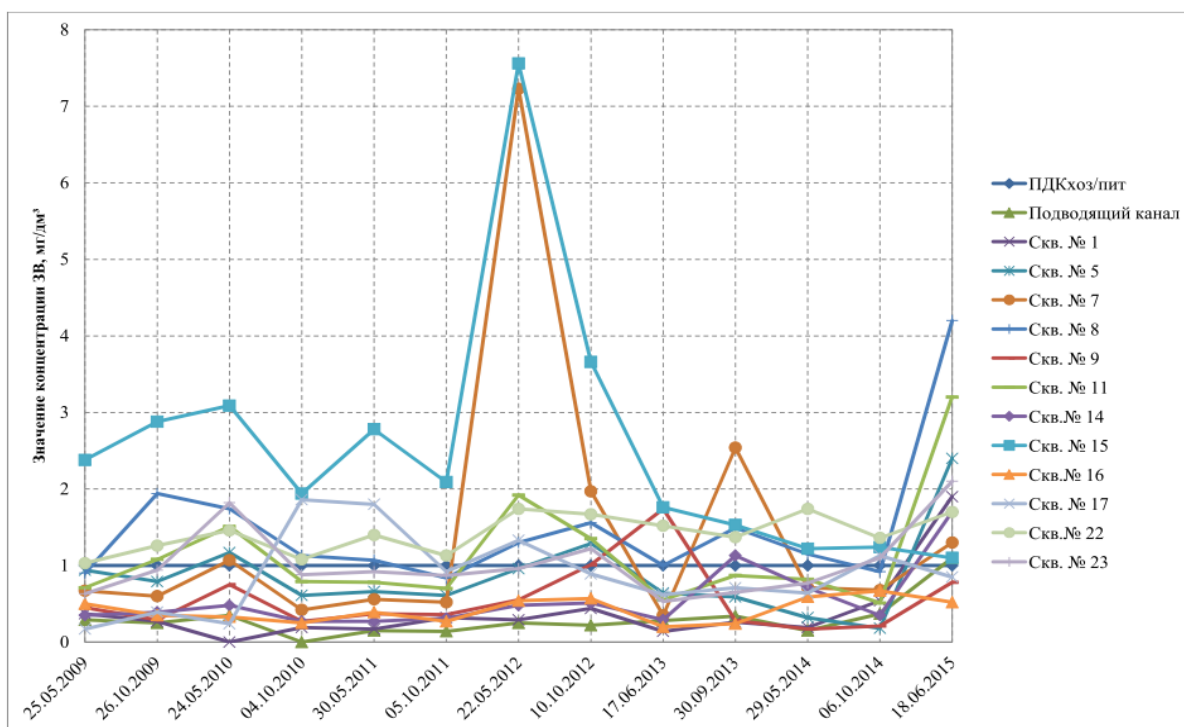


Рис. 1. График изменения содержания нефтепродуктов в подземных водах на участке промплощадки ТЭЦ по отношению к ПДК

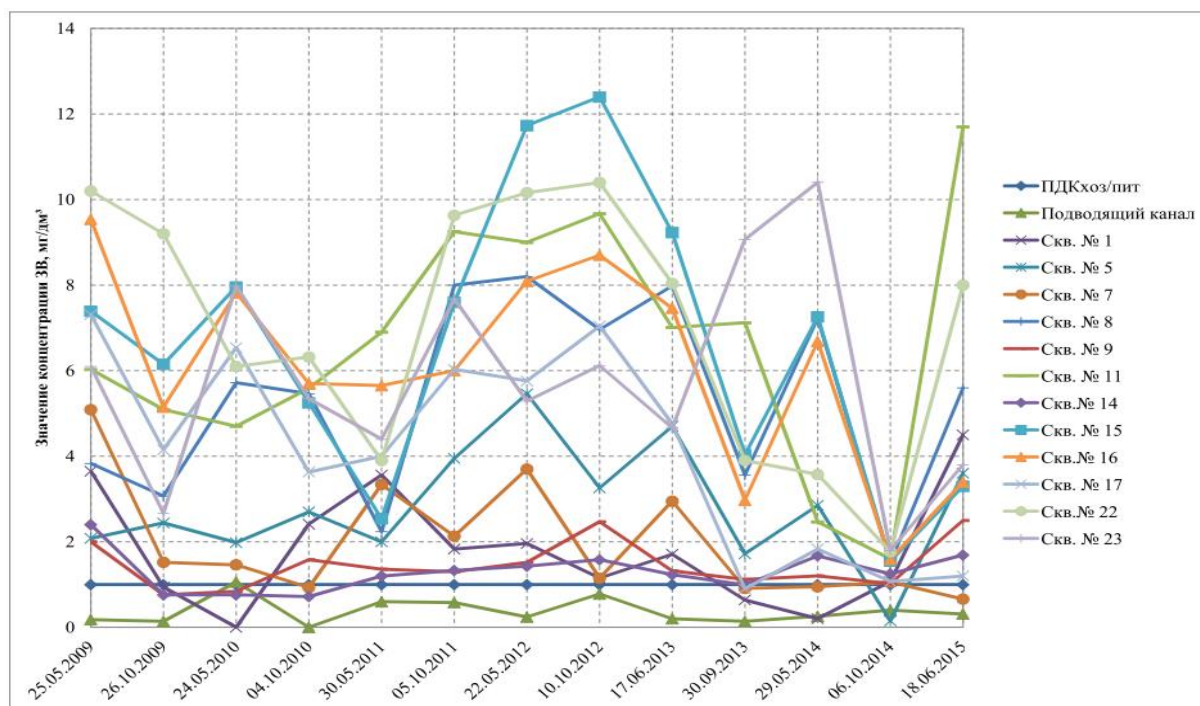


Рис. 2. График изменения содержания ионов марганца в подземных водах на участке промплощадки ТЭЦ по отношению к ПДК

Следует отметить, что за период исследований отмечалось превышение содержание марганца и нефтепродуктов по отношению к фоновому контролю. Загрязнение грунтовых вод нефтепродуктами охватывает значительную территорию промплощадки. Интересно отметить, в подводящем канале загрязняющих веществ не наблюдалось.

Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод, что гидродинамическая обстановка территории промплощадки существенно не изменилась по сравнению с предыдущим периодом.

Повышенное содержание приоритетных показателей (растворенные нефтепродукты и ионы марганца) в подземных водах требует особого внимания. Благодаря гидравлическим связям между подземными и поверхностными водами ближайшего к промплощадке водного объекта подземные воды могут являться источником поступления загрязняющих веществ в водоем рыбохозяйственного значения высшей категории р. Ангара. Запланировано проведение комплекса работ по выявлению зависимостей, последовательности и механизма распространения загрязнений.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭМУЛЬСИЙ

Трезубов К.А.<sup>1</sup>, Соболева В.Г.<sup>2</sup>, Филатова Е.Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> бакалавр гр. ХТб- 14-2 института металлургии и химической технологии им. С.Б. Леонова ИРНИТУ, г. Иркутск,, e-mail: [iiikirill@ya.ru](mailto:iiikirill@ya.ru)

<sup>2</sup> к.т.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [nika.sobolek@mail.ru](mailto:nika.sobolek@mail.ru)

<sup>3</sup> к.т.н., доцент кафедры технологии продуктов питания и химии ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: [efila@list.ru](mailto:efila@list.ru)

Известно, что такие физико-химические свойства, как плотность, и вязкость нефти, нефтепродуктов и их эмульсий сильно зависят от температуры [1]. Для точного определения объема нефтедобычи при изменчивых внешних условиях необходимы исчерпывающие сведения по температурным зависимостям плотности и вязкости нефтепродуктов и их эмульсий. В литературе в полном объеме такая информация не встречается.

Целью работы явилось изучение плотности и вязкости эмульсий вода-дизельное топливо при стандартной температуре.

Исследование плотности и вязкости эмульсий осуществляли по известным методикам [2,3,4]. Измерение плотности проводили пикнометрическим методом, основанным на взвешивании испытуемого вещества, занимающего в пикнометре известный объем. Этот способ является наиболее точным с весьма малой погрешностью (до  $\pm 0,0001$  %), что обусловлено применением высокоточных весов. Определение динамической вязкости выполняли с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-4 с подвесным уровнем.

Изучена зависимость плотности эмульсий от концентрации дизельного топлива при температуре 25°C (рис 1).

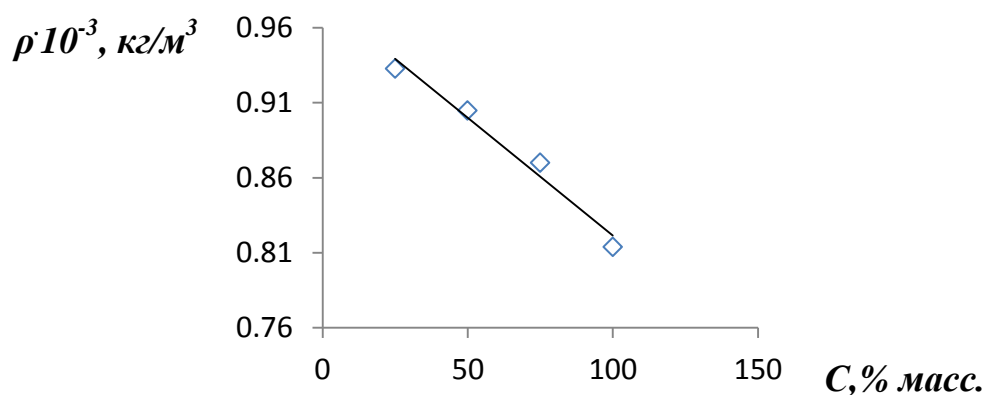


Рис. 1. Зависимость плотности эмульсий от концентрации дизельного топлива

Как видно, из представленных данных (рис. 1), с увеличением концентрации дизельного топлива плотность эмульсии уменьшается. Полученную зависимость можно описать типовым эмпирическим уравнением, позволяющим проводить расчеты с достаточной для практических целей точностью. Так плотность эмульсий ( $\rho$ ) может быть определена по уравнению типа:

$$\rho = aC + b \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность раствора, кг/м<sup>3</sup>;  $C$  – концентрация дизельного топлива, масс. %;  $a$ ,  $b$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от природы системы и концентрации.

Таблица 1 – Зависимость плотности ( $\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м<sup>3</sup>) эмульсий от концентрации дизельного топлива при 25° С

$C$ , % масс.	Измеренное значение плотности ( $\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup> )	Расчетное значение плотности ( $\rho_p \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup> )	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
100	0,8138	0,8185	$\rho = - 0,0016 \cdot C + 0,9785$	0,9735
75	0,8700	0,8585		
50	0,9049	0,8985		
25	0,9329	0,9385		

Рассчитанные по уравнениям регрессии значения плотности удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными, при этом погрешность не превышает 1,3 %.

Исследована зависимость динамической вязкости эмульсий от концентрации дизельного топлива при температуре 25°С (рис 2).

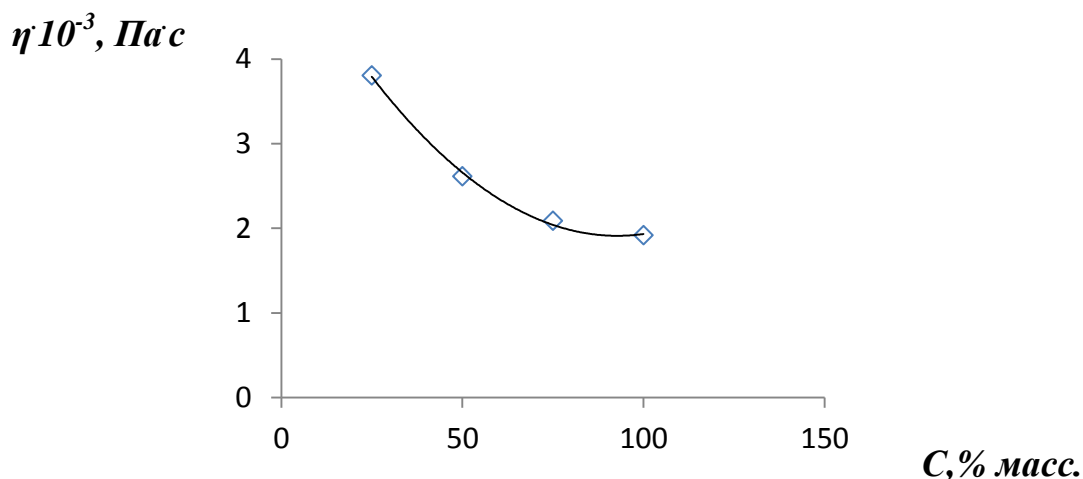


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости эмульсий от концентрации дизельного топлива

Как видно, из представленных данных (рис. 2), с увеличением концентрации дизельного топлива динамическая вязкость эмульсии уменьшается.

Вязкость растворов может быть определена по уравнению типа:

$$\eta = aC^2 + bC + d \quad (2)$$

где  $\eta$  – вязкость раствора, Па·с;  $C$  – концентрация дизельного топлива, масс. %;  $a$ ,  $b$ ,  $d$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от природы системы и концентрации.

Таблица 2 – Зависимость динамической вязкости ( $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с) растворов от концентрации эмульсии при 25° С

$C, \text{ \% масс.}$	Измеренное значение динамической вязкости ( $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с)	Расчетное значение динамической вязкости ( $\eta_p \cdot 10^{-3}$ , Па·с)	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
100	1,9176	1,8410	$\eta = 0,0004C^2 + 0,0759C + 5,431$	0,9978
75	2,0880	1,9885		
50	2,6130	2,6360		
25	3,8056	3,7835		

Полученные уравнения позволяют рассчитать динамическую вязкость эмульсий для заданных концентраций с погрешностью не превышающей 4,8 %.

#### *Библиографический список*

1. Новый справочник химика технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений / Под ред. Д.А. де-Векки, А.В. Москина и др. Санкт-Петербург, 2002. – 1276с.
2. Бегунов А.И., Рыбникова В.Г. Физико-химические свойства системы  $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  // Вестник ИрГТУ. 2003. № 2 (14). С. 36-39.
3. Рыбникова В.Г. Разработка новых методов получения легких металлов на основе изучения физико-химических свойств электролитов: автореф. дис... канд. тех. наук. Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2003
4. Бегунов А.И., Филатова Е.Г., Рыбникова В.Г. Физико-химические свойства разбавленных растворов солей легких металлов // Вестник ИрГТУ. 2006. № 1 (25). С. 127-130.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ИРКУТСКА НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЕЖЕВЫПАВШЕГО СНЕГА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Янченко Н.И.<sup>1</sup>, Ланько А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д. т. н., доцент, ведущий научный сотрудник НИЧ ИРНИТУ, г. Иркутск, E-mail: [fduecn@bk.ru](mailto:fduecn@bk.ru)

<sup>2</sup> ст. преп. кафедры технологии геологической разведки ИРНИТУ, г. Иркутск, E-mail: [lav-and-lav@ya.ru](mailto:lav-and-lav@ya.ru)

Атмосферные осадки снега являются эффективными накопителями газообразных и аэрозольных загрязняющих веществ, поступающих из атмосферного воздуха. Снежный покров, а также свежеснег может служить индикатором загрязнения не только атмосферных осадков, но и самого атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. Отбор свежеснега (СВС) прост и не требует сложного оборудования по сравнению с отбором проб воздуха. Характеристикой снеговой воды СВС может быть электропроводность [1].

Измерение электропроводности используется для оценки состава атмосферы [2]. Известно, что выбросы в Иркутске обусловлены в основном предприятиями теплоэнергетики и автотранспортом [3]. Результаты наблюдений за химическим составом и кислотностью осадков позволяют проводить диагностическую оценку экологического состояния окружающей среды [4]. Талая вода обладает электропроводностью, сильно зависящей от примесей. В тщательно очищенной от примесей воде при температуре 25°C электропроводность равна  $0,38 \cdot 10^{-5}$  См/м.[5]. В измеренных пробах минимальное значение равно  $0,11 \cdot 10^{-2}$  См/м.

Районом исследования является селитебная территория и зоны выбросов автотранспорта в г. Иркутск. В Иркутске в среднем за год выпадает до 500 мм осадков [6].

Объектом исследования является СВС выпавший 03. 03. 2016 года. Пробы отобраны 03, 05, 06, 09 марта 2016 г. с учетом методических указаний Росгидромета [7].

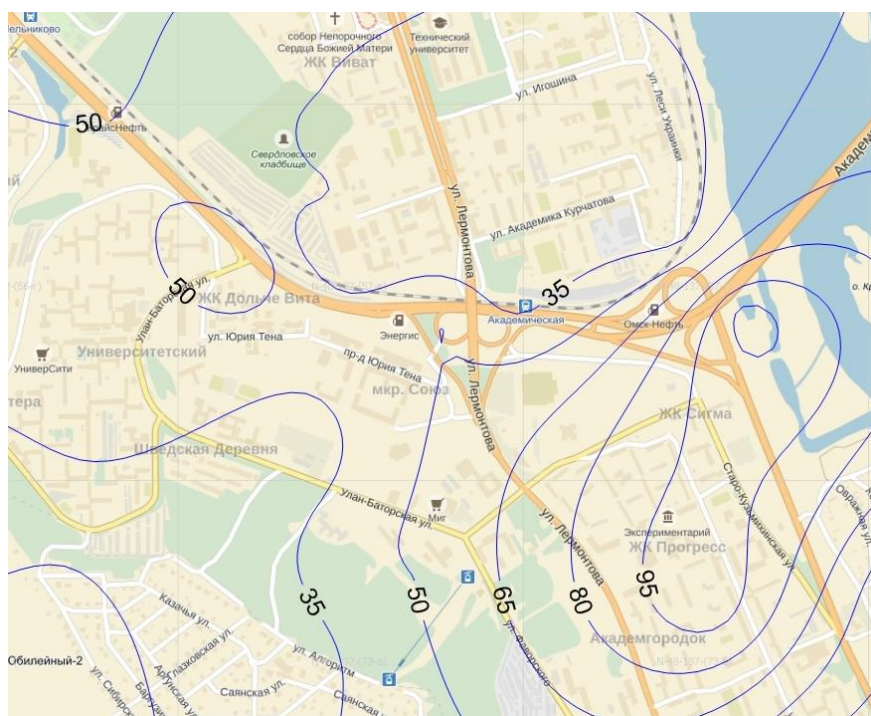
Электропроводность фильтрата СВС измерялась кондуктометрами «Эксперт -002» и «HANNA DIST WP 1» при комнатной температуре, в единицах измерения мкСм/см. Кондуктометрия относится к электрохимическим методам анализа, основанных на измерении электропроводности разбавленных растворов, которая пропорциональна концентрации веществ-электролитов в растворе [8]. Показатель кондуктометрии в общем виде характеризует соотношение веществ-электролитов и веществ-неэлектролитов в снеговой воде. Известно, что электропроводность растворов определяется



ионным составом, в том числе наличием ионов, обладающих малым ионным радиусом и другими свойствами [9].

Для обработки и интерполяции полученных данных была выбрана программа Golden Software Surfer [10]. По результатам интерполяции методом Kriging была построена картосхема изолиний электропроводности с интервалом 15 мкСм/см (см. рис.). Превышение электропроводности СВС в данной районе над значениями в контрольной точке составляет 3-9 раз. Значение электропроводности СВС снижается по мере удаления от автомобильных дорог.

Поведение изолиний показывает наличие зоны повышенных значений электропроводности СВС в районе развязки автомобильных дорог: ул. Сергеева, ул. Лермонтова, Академический мост, следовательно в этом районе загрязнение СВС и соответственно атмосферного воздуха обусловлено выбросами автотранспорта.



**Рис.** Картосхема изолиний электропроводности снеговой воды свежевыпавшего снега в Иркутске, март 2016 года

Таким образом, можно провести оценку загрязнения атмосферного воздуха в районе выбросов на основе измерения электропроводности свежевыпавшего снега, сравнения полученных результатов с фоновыми или контрольными значениями, построения карт изолиний электропроводности с применением ГИС-технологий.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственное задания 127, 2016 год)*

### *Библиографический список*

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова / Л.: Гидрометеиздат, 1985. –183 с.
2. Zhiwen Dong, Mingjun Zhang, Zhongqin Li, Feiteng Wang, Wenbin Wang. The pH value and electrical conductivity of atmospheric environment from ice cores in the Tianshan Mountains. // Journal of Geographical Sciences August 2009, Volume 19, Issue 4, pp 416-426
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2013 году». – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. 389 с.
4. Янченко Н.И., Баранов А.Н., Ершов В.А., Тимкина Е.В. Изменение рН и электропроводность снежного покрова Братска // Системы. Методы. Технологии. 2014. – № 3(23) – С.164-169.
5. Мучник В.М. Физика грозы / Л.: Гидрометеиздат, 1974. . –352 с.
6. Климат Иркутска // Погода в мире URL: <http://ww24.ru/climate/30710>
7. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» Госкомитет СССР по гидрометеорологии и Министерство здравоохранения СССР - М., 1991. – 683с.
8. Грилихес М.С., Филановский Б. К. Контактная кондуктометрия: Теория и практика метода. // Л.: Химия, 1980. – 175 с.
9. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Основы теоретической электрохимии // Учебное пособие для вузов М.: Высшая школа, 1978. – 239с.
10. Ланько А. В., Клеерова Л. Я., Баранов А. Н., Янченко Н. И. Функциональные возможности Golden Software Surfer, используемые при решении задач геофизики, геологии, геоэкологии // Учебное пособие, Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. – 76 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

### СЕКЦИЯ № 1

#### ПРИКЛАДНАЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ ..... 5

##### **Окисление 3-хлорфенола на Ti-электродах, содержащих платину и оксид иридия**

*Салех Мохаммед Мокбель (Йемен), Михаленко И.И. .... 5*

##### **Сорбция никеля из растворов выщелачивания окисленных руд**

*Дударева Г.Н., Иринчинова Н.В., Дударева Ю.И. .... 10*

##### **Анализ состава гексанорастворимых соединений соломы пшеницы**

*Верхотурова Е.В., Евстафьев С.Н. .... 12*

##### **Определение алюминия в водных агрессивных средах**

*Дударева Г.Н., Драгунский А.В., Дударева Ю.И. .... 16*

##### **Гибридные мембраны для топливных элементов**

*Лебедева О.В., Сипкина Е.И., Малахова Е.А., Захарченко Д.Е. .... 18*

##### **Гибридные композиты как эффективные сорбенты для извлечения благородных металлов**

*Сипкина Е.И., Синев А.Э., Коноваленко А.А. .... 21*

##### **Предварительная оценка кинетических особенностей биохимической реакции**

*Шойдокова Х.Ц., Чыонг Суан Нам, Яковлева А.А. .... 23*

##### **Получение мембран для топливных элементов**

*Захарченко Д.Е. .... 26*

##### **Протонопроводящие органо-неорганические мембраны**

*Еропов В.В., Бочкарёва С.С. .... 29*

##### **Протонная проводимость мембраны на основе поливинилхлорида и натриевой соли 2-меркаптобензимидазола**

*Птичкин А.Д., Орхокова Е.А. .... 31*

##### **Парамагнитные свойства модифицированного поливинилхлорида**

*Гритчин А.Б., Орхокова Е.А. .... 33*

##### **Скрининг растительного масла для получения биодизельного топлива**

*Хантаева Н.В., Селиванова А.И., Тигунцева Н.П. .... 35*

### СЕКЦИЯ № 2

#### ПРИКЛАДНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ..... 38

##### **Регенерация ионной жидкости методом экстракции тетрагидрофураном**

*Хоанг Куанг Кыонг, Евстафьев С. Н., Ушаков И. А. .... 38*

##### **Ферментолиз целлюлозы в присутствии 2-гидроксиэтиламмониевых ионных жидкостей**

*Белобородова И.Д., Привалова Е.А., Адамович С.Н. .... 41*

<b>Сравнительный анализ состава биологически активных веществ СО<sub>2</sub>-экстрактов из растительного сырья</b>	
<i>А.А. Анисимов, С.Н. Евстафьев, Н.П. Тигунцева</i>	45
<b>Способы понижения кислотности слабоалкогольного вина из облепихи</b>	
<i>Супрун Н.П., Гусакова Г.С.</i>	47
<b>Изучение влияния различных способов брожения мезги на накопление красящих веществ при производстве вин типа когор из смородины</b>	
<i>Мартынова Е.Ю., Гусакова Г.С.</i>	52
<b>Состав высокомолекулярных продуктов фрагментации лигнина соломы пшеницы в среде этанола</b>	
<i>Фомина Е.С., Евстафьев С.Н.</i>	56
<b>Приготовление и исследование виноматериалов на основе грушевого сырья</b>	
<i>Когай Ф.А., Лозовая Т.С.</i>	59
<b>СЕКЦИЯ № 3</b>	
<b>ГИГИЕНА ПИТАНИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ. ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ</b>	62
<b>Оценка хлебобулочных изделий по антиоксидантной активности</b>	
<i>Лукина С.И., Агаркова О.А., Трушкевич Л.А.</i>	62
<b>Пряничные изделия повышенной пищевой ценности</b>	
<i>Лукина С.И., Пономарева Е.И., Пешкина И.П., Пастухова М.В.</i>	65
<b>Разработка рецептур тритикалиевого хлеба с добавлением жмыха семян капустных культур</b>	
<i>Мухамедзянова Р.Р., О.В. Куприна</i>	67
<b>Определение технологических свойств полбы (<i>Triticum Dicocum</i>)</b>	
<i>Дуния Оливия Сафи, Александрова И.Т.</i>	72
<b>Развитие сырьевой базы иркутской области для солодовенного производства</b>	
<i>Абрамов А.О., Гайда В.К.</i>	75
<b>СЕКЦИЯ № 4</b>	
<b>ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ</b>	79
<b>Адсорбционное удаление красителей из водных сред активными углями</b>	
<i>Джессу Лубо Ивон Седрик (Кот-Д'Ивуар), Панюшкина-Жидких И.В., Михаленко И.И.</i>	79
<b>Очистка технологических вод с применением коагулянтов и флокулянтов</b>	
<i>Благова И.Н., Минаева Л.А.</i>	82
<b>Сорбционная очистка сточных вод гальванического производства от ионов хрома (VI)</b>	

<i>Климова О.В., Дударев В.И., Житов С.И.</i> .....	84
<b>Регенерация хромового электролита с использованием погружного электрохимического модуля (ПЭМ)</b>	
<i>Минаев Д.В., Филатова Е.Г., Трезубов К.А.</i> .....	86
<b>Актуальность адсорбционных процессов очистки от ионов кобальта (II) из различных производственных растворов</b>	
<i>Тимошенко Ю.С., Дударев В.И., Тимошенко А.С.</i> .....	91
<b>Исследование физико-химических свойств углеродного сорбента АД-05-2м</b>	
<i>Тимошенко Ю.С., Тимошенко А.С., Олейников А.А.</i> .....	94
<b>Анализ рестриктазной активности микроорганизмов озера байкал</b>	
<i>Верхозина Е. В., Верхозина В.А.</i> .....	97
<b>Повышение эффективности адсорбции нефтепродуктов активированными углями и отходами угледобывающих предприятий</b>	
<i>Чугунов А.Д., Филатова Е.Г., Соболева В.Г.</i> .....	99
<b>Фотометрическое определение металлов в атмосферных аэрозолях</b>	
<i>Добржанская Ю.А., Кузнецова О.В.</i> .....	102
<b>Определение металлов в сварочных аэрозолях</b>	
<i>Рогова Ю.А., Кузнецова О.В.</i> .....	104
<b>Интенсификация обезжелезивания техногенных вод горноперерабатывающих предприятий</b>	
<i>Иванова Л.Н., Минаева Л.А.</i> .....	106
<b>Исследование протонной проводимости композитных кремнийорганических мембран</b>	
<i>Максименко С. Д, Усманов Р. Т., Чеснокова А. Н.</i> .....	108
<b>Извлечение ионов хрома из промышленных сточных вод электрокоагуляцией</b>	
<i>Субботина Е.В., Минаев Д.В., Чугунов А.А.</i> .....	111
<b>Исследование природных вод тункинской долины</b>	
<i>Долгих Д.В., Бегунова Л.А.</i> .....	113
<b>Определение содержания суммарных углеводов в атмосферных осадках</b>	
<i>Репин Э. Е., Зенин Е.В., Бегунова Л.А.</i> .....	115
<b>Использование модифицированных цеолитов при обезвреживании сточных вод</b>	
<i>Помазкина О.И.</i> .....	117
<b>Исследование химического состава подземных вод территории промышленной площадки теплоэлектростанции</b>	
<i>Уланова Н.А.</i> .....	119
<b>Исследование физико-химических свойств эмульсий</b>	
<i>Трезубов К.А., Соболева В.Г., Филатова Е.Г.</i> .....	122

<b>Экологическая оценка атмосферного воздуха иркутска на основе исследования свежеснежавшего снега с применением ГИС-технологий</b> <i>Янченко Н.И., Ланько А.В.</i> .....	125
---	-----

**Научное издание**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

Материалы

II Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием,  
посвященной 90-летию профессора В.В. Тутуриной

(Иркутск, 27 – 28 апреля 2016 г.)

Тезисы докладов печатаются в авторской редакции

Оформление обложки Гайда Виктория Константиновна