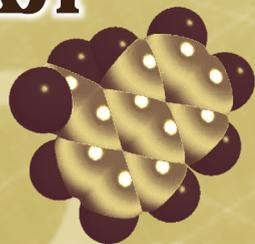


# ХИМИЧЕСКАЯ НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ КРАСНОЯРЬЯ



**Материалы XV Всероссийской  
научно-практической конференции,  
посвященной 90-летию КГПУ им. В.П. Астафьева,  
в рамках XXIII Международного  
научно-практического форума студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
«Молодежь и наука XXI века»**

**Красноярск, 19–20 мая 2022 г.**



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П. Астафьева»

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Красноярский государственный медицинский университет  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого»

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

РОССИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

# **ХИМИЧЕСКАЯ НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ КРАСНОЯРЬЯ**

*Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции,  
посвященной 90-летию КГПУ им. В.П. Астафьева, в рамках  
XXIII Международного научно-практического форума студентов,  
аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука XXI века»*

*Красноярск, 19–20 мая 2022 г.*

КРАСНОЯРСК  
2022

ББК 24  
Х 462

Редакционная коллегия:

*Л.М. Горностаев* (отв. ред.)

*Ю.Г. Ромашкова*

*Д.С. Руденко*

*О.И. Фоминых*

**Х 462 Химическая наука и образование Красноярья:** материалы XV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию КГПУ им. В.П. Астафьева, в рамках XXIII Международного научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука XXI века». Красноярск, 19–20 мая 2022 года / отв. ред. Л.М. Горностаев; ред. кол.; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2022. – 224 с.

ISBN 978-5-00102-564-1

Представлены статьи студентов, аспирантов, молодых и ведущих ученых вузов России, а также учителей г. Красноярска и Красноярского края, приводятся результаты экспериментальных и научно-методических исследований по наиболее актуальным проблемам в области общей, органической и медицинской химии, а также общего, среднего профессионального и высшего химического образования.

ББК 24

ISBN 978-5-00102-564-1

© Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2022

---

# І СЕКЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

---

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦИТРАТ-ИОНОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГИДРОЗОЛЕЙ МАГНЕТИТА STUDY OF THE EFFECT OF CITRATE IONS ON THE STABILITY OF MAGNETITE HYDROSOLS

**Ю.В. Антипова, Д.В. Карпов, С.В. Сайкова**  
Научный руководитель **С.В. Сайкова**  
*ИЦМиМ СФУ, г. Красноярск*

**Y.V. Antipova, D.V. Karpov, S.V. Saikova**  
Scientific adviser **S.V. Saikova**  
*SNFMMS SibFU, Krasnoyarsk*

Наночастицы, магнетит, стабилизация, цитрат-ионы, физическая химия. *В статье описывается влияние цитрат-ионов на стабильность зольей магнетита, представляющих интерес для применения в различных областях: биомедицине, микробиологии, фотокатализе. Стабилизирующее влияние цитрат-ионов на магнетит было изучено методом динамического и электрофоретического рассеяния света.*

Nanoparticles, magnetite, stabilization, citrate ions, physical chemistry. *The article describes the effect of citrate ions on the stability of magnetite sols, which are of interest for use in various fields: biomedicine, microbiology, photocatalysis. The stabilizing effect of citrate ions on magnetite has been studied by dynamic and electrophoretic light scattering.*

**Р**азработка методов синтеза наноразмерных структур – одно из перспективных и интенсивно развивающихся

направлений современной науки. Особый интерес представляют наночастицы, обладающие уникальными свойствами. Одними из таких веществ являются магнитные наночастицы магнетита. Они представляют широкий интерес для применения в различных отраслях: в биомедицине (контрастные вещества для МРТ, носители лекарственных препаратов), микробиологии (для разделения клеток), в устройствах хранения информации, фотокатализе [1]. Однако существующие методики синтеза предлагают использование стабилизирующих агентов, не допускающих дальнейшее применение магнетита в биомедицине.

Для получения магнетита применялась реакция щелочного соосаждения солей железа (III) и железа (II):



Основные преимущества данного метода – высокая производительность, простота исполнения и аппаратного оформления, доступность и дешевизна используемых реагентов [2].

К полученному магнетиту небольшими порциями добавляли цитрат натрия и наблюдали за изменением стабильности частиц. Стабилизирующее влияние цитрат-ионов на магнетит было исследовано методом динамического и электрофоретического рассеяния света (рисунки 1 и 2).

Измерение гидродинамического диаметра и дзета-потенциала проводили на приборе Zetasizer ZS Nano на базе ИХХТ СО РАН при постоянной ионной силе (0,01 М KCl) и pH (6,65).

Исследовали зависимость дзета-потенциала и гидродинамических диаметров от pH (рисунок 3).

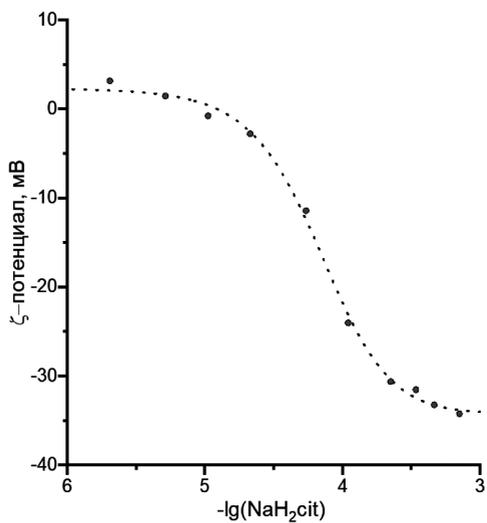


Рис. 1. График зависимости дзета-потенциала от логарифма концентрации цитрата натрия

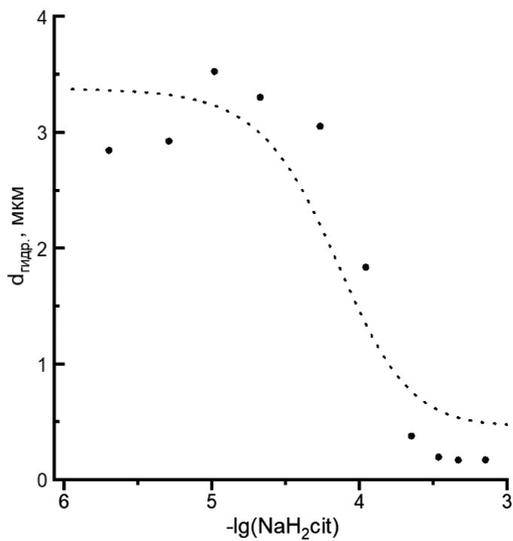


Рис. 2. График зависимости гидродинамических диаметров от логарифма концентрации цитрата натрия

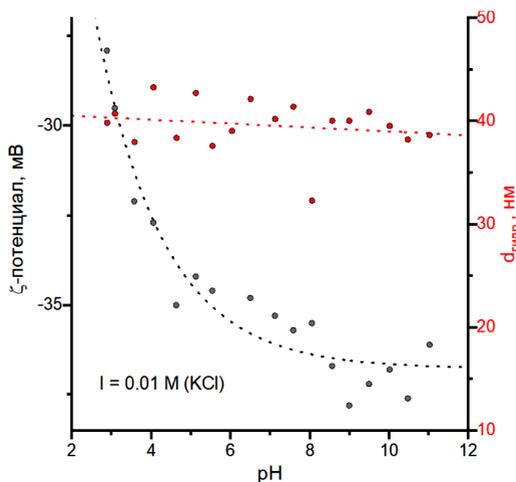


Рис. 3. График зависимости дзета-потенциала и гидродинамических диаметров от рН

Наночастицы магнетита, обработанные цитратом натрия, образуют более стабильные золи вследствие формирования отрицательного заряда на их поверхности. Из данных, представленных на графике, можно увидеть, что добавление цитрата натрия к золю магнетита приводит к резкому увеличению дзета-потенциала по абсолютной величине. Следует отметить, что максимальное значение гидродинамического диаметра совпадает с нулевым значением дзета-потенциала. После точки минимума гидродинамического диаметра увеличение концентрации цитрат-ионов приводит к агрегации частиц.

Было изучено влияние рН на стабильность зольей магнетита. По данным графика видим, что стабильность наночастиц наблюдается в диапазоне рН от 3 до 11.

#### **Библиографический список**

1. Rodionov V.A. Simulation of spin configuration changes in nano-sized manganesezinc ferrite and magnetite / V.A. Rodionov, V.A. Zhuravlev // Red Square Scientific. 2018. V. 3. P. 17–20.

2. Gao R. Magnetisation behaviour of mixtures of ferrofluids and paramagnetic fluids with same particle volume fractions / R. Gao, J. Li, S. Han, B. Wen, T. Zhang, H. Miao, Q. Zhang // Journal of Experimental Nanoscience. 2011. V. 3. P. 282–297.

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСОРБЦИИ  
ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ  
COMPARATIVE STUDY OF THE POSSIBILITIES  
OF ELECTROSORPTION FOR PURIFICATION  
FROM ORGANIC IMPURITIES FOR TECHNOLOGICAL  
AND ENVIRONMENTAL PURPOSES**

**А.С. Воробьева**

Научные руководители **С.Д. Кирик<sup>1</sup>, М.С. Товбис<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*ИХХТ СО РАН, г. Красноярск*

<sup>2</sup>*СибГУ им. ак. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск*

**A.S. Vorobeva**

Scientific advisers **S.D. Kirik<sup>1</sup>, M.S. Tovbis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*ICCT SB RAS, Krasnoyarsk*

<sup>2</sup>*Reshetnev University, Krasnoyarsk*

Сравнительное исследование возможностей электросорбции для очистки от органических примесей в технологических и экологических целях. В статье анализируются приемы сравнительного исследования возможностей электросорбции для очистки от органических примесей в технологических и экологических целях.

Comparative study of the possibilities of electrosorption for purification from organic impurities for technological and environmental purposes. The article analyzes the methods of comparative study of the possibilities of electrosorption for purification from organic impurities for technological and environmental purposes.

**Н**астоящая работа посвящена литературному исследованию возможностей электросорбции в вопросах очистки и разделения растворов, содержащих органические компоненты в сравнении с другими методами.

Сорбционные методы концентрирования основаны на различном поглощении растворенных веществ, газов и паров твердыми или жидкими поглотителями (*сорбентами*). В отличие от соосаждения, здесь поглощение происходит уже на готовом сорбенте.

В процессе сорбции вещество распределяется между двумя несмешивающимися фазами: твердое тело – жидкость, твердое тело – газ, жидкость – газ. В неорганическом анализе чаще всего сорбцию проводят в системе твердое тело – жидкость.

По различию в механизме взаимодействия вещества с сорбентом выделяют *физическую* (или *молекулярную*) сорбцию и *хемосорбцию*.

Для конечного определения сорбируемых микрокомпонентов сорбент отделяют от раствора декантацией или фильтрованием и после промывания (для удаления посторонних элементов) десорбируют микрокомпоненты. Десорбцию проводят аналогично сорбции, используя для этого соответствующие растворители. В ряде случаев перед определением микрокомпонентов проводят растворение или озонирование сорбента. Но можно анализировать сорбент, содержащий микрокомпоненты, и непосредственно, если для их определения использовать такие методы, как рентгенофлуоресцентный, нейтронно-активационный или атомноабсорбционный с термической атомизацией. Так, в случае рентгенофлуоресцентного определения достаточно спрессовать сорбент с концентратом примесей в таблетку [1].

Из *органических сорбентов* широкое применение нашли активные угли, обычная и модифицированная целлюлоза, хелатообразующие сорбенты, синтетические иониты.

Активные угли имеют чрезвычайно развитую микро- и макропористость; их получают выжиганием древесины или костей животных без доступа воздуха. На активных углях преобладают процессы молекулярной адсорбции (хотя играет роль и сорбция по другим механизмам, например, ионный обмен). Система включает *адсорбент* – вещество с развитой удельной поверхностью и *адсорбат* – вещество, молекулы которого поглощаются. При адсорбции вещество концентрируется на поверхности раздела фаз под действием молекулярных сил поверхности адсорбента.

Известен способ очистки воды от катионов тяжелых металлов с помощью электросорбции [2-4]. Очистка воды осуществляется с помощью электрохимического восстановления катионов тяжелых металлов на катоде из волокнистых углеродных материалов с высокоразвитой поверхностью [5].

Недостатками известного способа являются большой расход электроэнергии, низкая эффективность очистки и невозможность удаления органических веществ.

Известен способ очистки воды от органических веществ и ионов тяжелых металлов путем модификации поверхности пористых углеродных сорбентов специальными добавками. Недостатком этого способа являются низкий ресурс работы по катионам тяжелых металлов и невозможность регенерации сорбента [6-8].

Изобретение относится к способам интенсификации сорбционных процессов путем воздействия внешних электромагнитных полей, а именно к способу электроуправляемой сорбции органических загрязнений, нефтепродуктов, пестицидов, ядохимикатов, солей тяжелых металлов, нитратов, нитритов и т.п. Указанный технический результат достигается тем, что согласно заявляемому способу сорбционной очистки водных сред от органических веществ и ионов тяжелых металлов целевой раствор, подлежащий очистке, пропускают через сорбционную ячейку, содержащую фильтрующий элемент с навеской сорбента.

Электрохимическая ячейка предназначена для удаления из разбавленных растворов металла таких металлов, как медь, свинец, серебро, теллур, платина, палладий или никель. Ячейка содержит пористую трубчатую опору, которая снабжена катодом, содержащим пористый материал из углеродного волокна, токоподвод для катода, трубчатый анод, отстоящий от указанного катода, токоподвод для анода. Анод и катод заключены непористым наружным кожухом. При использовании разбавленный раствор, из которого должен быть удален металл, вводится в ячейку через входное отверстие и течет через пористый катод из углеродного волокна к выходному отверстию. Ячейка полезна для удаления вредных металлов из отходов таким образом, чтобы они были экологически приемлемыми для утилизации и для извлечения ценных металлов.

Изобретение относится к способам выделения органических кислот из производственных растворов и может быть использовано в химической, биохимической, медицинской и других отраслях народного хозяйства. Десорбцию кислот, как правило, проводят обработкой ионитов соответствующими реагентами. Недостатком этих способов является значительный расход реагентов.

#### ***Библиографический список***

1. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Т. 2, гл. 9, § 9. 1 9. 3. Учеб. пособие для студ. хим. фак. С. 233–240.
2. Теория и практика сорбционных процессов [Текст]: сб. статей / Воронеж. гос. ун-т, Н.-и. физ.-хим. ин-т; редкол.: проф. В.П. Мелешко (отв. ред.) и др. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1966.
3. Ионнообменные методы очистки веществ. Воронеж: ВГУ. Учеб. пособие для студ., 1984. С. 318–325.
4. Воробьев В.И. О механохимических свойствах нитей мио-зина, полученных при добавлении дезоксирибонуклеиновой кислоты Т. 22. Вып. 3. Учебное пособие для студ., 1957. С. 597–608.

5. Артеменко А.И. и др. Практикум по органической химии. С.-Петербург: учеб. пособие для студентов строит. спец. вузов. 3-е изд., испр. М.: Высшая школа, 2001. 187 с: ил.
6. Патент РФ №2181107 С1, 12.25.2002.
7. Патент РФ №2104927 С1, 31.12.1998.
8. Патент РФ №2110482 С1, 10.05.1998.

**СПЕКТРАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХЛОРОФИЛЛА  
ИЗ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ**  
SPECTRAL IDENTIFICATION OF CHLOROPHYLL FROM  
HOUSE PLANTS

**Н.В. Гацко**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**N.V. Gacko**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Хлорофилл, флэш-хроматография, УФ-спектроскопия, квант света, синглетное состояние.

*В статье описывается методика выделения хлорофилла методом флэш-хроматографии. Определены УФ-спектры хлорофилла «а» и хлорофилла «в». Показана взаимосвязь поглощения хлорофиллом участка спектра с переходами молекулы в синглетные состояния.*

Chlorophyll, flash chromatography, UV spectroscopy, light quantum, singlet state.

*The article describes a technique for isolating chlorophyll by flash chromatography. The UV spectra of chlorophyll «a» and chlorophyll «b» were determined. The interrelation between the absorption of a part of the spectrum by chlorophyll and the transitions of the molecule to singlet states is shown.*

**В** школьном курсе биологии хлорофилл изучается в качестве вещества зеленого цвета, за счёт которого осуществляется процесс фотосинтеза. На самом деле хлорофилл –

это не одно вещество, а смесь, состоящая из хлорофилла «а» и хлорофилла «в», отличающихся друг от друга определенными свойствами.

Объектом исследования хлорофилла комнатных растений был выбран фикус каучуконосный (*Ficus elastica*). Листья фикуса (87 г.) мелко нарезали ножницами, растерли пестиком в ступке, подготовленную массу залили этанолом (200 мл) и оставили на ночь. Затем отфильтровали, спирт отделили перегонкой, остаток экстракта перенесли в фарфоровую чашку и высушили при 20°C. Вязкую смесь растворили в 10 мл ацетона, отфильтровали, разделили методом флэш-хроматографии на сухой колонке [1]. Использовали в качестве сорбента силикагель 60А (6-35 микрон) фирмы Fisher Chemical, элюент – сначала бензол, затем бензол-ацетон (4:2), ацетон.

Полученные фракции хлорофиллов «а» и «в» исследовали спектрофотометрическим методом (рис.). Электронные спектры поглощения записаны на спектрофотометре Evolution 300 (кюветы 10 мм).

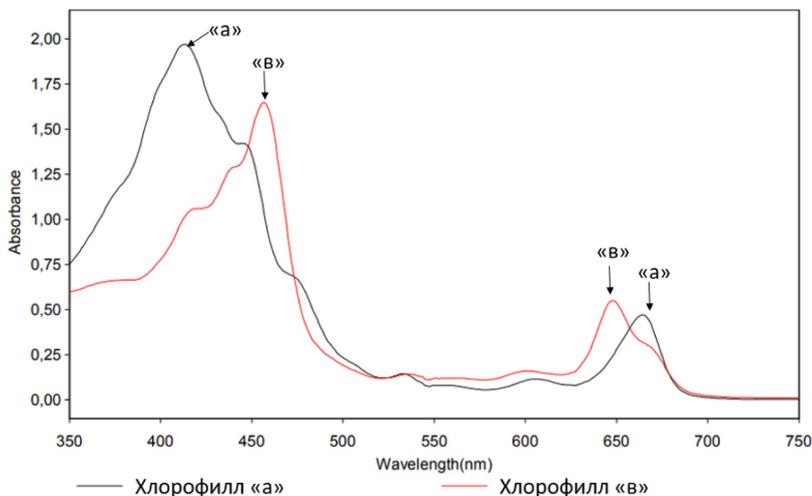


Рис. УФ-спектры поглощения хлорофиллов а и в

Области поглощения света хлорофиллами находятся в синей и красной частях спектра. Хлорофилл «а» в смеси бензола с ацетоном (1:1) имеет максимум поглощения в синей области спектра – 413 нм, в красной области спектра – 663 нм. Хлорофилл «в» поглощает свет в синей области спектра в пределах 457 нм, в красной области спектра – 645 нм. В зеленой области спектра свет отражается, поэтому листья растений приобретают соответствующую окраску [2].

В сине-фиолетовой области спектра поглощение света хлорофиллом осуществляется за счет наличия в его молекуле 9 пар конъюгированных одинарных и двойных связей порфиринового кольца с 18 делокализованными  $\pi$ -электронами, возбуждающимися квантами света с энергией  $4,5 \cdot 10^{-19}$  Дж, соответствующей этим лучам. Поглощение света хлорофиллом в красной области спектра связано с гидрированием двойной связи  $C_7-C_8$  в четвертом пирольном ядре и наличием атома магния в порфириновом кольце [3].

Поглощая квант света в красной области спектра, молекула хлорофилла переходит в первое синглетное состояние ( $S_1$ ). Возвращение ее к исходной структуре возможно двумя путями: 1) в результате флуоресценции молекулы хлорофилла; 2) переходом молекулы хлорофилла в триплетное состояние [3].

Поглощение хлорофиллом кванта света в синей области спектра приводит к возникновению второго синглетного ( $S_2$ ) состояния. В результате выделения теплоты молекула переходит в первое синглетное ( $S_1$ ) состояние, и дальнейшие процессы происходят при возбуждении красным светом.

Таким образом, молекула хлорофилла способна избирательно поглощать кванты света, переходить в стадию энергетически выгодного состояния молекулы, преобразовывать энергию синглетных состояний в химическую энергию.

### **Библиографический список**

1. Травень В.Ф. Практикум по органической химии: учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 592 с.
2. Лесовская М.И., Колесецкая Г.И. НОУ-ХАУ: Научное общество учащихся – химический арсенал учителя: научно-методическое пособие по организации работы научного общества учащихся. Краснояр. гос. пед. ун-т. Красноярск, 2006. 228 с.
3. Кайгородов Р.В., Чудинова Л.А. Спецглавы физических и химических наук: инструментальные методы исследований. Перм. гос. нац.-исслед. ун-т. Пермь, 2016.

## **ЭКСТРАКЦИОННОЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ЛИГНИНА ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ EXTRACTION FRACTIONATION OF ASPEN WOOD LIGNIN**

**Е.В. Гнидан**  
Научный руководитель **Б.Н. Кузнецов**  
*СФУ, г. Красноярск*

**E.V. Gnidan**  
Scientific adviser **B.N. Kuznetsov**  
*SibFU, Krasnoyarsk*

Органосольвентный лигнин, этаноллигнин, древесина осины, экстракция, фракционирование.

*Методами ИК-спектроскопии и ГПХ изучены состав и структура этаноллигнина, полученного экстракционным фракционированием из древесины осины после предварительного щелочного экстрагирования ксилана.*

Organosolv lignin, ethanol-lignin, aspen wood, extraction, fractionation  
*The composition and structure of of ethanol-lignin obtained by extraction fractionation from aspen wood after preliminary alkaline extraction of xylan were studied by IR spectroscopy and GPC.*

**И**спользование в промышленных масштабах привлека-  
тельных свойств лигнина, таких, как богатый арома-  
тический состав, высокое содержание углерода, биоразла-

гаемость, термическая стабильность, сдерживается сложностью его структуры и склонностью к конденсации [1].

Одним из перспективных методов выделения лигнина является экстракция лигноцеллюлозных материалов органическим растворителем или его смесями с водой [2], что позволяет повысить экологичность процессов делигнификации за счет регенерации растворителя [3], а отсутствие серы – расширяет круг потенциальных катализаторов для их переработки в низкомолекулярные продукты.

В качестве исходного сырья использовалась древесина осины (*Póruslus trémula*), фракция 1–2 мм.

Экстракционное фракционирование лигнина осуществляли после щелочного экстрагирования ксилана и освобождения от жиро-восковых веществ. Лигноцеллюлозный остаток экстрагировали 60 %-м этанолом при температуре 190 °С в течение 3 часов в реакторе автоклавного типа ChemRe SYStem R-201 (Корея) объемом 300 см<sup>3</sup> при рабочем давлении 3 МПа. Для выделения лигнина к фильтрату (промывная жидкость, соединенная с фильтратом и охлажденная до 4 °С) добавляли охлажденную до 4 °С дистиллированную воду в объемном соотношении 1:5, смесь выдерживали при 4 °С 12 ч. Затем лигнин отделяли от раствора фильтрованием и сушили при 50 °С до постоянной массы. Выход этанолигнина 11,2 %, что составило 58 % от теоретически возможного получения.

Изучение состава полученного этанолигнина заключалось в определении средних статистических величин относительных молекулярных масс макромолекул образца методом гель-проникающей хроматографии на приборе Agilent 1260 и регистрации ИК-спектров, выделенного продукта в области 4000 – 400 см<sup>-1</sup> на ИК-Фурье спектрометре Tensor 27 (фирма Bruker, Германия). Использовались приборы Красноярского регионального центра коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН.

В составе фракции лигнина присутствуют все три типа мооядерных арилпропановых структур (рис.): гидроксифенил-Н (полоса поглощения при  $\approx 1593 \text{ см}^{-1}$ ), гваяцил-Г (полоса поглощения при  $1032$  и  $1269 \text{ см}^{-1}$ ) и сиригилпропановых-S (полоса поглощения при  $1124 \text{ см}^{-1}$ ) [4]. Основные полосы поглощения и соответствующие им виды связи рассматриваются в таблице.

Методом ГПХ было установлено, что этанолигнин осины, выделенный после удаления ксилана из древесины, имеет средневесовую молекулярную массу ( $M_w$ )  $2704 \text{ г/моль}$  и среднечисловую молекулярную массу ( $M_n$ )  $651 \text{ г/моль}$ , что соотносится с литературными данными [5].

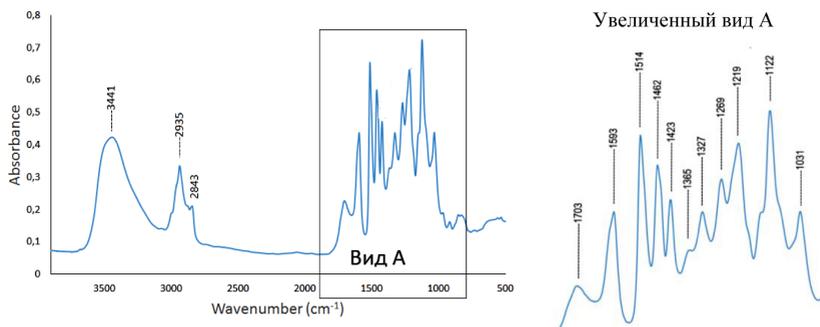


Рис. ИК – спектр этанолигнина древесины осины

Таблица

**Основные полосы поглощения  
в ИК-спектре этанолигнина осины  
и соответствующие им виды связи**

Положение максимумов	Колебания	Положение максимумов	Колебания
3441	$\nu$ ОН	1462	$\delta$ C-H
2935 и 2843	$\nu_s$ и $\nu_{as}$ $\text{CH}_2$ и $\text{CH}_3$	1327	$\nu\text{C}=\text{C} + \nu\text{C}=\text{O}$ S -кольца
1703	$\nu$ C=O, C=C		$\delta$ C-H+C-OH, C-O-C
1593, 1514	$\nu$ C=C G- и S-кольца	1122	$\delta$ C-H + C-O-+C=O
и 1423		1031 и 1269	G-кольца

Полученное значение индекса полидисперсности PD 4.15 этаноллигнина достаточно близко к данным лигнина молотой древесины Бьёркмана [6] и указывает на структуру, характеризующуюся наличием звездообразных, разветвленных структур с линейной топологией макроцепей [7].

Кривая молекулярно-массового распределения по данным ГПХ образца этаноллигнина древесины осины имеет унимодальный вид с широким пиком и с незначительным смещением в низкомолекулярную область. Уширенный пик связан с воздействием на исходную древесину осины высокой температуры и щелочной экстракции при предварительном выделении ксилана, что вызвало реакции деструкции, конденсации и увеличение полидисперсности этаноллигнина.

#### ***Библиографический список***

1. Poveda-Giraldo J.A., Solarte-Toro J.C., & Cardona Alzate C.A. The potential use of lignin as a platform product in biorefineries: A review. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 138. P. 110688.
2. Martín-Sampedro R., Santos J.I., Fillat Ú., Wicklein B., Eugenio M.E., & Ibarra D. Characterization of lignins from *Populus alba* L. generated as by-products in different transformation processes: Kraft pulping, organosolv and acid hydrolysis // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 126. P. 18–29.
3. Кузнецов Б.Н., Ефремов А.А., Кузнецова С.А., Данилов В.Г., Кротова И.В., Первышина Г.Г. Изучение органосольвентной варки целлюлозы в присутствии различных катализаторов // *Химия растительного сырья*. 1999. № 2. С. 85–90.
4. Шарыпов В.И., Гришечко Л.И., Тарасова Л.С., Барышников С.В., Селзард А., Кузнецов Б.Н. Исследование термического разложения образцов лигнина, выделенных из древесины осины различными методами // *Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия*. 2011. Т. 3. № 4. С. 221–232.
5. Микова Н.М., Фетисова О.Ю., Мазурова Е.В., Иванченко Н.М., Лутошкин М.А., Дькович Л., Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н. Изучение термохимических свойств этаноллигнинов

- пихты и осины // Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия. 2018. Т. 11. № 3. С. 401–417.
6. Кузнецов Б.Н., Маляр Ю.Н., Кузнецова С.А., Гришечко Л.И., Казаченко А.С., Левданский А.В., Пестунов А.В., Бояндин А.Н., Селзард А. Выделение, изучение и применение органо-сольвентных лигнинов (обзор) // Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия. 2016. Т. 4. № 9. С. 454–482.
  7. Карманов А.П., Беляев В.Ю., Кочева Л.С. Исследование структуры макромолекул лигнинов // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 27–34.

**СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ  
O,N-(2-СУЛЬФОЭТИЛ)ХИТОЗАНОВ  
SYNTHESIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY  
O,N-(2-SULFOETHYL)CHITOSANS**

**Л.М. Горностаев<sup>1,2</sup>, О.И. Фоминых<sup>1</sup>, И.Н. Большаков<sup>2</sup>**  
*<sup>1</sup>КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*  
*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого*  
*Минздрава России*

**L.M. Gornostaev<sup>1,2</sup>, O.I. Fominykh<sup>1</sup>, I.N. Bolshakov<sup>2</sup>**  
*<sup>1</sup>KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*  
*<sup>2</sup>FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH*  
*Russia, Krasnoyarsk*

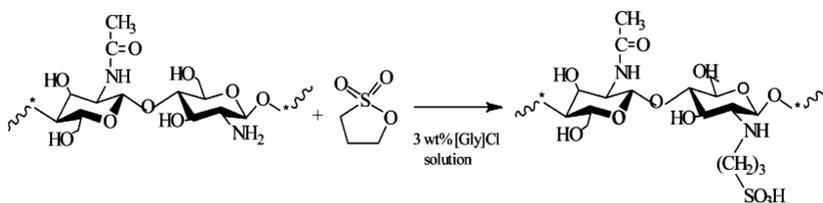
O,N-(2-сульфоэтил)хитозаны, сульфатированные полиэлектролитные комплексы, субмикронные частицы, система переноса, экспериментальный атеросклероз, эффект дехолестеринизации.

*В статье приводится улучшенный способ сульфоэтилирования хитозана, а также изучение его биологической активности по снижению холестерина in vivo.*

O,N-(2-sulfoethyl)chitosans, sulfated polyelectrolyte complexes, submicron particles, transfer system, experimental atherosclerosis, de-cholesterol effect.  
*The article presents an improved method of sulfoethylation of chitosan, as well as the study of its biological activity in reducing cholesterol in vivo.*

Известно, что водорастворимые производные хитозана проявляют различные виды биологической активности [1]. Водорастворимые O,N-(2-сульфоэтил)хитозаны (СЭХ) вызывают интерес и ранее подробно не исследовались. Известно, что производные O,N-(2-сульфоэтил)хитозаны, полученные путем их межмолекулярной сшивки с помощью глутарового диальдегида, пригодны для разделения и концентрирования ионов металлов (серебра, меди, цинка, никеля, кобальта, кадмия, свинца, марганца, кальция, стронция, магния и бария) [2].

Интересный способ получения сульфоэтилированных хитозанов описан в работе [3]. Этот способ заключается во взаимодействии хитозана с 1,3-пропансульфонатом в ионной жидкости, полученной из глицина и соляной кислоты. Степень сульфатирования составила 0,76. Полученный продукт обладает ярко выраженной антимикробной активностью, что стимулирует исследования в данном направлении.

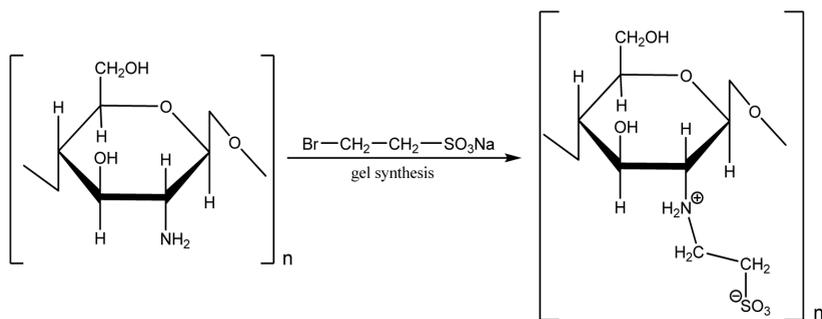


Нами существенно усовершенствован способ получения сульфоэтилированного хитозана, предложенный в работах [3,4-5]. Из хитозанов с разными молекулярными массами готовился гель с использованием воды, соляной кислоты и бромэтансульфоната натрия.

*Упрощенный способ сульфоэтилирования хитозана*, включающий многочасовую экстракцию в аппарате Сокслета: 3,30 г (0,02 моль) хитозана «Сонат» (M = 250 кДа) 4,22 г (0,02 моль) 2-бромэтансульфоната натрия тщательно размешивались в сухом виде. Процесс проводился в широкой

пробирке и встряхивался в течение 3-х минут. Затем к сухой смеси прибавляли 30 мл воды, тщательно перемешивали и нагревали при 70 °С в течение 24 часов. Через каждые три часа содержимое реакционного сосуда тщательно размешивали. Далее к охлажденной до 20 °С реакционной массе добавляли 35 мл раствора, приготовленного из 0,53 г (0,013 моль) NaOH и воды. Полученную массу интенсивно перемешивают в течение 10 часов, а затем встряхивают в течение 15 часов. Затем при интенсивном перемешивании гомогенную смесь вносят в 200 мл ацетона. Выпавший осадок сульфозтилхитозана высушивают при 40-50°С и атмосферном давлении до постоянной массы. Полученный продукт измельчают при растирании в ступке или в шаровой мельнице. Получают 4,5 г продукта со степенью сульфозтирования 60%.

Структура полученных соединений подтверждена физико-химическими методами. Заметим, что степень сульфатирования зависит от молекулярной массы используемых хитозанов.



В ИК-спектрах сульфатированных хитозанов присутствуют интенсивные пики при 1063 см<sup>-1</sup> и 1166 см<sup>-1</sup>, соответствующие валентным колебаниям S=O. Подобные спектры характерны для всех трех образцов сульфатированных хитозанов, полученных из исходных хитозанов разной молекулярной массы, действием на них бромэтансульфонатом натрия.

### *Биологическое исследование*

Морфологической характеристике подверглись артерии правых и левых задних конечностей кроликов породы *Shinhilla*, содержащихся в течение 110 суток на холестериновой диете и на стандартном рационе вивария, которым в левое паравазальное пространство вводили сульфатированный хитозан. Оценивались следующие критерии магистральной артерии: степень выраженности отека интимы, наружный и внутренний диаметр, наличие ксантомных клеток, численная плотность гладких миоцитов, степень васкуляризации паравазального пространства.

На 110-е сутки холестериновой диеты (ХД) после имплантации 1% геля сульфатированного водорастворимого хитозана происходит достоверное увеличение количества сосудов паравазального пространства голени (непосредственная дислокация биополимера) по сравнению с конечностью, в которую биополимер не вводился. Дислокация хитозана в фасциальном ложе магистральной артерии в течение 30 суток приводит к увеличению количества сосудов паравазального пространства на месте деградации полимера на 56 %. В левой конечности этот параметр равен  $28,75 \pm 3,11$ , а в правой –  $18,42 \pm 3,92$  ( $p < 0,05$ ). Более того, имплантация полимера в левую конечность у интактных животных на 30-е сутки достоверно увеличивает на 88% количество сосудов паравазального пространства голени на месте резорбции хитозановой конструкции по сравнению с правой конечностью и составляет, соответственно,  $23,3 \pm 3,45$  против  $12,38 \pm 2,03$  ( $p < 0,05$ ).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности (проект № 2022030908453).*

#### ***Библиографический список***

1. Chitin and chitosan production properties and usage. Production, Properties and Usage // edited by K.G. Skryabin, G.A. Vikhoreva, V.P. Varlamov, Moscow, Nauka. 2002. 368 p.

2. Pestov A.V., Petrova Yu.S., Bukharova A.V., Neudachina L.K., Koryakova O.V., Matochkina E.G., Kodess M.I., Yatluk Yu.G. Synthesis in a gel and sorption properties of N-2-sulfoethyl chitosan. Russian Journal of Applied Chemistry 2013; 86: 269-272.
3. Wang Zh., Zheng L., Li Ch., Wu Sh., Xiao Y. Preparation and antimicrobial activity of sulfopropyl chitosan in an ionic liquid aqueous solution. Journal applied polymer science 2017; 134: 44989.
4. Petrova V.A., Chernyakov D.D., Moskalenko Yu.E., Gasilova E.R., Strelina I.A., Okatova O.V., Balagina Yu.G., Vlasova E.N., Skorik Yu.A. O,N-(2-sulfoethyl)chitosan: synthesis and properties of solutions and films. Carbohydrate polymers 2017; 157: 866-874.
5. Petrova Yu.S., Neudachina L.K., Mekhaev A.V., Pestov A.V. Simple synthesis and chelation capacity of n-(2-sulfoethyl)chitosan, a taurine derivative. Carbohydrate Polymers 2014; 112: 462-468.

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА  
КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ (II)  
С МОНОЭТАНОЛАМИНОМ  
SYNTHESIS AND PROPERTIES  
OF THE COPPER(II) COMPLEX  
WITH MONOETHANOLAMINE**

**А.С. Игонин**

Научный руководитель **Е.И. Исаева**,  
*РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург*

**A.S. Igonin**

Scientific adviser **E.I. Isaeva**,  
*Herzen University, St. Petersburg*

Комплексные соединения меди (II), моноэтаноламин, синтез, фотолиз, медьсодержащие наночастицы.

*В статье приведены данные спектрального и термогравиметрического анализов комплексного соединения меди (II) с моноэтанололамином. Осуществлён фотолиз данного комплексного соединения, определен состав наноразмерных форм, полученных в результате фотохимического разложения комплекса.*

Complex compounds of copper (II), monoethanolamine, synthesis, photolysis, copper-containing nanoparticles.

*The article presents the data of spectrochemical and thermogravimetric analysis of the complex compound of copper (II) with monoethanolamine. The photochemical activity of this complex compound was also studied, and the composition of nanosized forms obtained during photolysis was determined.*

**Х**елатные комплексные соединения меди (II) широко применяются в металлокомплексном катализе. Природные аминспирты играют важную роль в биологических процессах с участием частиц радикальной природы, протекающих в мягких условиях с высокой скоростью и селективностью, а их комплексы с медью применяются в качестве катализаторов органических радикальных реакций [1]. Также комплексы меди (II) с аминспиртами являются перспективными прекурсорами для синтеза медьсодержащих наночастиц.

Цель работы – синтез, исследование состава и свойств комплексного соединения меди (II) с моноэтаноламином.

Синтез комплексного соединения меди (II) с моноэтаноламином в качестве лиганда  $[\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2]$  проводился на основе работы [2]. Практический выход целевого продукта составил 74,82%. Полученные кристаллы гигроскопичны, хорошо растворимы в воде, этаноле. Состав комплекса подтверждён методами ИК и электронной спектроскопии, термогравиметрии.

В таблице приведены данные ИК и электронной спектроскопии полученного комплексного соединения.

Таблица

**Результаты ИК и электронной спектроскопии моноэтаноламина и комплексного соединения  $\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2$**

Метод		$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2$
1		2	3
ИК спектр (KBr), $\nu$ , $\text{cm}^{-1}$	$\nu(\text{OH})$	3360	3373
	$\nu_{\text{as}}(\text{NH}_2)$	3290	3278

Окончание табл.

1		2	3
	$\delta(\text{NH}_2)$	1660	1590
	$\nu(\text{C-O})$	1070	1095, 1083, 1070, 1050
	$\nu(\text{Cu-O})$	–	700
	$\nu(\text{Cu-N})$	–	570, 502
Электронный спектр (вода)	$\lambda_{\text{max}}$ , нм	208, 265, 365	226, 260, 595

В ИК-спектре комплекса при  $3373 \text{ см}^{-1}$  наблюдается широкая полоса, характеризующая валентные колебания ОН группы воды; менее выраженные полосы в диапазоне  $3290\text{-}3212 \text{ см}^{-1}$  по сравнению с моноэтаноламином, соответствующие валентным колебаниям группы  $\text{NH}_2$ , связанной с ионами меди (II). На координацию кислорода гидроксильной группы аминспирта могут указывать расщепление полосы СО группы и появление колебаний  $\nu(\text{Cu-O})$  при  $700 \text{ см}^{-1}$ . Смещение полос поглощения, соответствующих антисимметричным валентным колебаниям и плоским деформационным колебаниям связей  $\text{NH}_2$  в комплексе в низкочастотную область по сравнению с чистым лигандом, также свидетельствует о её координации с металлическим центром. Кроме того, наличие полос при  $570, 502 \text{ см}^{-1}$  можно отнести к валентным колебаниям  $\text{Cu-N}$  связей [3]. По результатам электронной спектроскопии комплекс  $\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2$  характеризуется поглощением в УФ ( $260 \text{ нм}$ ) и видимой областях ( $595 \text{ нм}$ ) спектра. Максимум поглощения в УФ области спектра характеризует полосу переноса заряда лиганд $\rightarrow$ металл (ПЗЛМ), а в видимой области – d-d переходы, причём наблюдается значительное гипсохромное смещение полосы поглощения комплекса в видимом диапазоне по сравнению с прекурсором –  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , что указывает на замещение воды в кристаллогидрате моноэтаноламином в процессе синтеза.

Результаты термогравиметрических исследований комплекса в атмосфере аргона свидетельствуют о начале его разложения при температуре 70°C. На первом этапе до 100°C происходит удаление кристаллизационной воды. Второй этап разложения, который начинается при 110 °С, проходит в две плохо разделяемые стадии, характеризующиеся наличием двух эндотермических пиков на кривой ДСК при температурах 116 и 160°C. Причём потеря массы на этих ступенях примерно одинакова и составляет 27%. Предположительно данный факт связан с разрывом связей Cu-O и Cu-N и последовательным удалением молекул моноэтаноламина. В диапазоне температур 180 – 420°C происходит незначительная потеря массы образца (7%), связанная с разложением органического лиганда. Конечным продуктом разложения является медь (остаточная масса 35%).

Полученный комплекс светочувствителен и разлагается при хранении на свету. Были исследованы закономерности фотохимического разложения комплекса в водных растворах под действием УФ-света с длиной волны возбуждения 254 нм. Показано, что фотолиз водного раствора  $\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2$  в диапазоне концентраций  $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-2}$  моль/л в течение 75 минут приводит к разложению комплекса с формированием наночастиц оксида меди(I) на поверхности кварцевой кюветы в виде плёнки жёлтого цвета. При этом в спектрах поглощения наблюдается появление полосы поглощения в диапазоне от 450 до 470 в зависимости от концентрации комплекса за 15 минут облучения, характерной для наночастиц  $\text{Cu}_2\text{O}$ , и батохромный сдвиг полосы до 560-600 нм при 75 минутах облучения, что свидетельствует об укрупнении частиц в процессе фотолиза. Значения оптической плотности при этом достигают 0,8-1,2 отн. ед. Относительная скорость фотохимического формирования наночастиц  $\text{Cu}_2\text{O}$  (за первые 30 минут) при увеличении

концентрации в 2 раза возрастает в 2,5 раза. По результатам сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа образцов, полученных при облучении в течение 60 минут, образуются сферические частицы  $\text{Cu}_2\text{O}$  со средним размером от 300 до 950 нм в зависимости от концентрации комплекса и времени облучения.

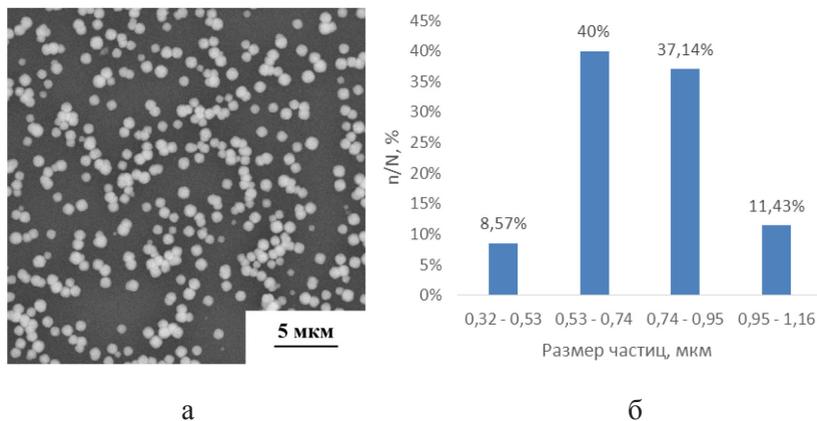


Рис. а) Электронная микрофотография;  
 б) Гистограмма частиц  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  
 полученных в результате фотолиза 0,1М  
 водного раствора  $\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2$  в течение 60 минут

### **Библиографический список**

1. Логинов Г.П. Дис. ... док. мед. наук. Казань: ФГОУ ВПО Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2005. 359 с.
2. Артеменко М.В. Взаимодействие гидроокиси и окиси меди с моноэтаноламином, диэтаноламином и триэтаноламином // Укр. хим. журн. 1963. Т. 29. № 7–8. С. 571–575.
3. Герасенкова А.Н., Удовенко В.В. Комплексные соединения кобальта с моноэтаноламином // Журн. неорг. химии. 1968. Т. 13. № 11. С. 3012–3013.

**ФОТОХРОМИЗМ 5-АРИЛОКСИНАФТО[1,2,3-сd]  
ИНДОЛ-6(2H)-ОНОВ**  
PHOTOCHROMISM OF 5-ARYLOXINAPHTHO[1,2,3-сd]  
INDOL-6(2H)-ONES

**О.И. Каргина<sup>1</sup>, Е.А. Притчина<sup>2</sup>, Н.П. Грицан<sup>2</sup>,  
О.И. Фоминых<sup>3</sup>, Л.М. Горностаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>УГМУ, г. Екатеринбург,

<sup>2</sup>ИХКГ СО РАН, г. Новосибирск,

<sup>3</sup>КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск

**O.I. Kargina<sup>1</sup>, E.A. Pritchina<sup>2</sup>, N.P. Gritsan<sup>2</sup>,  
O.I. Fominykh<sup>3</sup>, L.M. Gornostaev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>UGMU, Yekaterinburg,

<sup>2</sup>ICKC SB RAS, Novosibirsk,

<sup>3</sup>KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk

Ана-арилоксихиноны, пара-арилоксихиноны, импульсный фотолиз, нафто[1,2,3-сd]индол-6(2H)-оны, спиросоединение, фотоизомеризация. В статье приводятся результаты фотохимических превращений 5-арилоксинафто[1,2,3-сd]индол-6(2H)онов.

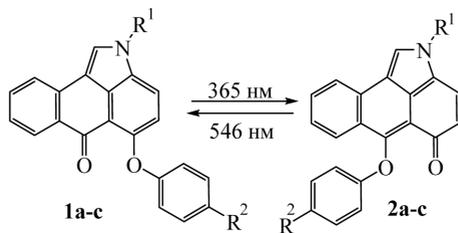
Ana-aryloxyquinones, para- aryloxyquinones, flash photolysis, naphtha[1,2,3-сd]indol-6(2H)-ones, spiro compound, photoisomerization.

The article presents the results of photochemical transformations of 5-aryloxynaphtho[1,2,3-сd]indol-6(2H)ones.

**П**олициклические хиноны, содержащие арилоксигруппу в *пери*-положении к карбонильной группе, способны фотоизомеризоваться в *ана*-хиноны. Фотоизомеризация *пара*-арилоксихинонов в *ана*-арилоксихиноны происходит под действием УФ-света и сопровождается bathochromным сдвигом в ЭСП. Обратный процесс – переход *ана*-арилоксихинонов в *пери*-арилоксихиноны – является фотохимическим или термическим [1] (Схема 1).



Схема 2



$R^1=H; R^2=Me$  (a),  $t-Bu$  (b);  $R^1=R^2=Me$  (c)

Фотоизомеризация веществ (2а-с) в исходные пирролантроны (1а-с) наблюдалась при облучении растворов (2а-с) светом с длиной волны 546 нм (рис. 1, 2).

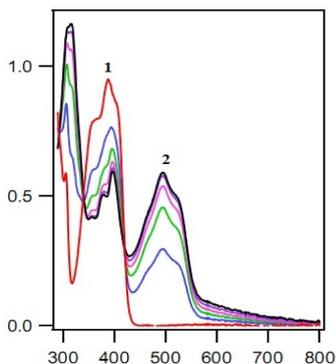


Рис. 1. ЭСП 5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2H)-она (1а) в толуоле в отсутствие кислорода ( $C=1 \cdot 10^{-4}$  моль/л):  
1 – исходный раствор (1а);  
2 – раствор (7а), облучённый в течение 1 мин светом с длиной волны 365 нм

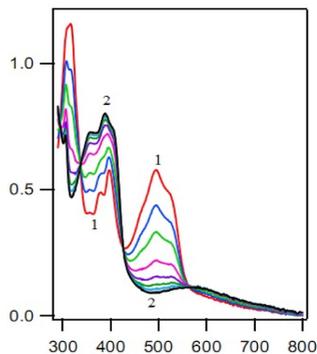


Рис. 2. ЭСП 6-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-5(2H)-она (2а) в толуоле в отсутствие кислорода ( $C=1 \cdot 10^{-4}$  моль/л):  
1 – исходный раствор (2а);  
2 – раствор (2а), облучённый в течение 1 мин светом с длиной волны 546 нм

Следует отметить, что при облучении веществ (1а-с) в толуольном растворе на воздухе наблюдалась их деградация (рис. 3).

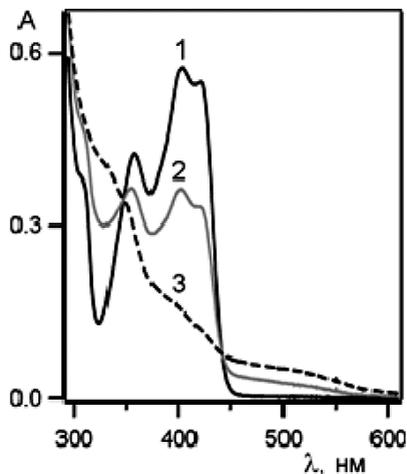


Рис. 3. ЭСП поглощения 5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (**1a**) в толуоле в присутствии кислорода ( $C=0,6 \cdot 10^{-4}$  моль/л): 1 – исходный раствор; 2, 3 – изменения раствора 1 в ходе фотолиза светом с длиной волны 365 нм в течение 2 мин (2), 9 мин (3).

Продукты необратимого процесса деградации хинонов (1а-с) не анализировались. Подобный характер деградации характерен и для незамещенного нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она [9]. Учитывая отсутствие заметных полос поглощения в области 350-600 нм, можно полагать, что основной канал деградации пирролантронов (1а-с) связан с деструкцией пиррольного цикла в их молекулах.

Отличительной способностью *ана*-пирролантронов (2а-с) является их пониженная активность к действию нуклеофилов в отличие от 9-арилокси-1,10-антрхинонов, легко реагирующих с водой и алкиламинами. При проведении фотолиза продукта (1а) в присутствии пропиламина, как и прибавление пропиламина к фотолизату, не приводило к каким-либо изменениям спектральной картины. По-видимому, мезомерное электронодонорное влияние аминогруппы в *ана*-пирролантронах (2а-с) на положение 6 снижает нуклеофильную подвижность арилоксигруппы.

Для подтверждения структур веществ (2а-с) были использованы квантово-химические расчеты, позволяющие рассчитать такие характеристики, как геометрию, энергетику, спектры оптического поглощения в УФ-, видимой- и ИК-областях. Для того чтобы показать, что используемый нами метод применим для описания пирролантронов, все эти характеристики были рассчитаны для пирролантрона и его 5-феноксипроизводных. Так, на рис. 4 представлены экспериментальный и расчетный спектры электронного поглощения 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (1с) в толуоле. Видно, что положение 0-0 переходов в расчетном спектре и их сила осциллятора довольно удовлетворительно согласуются с экспериментальным спектром. Следовательно, данный метод можно использовать для анализа данных по фотолизу пирролантрона и его феноксипроизводных.

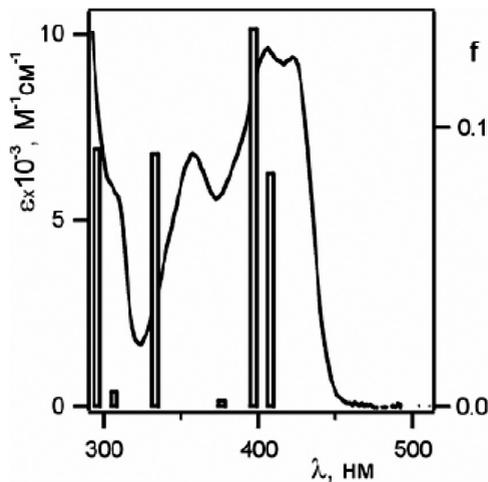


Рис. 4. ЭСП поглощения 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (1с) в толуоле. Столбики показывают положения и силу осцилляторов электронных переходов для данного соединения в толуоле, рассчитанные методом TD-B3LYP/6-31+G(d) с геометрией B3LYP/6-31G(d), для учета влияния растворителя использовалась модель SMD

Анализ продуктов фотолиза соединения (1с) при фотолизе светом с длиной волны 365 нм в толуоле в отсутствие кислорода показал, что в смеси присутствуют в основном два вещества: исходное в количестве 25-30% и соединение, имеющее спектр электронного поглощения, приведенный на рис. 5. Сравнение экспериментального спектра с расчетным для *ана*-формы 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (1с) позволяет сделать вывод о том, что продуктом фотолиза в отсутствие кислорода является *ана*-форма. Квантовый выход прямой фотохимической реакции составляет:  $\phi_{\text{KB}}(\text{пери-} \rightarrow \text{ана-}) = 8,1 \cdot 10^{-2}$ , обратного процесса несколько меньше:  $\phi_{\text{KB}}(\text{ана-} \rightarrow \text{пери-}) = 3,1 \cdot 10^{-2}$ .

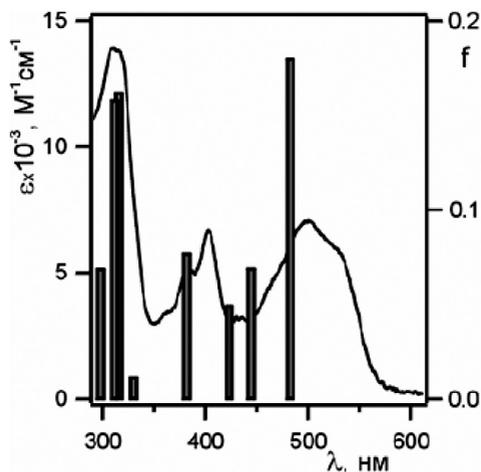


Рис. 5. ЭСП поглощения 2-метил-6-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (2с) в толуоле. Столбики показывают положения и силу осцилляторов электронных переходов для данного соединения в толуоле, рассчитанные методом TD-B3LYP/6-31+G(*d*) с геометрией B3LYP/6-31G(*d*), для учета влияния растворителя использовалась модель SMD

Следует отметить, что 2-метил-6-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-он (2с) флуоресцирует (рис. 6а). Оценка квантового выхода флуоресценции дает величину

$\phi_{\text{фл}} = 2,3 \cdot 10^{-3}$ , в то время как для незамещенного пирролантрона эта величина примерно в пять раз больше —  $\phi_{\text{фл}} = 1,2 \cdot 10^{-2}$ .

Флуоресценцией обладает и *ана*-форма (рис. 6б), квантовый выход флуоресценции в этом случае не измеряли, визуально он явно больше.

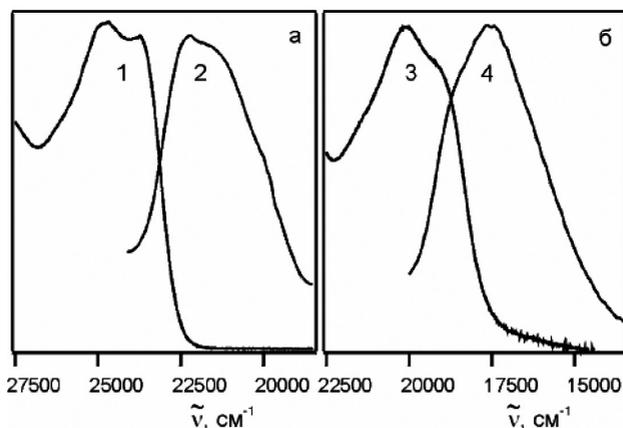


Рис. 6. а – ЭСП (1) и флуоресценции (2) 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (1с) в толуоле, нормированные на единицу. б – ЭСП (3) и флуоресценции (4) *ана*-формы 2-метил-6-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (2с) в толуоле, нормированные на единицу

Для того чтобы выяснить механизм фотомиграции фенокси-группы в 6-феноксипроизводных пирролантрона, были проведены эксперименты по импульсному фотолузу 2-метил-6-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (2с) в толуоле в отсутствие кислорода и на воздухе. Спектр промежуточного поглощения, представленный на рис. 7а, появляется за время лазерного импульса и принадлежит 2-метил-6-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-ону (2с) в нижнем возбужденном триплетном состоянии. В пользу этого свидетельствует то, что спектр промежуточного соединения удовлетворительно согласуется с расчетным (рис. 7а), а его время жизни сильно зависит

от наличия кислорода в растворе (рис. 7б). Так, характерное время жизни интермедиата в отсутствие кислорода составляет  $\sim 2,9$  мкс, а на воздухе –  $\sim 200$  нс. К тому же анализ кинетических кривых говорит о том, что они содержат вклад второго порядка, отвечающий за триплет-триплетную аннигиляцию. Чем больше энергия лазерной вспышки, тем этот вклад больше. Спад триплет-триплетного поглощения приводит к практически полному восстановлению оптической плотности в области поглощения исходного 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (1с) (рис. 7б, спектры 3, 4). Данный факт легко объясняется небольшим значением квантового выхода перегруппировки *пери*-формы в *ана*-форму.

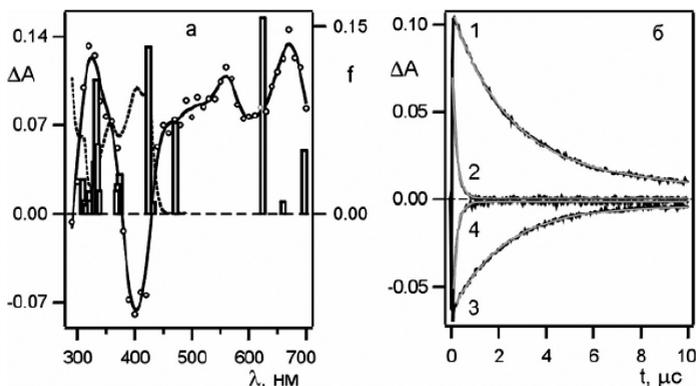


Рис. 7. а. Спектр промежуточного поглощения, зарегистрированный через 120 нс после лазерного возбуждения 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (1с) в толуоле в отсутствие кислорода ( $c = 1,3 \cdot 10^{-4}$  моль/л,  $\lambda_{\text{возб}} = 355$  нм). Столбики показывают положения и силу осцилляторов электронных переходов для 2-метил-6-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (2с) T1-состоянии в толуоле, рассчитанные методом TD-B3LYP/6-31+G(d) с геометрией B3LYP/6-31G(d), для учета влияния растворителя использовалась модель SMD. Пунктиром показан спектр электронного поглощения 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она (2с) в толуоле. б – Кинетические кривые спада триплет-триплетного поглощения на 550 нм и восстановления поглощения исходного соединения на 410 нм в отсутствие кислорода (1, 3) и на воздухе (2, 4)

В работе [10] показано, что перенос фенокси группы в феноксинафтоценхинонах осуществляется через замыкание СО-связи в исходных транс-соединениях в  $T_1$ -состоянии с образованием промежуточного триплетного бирадикального спиросоединения. Характер распределения спиновой плотности в  $T_1$ -состоянии 2-метил-6-(4-метилфенокси)пирролантрона (**2c**) позволяет предположить, что и в случае феноксипроизводных пирролантронов возможны замыкание СО-связи и образование спиросоединения (рис. 8).

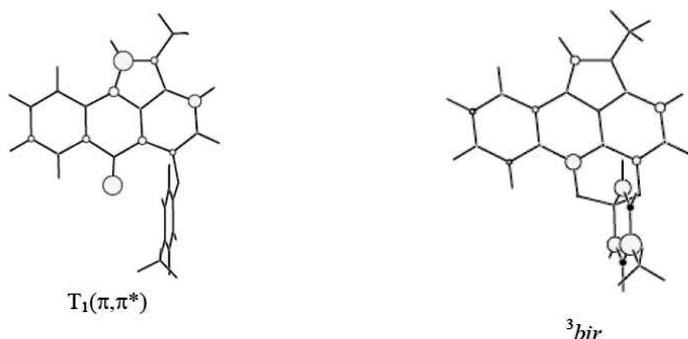
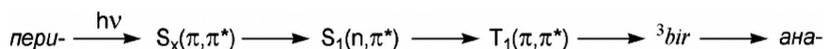


Рис. 8. Распределение спиновой плотности в 2-метил-5-(4-метилфенокси)нафто[1,2,3-cd]индол-6(2H)-она (**1c**) в нижнем возбужденном триплетном состоянии и триплетном спиросоединении, рассчитанные методом B3LYP/6-31G(d)

Таким образом, фотомиграция фенокси группы в 6-феноксипроизводных пирролантрона является неадиабатическим процессом и описывается схемой, предложенной ранее для феноксинафтоценхинонов [10]:



Время жизни триплетного спиросоединения в случае нафтоценхинонов составляет 6 нс. Временное разрешение установки используемого нами импульсного фотолиза

не позволяет зарегистрировать подобные короткоживущие интермедиаты.

***Библиографический список***

1. Varachevsky V.A. Organic Photochromic and Thermochromic Compounds. Plenum Press, New York, 1999. Vol. 1. P. 267.
2. Герасименко Ю.Е. 1-Феноксиантрахинон – представитель фотохромных соединений нового типа // ЖВХО им. Д.И. Менделеева. 1971. Т. 16. С. 105.
3. Герасименко Ю.Е. Фотоизомеризация 6-фенокси-5,12-нафтаценхинона // ЖОрХ. 1971. Т. 7. С. 2413–2415.
4. Герасименко Ю.Е. Некоторые антра- и нафтаценопиридоны и пиридины, их таутомерия и фотохромизм // ЖОрХ. 1984. Т. 20. С. 1078–1073.
5. Соколюк Н.Т. Синтез и фотохимические свойства перифеноксипроизводных 6Н-антра[1,9-сd]-6-пиразолона (пиразолантрона) // ЖОрХ. 1983. Т. 19. С. 1312–1316.
6. Li Yu. Synthesis and photochromic properties of 9-(4-substituted)phoxynaphthaceno[5,6-bc]pyran-2,8-diones derived from phoxynaphthacenequinones // Dyes and Pigments. 2007. Vol. 75. P. 111–115.
7. Kolodina E.A. Synthesis and photochromic properties of 11-phenoxy-2-phenylnaphth[2,3-f]indole-8,10-диона // Mendeleev Commun. 2008. Vol. 18. P. 302–304.
8. Shchekotikhin A.E. Synthesis and Photochemical Properties of Phenoxy Derivatives of Anthra[2,3-b]furan-5,10-dione // Zhurnal Organicheskoi Khimii. 2008. Vol. 44. No. 6. P. 864–871.
9. Evans N.A. Reaction of 3-methylindole with singlet oxygen // Aust. J. Chem. 1974. Vol. 24. P. 1971–1973.
10. Born R. Photochromism of phoxynaphthacenequinones: diabatic or adiabatic phenyl group transfer? // Photochem. Photobiol. Sci. 2007. Vol. 6. P. 552–559.

**СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ПЛОТНЫХ ЗОЛЕЙ  
АНИЗОТРОПНЫХ НАНОЧАСТИЦ CuO**  
SYNTHESIS AND INVESTIGATION  
OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES  
OF DENSE ANISOTROPIC  
CUO NANOPARTICLES SOLS

**Д.В. Карпов, С.А. Воробьев, Ю.В. Антипова, Ю.Л. Михлин**  
Научный руководитель **С.В. Сайкова**  
*ИЦМиМ СФУ, г. Красноярск*

**D.V. Karpov, S.A. Vorobyev, Y.V. Antipova, Y.L. Mikhlin**  
Scientific adviser **S.V. Saikova**  
*SNFMMS SibFU, Krasnoyarsk*

Наночастицы, оксид меди (II), плотные золи, катализ, физическая химия. В статье описывается методика синтеза сверхконцентрированных (более 500 г/л) высокостабильных золей анизотропных наночастиц CuO 8 x 29 нм, представляющих интерес для биомедицины и катализа. Приведены результаты всестороннего исследования полученного наноматериала методами ПЭМ, РФА, РФЭС, ИК- и UV-VIS-NIR-спектроскопии, а также DLS.

Nanoparticles, copper (II) oxide, dense sols, catalysis, physical chemistry. The article describes the synthesis of superconcentrated (more than 500 g/l) highly stable sols of anisotropic CuO nanoparticles 8 x 29 nm, which are of interest for biomedicine application and catalysis. The obtained nanomaterial is characterized by TEM, XRD, XPS, IR and UV-VIS-NIR spectroscopy and DLS.

**Н**аночастицы оксида меди (II) – перспективный материал для применения в катализе [1] и фотокатализе [2], биомедицине [3], фотовольтаике [4]. В то же время описываемые в литературе золи наночастиц CuO характеризуются малой концентрацией (единицы – десятки г/л) [4].

Анизотропные наночастицы оксида меди были получены по модифицированной методике [5] путем щелочного осаждения горячего раствора сульфата меди (II) гидроксидом натрия с одновременным разложением образующегося  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  до оксида. Как известно, основания способны катализировать разложение  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , существенно снижая температуру процесса [6]. Полученный осадок  $\text{CuO}$  тщательно отмывали водой, стабилизировали путем внесения  $6,3 \cdot 10^{-4}$  моль/г однозамещенного цитрата натрия и упаривали до конечной концентрации наночастиц 1000 г/л.

Согласно РФА полученные наночастицы представлены монофазой тенорита (C2/c) (рисунок, D). Уточненные по методу Ритвельда параметры ячейки хорошо согласуются с литературными данными [7]. Размер ОКР, вычисленный с учетом приборного уширения рефлексов, составляет 11 нм. По данным ПЭМ (рисунок, A), образец представлен анизотропными наночастицами со средней длиной 29 нм и диаметром 7 нм. Распределения частиц по диаметру и длине представлены гистограммами (B, C). Полученные зависимости гидродинамических диаметров и дзета-потенциалов частиц представлены на рисунке E. Поведение частиц сильно отличается от характерного для наночастиц  $\text{CuO}$ , известным из литературы [8], а именно имеет место значительное смещение изоэлектрической точки в область низких значений pH.

На рисунках F – H представлены РФЭ-спектры  $\text{Cu } 2p$ ,  $\text{O } 1s$  и  $\text{C } 1s$  образца наночастиц  $\text{CuO}$ . Мультиплетное расщепление линии  $\text{Cu } 2p$ , а также наличие явных сателлитов встряски в районе энергий связи 940 – 945 эВ подтверждает присутствие в образце меди (II) [10, 11]. РФЭ-спектр  $\text{C } 1s$  содержит обособленную компоненту при 288,0 эВ, соответствующую карбоксильной группе карбоновых кислот, а также дополнительное плечо при 285,5 эВ рядом с линией алифатического углерода (284,2 эВ), соответствующее спиртам и простым эфирам. Спектр  $\text{O } 1s$  образца содержит две явных ком-

поненты при 259,4 эВ и 530,8 эВ, относящиеся, соответственно, к кислороду в составе кристаллической решетки тенорита и кислороду в составе кислородных дефектов [11]. Влияние вакансий на каталитические, оптические и электрические свойства оксидов переходных металлов активно обсуждается [12]. Данный вопрос – тема дальнейших исследований.

На рисунке (I) представлен оптический спектр и внешний вид разбавленного золя наночастиц CuO. На основании спектра были построены графики Тауца для определения ширины непрямого (J) и прямого (рисунки K) переходов. Полученные данные хорошо согласуются с литературными для CuO [4, 9].

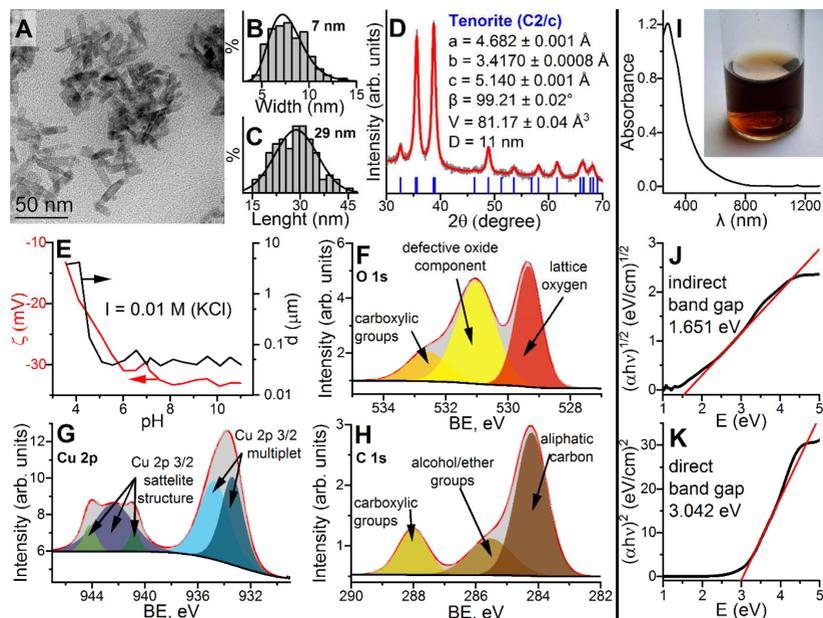


Рис. А – микрофотография образца; В, С – гистограммы распределения по длине и диаметру; D – дифрактограмма образца; E – зависимости  $\zeta$ -потенциалов и гидродинамических диаметров от pH для разбавленного золя; F, G, H – РФЭ-спектры; I – UV-VIS-NIR спектр; J, K – графики Тауца для непрямого и прямого переходов

### ***Библиографический список***

1. Huang, H. Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis / H. Huang, W. Huang, Y. Xu, X. Ye, M. Wu, Q. Shao, G. Ou, Z. Zheran Peng, J. Shi, J. Chen, Q. Feng, Y. Zan, H. Huang, P. Hu // *Catalysis Today*. 2015. V. 258. P. 627–633.
2. Sonia, S. Hydrothermal synthesis of highly stable CuO nanostructures for efficient photocatalytic degradation of organic dyes / S. Sonia, S. Poongodi, P.S. Kumar, D. Mangalaraj, N. Ponpandian, C. Viswanathan // *Materials Science in Semiconductor Processing*. 2015. V. 30. P. 585–591.
3. Grigore, M. Methods of Synthesis, Properties and Biomedical Applications of CuO Nanoparticles / M. Grigore, E. Biscu, A. Holban, M. Gestal, A. Grumezescu // *Pharmaceuticals*. 2016. V. 9, № 4. P. 75.
4. Lim, Y.-F. Facile Synthesis of Colloidal CuO Nanocrystals for Light-Harvesting Applications / Y.-F. Lim, J. J. Choi, T. Hanrath // *Journal of Nanomaterials*. 2012. P. 1–6.
5. Vaseem, M. Copper oxide quantum dot ink for inkjet-driven digitally controlled high mobility field effect transistors / M. Vaseem, A.-R. Hong, R.-T. Kim, Y.-B. Hahn // *Journal of Materials Chemistry C*. 2013. V. 1, № 11. P. 2112–2120.
6. Cudenneq, Y. The transformation of  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  into CuO, revisited / Y. Cudenneq, A. Lecerf // *Solid State Sciences*. 2003. V. 5, № 11. P. 1471–1474.
7. Forsyth, J.B. The effect of hydrostatic pressure on the ambient temperature structure of CuO / J.B. Forsyth, S. Hull // *Journal of Physics: Condensed Matter*. 1991. V. 3, № 28. P. 5257–5261.
8. Parks, G.A. The Isoelectric Points of Solid Oxides, Solid Hydroxides, and Aqueous Hydroxo Complex Systems / G.A. Parks // *Chem. Rev.* 1965. V. 65, № 2. P. 177–198.
9. Koffyberg, F.P. A photoelectrochemical determination of the position of the conduction and valence band edges of p-type CuO / F.P. Koffyberg, F.A. Benko // *Journal of Applied Physics*. 1982. V. 53, № 2. P. 1173–1177.
10. Gupta, R.P. Calculation of multiplet structure of core p-vacancy levels. II / R.P. Gupta, S.K. Sen // *Physical Review B*. 1975. V. 12, № 1. P. 15–19.

11. Biesinger, M.C. Advanced analysis of copper X-ray photoelectron spectra / M.C. Biesinger // Surface and Interface Analysis. 2017. V. 49, № 13. P. 1325–1334.
12. Wang, L. / L. Wang, Z. Wang, L. Zhang, T. Schüllli, Y. Bai, S.A. Monny, A. Du // Angewandte Chemie. 2019. V. 131, № 49. P. 1–7.

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
НА ФОРМИРОВАНИЕ ФАЗЫ  $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$   
THE EFFECT OF HEAT TREATMENT  
ON THE  $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  PHASE FORMATION**

**Е.А. Кишнева, Е.В. Григорьева,  
М.В. Пантелеева, С.В. Сайкова**  
Научный руководитель **С.В. Сайкова**  
*ИХХТ СО РАН ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск*

**E.A. Kirshneva, E.V. Grigorieva,  
M.V. Panteleeva, S.V. Saykova**  
Scientific adviser **S.V. Saykova**  
*Institute of Chemistry and Chemical Engineering, Krasnoyarsk  
Scientific Center (Federal Research Center), Siberian Branch,  
Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk*

Анионит, отжиг, феррит-гранат, эрбий, нанопорошки.  
*В представленной работе было исследовано влияние параметров температурной обработки на фазообразование в системе Fe-Er. Выявлено, что наибольшее влияние на формирование фазы граната оказывает общее время цикла термической обработки, включающее в себя время нагрева печи, отжига и охлаждения полученных продуктов отжига. Установлено, что наиболее оптимальным является отжиг продукта осаждения при температуре 800°C в течение 4 ч с последующим охлаждением в печи, что приводит к образованию железо-эрибиевого граната с незначительной примесью фаз перовскита и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Размер частиц граната, вычисленный по данным РФА, составляет  $28 \pm 2$  нм. Размер частиц по результатам ПЭМ составляет 50 нм.*

Anion-exchange resin, annealing, iron garnet, erbium, nanopowders.

*In the paper we have studied the effect of heat treatment on the phase formation in the Fe-Er system. It was found that the duration of the heat treatment cycle (including the time of furnace heating, annealing and cooling of products) has a great influence on the formation of  $Er_3Fe_5O_{12}$  phase. It has been established that the thermal annealing of precipitation products for 4 h at  $800^\circ\text{C}$ , followed by cooling in a furnace yields phase ferrite garnet with a significant admixture of the perovskite phase and  $Fe_2O_3$ . The garnet particle size calculated from XPA data is  $28 \pm 2$  nm.*

**Ф**еррит-гранаты редкоземельных металлов принадлежат к классу магнитомягких высокочастотных ферритовых материалов, широко используемых в таких областях, как медицина, магнитооптика, лазерная и СВЧ-техника [1].

В нашей работе получение  $Er_3Fe_5O_{12}$  осуществляется с помощью анионообменного синтеза с последующей термической обработкой продуктов осаждения. Анионообменное осаждение позволяет получить чистый высокодисперсный прекурсор со стехиометрией соответствующей стехиометрии граната. Цикл термической обработки прекурсоров состоит из трех стадий: нагрев печи, отжиг, охлаждение полученных образцов до комнатной температуры.

Целью работы является изучение продуктов анионообменного осаждения, а также исследование влияния начальной температуры и продолжительности цикла термической обработки на состав и размер частиц железо-эрбиевого граната.

Для синтеза железо-эрбиевого граната применяли метод анионообменного соосаждения с последующим отжигом полученного осадка. Осаждение проводили с использованием сильноосновного анионита гелевого типа АВ17-8 в ОН-форма, прошедшего очистку от примесных карбонат- и гидрокарбонат-ионов в соответствии с методиками, приведенными в нашей работе [2].

Полученный в ходе анионообменного осаждения продукт был исследован при помощи термического анализа

(рисунок 1). На кривой ДСК, полученной в ходе осаждения продукта, наблюдается три минимума в интервалах 80-250, 292-392 и 392-555°С. Эти эндоэффекты связаны с удалением воды и углекислого газа при разложении гидроксидов и основных карбонатов. Выраженный минимум при 100°С можно объяснить процессами удаления сорбированной воды и деструкции ОН-ионов гидроксидов. Эндоэффекты, наблюдаемые при 344 и 482°С, вероятно связаны с разложением примесных карбонат-ионов. Общая потеря массы образца составляет 22,2%. При температуре 797°С наблюдается экзоэффект, связанный с кристаллизацией фазы граната. Исходя из полученных данных, полученные образцы подвергали отжигу при температуре 800°С в течение различного времени.

Известно, что при отжиге соосажденных гидроксидов железа и РЗМ сначала формируются фазы  $Fe_2O_3$  и  $MFeO_3$  (где М – редкоземельный элемент) [3]. Эта стадия является лимитирующей. Увеличение времени отжига приводит к увеличению массовой доли фазы граната, однако может привести к увеличению частиц конечного продукта.

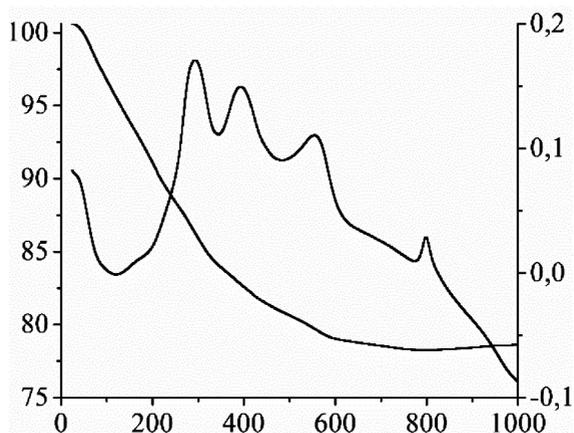


Рис. 1. Термограмма (кривые ТГ и ДСК) продукта анионообменного осаждения

В данной работе исследовали влияние начальной температуры и продолжительности термической обработки на состав и размер частиц конечного продукта (таблица).

Образец 1 ставили в холодную печь, скорость нагрева  $10^{\circ}\text{C}$  в минуту. Отжиг вели в течение 4 ч (без учета времени нагревания), после чего образец оставляли в печи до полного остывания. Данная схема отжига приводит к формированию практически чистой фазы  $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  (92%), при этом на фазы  $\text{ErFeO}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  приходится 5% и 3%, соответственно (рис. 2а). Образцы 2 и 3 помещали в заранее нагретую до  $800^{\circ}\text{C}$  печь на 4 часа. Далее образец 2 вытаскивали из печи и охлаждали в эксикаторе, а образец 3 оставляли остывать в печи.

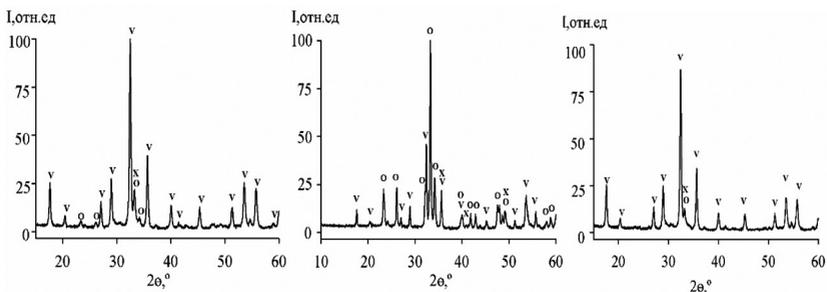


Рис. 2. Результаты рентгенофазового анализа продуктов отжига:  
а – образец 1; б – образец 2; в – образец 3

Отжиг образца 2 приводит к формированию смеси фаз  $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{ErFeO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , при этом содержание фазы граната составляет 50% (рис. 2б). При увеличении общего времени нахождения (образец 3) в печи содержание фазы граната увеличивается до 95% с незначительной примесью перовскита (рис. 2в). Размер частиц полученных продуктов, рассчитанный по данным РФА с использованием формулы Шеррера, приведен в таблице.

**Результаты отжига продуктов осаждения  
в различных условиях**

№ образца	Начальная температура в печи, °С	Режим охлаждения продукта	Общее время цикла термической обработки, ч	Размер частиц, нм	Фазовый состав продукта
1	24	в печи	13	26±3	Er <sub>3</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub> – 92 % ErFeO <sub>3</sub> – 5 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 3 %
2	800	в эксикаторе	4	28±2	Er <sub>3</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub> – 51 % ErFeO <sub>3</sub> – 43 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 6 %
3	800	в печи	10	27±2	Er <sub>3</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub> – 95 % ErFeO <sub>3</sub> – 4 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 1 %

В ходе проведенных исследований определен оптимальный режим термообработки продуктов осаждения: отжиг в заранее разогретой до 800 °С печи в течение 4 ч с последующим охлаждением в печи до комнатной температуры. В этом случае полученный продукт содержит 95 % Er<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>, а размер частиц составляет 27±2 нм.

***Библиографический список***

1. Opuchovic O., Kareiva A., Mazeika K., Baltrunas D. // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2017. Vol. 422. P. 422–433.
2. Сайкова С.В., Киришнева Е.А., Пантелеева М.В., Пикурова Е.В., Фадеева Н.П., Самойло А.С. // Журнал неорганической химии. 2022. Т. 67. № 2. P. 177–184.
3. Сайкова С.В., Киришнева Е.А., Фадеева Н.П., Пантелеева М.В., Пикурова Е.В., Самойло А.С. // Журнал неорганической химии. 2022. Т. 67. № 2. С. 158–165.

**РАЗРАБОТКА  
МЕТОДА ОДНОСТАДИЙНОГО ЭЛЮИРОВАНИЯ  
ИОНОВ НИКЕЛЯ ИЗ КАТИОНИТА КУ-2-8  
С ОБРАЗОВАНИЕМ ТВЕРДОГО ПРОДУКТА  
DEVELOPMENT  
OF A METHOD FOR SINGLE-STAGE ELUTION  
OF NICKEL IONS FROM KU-2-8  
CATIONITE TO FORM A SOLID PRODUCT**

**А.Е. Кроликов**

Научный руководитель **С.В. Сайкова**,  
*ИЦМиМ СФУ, г. Красноярск*

**A.E. Krolikov**

Scientific adviser **S.V. Saikova**,  
*SNFMMS SibFU, Krasnoyarsk*

Катионит, элюирование, элюент, комплексонометрическое титрование, ИК-спектроскопия, рентгено-фазовый анализ, термический анализ.

*В статье описывается метод одностадийного элюирования ионов никеля от катионита КУ-2-8 с образованием твердого продукта. В результате исследований была получена Ni-форма катионита КУ-2-8; подобран эффективный элюент, обеспечивающий образование твёрдого металлсодержащего продукта; проанализированы полученные осадки методами РФА, ИК-спектроскопии, термического анализа и СЭМ.*

Cationite, elution, eluent, complexometric titration, IR spectroscopy, X-ray phase analysis, thermal analysis.

*The article describes a method of single-stage elution of nickel ions from KU-2-8 cationite to form a solid product. As a result of the research, the Ni-form of KU-2-8 cationite was obtained; an effective eluent was selected that provides the formation of a solid metal-containing product; the precipitates obtained by XRD, IR spectroscopy, thermal analysis and SEM were analyzed.*

**Ц**ель работы – разработка метода одностадийного элюирования ионов металлов от катионита КУ-2-8 с образованием твердого продукта.

Для реализации этой цели решались следующие задачи: получение Ni-формы катионита КУ-2-8; подбор эффективно-го элюента, обеспечивающего образование твёрдого металл-содержащего продукта; анализ полученных осадков методами РФА, ИК-спектроскопии, термического анализа и СЭМ.

В качестве ионита был использован сильнокислотный катионит КУ-2-8. Для получения М-формы катионита пробу отмытого катионита в виде водной суспензии переносили в колонку и через катионит пропускали раствор  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ . Фильтрат собирали в колбу и определяли в нём содержание ионов металла методом прямого комплексонометрического титрования. Процесс насыщения катионита КУ-2-8 ионами металла заканчивали тогда, когда концентрация ионов металла в фильтрате и в исходном растворе становилась одинаковой [1,2].

Для осуществления элюирования навеску Ni-формы ионита выдерживали с избытком элюента (т:ж = 1:20) при встряхивании на лабораторном шейкере (150 об/мин) при комнатной температуре. По истечении определенного времени (30 мин) фазы осадка и ионита разделяли методом центрифугирования и отправляли на анализ. В качестве элюентов были исследованы 1М растворы  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  и  $\text{NaOH}$ . Для определения остаточного содержания металла в катионите после элюирования его обрабатывали 1М  $\text{HCl}$  и определяли ионы металла в растворе титрованием [1].

На рисунке 1а представлена гистограмма влияния природы элюента на степень элюирования никеля. Как видно из рисунка, наибольшая степень элюирования за одну стадию (около 100%) наблюдается при использовании шавелевой кислоты, наименьшая –  $\text{NaOH}$  и  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . На рисунке 1б показана микрофотография осадка на поверхности зерна ионита, образующегося при использовании в качестве элюента  $\text{NaOH}$ . Большая плотность образующегося осадка препятствует хорошему элюированию никеля из ионита.

Было проведено исследование влияние числа стадий на степень элюирования для гидрокарбоната натрия. За три стадии степень элюирования никеля достигла 84%.

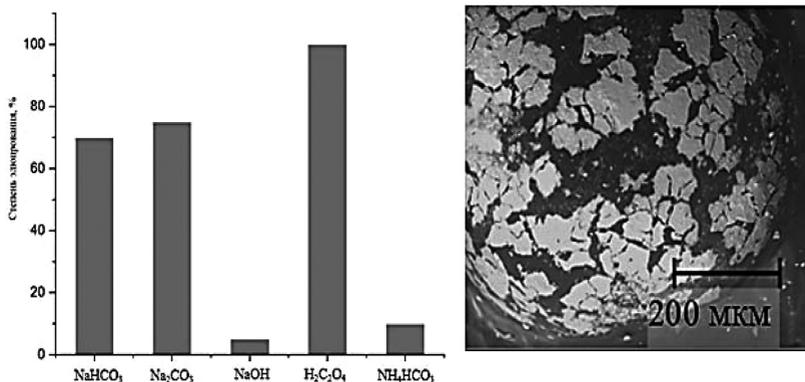


Рис. 1. Влияние природы элюента на степень элюирования (а) и микрофотография осадка на поверхности зерна ионита (б)

С целью идентификации продуктов синтеза был проведен ряд анализов осадков, полученных из растворов нитрата никеля, с использованием в качестве элюента щавелевой кислоты и гидрокарбоната натрия.

В соответствии с данными РФА осадки основного карбоната никеля являются аморфными (рисунок 2а), поэтому для их идентификации использовали метод ИК-спектроскопии (рисунок 2б).

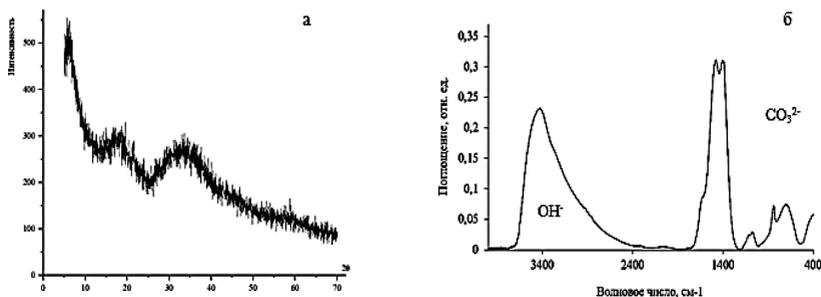


Рис. 2. РФА (а) и ИК-спектроскопии (б) основного карбоната никеля

ИК-спектр основного карбоната никеля содержит довольно широкую полосу поглощения при  $3490\text{ см}^{-1}$ , относящуюся к валентным колебаниям гидроксильных групп. Уширение данного максимума происходит при образовании водородных связей ОН-групп с молекулами воды, что свидетельствует о наличии свободной воды в пространстве между слоями основного карбоната [1].

На ИК-спектрах оксалата (рисунок 3а) наблюдается шесть полос поглощения (ПП): ПП при  $3399,53\text{ см}^{-1}$  и  $1639,23\text{ см}^{-1}$  соответствуют валентным колебаниями координационной воды, остальные характерны для оксалат-группы. Этот же вывод следует из данных термогравиметрии (ТГ) (рисунок 3б). Наблюдаются две ступени потери массы, сопровождающиеся значительными эндоэффектами при  $235$  и  $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Они соответствуют отщеплению кристаллогидратной воды и разложению оксалата с образованием мелкодисперсной металлической фазы и углекислого газа. Расчеты показывают соответствие состава полученных в этих условиях продуктов формуле  $\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

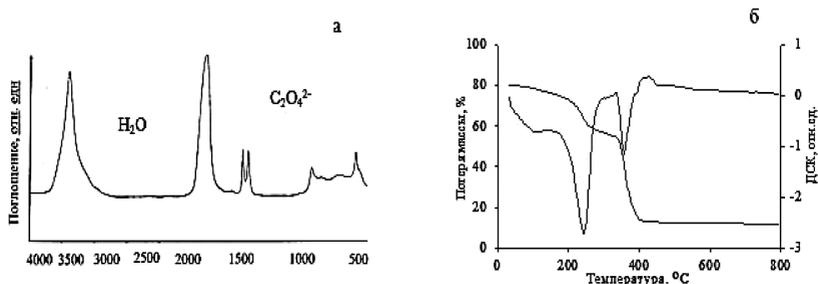
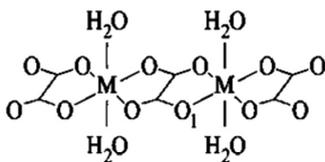


Рис. 3. Результаты ИК-спектроскопии (а) и ТГ (б) оксалата никеля

По данным электронной микроскопии, образец осадка оксалата никеля состоит из частиц кубической формы размером  $200\text{--}400\text{ нм}$ . Согласно данным РФА размер кристаллитов, рассчитанный по формуле Шеррера, составил  $36\text{ нм}$  [1,2].

На основании полученных данных была предложена структурная формула продукта ионообменного синтеза из нитратных растворов:



### **Библиографический список**

1. Сайкова С.В., Пашков Г.Л., Пантелеева М.В. Реакционно-ионообменные процессы извлечения цветных металлов и синтеза дисперсных материалов: монография. Красноярск: СФУ. 2018. 198 с.
2. Туленков И.П., Казанцев Е.И. Исследование сорбции никеля из сернокислых растворов аминоксидриновым ионитом // Изв. вузов. Цв. металлургия. 1978. № 1. С. 46–49.

## **ПОЛУЧЕНИЕ, СТАБИЛИЗАЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ**

### **PREPARATION, STABILIZATION AND STUDY OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF NICKEL FERRITE NANOPARTICLES**

**Д.А. Макеева**

Научный руководитель **С.В. Сайкова**  
*ИЦМуМ СФУ, г. Красноярск*

**D.A. Makeeva**

Scientific adviser **S.V. Saikova**  
*SNFMMS SibFU, Krasnoyarsk*

Наночастицы, феррит никеля, мелко-факторный эксперимент, супер-парамагнетизм, стабилизация.

*В статье предложен метод синтеза наночастиц феррита никеля без прокаливаний. Приведены результаты рентгенофазового анализа и просвечивающей электронной микроскопии полученных наночастиц.*

Nanoparticles, nickel ferrite, fractional factor experiment, superparamagnetism, stabilization.

*The article proposes a method for the synthesis of nickel ferrite nanoparticles without calcination. The results of X-ray phase analysis and transmission electron microscopy of the obtained nanoparticles are presented.*

**Н**аноматериалы обладают уникальными магнитными свойствами в сравнении с их массивными аналогами. Это связано с размерным эффектом и влиянием поверхности наночастиц. Наночастицы используются в биомедицинских исследованиях и для технических целей более 40 лет. Тем не менее особенности структуры и свойств наночастиц, определяющие широкий спектр их применения, до сих пор являются предметом многих исследований [1].

Так как в биомедицинских исследованиях необходимо доставлять наночастицы в органы, ткани и отдельные клетки, то размеры наночастиц являются определяющим фактором для их применения. В зависимости от типа биомедицинских исследований (диагностики/терапии) к свойствам используемых наночастиц предъявляются определенные требования [2]. Прежде всего, требуются наночастицы определенных размеров с заданными физическими характеристиками, одинаковой формой (например, сферической или кубической) и узким распределением по размерам. Для удовлетворения этих требований необходим научно обоснованный выбор метода синтеза и технологических параметров [3].

Целью данной работы является нахождение оптимальных условий получения наночастиц феррита никеля методом соосаждения Fe(III) и Ni(II) в присутствии борогидрида натрия без стадии прокаливания.

Задачи:

1. Определение влияния условий химического осаждения под действием  $\text{NaBH}_4$  на размер и состав полученных наночастиц феррита никеля;

2. Изучение свойств полученных наночастиц физико-химическими методами.

Оптимизацию проводили с использованием метода дробного факторного эксперимента ДФЭ 2<sup>7-4</sup>. При реализации дробно-факторного эксперимента провели две серии по 8 опытов, по результатам которых определили средние значения частных откликов, оценили ошибку воспроизводимости (дисперсию) каждого опыта.

В качестве независимых переменных выбрали следующие факторы:

X<sub>1</sub> – концентрации ионов Ni<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> (С);

X<sub>2</sub> – температура синтеза (Т);

X<sub>3</sub> – время синтеза (τ);

X<sub>4</sub> – С<sub>исх</sub> NaBH<sub>4</sub>;

X<sub>5</sub> – добавление NaOH, NaNO<sub>3</sub>;

X<sub>6</sub> – природа аниона (Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, NiCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>);

X<sub>7</sub> – комплексообразователь (Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>).

В качестве целевой функции выбрали размер частиц феррита никеля (d, нм), найденный по формуле Шеррера, и выход фазы феррита никеля (ω, %), исходя из данных РФА.

Образец, полученный в найденных оптимальных условиях (С(Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) = 0,04 М, С(Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) = 0,08 М, С(NaBH<sub>4</sub>) = 0,01 М, температура синтеза 130 °С, время синтеза 30 мин без добавления Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>, NaOH и NaNO<sub>3</sub>), изучали методами рентгенофазового анализа, просвечивающей электронной микроскопии.

По данным рентгенофазового анализа и микродифракции электронов (ПЭМ) образец является чистофазным ферритом никеля.

Размер кристаллитов, рассчитанный по формуле Шеррера для трёх наиболее интенсивных рефлексов (<30,33>; <35,73>; <43,43>), составил 7,1 ± 1,6 нм. Частицы феррита никеля имеют близкую к сферической форму и медианный размер 2,7 нм. Они могут быть использованы для получения

гибридных частиц. Магнитные параметры полученных частиц соответствуют суперпарамагнитному состоянию.

***Библиографический список***

1. Келлерман Д.Г. Магнетохимия. Екатеринбург: Академия, 2008. 156 с.
2. Крупичка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. Т.1. М.: Наука, 1976. 353 с.
3. Angelova P. Chemisorbed Monolayers of Corannulene Penta-Thioethers on Gold // Langmuir. 2013. № 29. P. 2217–2223.

**ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИЗ РАСТВОРОВ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ  
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСОРБЦИИ  
(ЕМКОСТНОЙ ДЕИОНИЗАЦИИ)  
EXTRACTION OF METAL IONS FROM SOLUTIONS  
BY ELECTROSORPTION (CAPACITIVE DEIONIZATION)**

**Н.А. Моргунова**

Научные руководители **М.С. Товбис<sup>1</sup>, С.Д. Кирик<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*СибГУ им. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск*

<sup>2</sup>*ИХХТ СО РАН, г. Красноярск*

**N.A. Morgunova**

Scientific advisers **M.S. Tovbis<sup>1</sup>, S.D. Kirik<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Reshetnev Siberian State University, Krasnoyarsk*

<sup>2</sup>*ICCT SB RAS, Krasnoyarsk*

Электросорбция, емкостная деионизация, растворы, ионы металлов, угольные мезопористые электроды.

*В статье изучаются методы извлечения ионов щелочных, щёлочноземельных и тяжёлых металлов посредством использования угольных мезопористых электродов.*

Electrosorption, capacitive deionization, solutions, metal ions, carbon mesoporous electrodes.

*The article is studying methods of extraction of alkali, alkaline earth and heavy metal ions by using coal mesoporous electrodes.*

**Н**астоящее исследование направлено на выяснение возможностей электросорбции для решения технологических задач при переработке неорганических и органических веществ.

Электросорбция, или емкостная деионизация (CDI-capacitive deionization), в настоящее время нашла промышленное применение в качестве экологически чистой технологии очистки воды. Заряженные ионы в воде притягиваются к поляризованному электроду под действием приложенного напряжения и концентрируются в двойном электрическом слое (ДЭС). В процессе регенерации электроадсорбированные ионы приводятся в движение обратным потенциалом и переходят в раствор.

Загрязнение подземных вод мышьяком, свинцом и другими тяжёлыми металлами привлекло большое внимание из-за канцерогенной угрозы для человека. Исследования показали, что ионы мышьяка эффективно разделяются электростатической силой. Между тем положительный потенциал способствует окислению As (III) до As (V), что снижает токсичность раствора. Более того, угольный электрод, модифицированный оксидом железа, был определен как потенциальный электрод для CDI [1].

Высокоэффективным сорбентом при электросорбции является двумерный дисульфид молибдена. Двумерная структура обеспечивает дисульфиду молибдена сверхвысокую площадь поверхности, что дает возможность использовать двумерный дисульфид молибдена в качестве многообещающего адсорбента при решении экологических вопросов защиты окружающей среды. Исследования показали, что двумерный дисульфид молибдена обладает превосходной способностью адсорбировать различные красители и органические загрязнители. Эти результаты касались

адсорбции органических загрязнителей на двумерном дисульфиде молибдена [2].

Кинетика адсорбции Pb (II) на двумерном дисульфиде молибдена изучена в растворе Pb (II) с исходной концентрацией Pb (II) 600 мг / л и pH 5,0. Адсорбционная способность двумерного дисульфида молибдена по Pb (II) как функция от времени адсорбции была проиллюстрирована на рисунке 1. Видно, что адсорбция протекала с очень высокой скоростью в первые 15 мин, достигая равновесия всего за 20 мин. Вероятно, это произошло из-за полной доступности центров адсорбции на двумерном дисульфиде молибдена и привело к приближению Pb (II) к поверхности двумерного дисульфида молибдена за счет быстрой диффузии пленки. С этой точки зрения двумерный дисульфид молибдена может быть полезным адсорбентом при удалении Pb (II) из водных растворов.

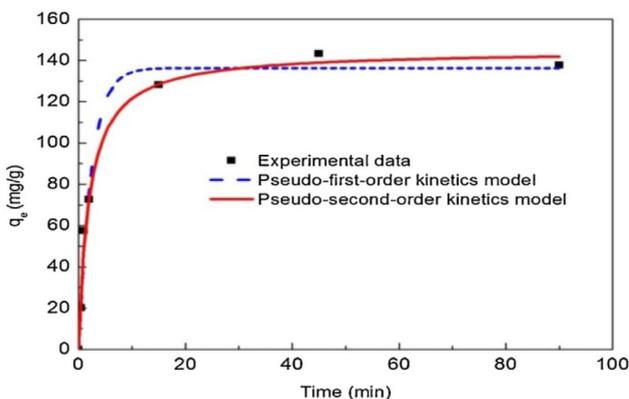
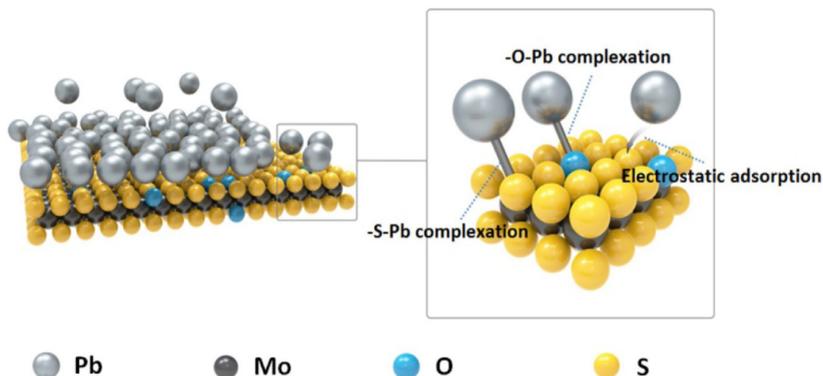


Рис. 1. Кинетические кривые адсорбции ионов Pb (II) на двумерном дисульфиде молибдена при 20 °С и pH=5

На рисунке 2 изображена модель механизма адсорбции ионов Pb (II) на поверхности двумерного дисульфида молибдена.



*Рис. 2. Модель механизм адсорбции ионов Pb (II) на поверхности двумерного дисульфида молибдена*

Активированные угли (АУ) широко используются в качестве эффективных сорбентов для удаления из водных растворов ионов тяжелых [3,4], щелочных [5,6], щёлочно-земельных [7,8], а также редкоземельных металлов и актиноидов. Добиться более высокой сорбционной емкости углей по ионам щелочных металлов можно при воздействии на эти угли различных кислот. Наиболее изученным является влияние азотной кислоты на сорбционные свойства различных углей [9,10].

Исследование адсорбции ионов  $Rb^+$  проводят в специальной термостатированной ячейке, в которую помещают определенное количество активированного угля и добавляют раствор, содержащий ионы рубидия, смесь перемешивается с помощью магнитной мешалки. Обработка угля КМ-2 азотной кислотой осуществляется по методике, приведенной в [9,10]. Уголь ФКМ-2 получают кипячением исходного АУ КМ-2 в фосфорной кислоте с последующей его промывкой дистиллированной водой в аппарате Сокслета в течение 7 суток.

На рисунке 3 представлены зависимости величин адсорбции ионов  $Rb^+$  на исследуемых углях от времени в статических условиях. Видно, что на всех углях величины адсорбции достигают постоянных значений за 6-7 часов.

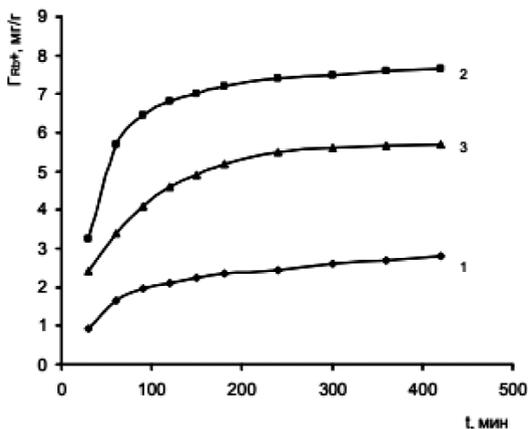


Рис. 3. Зависимость величин сорбции ионов  $Rb^+$  от времени на углях: КМ-2 (1), ОКМ-2 (2), ФКМ-2 (3)

Из рисунка 3 видно также, что наибольшей сорбционной емкостью по ионам  $Rb^+$  обладает уголь ОКМ-2, на поверхности которого находится достаточно большое количество поверхностных групп с низким значением рК.

В нашем исследовании изучалась сорбция ионов никеля из раствора  $Ni(NO_3)_2$ . В качестве катода был использован активированный уголь, нанесённый на никелевую сетку, а в качестве анода – графитовый стержень. Проводили 7 циклов сорбции-десорбции ионов  $Ni^{2+}$ , затем измеряли концентрацию этих ионов в полученном водном растворе методом рентгенофлуоресцентного анализа.

Далее строили графики зависимостей количества ионов  $Ni^{2+}$  и ёмкости рабочего угольного электрода от потенциала. Эти графики приведены на рисунках 4 и 5.

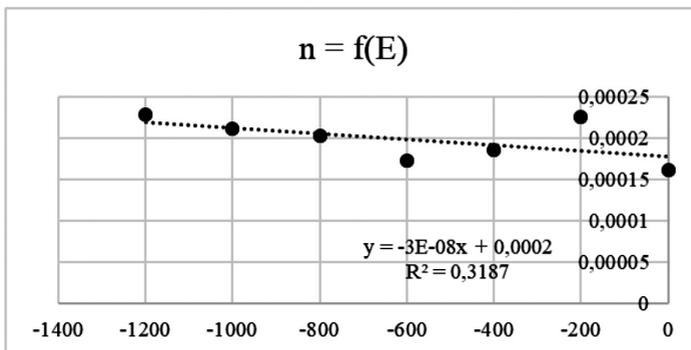


Рис. 4. График зависимости количества ионов  $Ni^{2+}$  от потенциала при катодной поляризации

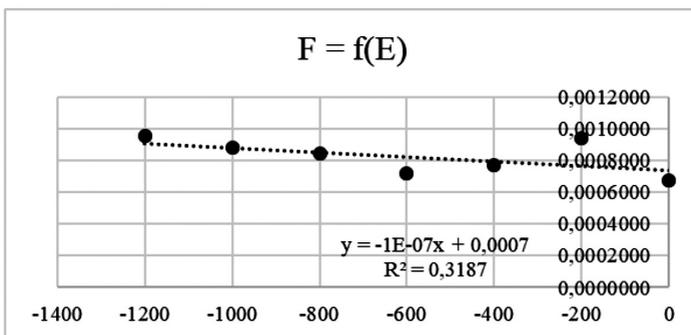


Рис. 5. График зависимости ёмкости угольного электрода от потенциала при катодной поляризации

Исходя из полученных данных и графиков, можно сделать вывод, что количество сорбированных ионов  $Ni^{2+}$  при катодной поляризации больше, чем при анодной, потому что активированный уголь обладает большей удельной поверхностью, чем графитовый стержень, вследствие чего сорбционные характеристики угля выше, чем у графита.

#### **Библиографический список**

1. Min D., Man Z., Ling X., Yanmei L., Yanyan L., Shaoxian S. Combined Electrosorption and Chemisorption of As(V) in Water

- by Using Fe-rGO@AC electrode // ACS Sustainable Chemistry and Engineering. 2017. № 7. С. 163–166.
2. Chang L., Feifei J., Qingmiao W., Bingqiao Y., Shaoxian S. Two-dimensional molybdenum disulfide as adsorbent for high-efficient Pb(II) removal from water // Applied Materials Today. 2017. № 9. С. 220–228.
  3. Zemskova L.A., Voit A.V., Shlyk D.K., Barinov N.N. Carbon fibers modified with molybdenum for sorption of arsenic (V) // Russian Journal of Applied Chemistry. 2016. № 5. С. 727–731.
  4. Chen-Chia H., Shu-Fang S. Removal of copper ions from an aqueous solution containing a chelating agent by electrosorption on mesoporous carbon electrodes // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2018. № 2. С. 183–187.
  5. Yoram O. Capacitive deionization (CDI) for desalination and water treatment — past, present and future // Desalination. 2008. № 1. С. 10–29.
  6. Tie G., Haibo L., Feng Z., Mangmang G., Sen L., Min L. Mesoporous carbon derived from ZIF-8 for high efficient electrosorption // Desalination. 2017. № 6. С. 21–23.
  7. Avraham E., Yaniv B., Soffer A., Aurbach D. Developing Ion Electrodesorption Stereoselectivity, by Pore Size Adjustment with Chemical Vapor Deposition onto Active Carbon Fiber Electrodes // Case of Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> Separation in Water Capacitive Desalination. 2008. № 19. С. 112.
  8. Мамедова С.А., Исмайлова В.А., Махмудов Ф.Т., Теймурова Э.М., Абдуллаева Л.А. Сорбция ионов Pb<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> на модифицированном бентоните // Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. № 6. С. 850–859.
  9. Rivera-Utrilla, J., Ferro-Garcia, M. A. Effect of Carbon–Oxygen and Carbon–Nitrogen Surface Complexes on the Adsorption of Cations by Activated Carbons // Adsorption Science and Technology. 1986. № 4. С. 293–302.
  10. Sarıcı-Özdemir C., Önal Y. Synthesis of new activated carbons produced from polymer waste // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. 2018. № 7. С. 451–457.

**О РЕАКЦИИ ХИТОЗАНА  
С 4-НИТРОФТОРБЕНЗОЛОМ  
ON THE REACTION OF CHITOSAN  
WITH 4-NITROFLUOROBENZENE**

**И.О. Наточий<sup>1</sup>, Д.С. Руденко<sup>2</sup>, О.И. Фоминых<sup>1</sup>,  
Ю.Г. Ромашкова<sup>1</sup>, О.С. Курагина<sup>1</sup>**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев**

<sup>1</sup>*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого  
Минздрава России*

**I.O. Nadtochy<sup>1</sup>, D.S. Rudenko<sup>2</sup>, O.I. Fominykh<sup>1</sup>,  
Yu.G. Romashkova<sup>1</sup>, O.S. Kuragina<sup>1</sup>**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev**

<sup>1</sup>*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

<sup>2</sup>*FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU  
MOH Russia, Krasnoyarsk*

Хитозан, 4-нитрофторбензол, биологическая активность, нуклеофильное замещение в реагенте.

*В статье описано взаимодействие низкомолекулярного хитозана с паранитрофторбензолом. Приводятся спектрофотометрические данные исходного и конечного продукта.*

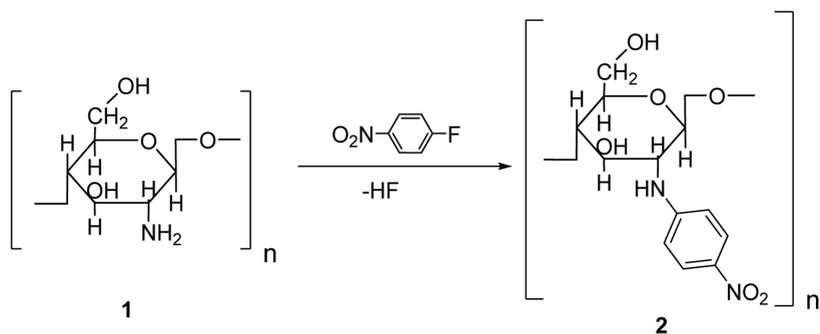
Chitosan, 4-nitrofluorobenzene, biological activity, nucleophilic substitution in the reagent.

*The article describes the interaction of low-molecular chitosan with paranitrofluorobenzene. The spectrophotometric data of the initial and final product are presented.*

**И**звестно, что хитозан и его производные обладают различными видами биологической активности [1]. Водорастворимые производные хитозана можно получать, например, при взаимодействии низкомолекулярных субстратов с бромэтиленсульфонатом натрия.

Другие электрофильные реагенты достаточно легко взаимодействуют с низкомолекулярным хитозаном. При этом аминогруппа последнего проявляет нуклеофильную активность по отношению к различным реагентам. Полученные при этом вещества перспективны в плане испытания их биологической активности.

Нами изучено взаимодействие низкомолекулярного хитозана с пара-нитрофторбензолом. Реакция проводилась при эквимолярном соотношении хитозана и пара-нитрофторбензола в ДМФА при 110-120 °С.



Полученный продукт, судя по его спектрофотометрическим данным ( $\lambda_{\text{исх.1}}=269$  нм,  $\lambda_{\text{прод.2}}=289$  нм,  $C=1 \cdot 10^{-2}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 1:1), действительно содержит 4-нитрофенильный фрагмент и этим отличается от исходного хитозана.

Полагаем, что наличие нитрогруппы в молекуле синтезированного вещества позволит изучить биологическую активность как данного соединения, так и продуктов его дальнейшей модификации.

### **Библиографический список**

1. Chitin and chitosan production properties and usage. Production, Properties and Usage // edited by K.G. Skryabin, G.A. Vikhoreva, V.P. Varlamov, Moscow, Nauka. 2002. 368 p.

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ФЕНОЛОВ В КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЯХ**  
SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION  
OF PHENOLS IN SAUSAGE PRODUCTS

**М.Н. Наумова, Е.В. Андриянов**  
Научный руководитель **Д.В. Зимонин**  
*МАОУ «Лицей 7», г. Красноярск*

**M.N. Naumova, E.V. Andriyanov**  
Scientific adviser **D.V. Zimonin**  
*MAOU «Lyceum 7», Krasnoyarsk*

Фенолы, спектрофотометрия, колбасные изделия, вред, концентрация, градуировочный график.

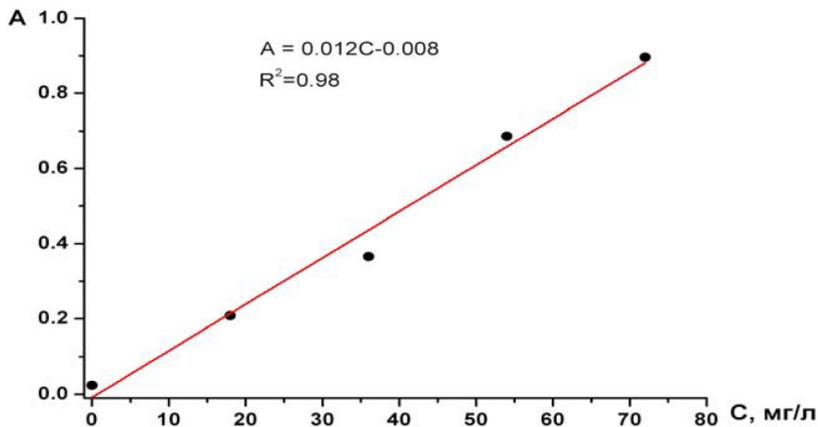
*В статье анализируются результаты определения фенолов в колбасных изделиях, купленных в магазинах г. Красноярска.*

Phenols, spectrophotometry, sausages, harm, concentration, calibration curve.  
*The results of the phenols determination in sausages products purchased in stores in Krasnoyarsk are analyzed in the article.*

**В**ажной характеристикой мясных продуктов является их безопасность, которая определяется отсутствием в них токсичных веществ. Копчение позволяет улучшить органолептические свойства колбасных изделий, увеличить сроки их хранения. Вместе с тем при копчении в колбасные продукты попадают химические вредные вещества, прежде всего фенол и его производные. Фенол крайне токсичен, поэтому для гарантии чистоты пищевых продуктов необходимо строго контролировать его содержание. Содержание фенолов определяют различными физико-химическими методами: ВЭЖХ [1], капиллярным электрофорезом [1], спектрофотометрией [2]. В данной работе использовали метод спектрофотометрии, потому что он точен, обладает высокой чувствительностью и прост в использовании.

**Цель работы:** определить содержание фенолов в колбасных изделиях, купленных в магазинах г. Красноярска, спектрофотометрическим методом.

На первом этапе работы построили градуировочный график для определения содержания фенолов в водных растворах методом спектрофотометрии при  $\lambda = 400$  нм по методике, описанной в работе 3 (рис.).



*Рис. Градуировочный график зависимости оптической плотности от содержания фенолов*

На втором этапе работы провели анализ колбасных изделий на содержание фенолов. Для этого в коническую колбу поместили 50 г измельченной копченой колбасы и добавили дистиллированную воду. Потом содержимое колбы профильтровали и поместили фильтрат в мерную колбу. Полученный раствор перенесли в пробирку, добавили растворы сульфата цинка и гидроксида натрия, выдержали на водяной бане и профильтровали. Далее мы повторили действия, описанные в работе 3 при построении градуировочного графика. Затем по градуировочному графику определили содержание фенолов в вытяжке и сделали перерасчет на 1 кг колбасного изделия. Результаты представлены в таблице.

**Содержание фенолов в колбасных изделиях  
по данным метода спектрофотометрии**

№	Образцы	Содержание фенолов, мг/кг
1	Колбаса Черкизово, АСТОРИЯ	20±1
2	Салями Владимирская, АТЯШЕВО	64±3
3	Колбаса МИКОЯН SNEXI варено-копченая пикантная	75±2
4	Колбаса ПАПА МОЖЕТ полукопченая	70±3
5	Колбаса АТЯШЕВО Сервелат Австрийский варено-копченый	73±3

Таким образом, на основании полученных данных сделаны следующие выводы:

1) установлено, что минимальная концентрация фенолов (20 мг/кг) содержится в колбасе Черкизово, производитель Астория. В остальных образцах содержание фенолов находится примерно на одном уровне (60-80 мг/кг)

2) показано, что содержание фенолов в колбасных изделиях достаточно велико по сравнению с ПДК фенолов в питьевой воде (1 мкг/л). Поэтому ежедневно употреблять копченые колбасные изделия мы не рекомендуем.

***Библиографический список***

1. Сурсякова В.В., Бурмакина Г.В., Рубайло А.И. Разработка методик определения фенолов в питьевой и природных водах методами капиллярного электрофореза и высокоэффективной жидкостной хроматографии // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2010. Т. 3. № 3. С. 268–277.
2. Подолина Е.А., Грошев Е.Н., Рудаков О.Б. Экстракционно-инструментальные способы определения фенолов в конденсированных средах // Конденсированные среды и межфазные границы. 2011. Т. 13. № 1. С. 72–79.

3. Физико-химические и химические методы анализа биологических объектов: метод. указания к практикуму «Аналитическая химия» для студентов биологических специальностей / Волкова Г.В., Калякина О.П., Козель Н.А. и [др.] // СФУ, Красноярск: 2010. 37 с.

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ АМИНОКИСЛОТЫ  
НА ПОЛУЧЕНИЕ ГИБРИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ  
НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ И ЗОЛОТА**  
INFLUENCE OF THE NATURE OF THE AMINO ACID  
ON THE PRODUCTION OF HYBRID NANOPARTICLES  
BASED ON FERRITE NICKEL AND GOLD

**В.В. Нетесова**

Научный руководитель **С.В. Сайкова**  
*ИЦМиМ СФУ, г. Красноярск*

**V.V. Netesova**

Scientific adviser **S.V. Saikova**  
*SNFMMS SibFU, Krasnoyarsk*

Золото, феррит никеля, аминокислоты, гибридные наночастицы, полиэтиленимин.

*В статье представлены результаты получения гибридных наночастиц  $NiFe_2O_4/Au$  по двум разным методикам: покрытие магнитных ядер золотой оболочкой путём прямого восстановления  $Au$  аминокислотами и с использованием зародышей золота, приготовленных отдельно.*

Gold, nickel ferrite, amino acids, hybrid nanoparticles, polyethylenimine.

*The article presents the results of obtaining hybrid  $NiFe_2O_4/Au$  nanoparticles by two different methods: coating magnetic nuclei with a gold shell by direct reduction of  $Au$  with amino acids and using gold nuclei prepared separately.*

**В** последние десятилетия активно исследуется получение гибридных наночастиц. В отличие от нанокompозитов, гибридные наночастицы являются комбинацией различных по составу и типу наноструктур. Интерес к таким

неоднородным по составу и строению материалам определяется свойствами и функциями, которые приобретает гибридный наноматериал в результате объединения исходных наноконпонентов.

Проведенные к настоящему времени исследования показали, что гибридные наночастицы незаменимы в биологии и медицине, сенсорных технологиях, «зеленой химии», микроэлектронике, катализе, сорбционном выделении компонентов полезных ископаемых, создании квантовых компьютеров и других областях. Область применения гибридных наночастиц задается свойствами одного из компонентов. Дополнительные компоненты либо расширяют функциональные свойств в данной области, либо повышают общую эффективность системы. Так, магнитные гибридные наночастицы могут контролироваться внешним магнитным полем, их используют в качестве контрастных средств для магнитно-резонансной томографии либо для адресной доставки лекарств [1,2].

Основные методы получения гибридных наночастиц могут быть сгруппированы в два направления. Согласно первому из них зародыши золота, приготовленные отдельно, могут быть закреплены на поверхности магнитного ядра путем соосаждения после (или в момент) образования полимерной оболочки. Другой подход заключается в покрытии магнитных ядер золотой оболочкой путём прямого восстановления Au без использования золотых зародышей. Для получения таких гибридных частиц необходимо использование восстановителя. В качестве таких восстановителей могут быть использованы некоторые аминокислоты.

Целью данной работы являлось изучение влияния природы различных аминокислот на получение гибридных наночастиц на основе феррита никеля и золота.

Полученные гибридные наночастицы, полученные по двум разным методикам, исследовали методами оптической,

рентгенофотоэлектронной спектроскопий и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).

На рисунке 1 приведены микрофотографии (ПЭМ) полученных образцов с метионином (рисунок 1 а, б) и серином (рисунок 1, г). По данным ПЭМ видно, что при восстановлении как метионином, так и серином золото формируется в виде отдельных довольно крупных частиц со средними размерами  $40\pm 10$  и  $31\pm 9$ , соответственно.

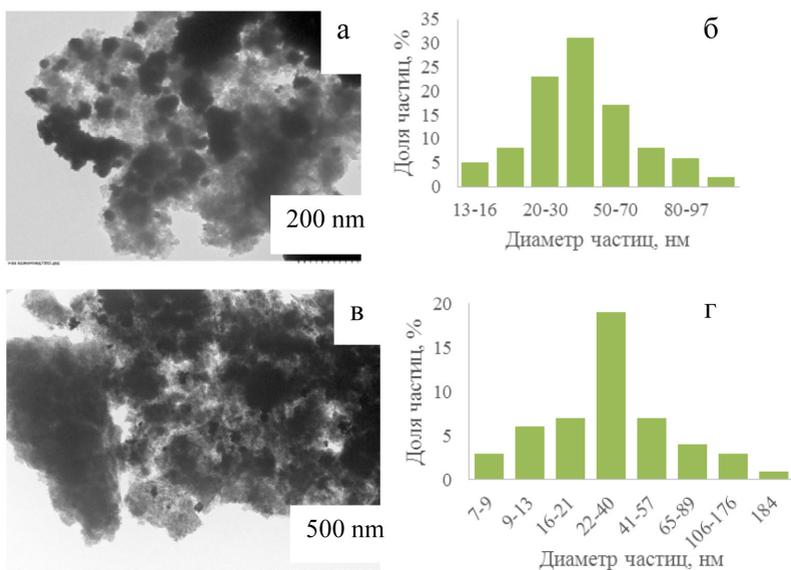


Рис. 1. Микрофотографии (а, в), распределение по размерам золотых частиц (б, г) с метионином и серином

Также был использован метод адсорбции готовых зародышей золота на поверхности ядер феррита никеля. За основу была взята методика работы [3]. На рисунках 2, 3 приведены микрофотографии (ПЭМ) полученных образцов после первой и второй стадии. Видно, что после затравки зародышами золота (рисунок 2) золото находится в небольшом количестве в фазе феррита никеля.

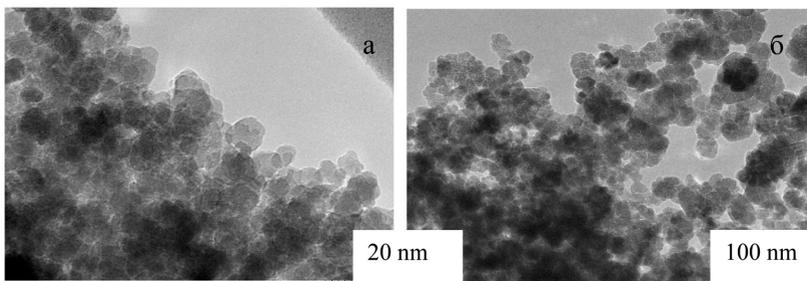


Рис. 2. Микрофотографии (а, б) гибридных частиц после стадии 1

После стадии наращивания золотой оболочки (рисунок 3) содержание золота заметно увеличилось. Так, в случае синтеза с НЧ1 золото осаждалось в виде крупных частиц со средними размерами по ПЭМ  $40 \pm 7$  нм (рисунок 3 а, б). С НЧ2 золото осаждалось в виде мелких наночастиц с размерами  $4 \pm 0,5$  нм (рисунок 3 в, г).

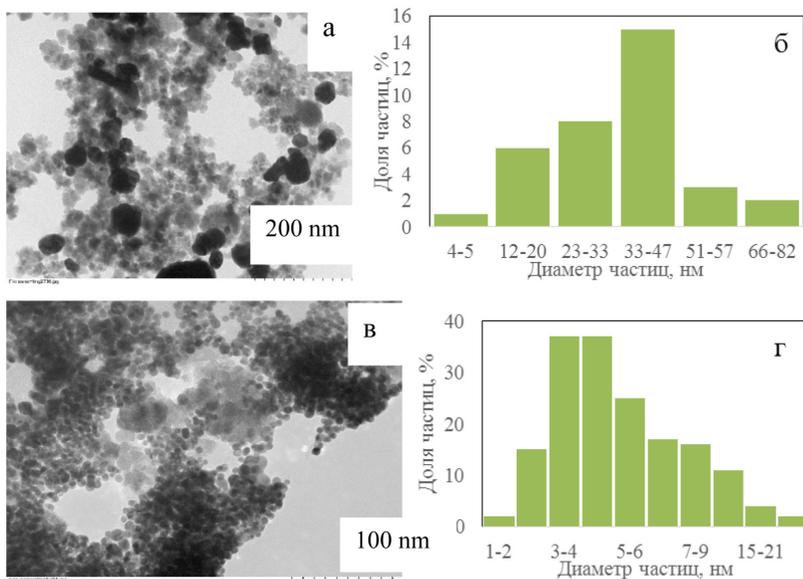


Рис. 3. Микрофотографии (а, в) и распределение по размерам золотых наночастиц (б, г) после стадии 2

### **Библиографический список**

1. Morimoto, Y. Highly reliable, targeted photothermal cancer therapy combined with thermal dosimetry using a near-infrared absorbent / Y. Morimoto, N. Shinsuke, H. Tsujimoto, M. Arake, M. Harada, D. Saitoh // *Scientific Reports*. 2020. № 10. P. 43–57.
2. Balanov, V.A. Synthesis of  $(\text{Mn}_{(1-x)}\text{Zn}_x)\text{Fe}_2\text{O}_4$  nanoparticles for magnetocaloric applications / V.A. Balanov, A.P. Kiseleva, E.F. Krivoshapkina, E.A. Kashtanov, R. R. Gimaev, V.I. Zverev, P.V. Krivoshapkin // *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 2020. № 1. P. 16–20.
3. Ian Y. Goon Fabrication and Dispersion of Gold-Shell-Protected Magnetite Nanoparticles: Systematic Control Using Polyethyleneimine / Y. Goon Ian, Leo M. H. Lai, May Lim, Paul Munroe, J. Justin Gooding, Rose Amal // *Chem. Mater.* 2009. V. 21, № 4. P. 673–681.

## **ПРЕВРАЩЕНИЯ 2-АЛКИЛ(БЕНЗИЛ)АМИНО- 1,4-НАФТОХИНОНОВ В КИСЛЫХ СРЕДАХ** TRANSFORMATIONS OF 2-ALKYL(BENZYL)AMINO- 1,4-NAPHTHOQUINONES IN ACID MEDIA

**Э.В. Нуретдинова, Ю.Г. Ромашкова, О.И. Фоминых**  
Научный руководитель **Л.М. Горностаев**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**E.V. Nuretdinova, U.G. Romashkova, O.I. Fominykh**  
Scientific adviser **L.M. Gornostaev**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

2-Алкиламино-1,4-нафтохиноны, 2-бензиламино-1,4-нафтохинон, гидроксимидазолы, нитрозилсерная кислота, биологическая активность. В статье приводятся оптимальные способы превращения 2-алкил(бензил)амино-1,4-нафтохинонов в кислых средах в продукты, которые могут быть использованы в качестве биологически активных веществ для лечения онкологических, кожных или протозойных заболеваний.

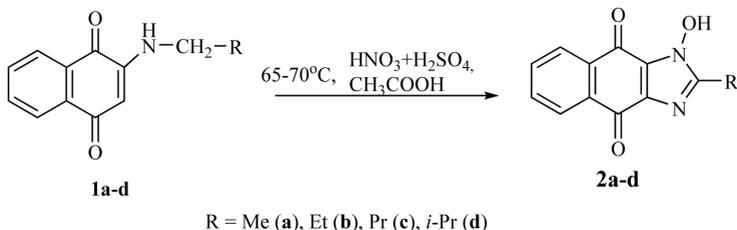
2-Alkylamino-1,4-naphthoquinones, 2-benzylamino-1,4-naphthoquinone, hydroxyimidazoles, nitrosylseric acid, biological activity.

The article presents the optimal methods of conversion of 2-alkyl (benzyl) amino-1,4-naphthoquinones in acidic media in products that can be used as biologically active substances for the treatment of oncological, skin or protozoal diseases.

Азотсодержащие полициклические хиноидные соединения вызывают интерес, поскольку некоторые из них обладают различными видами биологической активности, в том числе противоопухолевой активностью.

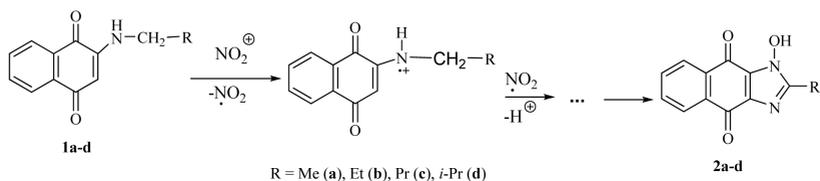
Найдено, что 2-алкиламино-1,4-нафтохиноны (**1a-d**) при обработке нитрующей смесью в уксусной кислоте превращаются в 1-гидрокси-2-алкил-1Н-нафто[2,3-d]имидазол-4,9-дионы (**2a-d**) [1-2].

Схема 1



По-видимому, циклизация аминохинонов **1** в гидроксимидазолы **2** протекает по радикальному механизму и инициируется взаимодействием катиона нитрония с алкиламиногруппой.

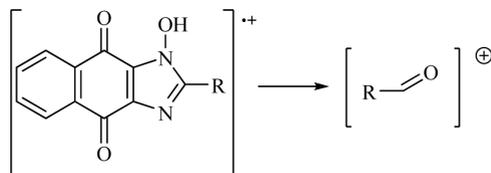
Схема 2



Структура полученных гидроксимимдазолов **2a-d** подтверждена физико-химическими методами и их химическими реакциями.

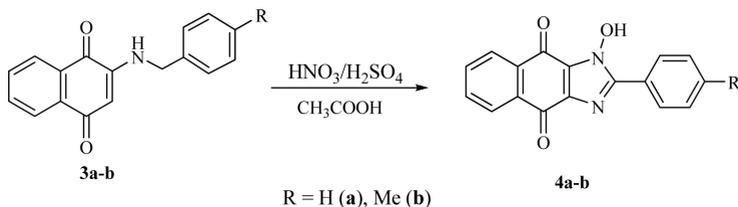
Характерно, что при фрагментации молекулярных ионов веществ **2a-d** образуются ацилиевые катионы.

Схема 3



Нами усовершенствована методика [3] превращения 2-бензиламино-1,4-нафтохинонов (**3a-b**) в 1-гидрокси-2-арил-1H-нафто[2,3-d]имидазол-4,9-дионы (**4a-b**). При этом выход конечных продуктов составил 89-94%. Установлено, что 2-бензиламино-1,4-нафтохиноны превращаются в продукты **4** без выливания реакционной массы в смесь, состоящую из воды и льда, а отфильтровываются после выдержки 10ч при 5-6°C и не требуют дополнительной очистки. Структура 1-гидрокси-2-фенил-1H-нафто[2,3-d]имидазол-4,9-диона (**4a**) подтверждена данными двумерной ЯМР-спектроскопии.

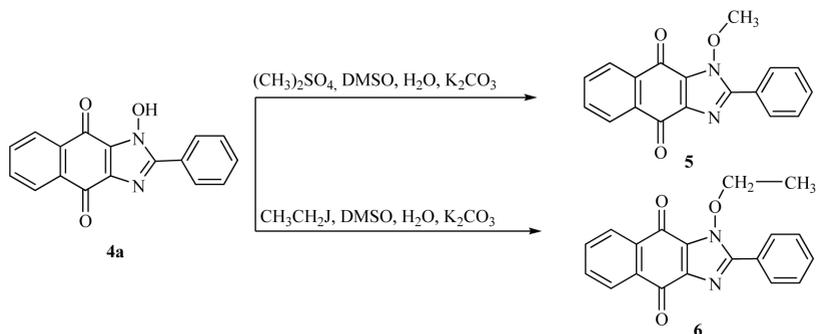
Схема 4



1-Гидрокси-2-арил(алкил)-1H-нафто[2,3-d]имидазол-4,9-дионы содержат 2 реакционных центра и способны вступать в реакцию алкилирования (гидроксильная группа и иминовый атом азота). Однако алкилирование гидрокси-

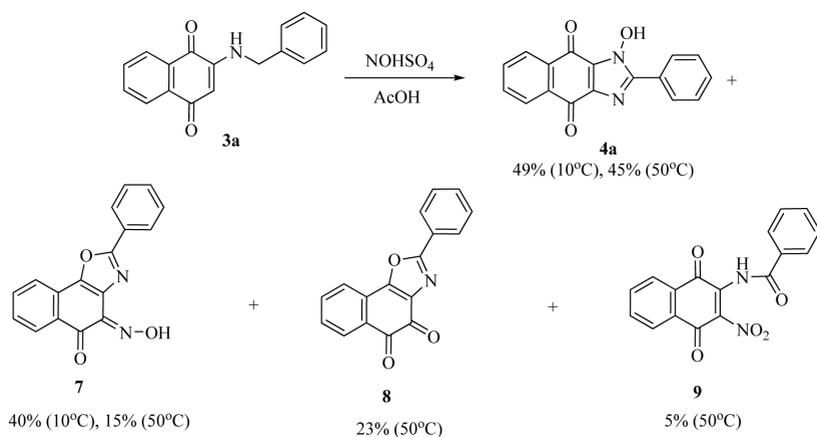
имидазолов диметилсульфатом или йодистым этилом протекало лишь по гидроксильной группе – это распространенный результат подобного взаимодействия [4]. Строение полученных алкоксиимидазолов **5-6** подтверждено методами ЯМР-спектроскопии, масс-спектрометрии.

Схема 5



Установлено, что 2-бензиламино-1,4-нафтохинон совершенно иначе относится к нитрозилсерной кислоте в уксусной кислоте, при этом в зависимости от температуры проведения реакции получают различные продукты:

Схема 6

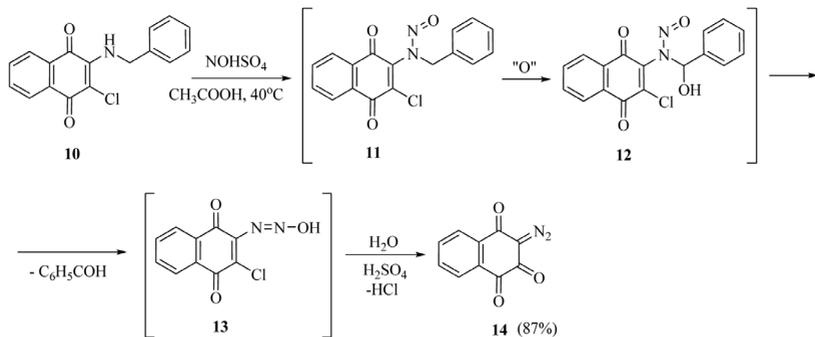


Предложен катион-радикальный механизм протекания реакции. Структура всех полученных продуктов подтверждена различными физико-химическими методами, в том числе РСА.

Найдено, что взаимодействие 2-бензиламино-3-хлор-1,4-нафтохинона с нитрозилсерной кислотой в уксусной кислоте при 40-45°C приводит к 3-диазанафталин-1,2,4(3H)-триону (1,4-нафтохинондиазиду) **14** и бензальдегиду с выходом 87,5% и 76,4%, соответственно. Структура нафтохинондиазида подтверждена данными ЯМР-спектроскопии, а состав – методом масс-спектрометрии высокого разрешения.

Полагаем, что найденная нами реакция достаточно удобна для получения целевого нафтохинондиазида **14**. Предложен следующий примерный механизм реакции:

Схема 7



Таким образом, в ходе выполнения данного исследования получено 13 новых веществ – представителей разных групп. Представлялось целесообразным провести их тестирование на предмет биологической активности. Совместно с лабораторией механизмов гибели опухолевых клеток Федерального государственного бюджетного учреждения

«Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации проведено тестирование 5 синтезированных нами веществ – гидроксиимидазолов, продуктов их О-алкилирования, а также 2-амино-3-нитро-1,4-нафтохинона, который мы использовали для идентификации веществ, получаемых при изучении реакции 2-алкиламино-1,4-нафтохинона с нитрующей смесью. Этот продукт обладает наилучшей цитотоксической активностью, однако и он значительно уступает доксорубицину. Вместе с тем, согласно данным PASS-анализа, синтезируемые нами гидроксиярилимидазолы могут быть протестированы на антисеборейную активность, а продукты их алкилирования могут выступать в качестве ингибиторов p38 MAP киназы. Гидроксиялкимидазолы могут быть активны в качестве антисеборейных и противопротозойных веществ.

#### Выводы

1. Реакция 2-алкиламино-1,4-нафтохинонов с нитрующей смесью в уксусной кислоте приводит к образованию 1-гидрокси-2-алкил-1Н-нафто[2,3-d]имидазол-4,9-дионов с выходом более 70%.

2. Разработаны оптимальные способы превращения 2-бензиламино-1,4-нафтохинонов в 1-гидрокси-2(4R)бенз-1Н-нафто-[2,3-d]имидазол-4,9-дионы, при этом выход целевых продуктов реакции повышен на 30%.

3. Алкилирование 1-гидрокси-2-алкил(арил)-1Н-нафто[2,3-d]имидазол-4,9-дионов протекает по гидроксильной группе с образованием 1-алкокси-2-алкил(арил)-1Н-нафто[2,3-d]имидазол-4,9-дионов.

4. Реакция 2-бензиламино-3-хлор-1,4-нафтохинона с нитрозилсерной кислотой в уксусной кислоте приводит к 3-диазанафталин-1,2,4(3H)триону (87,5%) и бензальдегиду (76,4%).

### ***Библиографический список***

1. Горностаев Л.М., Крюковская И.С., Лаврикова Т.И., Вигант М.В., Гатиллов Ю.В. // ЖОрХ. 2014. № 50 (2). С. 214–218.
2. Горностаев Л.М., Халявина Ю.Г., Лаврикова Т.И., Гатиллов Ю.В., Сташина Г.А., Фирганг С.И. // ЖОрХ. 2014. № 50 (12), 1832 с.
3. Горностаев Л.М., Вигант М.В., Каргина О.И., Кузнецова А.С., Халявина Ю.Г., Лаврикова Т.И. // ЖОрХ. 2013. № 49 (9). С. 1369–1372.
4. Nikitina P.A., Peregodov A.S., Koldaeva T.Yu. Kuz'mina L.G., Adiulin E.I., Tkach I.I., Perevalov V.P. Synthesis and study of prototropic tautomerism of 2-(2-hydroxyphenyl)-1-hydroxyimidazoles // Tetrahedron. 2015. 71. P. 5217.

## **ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF MAGNETIC $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ NANOPARTICLES**

**А.Ю. Павликов, Д.И. Сайкова, Д.В. Карпов**  
Научный руководитель **С.В. Сайкова**  
*ИЦМиМ СФУ, г. Красноярск*

**A.Y. Pavlikov, D.I. Saykova, D.V. Karpov**  
Scientific adviser **S.V. Saykova**  
*SNFMMS SibFU, Krasnoyarsk*

Наночастицы, феррит меди, анионообменный синтез, полисахариды, магнитные материалы.

*Предложен метод анионообменного синтеза феррита меди с использованием сильноосновного анионита АВ-17-8. Полученные продукты охарактеризованы методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), рентгенофазового анализа, фотонной-корреляционной спектроскопии, вибрационной магнитометрии и ИК-Фурье спектроскопии. Установлено, что продукт, полученный в присутствии декстрана-40, представляет чистую монофазу  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ . Он состоит из частиц, имеющих размер 15-20 нм.*

Nanoparticles, copper ferrite, anion-exchange precipitation, polysaccharides, magnetic materials.

*The method of anion-exchange precipitation of copper ferrite using a strongly basic anionite AB-17-8 is proposed. The obtained products are characterized by transmission electron microscopy (TEM), XRD analysis, DLS spectroscopy, VSM and IR-Fourier spectroscopy. It was found that the product obtained in the presence of dextran-40 is a pure  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  monophase. It consists of particles having a size of 15-20 nm.*

Ферриты являются востребованными магнитными материалами, которые широко применяются в электронике, телекоммуникационном и космическом оборудовании, электродвигателях, а также в медицине в качестве средства доставки лекарственных препаратов в организм человека [1]. Существующие методы получения  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  (твердофазный синтез из исходных оксидов, золь-гель методы и метод химического соосаждения) имеют ряд недостатков [2].

В данной работе для синтеза нанопорошков феррита меди предлагается метод анионообменного осаждения [3], который обеспечивает получение однородного продукта, не содержащего примесей и не нуждающегося в многократных операциях промывки и очистки [4]. Процесс основан на ионном обмене между анионами исходных солей и ОН-группами анионообменной смолы. Процесс протекает в гетерогенной системе анионит-раствор, где на границе раздела фаз происходит формирование новой фазы – осадка, представляющего собой совместно осажденные гидроксиды металлов.

Ранее нами [2;5] были получены порошки  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  с частицами размером 100–200 нм. С целью уменьшения размеров частиц в данной работе использованы растворы полисахаридов (декстран и инулин), отличающихся молекулярной массой (М), которые стабилизируют систему и предотвращают агломерацию частиц. Установлено, что при использовании любого типа полисахарида основная доля металлов

осаждается в виде отдельной фазы осадка, а количество катионов в фазе анионита и раствора незначительно.

По данным рентгенофазового анализа (РФА), продукты, полученные без полисахаридов и с использованием полисахаридов (декстрана-40, инулина) после прокаливания, представляют собой чистые фазы ферритов. Однако размер частиц зависит от молярной массы и типа полисахарида. Таким образом, молярная масса полисахарида оказывает заметное влияние на рост и агломерацию частиц прекурсоров феррита меди. Можно предположить, что при использовании инулина стабилизация наночастиц неэффективна вследствие его низкой молекулярной массы, а в случае декстрана-70 процесс анионообменного осаждения осложнен более высокой вязкостью использованных растворов, что к тому же приводит к флокуляции частиц.

Минимальный размер нанокристаллитов получен при использовании декстрана со средней молекулярной массой  $\sim 40\,000$  г/моль. В процессе синтеза формируются однородные нанопорошки, состоящие из частиц с размером 15–20 нм (рисунок).

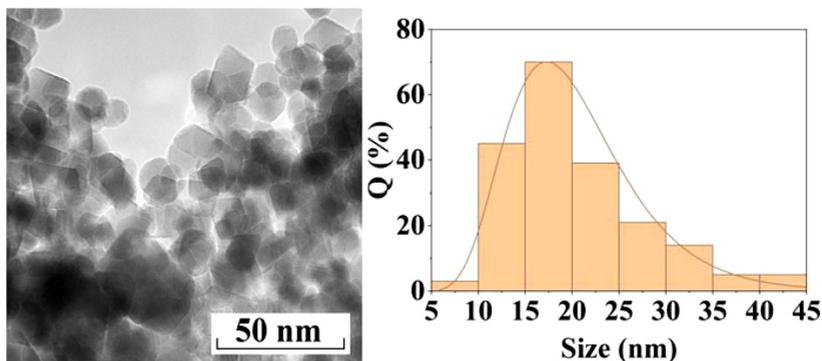


Рис. Микрофотография и диаграмма распределения размеров частиц  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , полученных с использованием декстрана со средней молекулярной массой  $\sim 40\,000$  г/моль

### **Библиографический список**

1. Mahboubeh H., Fatemeh Z., Zahra J.R., et al. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2014 V. 371. P. 43–48.
2. Трофимова Т.В., Павликов А.Ю., Сайкова С.В. Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2017 Т. 7. № 2. С. 137–144.
3. Сайкова С.В., Пантелеева М.В., Николаева Р.Б., и др. Журнал прикладной химии. 2002. Т. 75. № 11. С. 1823–1825.
4. Белов К.П., Зайцева М.А. Успехи физических наук. 1958 Т. 66. № 1. С. 141–144.
5. Pashkov G.L., Saikova S.V., Panteleeva M.V. Glass and Ceramics. 2016 № 3. P. 107–110.

## **СИНТЕЗ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ N-ГЕТЕРОЦИКЛОВ НА ОСНОВЕ 3-АРИЛ(АЛКИЛ)АМИНО- 1,4-НАФТОХИНОН-4-ОКСИМОВ SYNTHESIS OF POLYCYCLIC N-HETEROCYCLES BASED ON 3-ARYL(ALKYL)AMINO- 1,4-NAPHTHOQUINONE-4-OXIMES**

**Д.С. Руденко<sup>1</sup>, Л.М. Горностаев<sup>1,2</sup>, С.Д. Кирик<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*КрасГМУ им.проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

<sup>2</sup>*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

<sup>3</sup>*ИХХТ СО РАН, г. Красноярск*

**D.S. Rudenko<sup>1</sup>, L.M. Gornostaev<sup>1,2</sup>, S.D. Kirik<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH*

*Russia, Krasnoyarsk*

<sup>2</sup>*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

<sup>3</sup>*ICCT SB RAS, Krasnoyarsk*

1,4-Нафтохинон, гетероциклы, азотсодержащие соединения, оксимирование, таутомерия.

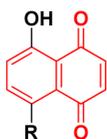
*В статье описаны возможные пути функционализации 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинонов, в том числе – способы получения азотсодержащих гетероциклов на основе продуктов их оксимирования.*

Показано, что некоторые (4E)-3-ариламино-4-(гидроксиимино)нафталин-1(4H)-оны и (6E)-5-ариламино-6-гидроксиимино-4b,11b-дигидрокси-4b,5-дигидробензо[*ff*]индено[1,2-*b*]индол-11,12(6H,11bH)-дионы в твердом виде и в растворе существуют в оксимной форме, а другие – преимущественно в нитрозоформе.

1,4-Naphthoquinone, heterocycles, nitrogen-containing compounds, oximation, tautomerism.

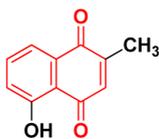
The article describes possible ways of 2-aryl(alkyl)amino-1,4-naphthoquinones functionalization, including their oximation methods for obtaining nitrogen-containing heterocycles based on their oximation products. It was shown that some (4E)-3-aryl amino-4-(hydroxyimino)naphthalene-1(4H)-ones and (6E)-5-aryl amino-6-hydroxyimino-4b,11b-dihydroxy-4b,5-dihydrobenzo[*ff*]indeno[1,2-*b*]indole-11,12(6H,11bH)-diones in solid form and in solution exist in the oxime form, while others exist predominantly in the nitroso form.

Производные 1,4-нафтохинона широко распространены в живой природе [1]. Например, юглон **Ia**, определяющий аллелопатические свойства грецкого ореха; нафтазарин **Ib**; плумбагин **II**, лаусон **IIIa** и лапахол **IIIb**; мизакимицин **IV**; пигменты иглокожих эхинохром А **V** и спинохром **AVI**.

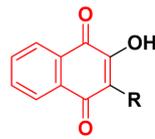


I

a) R = H  
b) R = OH

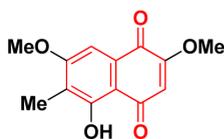


II

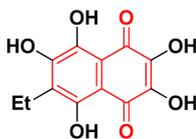


III

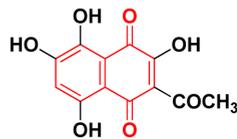
a) R = H  
b) R = CH<sub>2</sub>CH=C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>



IV



V



VI

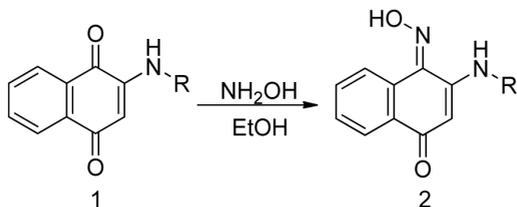
Долгое время основным направлением исследований в области химии хиноидных соединений был поиск новых синтетических красителей [2-4]. Однако в ряде работ показано,

что природные и синтетические производные хинонов обладают разнообразными свойствами и поэтому известны не только как пигменты, но и как люминофоры [5], консерванты, витамины, антибиотики, антиоксиданты [6,7]. В широкий спектр биологического действия соединений нафтохиноновой природы включаются также фитотоксические, инсектицидные, фунгицидные свойства [8]. Некоторые из нафтохинонов действуют как цитостатические и противоопухолевые агенты [9]. Таким образом, в последние десятилетия выделилась еще одна область применения хинонов – создание лекарственных препаратов на их основе [10; 11].

В то же время наличие карбонильных групп в углеродном скелете делает такие вещества кардиотоксичными [12]. Одним из способов замены карбонильной группы в хиноне является оксимирование под действием гидросиламина. Известны данные [13; 14] о хинониминах, обладающих противоопухолевой активностью. В связи с этим работа по модификации карбонильных групп в ароматическом ядре представляется достаточно актуальным и перспективным направлением.

По аналогии с данными работы [15] нами получены 3-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинон-4-оксимы **2** путем взаимодействия 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинонов **1** с гидросиламином в этаноле. Интересно, что в этом случае оксимирование 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинонов **1** протекает по положению *1* (схема 1).

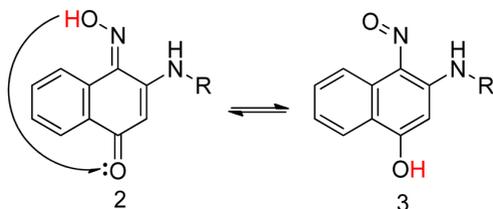
Схема 1



R = a) Ph, b) 4-MePh, c) 4-OMePh,  
d) 4-OEtPh, e) 4-ClPh, f) 4-FPh, g) Bn

Установление структуры полученных продуктов проводилось с привлечением метода порошкового рентгеноструктурного анализа ПРСА и подтверждено данными ЯМР-спектроскопии (в том числе двумерной), масс-спектрометрии, элементного анализа.

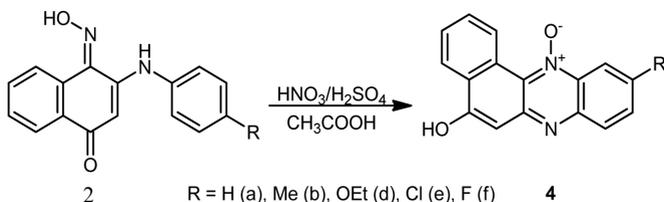
Согласно данным РСА, полученным для соединения **2d** в твердом виде, он существует в оксимной форме. Данные исследований, проведенные нами с помощью методов спектроскопии в видимой области и спектроскопии диффузного отражения, показали, что некоторые оксими **2** могут переходить в нитрозоаренольные формы **3** в растворе и в твердом виде.



Действительно, в электронных спектрах поглощения веществ **2** в области 679-756 нм наблюдается полоса поглощения, которая объясняется  $n \rightarrow \pi^*$ -переходом нитрозогруппы [16]. Согласно данным спектров диффузного отражения продукты **2a** и **2c** в твердом виде существуют в нитрозоформе, в то время как продукт **2d** – в хиноноксимной.

При добавлении к суспензии 3-ариламино-1,4-нафтохинон-4-оксимонов (**2a-b, d-f**) в уксусной кислоте нитрующей смеси протекала экзотермическая реакция, в ходе которой выделялись оксиды азота, а после охлаждения разогретой до 40-45 °С реакционной смеси до 20-22 °С выпадали в осадок продукты **4**. Полученные данные физико-химических методов анализа свидетельствуют о том, что соединения **4** являются 5-гидрокси-10-R-бензо[*a*]феназин 12-оксидами (схема 2).

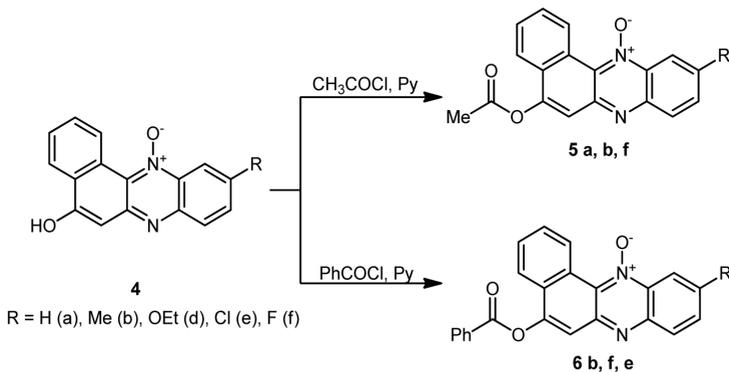
Схема 2



Ранее в работах [17; 18] было показано, что циклизации в феназин-N-оксиды могут протекать через соответствующую нитрозоформу.

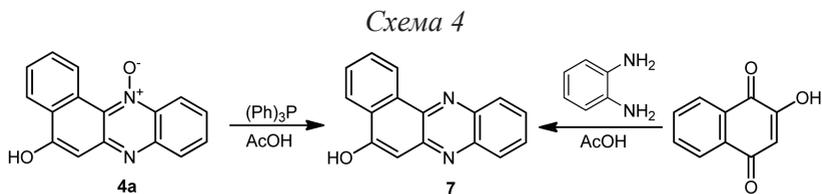
Наличие гидроксильной группы в соединениях **4** подтверждается также и их химическими свойствами, а именно – способностью вступать в реакции ацилирования, как показано на схеме 3.

Схема 3

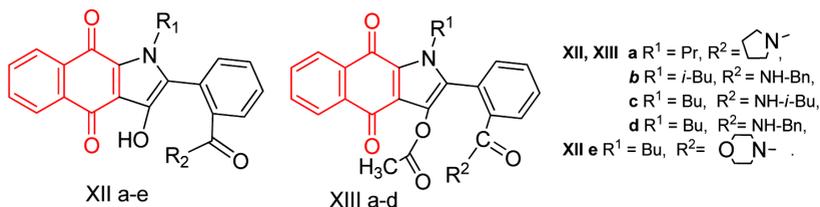
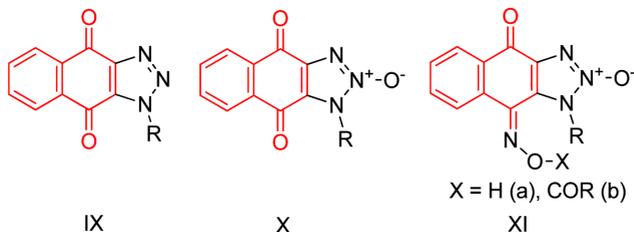


Установление структуры N-оксидов **4**, а также продуктов их ацилирования **5-6** проводилось с привлечением метода порошкового рентгеноструктурного анализа ПРСА на примере веществ **4b** и **6b**, ЯМР-спектроскопии, масс-спектрометрии, элементного анализа.

Интересной особенностью полученных веществ **4** является их способность к восстановлению трифенилфосфинем  $(\text{Ph})_3\text{P}$  в уксусной кислоте, что приводит к продукту **7**, полученному встречным синтезом [19] (схема 4).

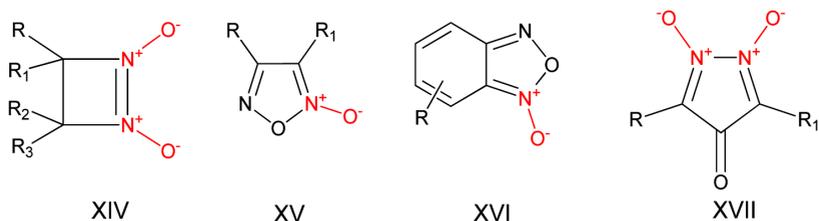


Среди биологически активных структур немалую роль играют аминафтохиноны и их азотистые гетероциклические производные, проявляющие высокую противоопухолевую активность [20-22]. Например, нафтотриазолы **IX**, триазол-N-оксиды **X** и их оксииминопроизводные **XI**, получаемые на основе 2-амино-1,4-нафтохинонов, 2-(1-алкил-3-гидрокси-4,9-диоксо-4,9-дигидро-1H-бензо[f]индол-2-ил)бензамиды **XII**, полученные путем взаимодействия 2-алкиламино-1,4-нафтохинонов с 2,2-дигидрокси-1,3-индандионом (нингидрином), и их ацилированные производные **XIII** [23].



Стоит отметить, что биологическая активность соединений **X** и **XI** может быть обусловлена не только наличием хиноидного ядра или N-гетероцикла, но и N-оксидной группой, способной генерировать оксид азота (NO). Известны

многие соединения, способные генерировать оксид азота NO. К таким веществам относят ряд N-оксидов, например, 1,2-дiazет-1,2-диоксиды **XIV**, фуроксаны **XV** и их бензоаналоги **XVI**, N,N'-диоксиды пиразолов **XVII**.

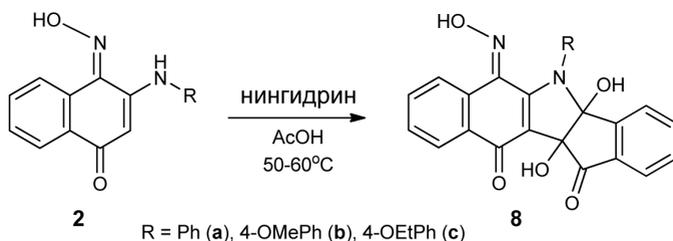


Поиск различных соединений, способных быть донорами NO, продолжает быть одним из активно развивающихся направлений тонкого органического синтеза [24].

Большой интерес проявляется также и к 2,2-дигидрокси-1,3-индандиону (нингидрину) как к предшественнику различных азотистых гетероциклов, многие из которых обладают антиоксидантными, цитотоксическими и другими свойствами [25; 26]. Вместе с тем реакции нингидрина с соединениями нафтохинонового ряда изучались лишь узким кругом исследователей [27].

Нами установлено, что при взаимодействии оксимов **2** с нингидрином образуются (6*E*)-5-ариламино-6-гидроксиимино-4b,11b-дигидрокси-4b,5-дигидробензо[*f*]индено[1,2-*b*]индол-11,12(6*H*,11*bH*)-дионы **8**, т.е. оксимный фрагмент прямого участия в превращении **2**→**8** не принимает (схема 5).

Схема 5



Найдено, что некоторые продукты конденсации оксимов **2** с нингидрином **8** в растворе существуют в состоянии таутомерного равновесия с соответствующими С-нитрозоформами, что подтверждается полосой поглощения в ЭСП данных соединений в области  $\sim 700$  нм при концентрации раствора  $10^{-2}$  моль/л. В то же время методом спектроскопии диффузного отражения показано, что (6E)-6-гидроксиимино-4b,11b-дигидрокси-5-(4-метоксифенил)-4b,5-дигидробензо[f]индено[1,2-b]индол-11,12(6H,11bH)-дион **8b** существует в твердом виде в нитрозотаутомерной форме, в то время как вещества **8a** и **8c** – в хиноноксимной.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности (проект № 2022030908453).*

#### **Библиографический список**

1. Семенов А.А. Очерк химии природных соединений: монография. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. 664 с.
2. Эфрос Л.С., Горелик М.В. Химия и технология промежуточных продуктов. Л.: Химия, 1979. 544 с.
3. Горелик М.В., Эфос Л.С. Основы химии и технологии ароматических соединений. М.: Химия, 1992. 640 с.
4. Венкатараман К. Химия синтетических красителей. Т. 2. Л.: Химия, 1957. 860 с.
5. Красовицкий Б.М., Болотин Б.М. Органические люминофоры. Л.: Химия, 1976. 344 с.
6. Жунгиету Г.И., Влад Л.А. Юглон и родственные 1,4-нафтохиноны. Кишинёв: Штиинца, 1978. 95 с.
7. Герасимова Т.Н., Шелковников В.В. Органические красители для оптических дисков постоянной памяти // Усп. химии. 1992. Т. 61. Вып. 1. С. 102–123.
8. Baker D, et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1990. 87(1): 355-359
9. Osorio H, et al. Eur J Biochem 2003. 270(7): 1578-1589
10. Машковский М.Д. Лекарственные средства. В двух частях. Ч. 1. М.: Медицина, 1993. 540 с.

11. Машковский М.Д. Лекарственные средства. В двух частях. Ч. 2. М.: Медицина, 1993. 736 с.
12. P. J. O'Brien. *Chem. Biol. Interact.* 1991. Vol. 80. P. 1–41.
13. P.H. Di Chenna, V. Benedetti-Doctorovich, R.F. Baggio, M.T. Garland, G. Burton. *J. Med. Chem.* 2001. Vol. 44. P. 2486–2489.
14. Tseng, C.-H. Synthesis and antiproliferative evaluation of certain iminonaphtho[2,3-b]furan derivatives./ C.-H. Tseng, Y.-L. Chen, S.-H. Yang, S.-I. Peng, C.-M. Cheng, C.-H. Han, S.-R. Lin, C.-C. Tzeng // *Bioorg. Med. Chem.* 2010. Vol. 18. №. 14. P. 5172–5182.
15. H. Goldstein, P. Grandjean. *Helv. Chim. Acta.* 1943. Vol. 43. No. 9. P. 468-475
16. Фойер Г. Химия нитро- и нитрозогрупп. Т.1. М.: Мир. 1972. С. 108.
17. Титова С.П., Аринич А.К., Горелик М.В. *ЖОрХ.* 1986. Т. 22. С. 1562–1564.
18. Wróbel Z., Stachowska K., Kwast A. *Eur. J. Org. Chem.* 2014. Vol. 34. P. 7721–7725.
19. Zhuo S.-T. et al. *Organic & Biomolecular Chemistry.* 2013. Vol.11. No. 24. P. 3989–4005.
20. Tandon, V.K.; Maurya, H.K.; Mishra, N.N.; Shukla, P.K. *Eur. J. Med. Chem.* 2009, 44, 3130-3137.
21. Zhang, J.; Redman, N.; Litke, A.P.; Zhan, J.; Chan, K.Y.; Chang, C.-W.T. *Bioorg. Med. Chem.* 2011, 19, 498-503.
22. Chan, K.Y.; Zhang, J.; Chang, C.-W.T. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2011, 21, 6353.
23. Горностаев Л.М., Фоминых О.И., Руковец Т.А., Лаврикова Т.И., Халявина Ю.Г., Штиль А.А., Шунаев А.В., Дунаев С.Ф., Мурашова Е.В., Чернышев В.В. *ХГС.* 2020, 56, 47-54.
24. Граник В.Г., Григорьев Н.Б. Оксид азота (NO). Новый путь к поиску лекарств. М.: Вузовская книга, 2004. 360 с.
25. J.L. Bullington', J.H. Dodd. *J. Org. Chem.* 1993. Vol. 58. P. 4833–4836.
26. H.R. Reddy, C.V. S. Reddy, R. Subashini, S.M. Roopan. *RCV Adv.* 2014. 4. P. 29999.
27. Фоминых, О.И. Реакции 1,4-нафтохинонов и 2-R-амино-1,4-нафтохинонов с 2,2-дигидрокси-1,3-индандионом: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.03: защищена 03.07.20: утв. 26.11.20 / Фоминых Ольга Игоревна. Красноярск, 2020. 120 с.

**ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ  
NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@Au ТИПА ЯДРО-ОБОЛОЧКА  
И ИХ ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ  
ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**  
SYNTHESIS OF CORE-SHELL MAGNETIC NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@Au  
NANOPARTICLES AND THEIR CHARACTERIZATION  
BY PHYSICAL METHODS

**Д.И. Сайкова, А.Ю. Павликов**  
Научный руководитель **С.В. Сайкова**  
*ИЦМиМ СФУ, г. Красноярск*

**D.I. Saykova, A.Y. Pavlikov**  
Scientific adviser **S.V. Saikova**  
*SNFMMS SibFU, Krasnoyarsk*

Наночастицы, гибридные частицы, феррит никеля, магнитные материалы.  
*В работе синтезированы наночастицы феррита никеля, полученные  
частицы покрыты золотой оболочкой и исследованы физическими  
методами.*

Nanoparticles, hybrid particles, nickel ferrite, magnetic materials.  
*Nanoparticles of nickel ferrite were synthesized, the resulting particles were  
coated with a gold shell and studied by physical methods.*

**В** последние годы во всём мире наблюдается устойчивая тенденция роста онкологических заболеваний. В связи с этим актуальной задачей является развитие новых методов диагностики и борьбы с раковой опухолью [1].

При онкологических заболеваниях важно вовремя обнаружить и уничтожить растущую опухоль. Для этого необходимо такое вещество, которым можно было бы легко управлять и которое, попав в организм, связывалось бы раковыми клетками. В последнее время в качестве такого средства все чаще пытаются использовать наночастицы (нч). Благодаря

малым размерам возможно их инкорпорирование в опухолевую ткань, где последующее физическое воздействие приводит к локализованному нагреву и уничтожению раковых клеток, т.н. гипертермия. Данный процесс может осуществляться под действием оптического излучения (оптическая гипертермия) или высокочастотного магнитного поля (магнитная гипертермия).

В случае магнитной гипертермии используемые наноразмерные частицы должны обладать магнитными свойствами, что обеспечивает возможность бесконтактного управления их перемещением в организме с применением внешнего магнитного поля. Однако коллоидные растворы магнитных наночастиц имеют ряд недостатков: склонность к быстрой агрегации в физиологических условиях, трудность функционализации поверхности, токсичность. Эти проблемы частично могут быть решены путём осаждения на поверхности инертной оболочки. В результате образуются т.н. гибридные наночастицы, биосовместимые и стабильные, способные к управляемой доставке в опухолевую ткань и последующему уничтожению раковых клеток [2].

Целью данной работы является получение магнитных наночастиц  $\text{NiFe}_2\text{O}_4@\text{Au}$  типа ядро-оболочка и их характеристика физическими методами.

Для достижения обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- определить влияние реакционных параметров и подобрать оптимальные условия синтеза наночастиц феррита никеля методами щелочного и анионообменного соосаждения;
- получить гибридные частицы  $\text{NiFe}_2\text{O}_4@\text{Au}$  типа ядро-оболочка;
- провести характеристику всех синтезированных частиц физическими методами.

В ходе исследования методом ДФЭ 27-4 получены уравнения регрессии и найдены оптимальные условия синтеза наночастиц феррита никеля тремя методами. На основе полученных магнитных ядер размером 15-25 нм синтезированы гибридные частицы типа «ядро-оболочка»  $\text{NiFe}_2\text{O}_4@\text{Au}$  размером  $135\pm 15$  нм (для ядер, полученных щелочным осаждением) и  $260\pm 60$  нм (для ядер, полученных анионообменным осаждением).

Все синтезированные продукты изучены методами комплексного термического и рентгенофазового анализов, динамического рассеяния света, оптической и рентгенофотоэлектронной спектроскопии, просвечивающей электронной микроскопии.

#### ***Библиографический список***

1. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность): науч. изд. / ред. Каприна А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Москва: МНИОИ им. Герцена, 2018.
2. Рудаковская П.Г., Белоглазкина Е.К., Мажуга А.Г., Клячко Т.В., Кабанов А.В., Зык Н.В. Синтез наночастиц магнетит-золото, имеющих структуру типа ядро-оболочка // Вестник московского университета. Серия 2: Химия, 2015. Т. 56. № 3. С. 181–189.

---

## II СЕКЦИЯ МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ

---

### ПРОЦЕНТ ЭКСПРЕССИИ PGR, JAM-A, ZO-1 И CLDN5 ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДЕПРЕССИИ У КРЫС PERCENTAGE OF EXPRESSION OF PGR, JAM-A, ZO-1 AND CLDN5 IN EXPERIMENTAL DEPRESSION IN RATS

**А.С. Артемьева**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**A.S. Artemyeva**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Стресс раннего периода жизни, эндотелий сосудов, крысы, молекулы-маркеры, Pgr, ZO-1, JAM-A, CLDN5.

*В статье изучены особенности экспрессии молекул маркеров эндотелия Pgr, ZO-1, JAM-A и CLDN5 в энторинальной коре, гиппокампе и базолатеральной миндалине у животных контрольной группы и крыс, перенесших стресс раннего периода жизни.*

Stress on durning life, vascular endothelium, rats, marker molecules, Pgp, ZO-1, JAM-A, CLDN5.

*In this article studied the expression patterns of endothelial marker molecules Pgp, ZO-1, JAM-A and CLDN5 in brain areas – in the entorhinal cortex, hippocampus and basolateral amygdala in control animals and rats that underwent early life stress.*

На сегодняшний день проблема распространенности стресса раннего периода жизни остается одной из актуальных. СРПЖ является важным фактором, предрасполагающим к психопатологии у людей. Известно, что психологические факторы и стрессовые события особенно во время эмбрионального и постнатального периодов могут вызывать функциональные изменения в головном мозге, ассоциированные с развитием депрессии, которые влияют на последующую жизнедеятельность взрослого организма. Так, в различных регионах головного мозга экспрессия молекул-маркеров эндотелия в физиологических условиях различается, а стресс раннего периода жизни приводит к изменению их распределения в головном мозге. Регионы головного мозга, нарушения пластичности и сопутствующие изменения которых связаны напрямую с депрессией, включают гиппокамп, миндалину и префронтальную кору [3]. Недостаточная изученность молекулярных механизмов данных изменений и данные о том, что нарушение в работе ГЭБ могут быть связаны с нарушением белков плотных контактов и транспортерами для различных молекул обуславливают актуальность темы исследования [1,2,4]. Цель исследования – оценка экспрессии Pgp, JAM-A, CLDN-5, ZO-1 у животных со стандартной моделью СРПЖ и у животных в физиологических условиях.

Исследование проводилось на базе НИИ молекулярной медицины и патобиохимии КрасГМУ на оборудовании ЦКП Молекулярные и клеточные технологии КрасГМУ. Объект исследования – фиксированные образцы головного мозга крысят линии *Wistar*. В исследование взято n=14 крысят, из которых с моделью СРПЖ составили n=7 и интактных n=7,

соответственно, обоего пола возрастом 28 дней. Модель стресса раннего периода жизни выполнялась путем ежедневного отнятия от матери крысят со 2-го по 15-й дни их развития. На вибротоме проводили нарезку срезов толщиной 50 мкм. Иммуногистохимическую окраску проводили по методу окраски «свободноплавающих срезов», в 24-луночных планшетах. Микроскопировали на флуоресцентном микроскопе ZOETM (оценивали экспрессию Pgp, JAM-A, CLDN-5, ZO-1 в энторинальной коре, гиппокампе и базолатеральной миндалине головного мозга). При анализе фотоснимков с помощью программы ImageJ высчитывали площадь экспрессии АГ в процентах. Статистический анализ проводили с использованием методов непараметрической статистики. Для выявления различий поведения животных между группами применяли критерий Манна–Уитни. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$  и менее.

Дизайн эксперимента представлен на рисунке.

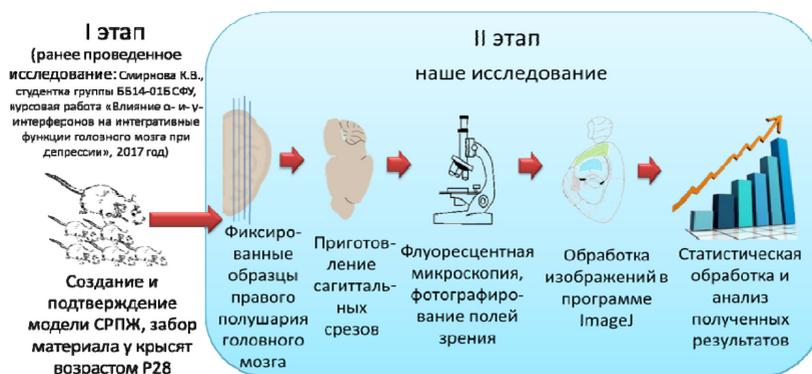


Рис. Дизайн экспериментального исследования

У крыс, перенесших СРПЖ, обнаружено значимое снижение процента экспрессии Pgp в энторинальной коре ( $p < 0,001$ ) (контроль 19,00; СРПЖ 12,00) и миндалине головного мозга ( $p < 0,001$ ) (контроль 15,00; СРПЖ 7,00). У экспериментальных животных в базолатеральной миндалине – значимое

увеличение процента экспрессии JAM-A ( $p < 0,001$ ) (контроль 10,00; СРПЖ 19,00), что может являться реакцией на повреждение и может быть связано либо с нарушением межклеточных контактов в эндотелии сосудов, либо с компенсаторным увеличением экспрессии P<sub>g</sub>P, JAM-A при стрессорном воздействии. В отношении экспрессии CLDN5 и ZO-1 во всех изученных структурах головного мозга не было обнаружено значимых различий. Кроме того, при рассмотрении площади экспрессии (результаты были представлены ранее) молекул-маркеров [5] и процента экспрессии (данные представлены в настоящей работе) были обнаружены схожие результаты.

Таким образом, для животных, перенесших стресс раннего периода жизни, характерны снижение экспрессии P<sub>g</sub>P в энторинальной коре и базолатеральной миндалине головного мозга и увеличение экспрессии JAM-A в базолатеральной миндалине, что вместе взятое свидетельствует о действии травмирующих факторов на эндотелий и может приводить к его активации или повреждению. Также это может свидетельствовать о более высокой чувствительности и/или пластичности миндалины головного мозга при действии стрессогенных факторов, что согласуется с литературными данными (Hanson et al., 2015) об изменениях в миндалине у пациентов, подвергшихся резко выраженному или хроническому стрессу.

#### ***Библиографический список***

1. Малиновская Н.А., Моргун А.В., Лопатина О.Л. и др. Стресс раннего периода жизни: последствия для развития головного мозга // Журнал ВНД им. И.П. Павлова. 2016. Т. 66. № 6. С. 663–668.
2. Салмина А.Б., Комлева Ю.К., Кувачева Н.В. и др. Молекулярные механизмы нарушения развития мозга в пре- и неонатальном периоде // Журнал вопросы современной педиатрии. 2012. Т. 11. № 6. С. 15–20.
3. Язуина Н.А., Комлева Ю.К., Салмина А.Б. и др. Современные экспериментальные модели депрессии // Журнал Биомедицина. 2013. № 1. С. 61–77.

4. Tornavaca O., Chia M., Dufton N. et al. ZO-1 controls endothelial adherens junctions, cell-cell tension, angiogenesis, and barrier formation // J. Cell Biol. 2015. Vol. 208 (6). P. 821–838.
5. Артемьева А.С. Экспрессия Pgp, JAM-A, ZO-1 и CLDN-5 при стрессе раннего периода жизни у крыс // Химическая наука и образование Красноярья: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции в рамках XXII Международного научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых “Молодежь и наука XXI века”. Красноярск: РИО КГПУ им. В.П. Астафьева. 2021. С. 92–95.

**ПРОДУКТЫ ГЛИКИРОВАНИЯ AGE  
И ИХ РОЛЬ В ПАТОГЕНЕЗЕ ДЕПРЕССИИ И АУТИЗМА**  
ADVANCED GLYCATION END PRODUCTS  
AND THEIR ROLE IN THE PATHOGENESIS  
OF DEPRESSION AND AUTISM

**Е.А. Белобородова**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**E.A. Beloborodova**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya**  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Конечные продукты гликирования, депрессия, расстройства аутистического спектра, окислительный стресс, воспаление.

*В статье анализируются пути образования продуктов гликирования AGE, влияние AGE на основные физиологические процессы и механизмы повреждающего действия, обусловленные связыванием продуктов гликирования со специфическими рецепторами группы RAGE. Сделаны выводы об основной роли AGE в патогенезе депрессии и аутизма и способах диагностики данных заболеваний по содержанию продуктов гликирования.*

Advanced glycation end products, depression, autism spectrum disorders, oxidative stress, inflammation.

*The article analyzes the ways of formation of AGE glycation products, the influence of AGE on the main physiological processes and the mechanisms of damaging action caused by the binding of advanced glycations end products to specific receptors of the RAGE. Conclusions are drawn about the main role of AGE in the pathogenesis of depression and autism and methods for diagnosing these diseases by the content of glycation products.*

**П**о статистике, которую предлагает ВОЗ, депрессия и аутизм являются широко распространенными заболеваниями, аспекты патофизиологии которых до сих пор изучаются, однако известно, что диабет 2 типа является одним из факторов риска возникновения депрессии, что во многом объясняется влиянием продуктов гликирования AGE [1]. Из-за недоступности химических тестов определение AGE имеет большую диагностическую ценность для выявления данных заболеваний.

Продукты гликирования AGE – группа химически модифицированных белков и липидов, которые медленно накапливаются в организме человека во время нормального процесса старения, а также образуются за счет курения или потребления термически обработанной пищи [1].

Гликирование – спонтанная неферментативная реакция между восстанавливающими сахарами или дикарбонильными продуктами их распада и аминокетонами лизина, аргинина и серосодержащих аминокислот. В ходе гликирования формируются лабильные основания Шиффа, которые подвергаются внутримолекулярной перестройке и образуют стабильные продукты Амадори и Хайнса, участвующие в реакциях дегидратации, циклизации, окисления и полимеризации, что приводит к образованию конечных продуктов глубокого гликирования, или AGE – Advanced Glycation End products [1].

Эндогенное образование AGE описано тремя различными путями *in vivo*: неферментативной реакцией Майера,

полиольным путем и перекисным окислением липидов. Во всех трех реакциях образование КПП происходит за счет образования реакционноспособных карбонильных соединений (глиоксаль, метилглиоксаль и 3-дезоксиглюкозон). Также аутоокисление моносахаридов или карбонильных соединений (путь Вольфа), альдиминов (путь Намики) или продуктов Амадори (путь Ходжа) через переходные металлы или АФК может привести непосредственно к образованию AGE [2].

Выделяют три группы рецепторов AGEs. Первая группа AGE-R вовлечена в эндоцитоз и удаление AGE. Ко второй группе относится семейство скавенджер-рецепторов макрофагов, главной функцией которых являются внутриклеточная деградация и эндоцитоз. Третья группа рецепторов – мультилигандные рецепторы RAGE, при связывании с которыми может быть удаление, разрушение AGE или активация внутриклеточного сигналинга. Экспрессия RAGE характерна для таких клеток, как моноциты, Т-лимфоциты, эндотелиальные клетки, микроглия, астроциты, нейроны и др. [2,3].

Существует три возможных механизма повреждающего действия на клетки и ткани эндогенных и экзогенных AGE: активация рецептор-опосредованных путей, что приводит к окислительному стрессу, воспалению и модуляции экспрессии генов; изменение структуры и функции стабильных долгоживущих белков; прямое гликирование биомолекул, вызывающее нарушения функций клеток [4].

Возникновение аутизма некоторые ученые связывают с повышенным уровнем окислительного стресса из-за дисбаланса внутриклеточных и внеклеточных уровней глутатиона. Когда окислительный стресс возникает в эндотелиальных клетках, у детей с аутизмом происходит повреждение гематоэнцефалического барьера, что приводит к нарушениям диффузии и транспорта [5]. Это объясняется тем, что активируются RAGE-зависимые сигнальные пути, вызывающие увеличение количества активных форм кислорода.

В патогенезе депрессии играет роль один из нейробиологических механизмов – дисбаланс между провоспалительными и противовоспалительными медиаторами. Активация воспалительного пути характеризуется гиперпродукцией активных форм кислорода и активных форм азота с последующим повреждением ДНК, белков, митохондрий и клеточных мембран [4]. Также стоит отметить причины развития сопутствующей депрессии у больных сахарным диабетом 2 типа: системное воспаление AGE–RAGE, иммунный ответ, нарушение функции эндотелия и активация окислительного стресса [3,6].

Следует добавить, что существуют некоторые методы выявления депрессии и аутизма по уровню AGE и RAGE: аутофлуоресценция кожи (SAF) с использованием AGE Reader, иммуногистохимическое определение RAGE, анализ стабильных изотопных разведений жидкостной хроматографией и тандемной масс-спектрометрией.

Таким образом, в патогенезе и депрессии и расстройств аутистического спектра ключевую роль играет воспаление, обусловленное окислительным стрессом, что объясняется активацией RAGE-зависимых сигнальных путей.

#### ***Библиографический список***

1. Леонова Т.С., Вихнина М.В., Гришина Т.В. и др. Влияние конечных продуктов глубокого гликирования на клеточные процессы // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 12 (78). С. 185–194.
2. Ott C., Jacobs K., Haucke E. et al. Role of advanced glycation end products in cellular signaling // Redox Biol. 2014. Vol. 2. P. 411–429.
3. Chen G., Wu Y., Wang T. et al. Association between serum endogenous secretory receptor for advanced glycation end products and risk of type 2 diabetes mellitus with combined depression in the Chinese population // Diabetes Technol. Ther. 2012. Vol. 14 (10). P. 936–942.
4. Luca M., Di Mauro M., Di Mauro M., Luca A. Gut Microbiota in Alzheimer's Disease, Depression, and Type 2 Diabetes Mellitus: The Role of Oxidative Stress // Oxid. Med. Cell Longev. 2019. P. 1–10.

5. Bjørklund G., Meguid N.A., El-Bana M.A. et al. Oxidative Stress in Autism Spectrum Disorder // *Mol. Neurobiol.* 2020. Vol. 57 (5). P. 2314–2332.
6. van Dooren F.E., Pouwer F., Schalkwijk C.G. et al. Advanced Glycation End Product (AGE) Accumulation in the Skin is Associated with Depression: The Maastricht Study // *Depress. Anxiety.* 2017. Vol. 34 (1). P. 59–67.

**ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ  
НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА**  
IMPACT OF RADIATION ON HUMAN HEALTH

**С.П. Бояринова**

*Кафедра гражданской обороны и управления  
в чрезвычайных ситуациях СПСА, Железногорск*

**S.P. Boyarinova**

*Department civil defense and management in emergency  
situations SPSA, Zheleznogorsk*

Радиоактивность, распад, атомные электростанции (АЭС), радиоактивные вещества, симптомы лучевой болезни.

*В статье рассмотрены теоретические аспекты явления радиоактивности. На реальных примерах подтверждена опасность утечки радиоактивных отходов и выбросов. Определены последствия воздействия радиации на здоровье человека, зафиксированные и подтверждённые реальными примерами в условиях техногенных катастроф.*

Radioactivity, decay, nuclear power plants (NPP), radioactive substances, symptoms of radiation sickness.

*The article deals with the theoretical aspects of the phenomenon of radioactivity. On real examples, the danger of leakage of radioactive waste and emissions has been confirmed. The consequences of the impact of radiation on human health, recorded and confirmed by real examples in the conditions of man-made disasters.*

**В** современном мире вмешательство человека имеет большое влияние на природу. Получать энергию, сжигая угле-

водороды, становится невыгодно из-за истощения природных ресурсов. Именно поэтому человечество прибегло к разведке новых ресурсов, а в частности, радиоактивных металлов, таких как уран, радий, плутоний и др. Явление распада ядра химического элемента получило название радиоактивности.

Распад ядер радиоактивных элементов или изотопов может происходить тремя основными путями, и соответствующие реакции ядерного распада названы тремя первыми буквами греческого алфавита. При *альфа-распаде* выделяется атом гелия, состоящий из двух протонов и двух нейтронов, – его принято называть альфа-частицей. Поскольку альфа-распад влечет за собой понижение числа положительно заряженных протонов в атоме на два, ядро, испустившее альфа-частицу, превращается в ядро элемента, отстоящего на две позиции ниже в периодической системе Менделеева. При *бета-распаде* ядро испускает электрон, а элемент продвигается на одну позицию *вперед* по периодической таблице (при этом, по существу, нейтрон превращается в протон с излучением этого самого электрона). Наконец, *гамма-распад* – это распад ядер с излучением фотонов высоких энергий, которые принято называть гамма-лучами. При этом ядро теряет энергию, но химический элемент не видоизменяется.

Данное явление было открыто в 1896 году французским физиком А. Беккерелем. 24 февраля 1896 года на заседании Французской академии наук он сделал сообщение «Об излучении, производимом фосфоресценцией». Но уже через несколько дней в интерпретацию полученных результатов пришлось внести корректировки. Первого марта он уже проявил пластинку, на которой лежала урановая соль, так и не облучённая солнечным светом. Соль не фосфоресцировала, но отпечаток на пластинке получился. Уже второго марта учёный доложил об этом открытии на заседании Парижской Академии наук, озаглавив свою работу «О невидимой радиации, производимой фосфоресцирующими телами».

В современных мегаполисах обстановка с загрязнением окружающей среды стала опасней, в частности, от выбросов промышленных предприятий, автомобилей, а также радиоактивного заражения из-за аварий на АЭС. Кроме автотранспорта, источниками поступления в окружающую среду тяжелых металлов служат металлургические заводы, теплоэлектроцентрали, атомные электростанции, а также производство удобрений и цемента [1].

Тяжелые металлы опасны для всего живого, так как имеют свойство накапливаться в организмах, увеличивая свои концентрации по пищевым цепям, откладываясь в тканях, что представляет огромную опасность для здоровья человека. Основное заболевание от радиации – лучевая болезнь. Излучение может возникать при работе с различными радиоактивными веществами. Ядра атомов имеют нестабильный характер, особенно в изотопах. Они способны распадаться, превращаться в ядра других элементов с изменением их физико-химических свойств. Это сопровождается испусканием ядерных излучений.

Большую опасность несут месторождения радиоактивных руд и места их обработки. Излучение вызывает не только ионизацию воздуха, но и приводит к аналогичному процессу в тканях организма, значительно изменяя их.

Биологическое воздействие зависит от ионизирующего эффекта, проникающей способности излучения, дозы, времени облучения и состояния организма. Во время аварии на Чернобыльской АЭС были зафиксированы многократные превышения нормы радиации, многие люди получили лучевую болезнь. Губительное воздействие радиации ощутили на себе беременные, что сопровождалось мёртворождением, выкидышами, а также различными мутациями.

Без дозиметра человек не заметит, что находится под воздействием радиоактивного облучения. Учёными выявлены явные симптомы отравления радиацией или соответствующую

щими веществами: головные боли, тошнота, слабость, повышенная температура тела, ломота в груди, затуманенное сознание. Важно отметить, что одежда имеет свойство накапливать радиацию, это доказано аварией 1986 года. У пожарных Чернобыльской катастрофы под одеждой были многочисленные серьёзные ожоги кожи без прямого попадания пламени и т.п. Именно тогда было доказано, что радиация носит ожоговый эффект [2].

Хотелось бы заметить, что радиоактивное загрязнение оказывает губительное влияние на экологию. Одно из самых опасных – Кыштымская трагедия, которая произошла 29 сентября 1957 года на химкомбинате «Маяк», расположенном в закрытом городе Челябинск-40 (ныне Озерск). Первая в СССР радиационная чрезвычайная ситуация техногенного характера произошла из-за халатного отношения к хранению отработанного ядерного топлива, утилизации этих отходов в близлежащие водоёмы [3]. Население использовало воду тех водоёмов, не зная, что она смертельна для них.

Подводя итог, нужно отметить, что радиоактивное излучение несёт высокую опасность для человека. Необходимо соблюдать все правила техники безопасности во избежание повтора техногенных катастроф.

#### ***Библиографический список***

1. Баранов А., Гейл Р.П., Гуськова А. и др. Трансплантация костного мозга после аварии на Чернобыльской АЭС. *N Eng J Med*, 1989; 321: 205–12.
2. Иванова А.И. Воздействие радиации на организм человека / А. И. Иванова // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации: Материалы VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием. В 3-х частях. Новосибирск, 19–21 декабря 2018 года / Под редакцией А.С. Хомченко. Институт естественных и социально-экономических наук. Новосибирск: Новосибирский государственный педагогический университет, 2018. С. 102–1043.

3. Аклеев А.В., Подтесов Г.Н. и др. Челябинская область: ликвидация последствий радиационных аварий. 2-е изд., испр. и доп. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 2006. 344 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СКАФФОЛДОВ В МЕДИЦИНЕ** **THE USE OF SCAFFOLDS IN MEDICINE**

**М.Е. Бродников**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**M.E. Brodnikov**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Скаффолды, восстановление тканей, биосовместимость, клетка, медицина, химический состав.

*В статье актуализируются знания о том, что такое скаффолды, из чего они состоят. Свойства и требования, которым скаффолды должны соответствовать, на какой стадии развития находятся скаффолды и в каких областях медицины их активно используют. Сделаны выводы о преимуществах и недостатках скаффолдов в регенеративной медицине.*

Scaffolds, tissue repair, biocompatibility, cell, medicine, chemical composition.  
*The article updates the knowledge about what a scaffold is, what it consists of. Properties and requirements that scaffolds must meet. At what stage of development are scaffolds and in which areas of medicine they are actively used. Conclusions are drawn about the advantages and disadvantages of scaffolds in regenerative medicine.*

Скаффолды – трехмерные матриксы естественного или искусственного происхождения с целью пространственного формирования будущего клеточного органа или его фрагмента для трансплантата [1].

В настоящее время существует множество материалов и методов для изготовления скаффолдов, и в зависимости от типа тканей они могут меняться. Природный материал имеет биологическую основу и биологическую активность, но при нарушении этапов обработки может нести антигенную нагрузку. Синтетические материалы биосовместимы, имеют хорошие прочностные и механические характеристики, просты в использовании, однако не метаболизируются по природным процессам. Гибриды могут обладать и теми, и другими свойствами [2].

Лучшим скаффолдом является внеклеточный коллагеновый матрикс, он считается природным. ВКМ является многофункциональным, специфическим для каждого органа или ткани каркасом, обеспечивающим рост, дифференцировку и функционирование клеток. Структурно он состоит из многочисленных водорастворимых и нерастворимых белков и гликопротеинов. Можно получить различные формы ВКМ-скаффолда – порошок, листовой, гелевый. Каждая форма, конечно, имеет свои достоинства и недостатки [1].

Скаффолды должны обладать определенными свойствами: биосовместимость и отсутствие иммунологического отторжения; нетоксичность; наличие адгезивной поверхности, способствующей пролиферации и дифференцировке клеток; оптимальный размер пор для пространственного распределения клеток, васкуляризации, а также диффузии питательных веществ и удаления продуктов жизнедеятельности [2].

Требования, которым должны отвечать скаффолды: простота использования и низкая иммуногенность; наличие пор определенной формы и размера для диффузии клеток, ростовых факторов, питательных веществ и удаления продуктов

жизнедеятельности; хорошие физические и механические свойства; способность к биодеградации, которая происходит в определенное время без высвобождения токсинов [2].

Тканевая инженерия – область биологии и медицины, посвященная регенерации поврежденной ткани путем включения клеток в биосовместимые и биоразлагаемые пористые конструкции, известные как каркасы. Есть так называемая триада тканевой инженерии, основу которой составляют стволовые клетки, факторы роста и внеклеточный коллагеновый матрикс. Предварительно стволовые клетки «сажают» на скаффолды перед трансплантацией матриц в место дефекта. Такой подход обеспечивает лучшую интеграцию с тканями хозяина, а за счет аутологичности клеток отсутствует иммунный ответ [3-6].

В различных областях медицины скаффолды нашли своё применение. Так, в стоматологии активно используют скаффолды из экстраклеточного матрикса, так как они за счёт своей идентичности с внеклеточным матриксом способны обеспечивать наилучшую взаимосвязь с клетками и ростовыми факторами. Используют также стволовые клетки пульпы и периодонта, и после прохождения дифференцировки и имплантации данного скаффолда начинает формироваться пульпа [3].

Активно ведутся работы по выращиванию человеческой кожи. Были проведены испытания, в которых выявили ряд сложностей к применению кожи в полном объёме, трудности воспроизведения волосяных фолликулов, кожных желез и культивирования высокодифференцированных специализированных элементов, таких, как клетки Лангерганса и Меркеля, или создания условий для направленной дифференцировки их предшественников [1].

Скаффолды активно используют в челюстно-лицевой хирургии. Они содержат в составе коллаген I и III типа, эластин, гликозаминогликаны (гепарин, хондроитинсульфат А)

и протеогликаны (декорин, гепарин-сульфат), обеспечивающие активную адгезию, пролиферацию, миграцию и связывание клеток, регуляцию фибриллярной структуры коллагена и активный ангиогенез, что позволяет скаффолду прижиться и в полном объеме выполнять свои функции [4].

Для восстановления повреждённой кости также используют скаффолды. Они формируют новую костную ткань. Их изготавливают из специальных биосовместимых полимеров, способных к биодеградации. Когда кость сформируется, скаффолды не нужно извлекать — они распадаются на простые вещества, которые выводятся из организма [1; 4; 5].

Таким образом, скаффолды применяют в различных областях медицины. К их преимуществам можно отнести биосовместимость, способность восстановления поврежденных, утраченных или даже отсутствующих тканей/органов и возможность спасти жизнь человеку. В то же время, если поражение органов достаточно велико, то скорости деления клеток может не хватить, и пациент погибнет.

#### ***Библиографический список***

1. Иванов А.А., Попова О.П., Данилова Т.И., Кузнецова А.В. Стратегия выбора и использования скаффолдов в биоинженерии // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139, № 2 (139). С. 196–205.
2. Митрошин А.Н., Федорова М.Г., Латынова И.В., Нефедов А.А. Современные представления о применении скаффолдов в регенеративной медицине (обзор литературы) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Мед. науки. 2019. № 2 (50). С. 133–143.
3. Gathani K.M., Raghavendra S.S. Scaffolds in regenerative endodontics: A review // Dent. Res. J. (Isfahan). 2016. Vol. 13 (5). P. 379–386.
4. Dixon D.T., Gomillion C.T. Conductive Scaffolds for Bone Tissue Engineering: Current State and Future Outlook // J. Funct. Biomater. 2021. Vol. 13 (1).

5. Садовой М.А., Ларионов П.М., Самохин А.Г., Рожнова О.М. Клеточные матрицы (скаффолды) для целей регенерации кости: современное состояние проблемы // Хирургия позвоночника. 2014. № 2. С. 79–86.
6. Echeverria Molina M.I., Malollari K.G., Komvopoulos K. Design Challenges in Polymeric Scaffolds for Tissue Engineering // Front. Bioeng. Biotechnol. 2021. Vol. 9. P. 1–30.

**ОЦЕНКА ОТСРОЧЕННЫХ ЭФФЕКТОВ РОТЕНОНА  
ПРИ ЕГО ПРЕНАТАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ**  
ASSESSMENT OF THE DELAYED EFFECTS  
OF ROTENONE DURING PRENATAL ADMINISTRATION

**Р.А. Ваняйкин**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**R.A. Vanyaykin**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Болезнь Паркинсона, нейродегенерация, ротенон, модели *in vivo*, иммуногистохимия.

*В статье рассматриваются нейрон-глиальные взаимодействия в современной нейротоксической модели болезни Паркинсона *in vivo*, которая основана на пренатальном введении ротенона. Данная модель является наиболее близкой по патофизиологическим изменениям к человеку. Также описываются потенциальные патогенетические механизмы некоторых широко распространенных заболеваний, сопровождающихся когнитивными нарушениями. Наличие признаков когнитивной дисфункции,*

*депрессии и неспецифической нейродегенерации позволяет судить о развитии отсроченных эффектов ротенона в опытной группе. Модель может использоваться для изучения данной взаимосвязи, что отражает её преимущество для испытания веществ, снижающих токсичность и поведенческий дефицит.*

Parkinson's disease, neurodegeneration, rotenone, in vivo model's, immunohistochemistry.

*This article reviews neuron-glia interactions in a modern neurotoxic in vivo model of Parkinson's disease, which is based on prenatal administration of rotenone. This model is the most similar in pathophysiological changes to humans. Potential pathogenetic mechanisms of some common diseases accompanied by cognitive deficits are also described. The presence of signs of cognitive dysfunction, depression and non-specific neurodegeneration suggests the delayed effects of rotenone in the experimental group. The model can be used to study this interrelation, revealing its advantage for testing agents that reduce toxicity and behavioural deficits.*

**Б**ольлезнь Паркинсона (БП) – медленно прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, качественно снижающее уровень жизни человека. В основе этиологии лежит поражение дофаминергических нейронов преимущественно nigrostriатной системы. В источниках литературы есть исследование большого количества причин, вызывающих развитие БП. В последнее время рассматривают преобладание именно генетических факторов (альфа-синуклеин (PARK1), parkin (PARK2) и др.) над теориями токсического повреждения (6-OHDA, MPTP, rotenone). Однако общим для всех механизмов является дефицит нейромедиаторов, что выражается в виде типичной клинической картины заболевания. Дофамин, как один из основных нейромедиаторов, является ключевым звеном молекулярных процессов [1-3]. Цель исследования – изучение отсроченных эффектов пренатального введения ротенона у крыс линии Wistar.

Исследование проводилось на базе НИИ молекулярной медицины и патобиохимии КрасГМУ на оборудовании ЦКП Молекулярные и клеточные технологии КрасГМУ. Объектом

исследования являлись крысы линии Wistar возрастом 1 год и 2 месяца, разделенные на 2 группы по 12 особей: с введением ротенона (из расчета 1 мг/кг веса), и группа сравнения – контрольные животные с введением ДМСО. Поведение оценивалось в тестах «Приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ), «Открытое поле» (ОП), «Водный лабиринт Мориса» (ВЛМ) и тест для исключения грубой неврологической симптоматики (NSS-тест) с использованием программы Any-maze. После проведения тестов на оценку когнитивных и поведенческих особенностей была проведена транскардиальная перфузия головного мозга для забора биологического материала. Головной мозг фиксировали двое суток в формалине, хранили в 30% сахарозе, нарезами срезы на вибротоме (толщина 60 мкм), окрашивали их по протоколу «свободноплавающих срезов», проводили флуоресцентную микроскопию (x400) на микроскопе ZOE™ на уровне нигрострильной системы мозга в сагиттальной проекции. В программе ImageJ рассчитывали процент клеток, экспрессирующих изучаемые маркеры, в среднем мозге. Статистический анализ проведен в программе Statplus с помощью критерия Манна-Уитни.

При оценке неврологических особенностей в тестах были выявлены признаки нарушения двигательной активности и нарушения равновесия ( $p=0.003$ ), вероятнее всего, за счет наличия олигокинезии, характерной для животных с признаками ротенонного паркинсонизма. Наблюдалась тенденция к нарушению когнитивных функций: снижение долговременной памяти, что проявлялось плаванием вдоль борта и отсутствием нахождения платформы в течение минуты в тесте ВЛМ на 4-ю попытку 4-го дня тренировки животных ( $p=0.46$ ). Также отмечались значимое увеличение суммарного числа «замираний» в ОП ( $p=0.0003$ ) и уменьшение проведения времени в открытых рукавах ПКЛ ( $p=0.48$ ), учащение частоты уринаций и дефекаций по сравнению с контролем, что может свидетельствовать в пользу развития

у животных признаков депрессии как отдаленного эффекта пренатального введения ротенона. Таким образом, у крыс в опытной группе наблюдались признаки паркинсоноподобного и депрессия-подобного поведения в результате вероятного развития хронической нейродегенерации.

Для проверки развития нейродегенерации были изучены образцы среднего мозга, в которых выявили снижение процента дофаминергических (тирозингидроксилаза-позитивных) нейронов среднего мозга крыс ( $p=0.002$ ), что может свидетельствовать о развитии нейродегенерации (гибель дофаминергических нейронов среднего мозга). Также на образцах среднего мозга у экспериментальных животных выявлено увеличение процента CD38<sup>+</sup> клеток ( $p=0.002$ ), что косвенно может свидетельствовать о развитии нейровоспаления. В CD38-экспрессирующих клетках увеличен синтез CD38/АДФ-рибозилциклазы, продуцирующей кальций-мобилизирующий вторичный посредник (цАДФ-рибозу), который необходим для усиления входа кальция в клетки. Высокий уровень кальция приводит к активации клеток микроокружения головного мозга, в том числе и микроглии, избыточная активация которых сопровождается выработкой большого количества активных форм кислорода, участием в реализации нейровоспаления и нейродегенерации [1; 5; 6].

Таким образом, в исследовании показаны потенциальные молекулы, играющие роль в патогенезе болезни Паркинсона и в реализации отсроченных эффектов пренатального введения ротенона, что может также играть роль в патогенезе нарушений развития головного мозга.

#### ***Библиографический список***

1. Жулева Т.А., Ряполова А.В., Крыльский Е.Д. Интенсивность свободнорадикальных процессов в тканях крыс при ротенон-индуцированной болезни Паркинсона // Современные наука и образование: достижения и перспективы развития. 2021. С. 187–190.

2. Сафандеев В.В., Угрюмов М.В. Новый подход к оценке степени дегенерации nigrostriальной дофаминергической системы на экспериментальной модели болезни Паркинсона // Журнал ВНД им. И.П. Павлова. 2019. Т. 69. № 3. С. 382–392.
3. Troshev D., Berezhnoy D., Kulikova O. et al. The dynamics of nigrostriatal system damage and neurobehavioral changes in the rotenone rat model of Parkinson's disease // Brain Res. Bull. 2021. Vol. 173. P. 1–13.
4. Miyazaki I., Asanuma M. The Rotenone Models Reproducing Central and Peripheral Features of Parkinson's Disease // NeuroSci. 2020. Vol. 1 (1). P. 1–14.
5. Zeidler J.D., Hogan K.A., Agorrod G. et al. The CD38 glycohydrolase and the NAD sink: implications for pathological conditions // Am. J. Physiol. Cell Physiol. 2022. Vol. 322 (3). P. C521–C545.
6. Broome S.T., Musumeci G., Castorina A. PACAP and VIP Mitigate Rotenone-Induced Inflammation in BV-2 Microglial Cells // J. Mol. Neurosci. 2022. P. 1–13.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
ПРЕПАРАТОВ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ  
РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
COMPARATIVE ANALYSIS OF ASCORBIC ACID  
PREPARATIONS FROM DIFFERENT MANUFACTURERS**

**В.В. Денисова, К.А. Тюльпанова**  
Научный руководитель **Ю.Г. Ромашкова**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**V.V. Denisova, K.A. Tyulpanova**  
Scientific adviser **Yu.G. Romashkova**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Сравнительный анализ, аскорбиновая кислота, иодометрический метод, титрование, концентрация.

*В статье представлены результаты сравнительного анализа препаратов аскорбиновой кислоты разных производителей по ряду признаков:*

*стоимости, массе таблетки, массе вспомогательных веществ, массе аскорбиновой кислоты в одной таблетке, а также реальной концентрации аскорбиновой кислоты, измеренной методом иодометрии и рассчитанной чистой массой аскорбиновой кислоты.*

Comparative analysis, ascorbic acid, iodometric method, titration, concentration.

*The article presents the results of a comparative analysis of ascorbic acid preparations from different manufacturers according to a number of characteristics: cost, tablet weight, mass of excipients, mass of ascorbic acid in one tablet, and the actual concentration of ascorbic acid measured by iodometry and the calculated mass of ascorbic acid.*

**В** настоящее время существует огромный выбор биологически активных добавок к пище, выпускаемых в самых разных формах – таблетки, капсулы, порошки и пр. При этом ценовой разброс у таких препаратов может быть очень высоким. При приобретении аскорбиновой кислоты покупатели выбирают более дорогой препарат, предполагая, что высокая цена равноценна качеству, другие же отдают предпочтение более дешевому спектру.

Целью данного исследования является проведение сравнительного анализа препаратов аскорбиновой кислоты разных производителей. Сравнение проводилось по ряду признаков: стоимости препаратов, массе таблетки, массе вспомогательных веществ, массе аскорбиновой кислоты в одной таблетке, а также концентрации аскорбиновой кислоты в таблетке, рассчитанной методом иодометрического титрования и рассчитанной массе аскорбиновой кислоты.

Для исследования были взяты препараты аскорбиновой кислоты разных производителей (табл. 1). Выбор производителей осуществлялся на основе результатов социального опроса студентов 4 курса факультета биологии, географии и химии КГПУ им. В.П. Астафьева.

**Информация о препаратах аскорбиновой кислоты  
разных производителей**

Наименование	Стоимость	Кол-во таблеток в упаковке	Масса аскорбиновой кислоты в одной таблетке	Масса одной таблетки
Аскорбиновая кислота с глюкозой «Renewal»	64 руб.	20 шт.	0,1 г	1 г
Аскорбинка с глюкозой «Аскопром»	11 руб.	10 шт.	0,1 г	1 г
Кислота аскорбиновая «Actifruit»	15 руб.	10 шт.	0,025 г	2,5 г
Аскорбинка детская с сахаром «Витатека»	14 руб.	10 шт.	0,025 г	2,9 г
Аскорбиновая кислота «Ozon» (порошок)	12 руб.	–	2,5 г	2,5 г
Аскорбиновая кислота «Фармстандарт» (драже)	27 руб.	200 шт.	0,05 г	0,25 г

Для нахождения точной концентрации аскорбиновой кислоты методом иодометрии [1] необходимо точно знать концентрацию иода в растворе. Ее определяют титрованием с использованием раствора тиосульфата натрия в присутствии крахмала [2].

Раствор тиосульфата натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,01 моль/л был приготовлен с помощью фиксанала.

Для приготовления раствора иода с концентрацией 0,05 моль/л в колбу на 1 л поместили 5 мл раствора иодида калия ( $C = 3$  моль/л), долили водой до 50-60 мл и при нагревании растворили кристаллический иод массой  $m = 1,27$  г. После растворения иода колбу долили водой до метки [3]. Также приготовили раствор крахмального клейстера. После

титрования точную концентрацию раствора иода высчитали по закону эквивалентов, в данном эксперименте она составила  $C(1/2 I_2) = 0,00883$  моль/л.

Далее необходимо приготовить вытяжку аскорбиновой кислоты. Для титрования следует взять одинаковое количество аскорбиновой кислоты разных марок. Массу каждого препарата рассчитывали согласно табл. 2

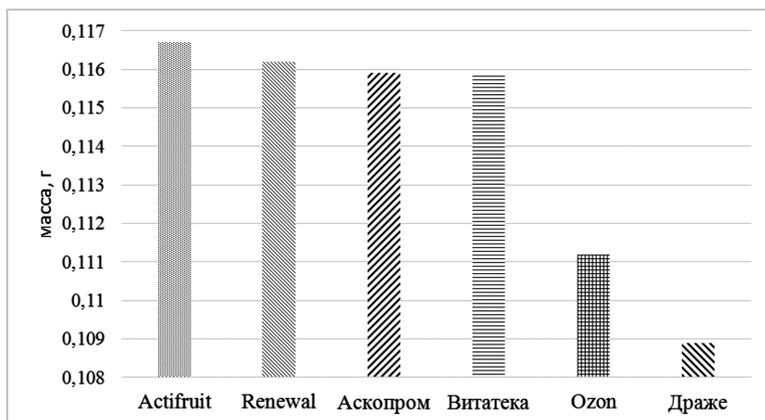
Таблица 2

**Рассчитанное количество аскорбиновой кислоты, необходимое для титрования. Результаты титрования**

№ п/п	Наименование	Масса аскорбиновой кислоты	Кол-во таблеток, необходимое для приготовления вытяжки	$V(I_2)_{cp}$
1	«Renewal»	0,1	1	13,6 мл
2	«Аскопром»	0,1	1	14,9 мл
3	«Actifruit»	25 мг	4	15,0 мл
4	«Витатека»	25 мг	4	14,9 мл
5	«Ozon» (порошок)	0,1 г	Взвесить	14,3 мл
6	Драже «Фармстандарт»	50 мг	2	14,0 мл

Для анализа было взято по 0,1 г аскорбиновой кислоты, которую растворили в 100 мл дистиллированной воды. Аскорбиновая кислота хорошо растворяется в воде, но крайне неустойчива и легко разрушается на свету с кислородом воздуха [4]. Поэтому вытяжка готовилась при максимально лояльных условиях – при отсутствии света и без нагревания.

По результатам иодометрического титрования всех порций аскорбиновой кислоты (табл. 2) были рассчитаны точные концентрации эквивалента для каждого препарата и рассчитана масса аскорбиновой кислоты у каждого производителя (рис).



*Рис. Масса аскорбиновой кислоты в препаратах разных производителей*

Расчеты показали, что среди выбранных производителей не было обнаружено препаратов с низкой концентрацией аскорбиновой кислоты в таблетке. Но, несмотря на то, что масса аскорбиновой кислоты во всех образцах приблизительно равна, все же абсолютная масса отличается у того или иного производителя. Так, больше всего аскорбиновой кислоты содержится в препарате «Actifruit» (0,1167 г), меньше всего – в препарате Драже «Фармстандарт» (0,1089 г). Но для того, чтобы усвоить данную концентрацию вещества, препарат «Actifruit» надо принять в количестве четырех штук, а препарат Драже «Фармстандарт» – в количестве двух штук. По результатам исследования по параметрам «цена-качество» лидирующее положение занял препарат Драже «Фармстандарт» – стоимость 0,1 г аскорбиновой кислоты составляет 0,27 руб. Также оптимальным и экономически выгодным является аскорбиновая кислота «Ozon» (порошок) – 0,48 руб. за 0,1 г.

В заключение отметим, что при выборе препарата аскорбиновой кислоты необходимо обращать свое внимание не только на стоимость, но и на состав, а также массу действующих и вспомогательных веществ.

### ***Библиографический список***

1. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Методы анализа витаминов: Практикум. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. 36 с.
2. Волков В.Н., Солодова Н.И., Волкова Л.А. Основы объема количественного анализа // Курсы по выбору: выбор за вами. Часть вторая. М.: Центрхимпресс, 2007. С. 41–45.
3. Марахова А.И., Жилкина В.Ю. и др. Изучение качественного и количественного содержания органических кислот в витаминных сборах разными физико-химическими методами // Известия Академии наук. Серия химическая. 2016. № 11. С. 2779–2782.
4. Галкина И.В. Основы химии биологически активных веществ. Учебное пособие для вузов. Казань: Казанский государственный университет, 2009. 152 с.

## **ПРОКАЛЬЦИТОНИН – МАРКЕР СИСТЕМНОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА PROCALCITONIN – MARKER FOR SYSTEMIC INFLAMMATORY RESPONSE OF THE BODY**

**М.С. Засим, Г.Р. Кутлуахметова**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**M.S. Zasim, G.R. Kutluakhmetova**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Сепсис, прокальцитонин, кальцитонин, прокальцитониновый тест, септицемия.

*В статье рассматривается прокальцитонин как один из основных и значимых маркеров в диагностике системной воспалительной реакции организма. Изучены механизмы метаболизма прокальцитонина в норме и при сепсисе.*

Sepsis, procalcitonin, calcitonin, procalcitonine test, septicaemia.

*The article discusses procalcitonin as one of the main and significant markers in the diagnosis of systemic inflammatory response of the body. Mechanisms of metabolism of procalcitonin in normal and in sepsis have been studied.*

Термин сепсис, что с греческого означает “гниение”, был использован еще 2700 лет назад. С тех пор многие врачи давали разные определения, изучали патофизиологию сепсиса, открывали методики лечения и т.д. Несмотря на это, летальность от сепсиса продолжает оставаться актуальной проблемой XXI века [1; 2]. Диагностика патологии является важной частью предотвращения смерти пациента, поэтому поиски наилучшего маркера в идентификации продолжают. На данный момент для диагностики сепсиса и стратификации пациентов по тяжести состояния используется количественное определение сывороточных биомаркеров. Одним из них является прокальцитонин. Он обладает большей чувствительностью, результаты его исследования могут быть доступны в течение нескольких часов, что дает преимущество в своевременной диагностике [3; 4].

Прокальцитонин (ПКТ) – полипептид, который состоит из 116 аминокислот, – является предшественником (прогормоном) кальцитонина. В норме секретируется парафолликулярными С-клетками щитовидной железы из препрокальцитонина под действием кальций-зависимых факторов. Далее расщепляется с образованием N-концевого пептида (57 АК остатка), С-концевого катакальцина (21 АК остатка) и кальцитонина (32 АК остатка). В нормальных условиях организма его концентрация в крови невысока и составляет <0,05 нг/мл [5].

При септицемии, повышении продукции провоспалительных цитокинов (IL-1 $\beta$ , TNF $\alpha$ , IL-6), белков теплового шока и факторов, ассоциированных с разрушением тканей (Damage associated molecular patterns — DAMP), происходит активация синтеза прокальцитонина в экстратиреоидных системах – участниках диффузной нейроэндокринной системы (клетки

ретикуло-эндотелиальной системы, нейроэндокринные клетки легких, почек, ЖКТ и печени). Примерно через 3 часа от начала системной воспалительной реакции ПКТ начинает обнаруживаться в кровотоке в повышенных концентрациях. При этом уровень кальцитонина остается нормальным [3].

Уровень ПКТ определяют с помощью прокальцитонинового теста. Это иммунохроматографический анализ захвата антигена для определения ПКТ в пробе крови. Моноклональные антитела, специфичные к ПКТ:

1) Конъюгированы коллоидным золотом и размещены на соответствующей зоне;

2) Имобилизованы на тестовой (Т) зоне нитроцеллюлозной мембраны.

Если проба содержит прокальцитонин, он вступает во взаимодействие с конъюгированными антителами. Образовавшийся комплекс затем продвигается к тестовой зоне, где захватывается иммобилизованными антителами, образуя видимую полоску розового цвета (тестовая полоска), что означает положительный результат. Интенсивность окраски прямо пропорциональна концентрации ПКТ в пробе и с помощью референсной карты соотносится со следующими диапазонами концентрации:  $< 0,5$  нг/мл,  $\geq 0,5$  нг/мл,  $\geq 2$  нг/мл,  $\geq 10$  нг/мл. Если в пробе прокальцитонин отсутствует, на тестовом участке полоска розового цвета не появится, что означает отрицательный результат. В качестве внутреннего контроля процедуры после завершения тестирования на контрольном (С) участке всегда появляется контрольная полоска. Отсутствие контрольной полоски розового цвета в контрольной зоне является признаком недействительного результата [6].

Также важно отметить, прокальцитониновый ли тест используется для дифференциальной диагностики бактериальной инфекции от вирусной. Потому что цитокины, продуцируемые в ответ на вирусную инфекцию, способны подавлять экспрессию прокальцитонина в экстратиреоидных

системах. Также увеличение ПКТ не наблюдается при грибковых инфекциях, аллергических и аутоиммунных заболеваниях, что делает его специфичным маркером [3; 5].

Период полураспада ПКТ составляет 25–30 часов, что позволяет использовать его в качестве маркера эффективности антибиотикотерапии, так как после успешного оперативного лечения или антибиотикотерапии уровень прокальцитонина в крови быстро снижается – на 30–50% за сутки [4; 7].

Таким образом, определение уровня прокальцитонина обладает рядом достоинств и недостатков. Достоинства маркера – высокая чувствительность, быстрый результат, использование для определения эффективности антибиотикотерапии. К недостаткам маркера относится то, что он эффективен только при бактериальных формах сепсиса.

#### ***Библиографический список***

1. Козлов В.К. Сепсис, тяжелый сепсис, септический шок: патогенетическое обоснование диагноза, клиническая интерпретация, принципы и методология диагностики // Клинико-лабораторный консилиум. 2014. № 2 (49). С. 20–40.
2. Никонов В.В., Соколов А.С., Феськов А.Э. Сепсис от древности до современности. Взгляд сквозь века // МНС. 2017. № 3 (82). С. 73–81.
3. Калашникова А.А. pCD64 и прокальцитонин в диагностике сепсиса: сходство и различие лабораторных показателей // Лабораторная служба. 2019. № 8 (4). С. 7–12.
4. Paudel R., Dogra P., Montgomery-Yates A.A., Coz Yataco A. Procalcitonin: A promising tool or just another overhyped test? // Int. J. Med. Sci. 2020. Vol. 17 (3). P. 332–337.
5. Hamade B., Huang D.T. Procalcitonin: Where Are We Now? // Crit. Care Clin. 2020. Vol. 36 (1). P. 23–40.
6. Калягин А.Н. Возможности использования прокальцитонин нового теста // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2012. № 112 (5). С. 136–138.
7. Velissaris D., Zareifopoulos N., Lagadinou M. et al. Procalcitonin and sepsis in the Emergency Department: an update // Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci. 2021. Vol. 25 (1). P. 466–479.

## НЕЙРОГЕНЕЗ ПРИ АУТИЗМЕ NEUROGENESIS IN AUTISM

**В.А. Захарова**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого  
Минздрава России,  
г. Красноярск*

**V.A. Zakharova**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Аутизм, нейрогенез, вальпроевая кислота, иммуногистохимия, иммунофлуоресценция, даблкортин.

*В статье оценивается экспрессия молекулы-маркера даблкортина (DCX) в энториальной коре у интактных и модельных животных.*

Autism, neurogenesis, valproic acid, immunohistochemistry, immunofluorescence, doublecortin.

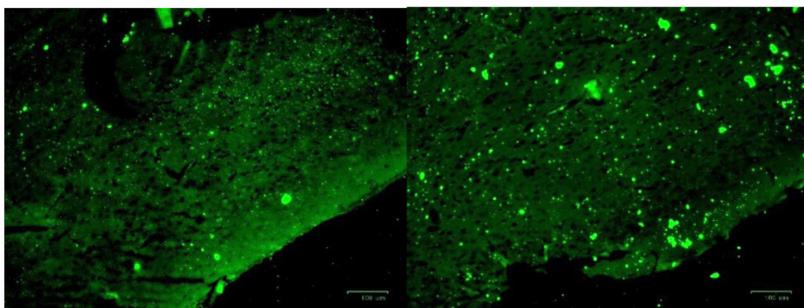
*The article analyzes the expression of the doublecortin marker molecule (DCX) in the entorial cortex in intact and model animals.*

**Р**асстройства аутистического спектра (РАС) являются одним из наиболее часто встречающихся заболеваний во всем мире [1]. Нейрогенез – многоступенчатый процесс, состоящий из нескольких этапов, который начинается с трансформации нейральных стволовых клеток (НСК) и заканчивается их включением в нейрональную сеть «зрелого» нейрона (интеграция) [2]. Существуют маркеры, экспрессия

которых специфична для разных этапов нейрогенеза. Среди таких маркеров можно выделить даблкортин. Даблкортин (DCX) – белок, связанный с микротрубочками, который специфически экспрессируется исключительно незрелыми нейронами практически во всех мигрирующих предшественниках нейронов развивающейся ЦНС [3]. Таким образом, экспрессия даблкортина позволяет использовать его в качестве маркера нейрогенеза стадии миграции нейроblastов. Цель исследования – оценка экспрессии молекулы-маркера даблкортина (DCX) у модельных и интактных животных в энтериальной коре.

Исследование проводилось на базе НИИ молекулярной медицины и патобиохимии КрасГМУ на оборудовании ЦКП Молекулярные и клеточные технологии КрасГМУ. Объект исследования – крысы линии Wistar. Экспериментальная модель аутизма создавалась по стандартной методике путем подкожных инъекций беременным самкам крыс на 12-й день после зачатия 500 мг/кг веса вальпроевой кислоты (ВПК) в физиологическом растворе, в контроле – введение растворителя (физиологический раствор) из расчета 1 мл/кг веса [4]. Полученное потомство в возрасте 25 дней было протестировано в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ). Данный тест определяет степень тревожности крысы, способность животного оценивать риск, позволяет определить исследовательскую и двигательную активность, а также эмоциональное состояние особи. Оценивались такие параметры, как число пересеченных линий, количество заходов в закрытые и открытые рукава, а также количество выходов в центр. После поведенческого тестирования у анестезированных животных осуществляли транскраниальную перфузию 4% парафармальдегидом (PFA) с последующим забором головного мозга. С помощью вибротома Thermo Scientific Microm HM 650 были изготовлены

срезы толщиной 60 мкм. Полученные срезы до момента их иммуногистохимической окраски хранили в растворе PBS с 0,02% азидом натрия. Иммуногистохимическая окраска проводилась по протоколу «свободноплавающих срезов» фирмы абсам. Флуоресцентная микроскопия проводилась с помощью ZOE fluorescent Cell imager. В процессе флуоресцентной микроскопии исследовали экспрессию нейровоспалительного маркера DCX в области энторинальной коры, которая входит в состав гиппокамповой формации. На рисунке показан пример экспрессии даблкортина в данной области у модельного и интактного животного.



*Рис. Экспрессия DCX в энторинальной коре животного: слева – контрольной группы; справа – опытной группы*

При помощи программы ImageJ была рассчитана площадь экспрессии антигена в пикселях. Далее полученные результаты выражали в процентах от общей площади среза в данном поле зрения в пикселях (далее обозначаем как процент экспрессии маркера DCX). Статистический анализ проводили с использованием методов непараметрической статистики. Учитывались такие критерии, как описательная статистика (медиана, процентиля 25 и 75% (Q1, Q3)). Для выявления различий поведения животных между группами применяли непараметрический критерий Манна-Уитни ( $p \leq 0,05$  – уровень статистической значимости).

Данные тестирования в ПКЛ выявили значимые однонаправленные изменения во всех изучаемых параметрах: отмечалось значимое ( $p=0,008$ ) увеличение количества пересеченных линий (Line crossings) у животных с экспериментальной моделью (аутизм: 46; 27,5... 75; контроль: 14; 14...28), значимое увеличение ( $p=0,003$ ) количества входов в закрытые (Close: entries) (аутизм: 15; 10...22,5; контроль: 5; 4...7) и открытые рукава (Open: entries) теста ( $p=0,011$ , аутизм: 11; 6 ...17; контроль: 3; 3 ...8). Кроме этого, значимо ( $p=0,033$ ) увеличилось количество выходов в центр (Center: entries) (аутизм: 17; 11...24,5; контроль: 8; 7...14).

При оценке экспрессии маркера даблкортина обнаружены тенденции к увеличению процента DCX – экспрессирующих клеток в энторинальной коре модельных животных ( $p=0,711$ ) в сравнении с контрольными (аутизм: 14,7; 10,62...22,9; контроль: 22,9; 5,0...29,5). Обнаруженные результаты могут свидетельствовать о признаках тревожного поведения у животных и о вероятном усилении нейрогенеза при аутизме в энторинальной коре.

Таким образом, в сравнении с контрольной группой у животных с экспериментальным аутизмом наблюдались признаки тревожного поведения с тенденцией к усилению нейрогенеза в энторинальной коре.

### ***Библиографический список***

1. Официальный сайт «Autism Speaks» [Электронный ресурс]. Режим доступа [www.autismspeaks.org](http://www.autismspeaks.org)
2. Ribeiro F.F., Xapelli S. An Overview of Adult Neurogenesis // Adv. Exp. Med. Biol. 2021. Vol. 1331. P. 77–94.
3. Couillard-Despres S., Winner B., Schaubeck S. et al. Doublecortin expression levels in adult brain reflect neurogenesis // J. Neurosci. 2005. Vol. 21 (1). P. 1–14.
4. Nicolini C., Fahnestock M. The valproic acid-induced rodent model of autism // Exp. Neurol. 2018. Vol. 299 (Pt.A). P. 217–227.

**ПОНЯТИЕ О ПОЛИМЕРАХ  
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
THE CONCEPT OF MEDICAL POLYMERS**

**А.Ю. Казак**

Научные руководители **С.И. Пашенко, Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого  
Минздрава России, Красноярск*

**A.Y. Kazak**

Scientific advisers **S.I. Paschenko, N.A. Malinovskaya**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Полимеры, медицина, материалы, применение, наночастица, медицинские учреждения.

*В статье приводится информация об использовании полимеров в медицине. Приведена классификация полимеров. Дан анализ использования полимеров в больницах города Красноярска.*

Polymers, medicine, materials, application, nano-cleaning, medical institutions.  
*The article provides information about the use of polymers in medical. The classification of polymers is given. The analysis of the use of polymers in hospitals of the city of Krasnoyarsk is given.*

**Е**жедневно мы сталкиваемся с различными пластмассами, резинами, синтетическими волокнами, которые широко используют в науке, технике и технологии. Ежегодно в химических лабораториях синтезируют огромное количество веществ, в том числе полимерных материалов, которые

могут найти применение в медицине. Началом применения полимерных материалов в медицине можно считать 1788 год, когда во время операции Александр Михайлович Шумлянский использовал каучук [1].

В настоящее время большое количество полимеров нашли свое применение в медицине. Их используют непосредственно для лечения или как материал для изготовления медицинского оборудования и инструментов.

Целью настоящего исследования является изучение видов полимеров, а также анализ статистических данных по использованию полимеров в лечебных организациях г. Красноярска.

Ученые выделяют четыре основных направления современного использования полимеров: регенеративная медицина, хирургия, офтальмология, фармакология. Считается, что любой полимер может быть использован в медицине, если он удовлетворяет условию биосовместимости, т.е. способности материалов выполнять свои функции без существенных негативных последствий для организма [1; 2].

К полимерам искусственного происхождения можно отнести полилактид и полигликолевую кислоту. Их используют для изготовления шовного материала, в том числе для рассасывающихся хирургических нитей. К полимерам природного происхождения можно отнести хитозан, который получают из хитина. У хитозана много положительных свойств, которые нашли свое применение в медицине. Прежде всего, это кровоостанавливающее средство, проявляющее антимикробную активность и ускоряющее заживление ран.

Если мы говорим о применении полимеров в медицине, то к каждому из них могут быть выдвинуты следующие требования:

1. Объекты, которые длительное время должны быть устойчивы в условиях функционирования в контакте с агрессивной биологической средой. Это важное требование

к полимерам, т.к. из них изготавливают имплантаты, которые длительное время находятся в организме человека.

2. Полимеры должны распадаться с контролируемой скоростью, что важно при применении препаратов или при замещении суставов [2].

Следующая группа биополимеров – полимерные нанокомпозиты (полимеры, совмещённые с наночастицами), они сочетают в себе свойства и полимера и наноматериала. Нанополимеры нашли свое применение во многих областях медицины. Прежде всего, их рассматривают как сырьё для имплантатов, для замещения костных и суставных элементов, протезировании связок и мягких тканей [3; 4].

Прорывом в биополимерах можно считать имплантаты на основе скаффолдов. Скаффолд-технология – культивирование клеток на трехмерных подложках-носителях с целью пространственного формирования клеточного органа или его фрагмента для трансплантата [3].

Особое место полимеры заняли в фармакологии, и одним из перспективных направлений является изготовление из полимеров наноконтейнеров для доставки лекарств, что обеспечивает уменьшение эффективной дозы, понижение токсичности, направленность и пролонгированность действия [5].

Исходя из вышеизложенного, нами был проведен анализ статистических данных об использовании полимеров в больницах г. Красноярск.

В качестве объектов исследования были получены данные из больниц КГБУЗ «Красноярская межрайонная клиническая больница № 20 имени И.С. Берзона» и ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД – Медицина» города Красноярск». Результаты представлены в таблице анализа использования полимеров в организациях здравоохранения. Результаты таблицы свидетельствуют, что наиболее распространённым методом использования полимеров является изготовление

медицинских инструментов. Доля медицинских инструментов составляет 45,0 % в КГБУЗ «Красноярская межрайонная клиническая больница № 20 имени И.С. Берзона» и 52,0 % – в ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД – Медицина» города Красноярска». На долю шовного материала из полимеров приходится 22,0 и 25,0 %, соответственно.

### **Анализ использования полимерных материалов в организациях здравоохранения**

№	Наименование	Процент использования, %	
		КГБУЗ «Красноярская межрайонная клиническая больница № 20 имени И.С. Берзона»	ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД – Медицина» города Красноярска»
1	Медицинские инструменты (шприцы разового применения, системы для переливания крови, аппараты искусственного кровообращения и искусственной почки, шпатели, аппликаторы т.п.)	45,0	52,0
2	Шовный материал	22,0	25,0
3	Протезы	12,0	5,0
4	Искусственные органы	5,0	2,0
5	Офтальмология (контактные линзы, эписклеральное пломбирование, искусственный хрусталик)	7,0	9,0
6	Лекарственные препараты	9,0	7,0

Исходя из вышеизложенного, можно отметить, что в современной медицине использование биополимеров сосредоточено в применении их в регенеративной медицине, хирургии, фармакологии. Этот процесс будет продолжаться и в ближайшем будущем.

### ***Библиографический список***

1. Дженкинс М. Полимеры в биологии и медицине. М.: Научный мир, 2011. 256 с.
2. Манабу С. Полимеры медицинского назначения. М.: Медицина, 1981. 318 с.
3. Платэ Н.А., Васильев А.Е. Физиологически активные полимеры. М.: Химия, 1986. 180 с.
4. López-Lugo J.D., Pimentel-Domínguez R., Benítez-Martínez J.A. et al. Photomechanical Polymer Nanocomposites for Drug Delivery Devices // *Molecules*. 2021. Vol. 26 (17). P. 1–23.
5. Сливкин А.И., Краснюк И.И., Беленова А.С., Дьякова Н.А. Фармацевтическая технология. Высокомолекулярные соединения в фармации и медицине. Учеб. пособие для студ. мед. универ. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 560 с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР ДНК-АПТАМЕРОВ К РАКУ ЛЕГКОГО MODELING OF DNA STRUCTURES-APTAMERS TO LUNG CANCER**

**Д.С. Комаров**  
Научный руководитель **П.В. Артюшенко**  
*СФУ, г. Красноярск*

**D.S. Komarov**  
Scientific adviser **P.V. Artyushenko**  
*SibFU, Krasnoyarsk*

Аптамеры, рак легкого, моделирование, укорачивание аптамера, МУРР. *Разработана схема укорачивания нуклеотидной последовательности аптамера с помощью методов молекулярного моделирования с сохранением его связывающих свойств. В статье приведены моделирование аптамера LC224, укорачивание аптамера LC224 и сравнение полученной лучшей модели с малоугловым рентгеновским рассеянием.*

Aptamers, lung cancer, modeling, aptamer truncation, SAXS.

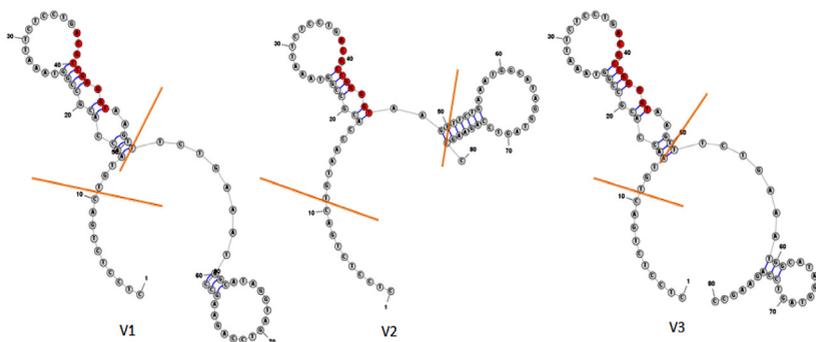
*A scheme has been developed for shortening the nucleotide sequence of the aptamer using molecular modeling methods while preserving its binding properties.*

*The article presents the simulation of the LC224 aptamer, the shortening of the LC224 aptamer and the comparison of the obtained best model with small-angle X-ray scattering.*

**А**птамеры – это короткие одноцепочечные олигонуклеотиды (ДНК или РНК), связывающиеся с высокой аффинностью и специфичностью с различными мишенями. ДНК-аптамер LC-224 был отобран к клеткам и тканям рака легкого, содержит 80 нуклеотидов и имеет последовательность 5'-СТССТСТГАСТГТААССАСГССГГТАААТТСТССТГАСГССГГГГТА АСТТТСТГАААТГГСАТАГГТАГТССАГААГСС-3'. С помощью математического моделирования было установлено, что последовательность нуклеотидов АСГССГГГГТ с высокой вероятностью участвует в связывании с мишенью. Цель данной работы: разработать схему укорачивания нуклеотидной последовательности аптамера с помощью методов молекулярного моделирования с сохранением его связывающих свойств.

Для того, чтобы модифицировать аптамер, прежде всего необходимо установить его структуру. Последовательность нуклеотидов преобразовали в программе Mfold для получения вторичной структуры (Рисунок 1).

На основе предсказанной вторичной структуры построили 3D модели аптамера с помощью программ SimRNA и VMD [1; 2]. Для того чтобы установить, какие конформации аптамер может принимать в растворе, построенные 3D модели рассчитали методом молекулярной динамики в программном пакете GROMACS 2018.8 с последующим кластерным анализом траектории в программе VMD [3].



*Рис. 1. Вторичная структура аптамера LC-224, наиболее активные нуклеотиды выделены красным цветом, линии показывают места обрезки*

Исходя из рисунка 1, можно сделать вывод, что петля, в которую входят наиболее активные нуклеотиды, не меняется. Следовательно, была предложена усеченная версия аптамера, включающая петлю и названная LC224t (t-truncated) (Рисунок 2). Аптамер LC-224t имеет последовательность 5-TGTA ACCACGCCGGTAAATTCTCCTGACGCCGGGGTAAGT-3'.

Последовательность нуклеотидов аптамера LC-224t преобразовали в программе Mfold для получения вторичной структуры. Программа предсказала 3 возможные модели (Рисунок 2а). Далее построили 3D модели и рассчитали методом молекулярной динамики (МД). Расчеты молекулярной динамики проведены в течение 200нс в присутствии ионов  $\text{Na}^+$  (146 ммоль) и при температуре 300К. В результате кластерного анализа траектории молекулярной динамики для моделей LC224t\_V1 и LC224t\_V2 получили по одной наиболее вероятной конформации, а для LC224t\_V3 получили две модели. Полученные модели сравнили с формой аптамера, полученной в результате МУРР (малоуглового рентгеновского рассеяния). Далее количественно определили степень соответствия смоделированных конформеров с результатом МУРР.

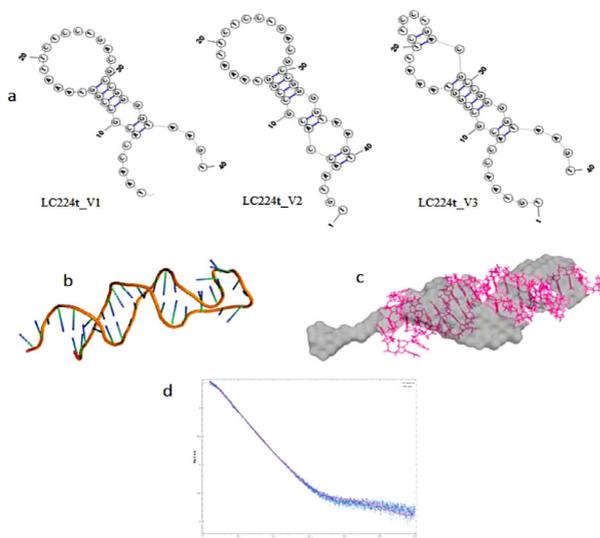


Рис. 2. Модели аптамера LC-224t,  
*a* – вторичные структуры аптамера LC-224t,  
*b* – третичная структура модели LC224t\_V2 аптамера LC-224t после МД,  
*c, d* – сравнение третичной структуры модели LC224t\_V2  
 аптамера LC-224t с МУРР

Таблица

**Отклонения  $\chi^2$  экспериментальной кривой МУРР  
 для LC-224t от смоделированных кривых  
 на основе расчетов молекулярной динамики**

Модели аптамера LC-224t	$\chi^2$
LC224 V1	5.107
LC224 V2	2.176
LC224 V3 (Модель 1)	4.405
LC224 V3 (Модель 2)	9.803

При полном совпадении шариковой модели с аптамером значение  $\chi^2$  равно 1. В данной работе лучшее значение  $\chi^2$  у модели LC224\_V2, которое равняется 2,176. В аптамере LC-224t была сохранена петля, которая содержит наиболее активные нуклеотиды, следовательно, можно предположить, что связывающие свойства будут такие же, как и у LC-224.

Для точного установления связывающих свойств рекомендуется провести исследование связывания *in vitro*.

#### ***Библиографический список***

1. SimRNA: a coarse-grained method for RNA folding simulations and 3D structure prediction / Michal J. Boniecki, Grzegorz L, Wayne K. D, Konrad T, Pawel L, Tomasz S, Kristian M. Rother, Janusz M. B // *Nucleic Acids Research*. 2015. № 44. P. 63.
2. Humphrey W., Dalke A., Schulten K. VMD: Visual molecular dynamics // *Theoretical Biophysics Group*. 1999. № 11. P. 33–38.
3. Gromacs: High performance molecular simulations through multi-level parallelism from laptops to supercomputers / Abraham, M.J., Murtola, T., Schulz, R., Páll, S., Smith, J.C., Hess, B. and Lindah, E // *SoftwareX*. 2015. № 2. P. 19–25.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ДНК-АПТАМЕРА ДЛЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО ОКРАШИВАНИЯ ГЛИОБЛАСТОМЫ**

#### **DETERMINATION OF THE DNA APTAMER STRUCTURE FOR INTRAOPERATIVE GLIOBLASTOMA STAINING**

**Е.В. Кочкина<sup>1</sup>**

Научный руководитель **П.В. Артюшенко<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>*СФУ, г. Красноярск*

<sup>2</sup>*КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

<sup>3</sup>*ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск*

**E.V. Kochkina<sup>1</sup>**

Scientific adviser **P.V. Artiushenko<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>*SibFU, Krasnoyarsk*

<sup>2</sup>*FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH*

*Russia, Krasnoyarsk*

Глиобластома, интраоперационное окрашивание, аптамер, биомаркер, компьютерное моделирование.

*В статье определяется атомная структура ДНК-аптамера для интраоперационного окрашивания глиобластомы при помощи компьютерного моделирования и предлагается схема укорачивания его нуклеотидной последовательности.*

*Glioblastoma, intraoperative staining, aptamer, biomarker, computer modeling. This paper presents the core findings of a study aimed at revealing the structure of the Gli-55 DNA aptamer used for glioblastoma intraoperative staining. The secondary and tertiary structures were revealed using combination of small-angle X-ray scattering and molecular modeling.*

**Г**лиобластомы – первичные опухоли головного мозга, составляющие более 40% всех злокачественных новообразований центральной нервной системы [1]. Глиобластома не имеет четких границ, и её полное удаление без дополнительной визуализации проблематично. Для интраоперационного окрашивания используются аптамеры, связанные с флуоресцентным красителем [2]. Аптамеры – это короткие одноцепочечные синтетические ДНК или РНК, связывающиеся с мишенями с высокой аффинностью и специфичностью за счет своей сложной третичной структуры.

Целью данной работы является определение при помощи компьютерного моделирования структуры аптамера Gli-55 – биомаркера к глиобластоме и укорачивание его нуклеотидной последовательности с сохранением связывающих свойств аптамера.

Первым этапом в нашем исследовании является установление структуры молекулы. Для этого используется метод малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР), но с помощью его можно определить только форму молекулы (рисунок 1). Поэтому для установления пространственной структуры аптамера используется комбинация компьютерного моделирования и метода МУРР. Следующим шагом исследования является усечение структуры аптамера до минимальной последовательности, необходимой для связывания с мишенью. Это очень важный этап, так как именно здесь мы можем снизить экономические затраты, а также увеличить связывающие свойства аптамера.

Используемое программное обеспечение для моделирования: квадруплекса – QGRS Mapper [3], 3D-Nus [4];

вторичных и третичных структур – Olygoanalyzer [5], VMD [6]. Для аптамера были выполнены расчёты молекулярной динамики при помощи программного пакета GROMACS [7] в течение 200 нс, в присутствии силового поля Amber14sb, ионов  $\text{Na}^+$  146 мМ и  $\text{Mg}^{2+}$  0,5 мМ при 25° С. Расчёты выполнены на суперкомпьютерах межведомственного суперкомпьютерного Центра РАН.

Исследуемый аптамер состоит из 60 нуклеотидов (рисунок 1А), а также известна его форма из эксперимента МУРР, представленная в виде шариковой модели (рисунок 1Б).

Используя компьютерное моделирование, было предсказано, что аптамер может образовывать более 16 различных вторичных структур, в том числе структур с квадруплексом. При помощи 3D моделирования и молекулярной динамики построены их третичные структуры. Используя  $\chi^2$  – статистический критерий, можем проверить отклонение смоделированных структур от экспериментальных данных МУРР. Модели, показавшие наилучшее совпадения, приведены на рисунке 1В.

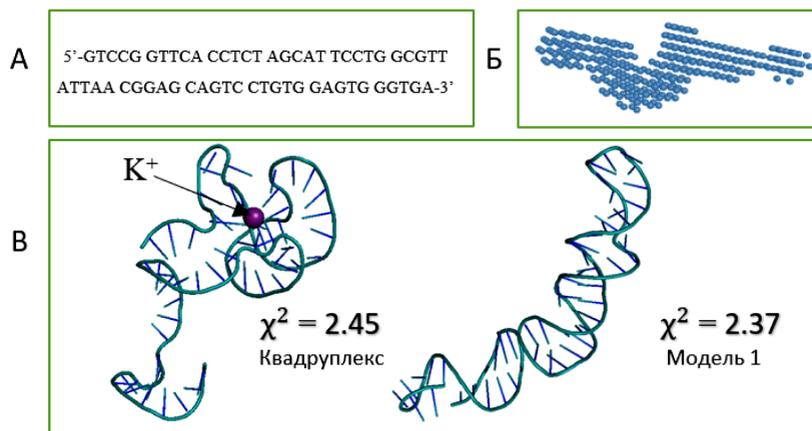


Рис. 1. А – первичная последовательность Gli55;  
Б – шариковая модель Gli55 из эксперимента МУРР;  
В – третичные структуры аптамера Gli-55

Наличие квадруплекса в структуре аптамера можно подтвердить спектроскопией кругового дихроизма. В нашем случае пики были на длине волны 220 и 280 нм, что не соответствует наличию квадруплекса. Значит его в структуре нет. Соответственно, получившаяся первая модель оказалась той, что отражает реальную третичную структуру в растворе.

Исходя из определенной структуры аптамера, можно предположить, что, несмотря на различные конформации в растворе, остаются неизменными некоторые его части. У Gli-55 – это шпилька и некомплементарные нуклеотиды в последовательности от 26 до 60 нуклеотид (рисунок 2). Предположительно здесь находится участок связывания с мишенью, а нуклеотиды с 1 по 25, не участвующие в связывании, могут быть устранены.

Усеченный аптамер сохранил геометрию предположительных сайтов связывания (рисунок 2). Предложенная последовательность аптамера будет синтезирована для проверки связывающей способности укороченного аптамера по сравнению с исходным.

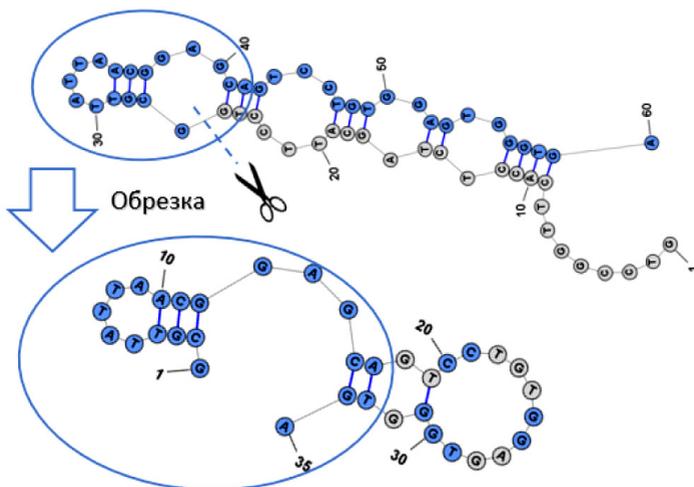


Рис. 2. Вторичные структуры полного и усеченного аптамера Gli-55

### ***Библиографический список***

1. Комарова М.А., Народов А.А. Селекция аптамеров к глиобластоме // Сибирское медицинское обозрение. 2016. № 5. С. 93–96.
2. Потапов А.А., Гаврилов А.Г., Горяйнов С.А. Интраоперационная флуоресцентная диагностика и лазерная спектроскопия в хирургии глиальных опухолей головного мозга // Вопросы нейрохирургии. 2012. № 76. С. 3–12.
3. Kikin O., D'Antonio L., Bagga P.S. QGRS Mapper: a web-based server for predicting G-quadruplexes in nucleotide sequences // Nucleic Acids Research. 2006. № 34. P. 676–682.
4. Patro LPP, Kumar A, Kolimi N. 3D-NuS: A Web Server for Automated Modeling and Visualization of Non-Canonical 3-Dimensional Nucleic Acid Structures // J Mol Biol. 2017. № 429. P. 2438–2448.
5. Owczarzy R., Tataurov A.V. IDT SciTools: a suite for analysis and design of nucleic acid oligomers // Nucleic acids research. 2008. № 36. P. 163–169.
6. Humphrey W. VMD: visual molecular dynamics // Mol Graph. 1996. № 14. P. 33–38.
7. Abraham, M.J. Gromacs: High performance molecular simulations through multi-level parallelism from laptops to supercomputers // Softwarex. 2015. № 1-2. P. 19–25.

## **ЭКСПРЕССИЯ JAM-A В ЭНТОРИНАЛЬНОЙ КОРЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИШЕМИИ EXPRESSION OF MARKER JAM-A IN THE ENTORHINAL CORTEX IN CEREBRAL ISCHEMIA**

**А.К. Лесникова, Д.В. Надеин**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф.Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**A.K. Lesnikova, D.V. Nadein**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya,**

*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Ангиогенез, ИГХ, JAM-A, ишемия головного мозга, маркеры целостности сосудов.

*В статье рассмотрены особенности постишемического ангиогенеза на выполненных моделях ишемии у животных линии Wistar. Выявление экспрессии маркеров целостности сосудов на примере JAM-A в энторинальной коре для оценки постишемического ангиогенеза является неотъемлемым атрибутом в создании моделей коррекции ишемических реперфузионных расстройств в головном мозге и в предотвращении развития тяжелых, стойких неврологических осложнений.*

Angiogenesis, IHC, JAM-A, cerebral ischemia, vascular integrity markers.

*The article discusses the features of post-ischemic angiogenesis on the performed models of ischemia in animals of the Wistar line. Identification of the expression of markers of vascular integrity by the example of JAM-A in the entorhinal cortex for the assessment of post-ischemic angiogenesis is an essential attribute in creating models for the correction of ischemic reperfusion disorders in the brain and in preventing the development of severe persistent neurological complications.*

**П**оиск новых методов коррекции патогенетических звеньев острого ишемического повреждения структуры головного мозга является перспективным направлением исследований. Животные модели *in vivo* наиболее приближены к патофизиологическим изменениям у человека, поэтому актуально их использование. В последние годы представляет интерес изучение регуляции ангиогенеза в терапии ишемического инсульта [1]. Как известно, постишемический ангиогенез способствует функциональному

восстановлению поврежденных участков головного мозга на фоне ишемии. Во-первых, вновь образовавшиеся микрососуды поддерживают миграцию нейрональных стволовых клеток в направлении перинфарктной области. Это связано с тем, что данные сосуды обеспечивают сигналы интегрина бета-1, которые заставляют нейрональные стволовые клетки прикрепляться к этим сосудам и служат каркасом для их миграции [2-6]. Поэтому целью нашего исследования было выявление экспрессии маркера целостности сосудов JAM-A в энторинальной коре для оценки постишемического ангиогенеза.

Исследование проводилось на базе НИИ молекулярной медицины и патобиохимии КрасГМУ на оборудовании ЦКП Молекулярные и клеточные технологии КрасГМУ. Объектом исследования послужили крысы линии Wistar возрастом 6 месяцев, разделенные на 2 группы по 6 животных: с моделью ишемии (путем перевязки общей сонной артерии справа) и контроль (ложно-оперированные животные). Проводились тесты для оценки поведенческих функций до забора материала, далее осуществляли транскардиальную перфузию, проводили забор биологического материала и его фиксацию, готовили срезы для ИГХ по протоколу «свободноплавающих срезов». Были использованы первичные антитела к JAM-A в разведении 1:300, вторичные антитела в разведении 1:1000. Оценка результатов проводилась с помощью программ ImageJ, Statplus и Any-maze. Статистический анализ осуществляли с помощью методов непараметрической статистики (тесты Манна-Уитни для независимых выборок и Уилкоксона для зависимых выборок). Различия считали значимыми при  $p \leq 0,05$ . Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха.

Было обнаружено, что при неполной глобальной ишемии головного мозга (путем односторонней перевязки общей сонной артерии), в сравнении с контролем, выявлено значительное (почти на 25%, но пока в пилотной выборке незначимое:  $p=0,18$  при сравнении различий в энторинальной коре в обоих полушариях между независимыми выборками – группами контроля и ишемии) снижение процента JAM-A-экспрессирующих клеток в энторинальной коре (ишемия в обоих полушариях – 15,4; 10,9...24,4; контроль в обоих полушариях – 20,4; 10,7...30,8). JAM-A – белок плотных контактов эндотелия сосудов. Такое значительное снижение его экспрессии может свидетельствовать об уменьшении интенсивности ангиогенеза при развитии неполной глобальной ишемии головного мозга или о его «потере» в виде растворимой формы, что может происходить при нейровоспалении [7], или о том, что при ишемии происходит ограничение постишемического воспаления [8].

Причем, при анализе зависимых выборок в обеих группах животных (и в контроле, и при экспериментальной ишемии) не выявлено контрлатеральных различий ( $p=0,95$  при сравнении контрлатеральных полушарий при ишемии; ( $p=0,72$  при сравнении контрлатеральных полушарий у контрольных животных; ишемия слева – 14,8; 10,5...23,3; ишемия справа – 15,8; 11,9...24,7; контроль слева – 25,4; 17,9...32,7; контроль справа – 17,6; 9,9...26,6) процента JAM-A-экспрессирующих клеток в энторинальной коре.

В данном исследовании показана экспрессия маркера целостности сосудов JAM-A, отображающая снижение постишемического ангиогенеза при неполной глобальной ишемии в головном мозге, что может в последующем позволить проводить испытания веществ, восстанавливаю-

щих адекватную перфузию и ограничивающих проявления постишемических осложнений. Маркер JAM-A, по данным литературы, играет заметную роль в регуляции инфильтрации лейкоцитов после ишемического повреждения головного мозга и может быть новой потенциальной мишенью для ограничения постишемического воспаления.

### ***Библиографический список***

1. Liang W., Lin C., Yuan L. et al. Preactivation of Notch1 in remote ischemic preconditioning reduces cerebral ischemia-reperfusion injury through crosstalk with the NF- $\kappa$ B pathway // *J. Neuroinflammation*. 2019. Vol. 16 (1). P. 1–16.
2. Трофимов А.О., Кравец Л.Я. Апоптоз нейронов при черепно-мозговой травме // *Современные технологии в медицине*. 2010. № 3. С. 92–97.
3. Угольник Т.С., Чубукова Т.Н. Механизмы апоптоза при ишемии головного мозга // *Проблемы здоровья и экологии*. 2009. № 3 (21). С. 94–99.
4. Маслюкова А.В., Томилова И.К., Баклушина Е.А. Биохимические маркеры перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения // *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2015. Т. 20. № 1. С. 37–44.
5. Puig B., Brenna S., Magnus T. Molecular Communication of a Dying Neuron in Stroke // *Int. J. Mol. Sci*. 2018. Vol. 19 (9). P. 1–17.
6. Fricker M., Tolkovsky A.M., Borutaite V. et al. Neuronal Cell Death // *Physiol Rev*. 2018. Vol. 98 (2). P. 813–880.
7. Haarmann A., Deiss A., Prochaska J. et al. Evaluation of soluble junctional adhesion molecule-A as a biomarker of human brain endothelial barrier breakdown // *PLoS One*. 2010. Vol. 5 (10). P. 1–10.
8. Sladojevic N., Stamatovic S.M., Keep R.F. et al. Inhibition of junctional adhesion molecule-A/LFA interaction attenuates leukocyte trafficking and inflammation in brain ischemia/reperfusion injury // *Neurobiol. Dis*. 2014. Vol. 67. P. 57–70.

**РОЛЬ ОСМОСА В ПАТОЛОГИИ НАРУШЕНИЙ  
ВОДНО-МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА**  
ROLE IN THE PATHOLOGY OF DISORDERS  
OF WATER AND MINERAL METABOLISM

**Д.С. Однопалова**

Научный руководитель **С.И. Пащенко**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого  
Минздрава России,  
г. Красноярск*

**D.S. Odnopalova**

Scientific supervisor **S.I. Pashchenko**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Вода, водно-минеральный обмен, дисгидрия, гипогидратация, гипергидратация, отёк, онкотическое давление, патогенез.

*В статье рассматриваются роль воды в жизнедеятельности живого организма, вопросы системы регуляции водно-минерального обмена. Дана характеристика типичных форм их отека и видов. Приведены принципы терапии различных отеков.*

Water, water-mineral metabolism, dyshydria, hypohydration, hyperhydration, edema, oncotic pressure, pathogenesis.

*The article discusses the role of water in the vital activity of a living organism, issues of the system of regulation of water-mineral metabolism. The characteristic of typical forms of their edema and types is given. Principles of therapy for various edema.*

**В**ода – это главный компонент всех тканей в человеческом организме.

Расстройства водно-минерального обмена сопровождаются многими заболеваниями и оставляют след на развивающейся клинической картине. Нарушение водного баланса организма приводит к тяжёлым последствиям, вплоть до его гибели.

Вода с растворёнными в ней веществами представляет собой функциональное единство как в биологическом, так и в физико-химическом отношении, является важнейшей реакционной средой и выполняет роль основного пластического элемента тела.

Водно-минеральный обмен – совокупность процессов всасывания, распределения, потребления и выделения воды и солей в организме животных и человека. Он обеспечивает поддержание водного баланса и постоянство осмотического давления, ионного состава и кислотно-щелочного состояния. Суточная потребность в воде – 40 мл на кг массы тела – 2-3 литра). Содержание воды в организме человека и её распределение внутри и вне клеток зависит от возраста, пола и т.д.

Органы, выделяющие воду, – почки, лёгкие, кожа, кишечник. Уменьшение воды на 10 % приводит к развитию обезвоживания (гипогидратации), на 20 % – приводит к смерти. Водный баланс представляет собой уравновешивание трёх процессов: поступление воды в организм с пищей и питьём; образование в процессе обмена веществ так называемой эндогенной воды; выделение воды из организма.

В организме человека вода находится в трёх жидкостных фазах: внутриклеточная: находится внутри клеток (40–45 %); внеклеточная: плазма крови (5 %), межклеточная жидкость (16 %), лимфа (2 %); трансцеллюлярная (1–3 %): спинномозговая жидкость, внутриглазная жидкость.

Объём жидкости в фазах внутриклеточной и внеклеточной значительно отличается по составу и концентрации отдельных компонентов, но общая суммарная концентрация осмотически активных веществ примерно одинакова.

Следовательно, перемещение воды из одного сектора в другой происходит даже при небольшом изменении осмотического давления.

Дисгидрия – типовая форма нарушения водно-электролитного баланса. Проявляется развитием увеличения (гипергидратация) или уменьшения (гипогидратация).

Гипогидратация – форма нарушения водно-электролитного обмена, когда имеет место отрицательный водный баланс, т. е. выведение воды из организма превышает ее поступление.

Гипергидратация – особая форма нарушения водно-солевого баланса, представляющая собой избыточный объем воды в организме или в отдельных его частях. К клиническим проявлениям этого заболевания относят отеки легких, мозга или других тканей организма, переизбыток жидкости в брюшной полости.

Отёк – избыточное накопление жидкости в органах, внеклеточных тканевых пространствах организма. Отёки могут быть внутриклеточными и внеклеточными, системными или местными. Иногда отёк выполняет защитную функцию. Так, при воспалительных, токсических отёках отёчная жидкость уменьшает концентрацию токсических веществ в тканях.

Действия, направленные на ликвидацию или уменьшение степени отёков:

- этиотропный принцип: устранение причины и условий, способствующих возникновению;
- патогенетический принцип: блокирование инициального и вторичных звеньев механизма развития отёка;
- симптоматический принцип: устранение патологических процессов, симптомов и реакций, ухудшающих состояние.

По патогенезу выделяют следующие виды отёков:

1. Гидродинамические, обусловленные системным или локальным увеличением гидростатического давления и,

соответственно, возрастанием площади фильтрации плазмы крови в сосудах микроциркуляторного русла. Причиной развития является повышение венозного давления и увеличение объёма циркулирующей крови. Механизмы развития отека: повышение эффективного гидростатического давления (разница между гидростатическим давлением межклеточной жидкости и гидростатическим давлением крови в сосудах микроциркуляторного русла) приводит к торможению резорбции интерстициальной жидкости в посткапиллярах и венах.

2. Лимфогенные отёки. Лимфогенный фактор характеризуется затруднением оттока лимфы от тканей вследствие механического препятствия или избыточного образования лимфы. Механизм развития отека: уменьшение или прекращение лимфатического дренажа тканей. Лимфатические сосуды не способны транспортировать в общий кровоток увеличенный объем лимфы. Возникновение механического препятствия оттоку лимфы по сосудам вследствие их сдавления.

3. Онкотические отёки. Онкотический фактор развития отека включается при снижении онкотического давления крови и увеличении его в межклеточной жидкости. Механизм развития отека: увеличение фильтрации жидкой части крови в капиллярах и уменьшение реабсорбции воды в посткапиллярах и венах из-за наличия гипопроteinемии и гиперонкии.

4. Осмотические отёки. Осмотический фактор вызван повышением осмоляльности интерстициальной жидкости и снижением осмоляльности плазмы крови. Механизм развития отека: повышение осмоляльности интерстициальной жидкости, вызванное выходом из поврежденных клеток осмотически активных веществ, снижением их транспорта от тканей, повышением транспорта  $\text{Na}^+$  в интерстициальную жидкость. Данные изменения способствуют избыточному транспорту воды из крови в межклеточную жидкость.

5. Мембраногенные отёки. Мембраногенный фактор характеризуется повышением проницаемости сосудистых стенок микроциркуляторного русла для воды, макро- и микромолекул. Механизм развития отека: усиленная миграция воды в интерстициальное пространство из-за нарушения проницаемости стенок капилляров.

6. Кахектический отёк. Развивается при алиментарной дистрофии (голодании), гипотрофии у детей, злокачественных опухолях и других истощающих заболеваниях. Важнейшим фактором его патогенеза является гипопротемия, обусловленная нарушением синтеза белков, повышением проницаемости стенки капилляров и накоплением продуктов распада тканей.

Заключение. Последствия отёков зависят от локализации, продолжительности и выраженности. Очень опасны отёк лёгких, гортани, скопление отёчной жидкости в сердечной сорочке, плевральной полости, в полостях головного мозга. Длительное накопление жидкости в тканях нарушает кровообращение, снижается поступление питательных веществ к клеткам, вызывает их сдавливание, нарушается структура и функция повреждённого органа и рядом расположенных, понижается резистентность. Знания этиологии и патогенеза нарушений водно-минерального обмена в организме больного позволяет врачу более эффективно проводить диагностику, лечение и профилактику заболевания.

### ***Библиографический список***

1. Литвицкий П.Ф. Патофизиология: учебник / 7-е изд., перераб. и доп. ГЭОТАР-Медиа. 2021. 864 с.
2. Савин И.А., Горячев А.С. Водно-электролитные нарушения в нейрореанимации // ИПК «Индиго». 2015. 330 с.
3. Родионов А. Клиническая патофизиология: курс лекций, тесты, задачи // Под ред. А. Родионов. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 432 с.

**СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ  
И АНТИОКСИДАНТЫ**  
**FREE RADICAL OXIDATION AND ANTIOXIDANTS**

**Н.П. Ондрина**

Научные руководители **Н.А. Малиновская, С.И. Пащенко,**  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого  
Минздрава России,  
г. Красноярск*

**Ondrina N.P.**

Scientific advisers **N.A. Malinovskaya, S.I. Paschenko,**  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Свободные радикалы, активные формы кислорода, антиоксидантная защита, антиоксиданты, глутатион.

*В статье представлены механизмы образования свободных радикалов (физиологический и патологический процессы). Действие на организм различных активных форм кислорода (АФК). Рассмотрены механизмы действия антиоксидантов.*

Free radicals, reactive oxygen species, antioxidant protection, antioxidants, glutathione.

*The article presents the mechanisms of free radical formation (physiological and pathological processes). The effect of various reactive oxygen species (ROS) on the body. The mechanisms of action of antioxidants are reviewed.*

**У**становлено, что в развитии многих заболеваний ключевую роль играют гипоксия тканей и активность свободных радикалов. В организме они появляются путем физиологических и патологических процессов. Тщательно регулируемый баланс между образованием активных форм

кислорода (АФК) и их утилизацией лежит в основе развитой многоступенчатой системы регуляции и координации различных функций организма. Радикалы – очень реакционноспособные частицы, имеющие в своем составе неспаренный электрон. Такие частицы могут окислять другие молекулы в организме для собственной стабилизации, что может привести к повреждению клетки [1; 2].

Основным источником физиологических свободных радикалов является клеточное дыхание, которое называется окислительным фосфорилированием. Это процесс образования АТФ путем передачи электрона комплексам, встроенным во внутреннюю мембрану митохондрий. Кислород в свободном виде и небольших дозах оказывает стимулирующее действие на организм, повышая иммунитет. Обычно, когда кислород получает 4  $e^-$ , он превращается в воду. Но когда он не получает все 4 электрона, он будет иметь неспаренные электроны на своих орбиталях, что приведет к образованию свободных радикалов. Так как образованы они кислородом, их еще называют активными или реактивными формами кислорода, или АФК (РФК). Около 2–5 % поступающего кислорода переходит в АФК, причем часть из них идет на модификацию макромолекул [1-3].

Основные виды свободных радикалов [1-3]:

1. Супероксид анион радикал ( $O_2^{\cdot-}$ ) – ключевой свободный радикал – участвует в детоксикации продуктов метаболизма и лекарственных препаратов в клетках печени, может образовывать более активные частицы, повреждающие живые клетки.

2. Пероксид водорода ( $H_2O_2$ ) – наименее активный промежуточный продукт восстановления молекулы кислорода. Молекула пероксида водорода способна свободно перемещаться в клетке и довольно долго сохраняться в ней, не повреждая клеточные структуры.

3. Гидроксид-ион ( $OH^{\cdot}$ ) – наиболее активная частица – способен окислять тиольные и аминные группы, иници-

ировать пероксидное окисление липидов, разрушать нуклеиновые кислоты и белки, нарушать функционирование клеток и вызывать их гибель.

4. Оксид азота II (NO) – медиатор вазодилатации (расслабление сосудов и снижение артериального давления), его недостаток приводит к гипертензии, что наблюдается при действии свободных радикалов и его превращении в токсичный пероксинитрит. Выработка оксида азота (II) изменяется при воздействии различных факторов, таких, как гипоксия, повреждение тканей (в частности, повреждение эндотелия сосудов) и др.

Патологический источник свободных радикалов. Когда патоген проникает в организм, фагоцит (макрофаг или нейтрофилл) поглощает патоген, образуя фаголизосому. Начинается активная выработка свободных радикалов ( $O_2^{\cdot -}$  и  $H_2O_2$ ) для разрушения патогенов, что называется «респираторным взрывом». В реакциях *in vivo* происходит образование пероксинитрита ( $ONOO^-$ ) в результате взаимодействия  $O_2^{\cdot -}$  и NO. Пероксинитрит является сильным окислителем, он способен вызывать повреждения широкого спектра молекул в клетке, в том числе ДНК и белков. Под действием пероксинитрита уничтожаются патогены (происходит разрушение их клеточных мембран и повреждение белков, в итоге гибель патогена) [1-3].

Экзогенными источниками образования в организме человека активных форм кислорода являются загрязнение воздуха и воды, табак, алкоголь, тяжелые или переходные металлы, наркотики, растворители, радиация и продукты питания (например, копченое мясо, отработанное масло и жир), которые, попав в организм, метаболизируются в свободные радикалы [3].

Поскольку организм генерирует свободные радикалы в нормальном состоянии, существуют защитные механизмы, чтобы держать их под контролем (антиоксиданты, АО). АО способны отдавать свои свободные электроны для нейтра-

лизации свободных радикалов, вследствие чего замедляют процесс окисления липидов, углеводов, окислительно-повреждения нуклеиновых кислот и белков. Дефицит в питании фруктов и овощей приводит к недостатку основных витаминов-антиоксидантов аскорбиновой кислоты, каротиноидов и т.д. По природе и действию антиоксиданты разделяют на ферментативные и неферментативные. Ферментативные АО: супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза, глутатион-S-трансфераза, лактопероксидаза и др. Неферментативные АО: белки и пептиды (трансферрин, ферритин, глутатион), нутриенты витамины (аскорбиновая кислота, токоферол,  $\beta$ -каротин и т.д.) и минералы (селен), метаболиты (билирубин, мочевиная кислота) [3].

Глутатион представляет «ловушку» для свободных радикалов. Гамма-глутамилпептидная связь обеспечивает устойчивость глутатиона к пептидазам при его пероральном применении. В роли восстановителя в указанном трипептиде выступает тиольная группа цистеинового остатка. Глутатион обеспечивает инактивацию/нейтрализацию перекиси водорода и гидроперекисей липидов, нейтрализует озон и NO [2].

Дисбаланс равновесия между появлением активных форм кислорода и их нейтрализацией антиоксидантными системами индуцирует в организме появление оксидативного (окислительного) стресса. Свободные радикалы могут воздействовать на молекулы в организме человека, приводя к гибели клеток. В настоящее время известно более чем 60 заболеваний, связанных с оксидативным стрессом, т.к. он сопровождается дисфункцией митохондрий. Любые болезни, связанные с инфекцией, недостаточной перфузией тканей, воспалением, а также онкологические заболевания и сахарный диабет сопровождаются массивным образованием свободных радикалов. Поэтому антиоксидантную стратегию следует рассматривать как важнейший инструмент профилактики целого ряда заболеваний [1; 4].

### ***Библиографический список***

1. Сорокина Л.Е. Возможности антиоксидантной терапии в профилактике соматической патологии // Forcipe. 2019. Т. 2 (спецвыпуск). С. 826.
2. Толпыгина О.А. Роль глутатиона в системе антиоксидантной защиты // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2012. № 2 (84), Ч. 2. С. 178–180.
3. Соколова М.А., Высокогорский В.Е. Антиоксиданты как особая группа эссенциальных микронутриентов // Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.И. Леонтьева. 2019. С. 555–560.
4. Фурман Ю.В., Артюшкова Е.Б., Аниканов А.В. Окислительный стресс и антиоксиданты // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. 2019. № 1 (17). С. 1–3.

## **РОЛЬ ГЕМОГЛОБИНА В РЕГУЛЯЦИИ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ROLE OF HEMOGLOBIN IN REGULATION OF ACID-BASE STATE**

**А.А. Панченко**

Научный руководитель **С.И. Пащенко**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого  
Минздрава России*

**A.A. Panchenko**

Scientific supervisor **S.I. Pashchenko**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Гемоглобин, гемоглобиновый буфер, кислотно-основное состояние, буфер, регуляция, номограмма, алкалоз, ацидоз.

*В статье рассматриваются строение, функции гемоглобина, гемоглобинового буфера и его роль в регуляции кислотно-основного состояния.*

Hemoglobin, hemoglobin buffer, acid-base state, buffer, regulation, nomogram, alkalosis, acidosis.

*The article discusses the structure, functions of hemoglobin, hemoglobin buffer and its role in the regulation of the acid-base state.*

**К**ислотно-основное состояние поддерживается множеством физиологических процессов, которые чрезвычайно важны для нормальной жизнедеятельности. Их нарушение может привести к серьёзным заболеваниям. Учитывая это, очень важно знать основы регуляции кислотности среды буферными системами, в частности, гемоглобиновой, понимать морфологию гемоглобина и связанные с ней его свойства и функции. Цель исследования – изучение регуляции кислотно-основного состояния в организме человека, строения, свойств и функций гемоглобина.

Многие вещества, присутствующие в организме (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, порфирины), являются активными лигандами и, взаимодействуя с катионами биометаллов, образуют многообразные комплексные соединения, выполняющие определённые функции. У высших животных одним из наиболее важных соединений такого рода является гемоглобин, обладающий способностью переносить газы с током крови. Гемоглобин представлен не только гемами, а образован четырьмя белковыми субъединицами, которые располагаются в гемовых карманах вокруг центральной полости. Отличие в их строении и определяет принципиальные различия основных видов гемоглобина в организме человека. Смена субъединиц ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) с их местом синтеза при формировании видов гемоглобина в эритропоэзе представлена на рисунке [1; 2].

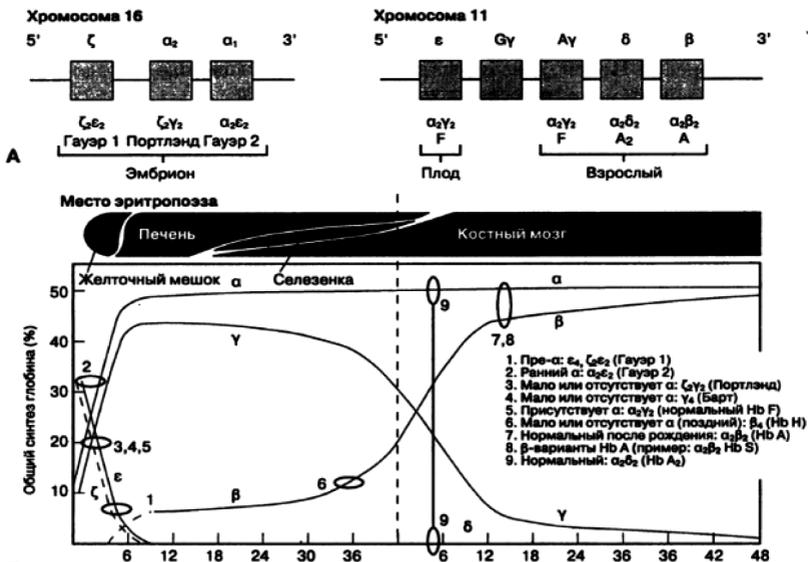


Рис. Схема эритропоэза

Кислотно-основным состоянием (равновесием) называется соотношение кислых и щелочных валентностей в организме. Оно характеризуется динамической концентрацией ионов в жидких и газообразных средах организма, где гемоглиновый буфер играет важную роль. Организм всегда стремится к удержанию рН в строгих пределах, что создаётся и поддерживается несколькими основными механизмами: буферированием, респираторной регуляцией углекислого газа, почечной регуляцией концентрации гидрокарбонат-ионов и выведением протонов водорода. К функциям гемоглибина (и его гемоглинового буфера) можно отнести как участие в лёгочном и тканевом дыхании, так и в регуляции кислотности крови, как следствие – поддержании кислотно-основного гомеостаза [1; 3; 4].

Гемоглиновый буфер состоит из двух форм гемоглибина –  $\text{Hb}$  и  $\text{HbO}_2$ . Находясь в лёгких, гемоглибин присоединяет в результате лигандообменной реакции вместо молекул

воды молекулы кислорода, образуя оксигемоглобин. Следует отметить, что гемоглобин является более слабой кислотой ( $pK_{\text{Hb}} = 8,20$ ), чем оксигемоглобин ( $pK_{\text{HbO}_2} = 6,95$ ), и отсюда следует, что ион  $\text{Hb}^-$  способен активнее связывать протон. Гемоглибиновая буферная система взаимодействует с гидрокарбонатным буфером. Углекислый газ, образующийся в значительных количествах в периферических тканях, поступает в эритроциты, где превращается в угольную кислоту под действием карбоангидразы. Для предотвращения опасного повышения кислотности крови в действие вступает гемоглибиновая буферная система. Учитывая отмеченную ранее различную кислотность гемоглобина и оксигемоглобина, равновесные концентрации будут различными. Протоны, возникающие при диссоциации угольной кислоты, будут воздействовать с преобладающей в растворе ионной формой оксигемоглобина  $\text{HbO}_2^-$ , образуя молекулярную формулу  $\text{HbO}_2$  [1; 3; 4].

Известно, что при повышенной кислотности эффективность связывания гемоглибином кислорода снижается. Поэтому оксигемоглобин освобождает кислород (уходящий в ткани) и даёт более слабую кислоту – гемоглибин. Таким образом, в тканях повышение концентрации протонов, вызванное диффузией  $\text{CO}_2$ , значительно нейтрализуется. Однако нарушается соотношение соль/кислота в буферных системах: содержание  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Hb}$  увеличилось, а концентрация  $\text{HbO}_2^-$  уменьшилась. Восстановление этих соотношений происходит в лёгких. Когда венозная кровь достигает легких, кислород и гидрокарбонат-ион снова проникают внутрь эритроцитов, при этом кислород связывается с присутствующим в избытке гемоглибином [4]. В организме ребенка в процессе эмбрионального развития аналогичную роль буфера выполняет гемоглибин F [5].

Важность знаний о гемоглибине и его роли в поддержании кислотно-основного равновесия иллюстрирует следую-

щий клинический случай (таблица, предоставленная КГБУЗ “КМ РД № 1”): пациент N. Диагноз «Транзиторное тахипное новорождённого». Анализ КОС до начала лечения: Смешанный респираторный и метаболический ацидоз. Проведена коррекция нарушений (респираторная терапия методом НСРАР). Анализ КОС после проведения коррекции: метаболический ацидоз, частично компенсированный респираторным компонентом.

*Таблица*

**Анализ газов крови до и после лечения пациента N**

Дата	pH	pCO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	BEb	BEecf
25.04.2022, 11:48 (до лечения)	7,163	66,6	23,7	-7,3	-5,2
25.04.2022, 18:09 (после лечения)	7,348	32,6	17,9	-6,4	-7,9

Таким образом, обзор литературы и приведенный клинический пример показали, что гемоглобин важен в организме человека не только для транспорта газов крови, но и как важный буфер для регуляции кислотно-основного равновесия. Эта информация актуальна для практического применения в различных областях медицины.

***Библиографический список***

1. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: учебник для вузов. СПб: Химиздат, 2000. 768 с.
2. Крю Ж. Биохимия: медицинские и биологические аспекты / под ред. И.Б. Збарского, Я.М. Варшавского. М.: Медицина, 1979. 510 с.
3. Руководство по перинатологии / под ред. Д.О. Иванова. СПб.: Информ-Навигатор, 2015. 1216 с.
4. Зеленин К.Н., Алексеев В.В. Химия. Общая и биоорганическая: учеб. для мед. вузов. СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2003. 712 с.
5. Whitham M., Pagaduan J., Clark S.L. et al. Validation of the Siggaard-Andersen Acid-Base Nomogram for Hemoglobin F: Implications for Fetal Cord Blood Gas Analysis // Am. J. Perinatol. 2019. Vol. 36 (14). P. 1481–1484.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ  
В КАЧЕСТВЕ АНТИОКСИДАНТОВ  
В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**  
THE USE OF PHENOLIC COMPOUNDS  
OF PLANT EXTRACTS AS ANTIOXIDANTS  
IN THE MODERN WORLD

**А.Д. Проскурина**  
*Научный руководитель А.С. Олейник*  
*ФГБОУ ВО НГПУ, г. Новосибирск*

**A.D. Proskurina**  
*Scientific supervisor A.S. Oleinik*  
*NSPU, Novosibirsk*

Антиоксиданты, фенольные соединения, кумарины, флавоноиды, танины, ксантоны, лигнаны.

*В статье описаны некоторые природные фенольные соединения, которые могут использоваться в качестве антиоксидантов и лекарственных средств.*

Antioxidants, phenolic compounds, coumarins, xanthonenes, flavonoids, tannins, lignans.

*The article describes some nature phenolic compounds which used as antioxidants or drugs.*

**Н**еизменный интерес современной науки к антиоксидантам обусловлен, прежде всего, их практическим значением. В течение многих лет они используются для продления срока службы и улучшения эксплуатационных свойств полимерных и горюче-смазочных материалов, предотвращения окислительной порчи пищевых продуктов, жирорастворимых витаминов, кормов и косметических средств, в качестве профилактических и лекарственных препаратов в терапии заболеваний, сопряженных с развитием окислительного стресса.

На сегодняшний день одним из приоритетных направлений медицинской химии является изучение антиоксидантной активности фенольных соединений растительного происхождения, поскольку применение лекарственных препаратов, созданных на основе растительных соединений, имеет ряд преимуществ по сравнению с синтетическими лекарственными препаратами, например, использование их при хронических заболеваниях, не опасаясь побочных явлений; активность в отношении штаммов микроорганизмов и вирусов, устойчивых к синтетическим и полусинтетическим антибиотикам, а также широким спектром действия фитопрепаратов [1].

Фенольные соединения – вещества ароматического класса соединений, содержащие одну и более гидроксильных групп, соединенных непосредственно с бензольным кольцом. В зависимости от количества атомов гидроксила в молекуле различают фенолы и полифенолы.

Многообразие свойств обеспечивает наличие огромного количества фенольных соединений, известных в настоящее время. В связи с этим фенольные соединения имеют обширную классификацию.

Основным источником фенольных природных антиоксидантов являются лекарственные и пищевые растения. Не секрет, что природные фенолы являются важнейшими вторичными метаболитами, которые в растительной продукции отвечают не только за антиоксидантную активность, но и за ряд других не менее важных функций. Применение находят как индивидуальные химические соединения, так и многокомпонентные растительные экстракты, обладающие более выраженной антиоксидантной активностью.

Целью данной работы является рассмотрение некоторых фенольных соединений растительного происхождения, проявляющих антиоксидантные свойства.

Кумарины — фенольные соединения, которые являются производными ортооксикоричной кислоты. Кумарины до-

вольно часто встречаются в высших растениях, реже – в низших, совсем не обнаружены в водорослях, незначительно представлены в папоротникообразных и голосемянных [2].

Известно, что некоторые из них являются ингибиторами роста растений, другие – стимуляторами, третьи выступают в качестве защитных средств при некоторых заболеваниях растений. Кумарины обладают фотодинамической и спазмолитической активностью, имеют антибиотические свойства.

Флавоноиды – это одна из самых распространенных групп фенольных соединений растительного происхождения. В растениях флавоноидные красители играют роль светофильтров, защищая ткани от отрицательного влияния ультрафиолетовых лучей, а также флавоноиды участвуют в процессе дыхания растений.

Флавоноиды участвуют во многих процессах, протекающих в организме, оказывают антиоксидантное действие, снижают свертываемость крови, уменьшают ломкость и проницаемость капилляров, улучшают обменные процессы. В современном мире растительные флавоноиды применяют при быстрой утомляемости, слабости, в периоды стресса, при травмах и большом количестве других заболеваний [3].

Дубильные вещества (таниды) – это растительные высокомолекулярные фенольные соединения, способные осаждать белки и обладающие вяжущим вкусом. Они выполняют в растениях в основном защитные функции. Дубильные вещества обладают выраженными бактериостатическими и фунгицидными свойствами [4].

Использование танинов в медицинской практике обусловлено их антибактериальным, противовоспалительным и кровоостанавливающим действием, а также выведением токсинов и солей тяжелых металлов. Эффективны танины при лечении воспалений и кожных болезней, применяются для снятия интоксикации.

Ксантоны – класс природных фенольных соединений, имеющих структуру дибензо- $\gamma$ -пирона. Название ксантонов происходит от греческого *xanthos*, что значит желтый, так как природные производные ксантона имеют желтую или кремовую окраску. В настоящее время насчитывается до 300 ксантоновых производных, выделенных из растений. Среди большого числа известных ксантонов особенно широко распространены С-гликозиды мангиферин и изомангиферин. Они плохо растворимы в воде, растворимы в спирте, ацетоне, этилацетате, нерастворимы в хлороформе, дихлорэтане. Известно около 200 ксантонов, которые находят применение в качестве инсектицидных препаратов.

Лигнаны – фенольные соединения, производные димеров фенилпропанового ряда. Лигнаны довольно широко распространены в растительном мире. Накапливаются во многих органах растений, но больше всего их содержится в семенах, корнях, деревянистых стеблях. В растениях обычно находятся в растворенном состоянии в жирных и эфирных маслах, смолах или выпадают в виде «бусин». Лигнаны обладают противоопухолевой, гепатопротекторной активностью, противомикробным и адаптогенным действием. За счёт столь широкого спектра действия данного фенольного соединения лигнаны всё чаще применяются в медицине [5].

### ***Библиографический список***

1. Смирнова И.П., Семкина О.А., Бондаренко О.В. Использование растительных экстрактов в создании лекарственных средств разной терапевтической направленности // Антибиотики и химиотерапия. 2016.
2. Кузнецова Г. А. Природные кумарины и фурукумарины / Под ред. д-ра хим. наук Г.В. Пигулевского и чл.-корр. АН СССР Ал.А. Фёдорова. Л.: Наука, 1967. 240 с.
3. Биохимия фенольных соединений / Под ред. Дж. Харборна М.: Мир, 1968.

4. Дубящие вещества / В.И. Чурсин // Большая российская энциклопедия: [в 35 т.] / гл. ред. Ю.С. Осипов. М.: Большая российская энциклопедия, 2004–2017.
5. Рогинский В.А. Фенольные антиоксиданты. М.: Наука, 1988. 246 с.

**АНТИСЕПТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ  
ПОЛИМЕРНЫХ ВЗАИМОПРОНИКАЮЩИХ СЕТЕЙ  
МИКРОГЕЛЕЙ И БЕНЗАЛКОНИЯ ХЛОРИДА**  
ANTISEPTIC MATERIALS BASED ON POLYMERIC  
INTERPENETRATING NETWORKS OF MICROGELS  
AND BENZALKONIUM CHLORIDE

**А.В. Сафонов**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская**,  
*кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**A.V. Safonov**

Scientific adviser **N.A. Malinovskaya**,  
*Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry  
FSBEI HE Prof. V.F. Voino-Yasenetsky KrasSMU MOH Russia,  
Krasnoyarsk*

Полимеры; микрогели; полимеры, реагирующие на раздражители; ПНИПААм; высокомолекулярные материалы; антибактериальный; хлорид бензалкония.

*В статье рассматриваются полимерные микрогели на основе взаимопроникающих сетей (ВПС), применение которых было изучено в качестве антисептических средств. Исследования проиллюстрировали, что микрогели ВПС поли- N -изопропилакриламид/полиакриловой кислоты могут эффективно поглощать обычное бактерицидное соединение хлорид бензалкония.*

Polymers; microgels; stimulus-responsive polymers; PNIPAAМ; high molecular weight materials; antibacterial; benzalkonium chloride.

*The article discusses polymeric microgels based on interpenetrating networks (IPN), the use of which has been studied as antiseptic agents. Studies have illustrated that poly-N-isopropylacrylamide/polyacrylic acid EPS microgels can efficiently absorb the common bactericidal compound benzalkonium chloride.*

**И**спользование антисептических средств для предупреждения инфицирования и развития бактериальных заболеваний за последние несколько лет довольно прочно вошло в жизнь не только квалифицированного врача или провизора, но и практически каждого человека, заботящегося о здоровье. В последнее время в качестве антисептических, очищающих и обеззараживающих средств себя зарекомендовали микрогели на основе взаимопроникающих сетей. Цель исследования – выяснить особенности действия антисептических материалов на основе полимерных взаимопроникающих сетей микрогелей и бензалкония хлорида в связи с распространением инфекции COVID-19.

Ученые МГУ им. М.В. Ломоносова, а также их коллеги из Российской академии наук и Научно-исследовательского института по изысканию новых антибиотиков имени Г.Ф. Гаузе установили, что микрогели на основе двух взаимопроникающих полимерных сеток способны «поймать» молекулы антибактериального вещества, очистить воду как от патогенов, так и от самих антисептиков [1-5]. Микрогели – микро- и наноразмерные шарики гидрогеля – своего рода мягкие «губки» из сшитых между собой полимерных цепей, способных сильно набухать при намокании. Вместе с водой такие системы могут поглощать и удерживать разнообразные соединения [1].

Авторы обнаружили, что химическая структура микрогелей на основе двух сплетенных друг с другом (“взаимопроникающих”) сеток позволяет с высокой точностью

подстраивать, например, высвобождение заключенных внутри соединений или увеличивать доступность “пришитых” к полимерной сетке молекул к взаимодействию с окружающей средой (рис. 1). Способность микрогелей обеззараживать питьевую воду объясняется их микронным размером, который позволяет отделить частицы микрогеля от надосадочной жидкости центрифугированием. Структура подобных микрогелей такова: их сети составляют сплетенные цепочки из поли-N-изопропилакриламида и полиакриловой кислоты (ПНИПААм). Первый компонент при нагревании свыше 32°C высвобождает заключенную внутри его жидкость. Второй компонент служит популярным носителем разнообразных биологически активных соединений, в том числе лекарств. Микрогели ВПС содержат отрицательно заряженные подсети акриловой кислоты в результате протонирования или депротонирования карбоксильной группы в зависимости от кислотности среды ( $pK_a \sim 4,8$ ). Соответственно, катионное поверхностно-активное вещество хлорид бензалкония (ВАКCl), широко известное своими антисептическими свойствами, служит гостевой формой для образования комплекса с микрогелями ВПС [1].

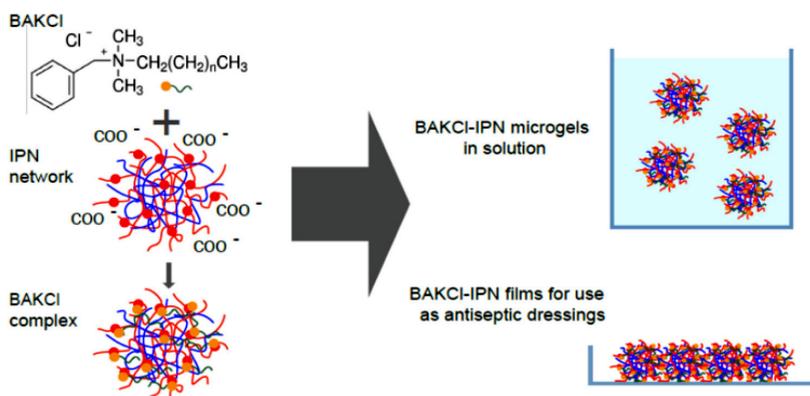


Рис. 1. Схема образования комплексов ВАКCl/IPN [5]

Авторами было проведено исследование взаимодействия микрогелей ПНИПААм-ПАА ВПС с ПАВ ВАКСI (хлорид бензалкония) – изменение размера частиц при абсорбции контролировали методом динамического светорассеяния (ДРС). рН водной среды устанавливали ниже и выше рКа ПАК, равных 2,9 и 7,2, соответственно, чтобы увидеть влияние количества заряженных диссоциированных карбоксильных групп на размер микрогеля. Как видно из рисунка 2, при рН 7,2 (высокое содержание диссоциированных групп) добавление ВАКСI к водной дисперсии микрогелей ВПС привело к значительному уменьшению размера микрогеля: гидродинамический радиус  $R_h$  изменился с ~400 до ~270 нм [2; 3].

Также был проведен тест *in vitro* методом диско-диффузионного анализа (рис. 2).

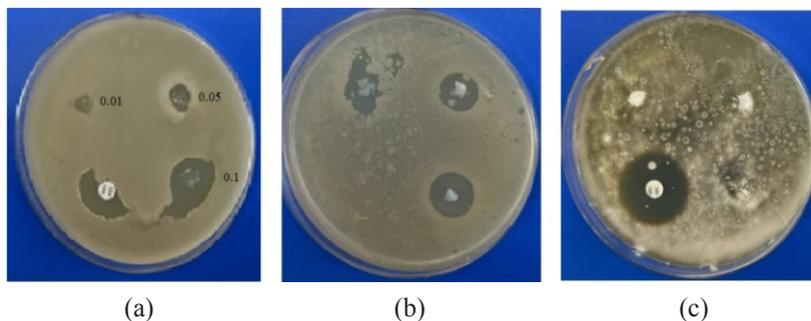


Рис. 2. Антимикробная активность пленок с различной концентрацией ВАКСI (0,01–0,1), определенная диско-диффузионным методом:  
(а) *Staphylococcus aureus* ATCC 25923; (б) *Bacillus subtilis* ATCC 6633;  
(с) *Aspergillus niger* ATCC 16404 [5]

Выявлено, что макро материалы ВАКСI-ПНИПААм-ПАА IPN обладают активностью против штаммов плесени только в концентрации пленки 0,1, но они показали выражен-

ный эффект в отношении грамположительных бактерий во всех концентрациях ВАКС1 [4]. Таким образом, были проведены лабораторные испытания для исследования свойств микрогелей на основе взаимопроникающих сетей в отношении антисептических средств, а также в отношении плесени и некоторых грамположительных бактерий. Исследования ученых показывают, что микрогели на основе взаимопроникающих сетей могут способствовать развитию науки в сфере молекулярной биологии, бактериологии и коллоидной химии. В дальнейшем авторы планируют протестировать образцы на расширенном наборе бактерий и вирусов, а также провести испытания по очистке воды [4].

#### ***Библиографический список***

1. Preman N.K., Jain S., Johnson R.P. “Smart” Polymer Nanogels as Pharmaceutical Carriers: A Versatile Platform for Programmed Delivery and Diagnostics // ACS Omega. 2021. Vol. 6. P. 5075–5090.
2. Kozhunova E.Yu., Vyshivannaya O.V., Nasimova I.R. “Smart” IPN microgels with different network structures: Self-cross-linked vs conventionally crosslinked // Polymer. 2019. Vol. 176. P. 127–134.
3. Nasimova I.R., Rudyak V.Y., Doroganov A.P., Kharitonova E.P., Kozhunova E.Y. Microstructured Macromaterials Based on IPN Microgels // Polymers (Basel). 2021. Vol. 13 (7). P. 1078.
4. Bruna T., Maldonado-Bravo F., Jara P., Caro N. Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Applications // Int. J. Mol. Sci. 2021. Vol. 22. P. 7202.
5. Kozhunova E.Y., Komarova G.A., Vyshivannaya O.V. et al. Antiseptic Materials on the Base of Polymer Interpenetrating Networks Microgels and Benzalkonium Chloride // Int. J. Mol. Sci. 2022. Vol. 23 (8).

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
ПРЕПАРАТОВ-ДЖЕНЕРИКОВ**  
COMPARATIVE ANALYSIS OF GENERIC DRUGS

**К.А. Тюльпанова, В.В. Денисова**  
Научный руководитель **Ю.Г. Ромашкова**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева*

**К.А. Tyulpanova, V.V. Denisova**  
Scientific adviser **J.G. Romashkova**  
*KSPU named after V.P. Astafyev*

Дженерики, лекарственные препараты, «Но-шпа», «Дротаверин», «Ацетилсалициловая кислота», «Упсарин Упса».

*В статье приводятся результаты сравнительного анализа некоторых препаратов-дженериков с их оригинальными аналогами. Лекарственные препараты сравниваются по составу, физическим свойствам (распадаемость, растворимость в воде и в этаноле) и химическим свойствам (рН).*

Generics, medicines, «No-shpa», «Drotaverine», «Acetylsalicylic acid», «Upsarin Upsa».

*The article presents the results of a comparative analysis of some generic drugs with their original analogues. The drugs are compared in composition, physical (disintegration, solubility in water and in ethanol) and chemical properties (pH).*

Дженериками называются лекарственные средства, в которых имеется то же количество и качество активного вещества, как и в оригинальном лекарственном препарате [1]. Данные препараты должны выпускаться в той же лекарственной форме, что и оригиналы, но при этом влияние препаратов на организм может отличаться. В некоторых случаях оказывается, что, несмотря на то, что действующее вещество дженерикового препарата находится в том же качестве и количестве, что и у эталона, эффективность данного

препарата снижается. Это также может зависеть от состава и количества вспомогательных соединений.

Для сравнения были отобраны наиболее популярные и востребованные в повседневной жизни пары препаратов: спазмолитические средства «Дротаверин» и «Но-шпа», нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) «Ацетилсалициловая кислота» и «Упсарин Упса». Выбранные пары препаратов сравнивались по нескольким критериям: был изучен состав препаратов, цены, физические и химические свойства. По результатам составлены сравнительные таблицы.

Согласно инструкции, действующим веществом оригинального лекарственного препарата «Но-шпа» является дротаверина гидрохлорид (рис. 1).

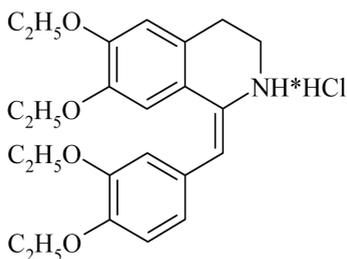
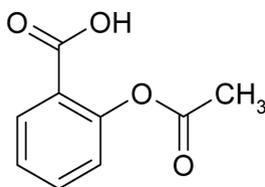


Рис. 1. 1-(3',4'-диэтоксibenзилиден)-6,7-диэтокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолина гидрохлорид (дротаверина гидрохлорид)

Препарат «Дротаверин» содержит аналогичное действующее вещество и является более дешевым препаратом-дженериком «Но-шпы». Дозировка действующего вещества в двух данных препаратах совпадает – 40 мг в 1 таблетке. Показания к применению и терапевтические свойства у них также идентичны. Однако количество вспомогательных веществ больше в составе препарата «Дротаверин». По цвету, размеру и внешнему виду в целом таблетки абсолютно одинаковы, однако у таблетки «Но-шпа» имеется гравировка «spa» на одной из сторон [3].

Что касается препаратов «Ацетилсалициловая кислота» и «Упсарин Упса», в ходе сравнения выяснилось, что отличий у них на первый взгляд больше, чем у предыдущей пары препаратов-дженериков. Так, например, в состав «Упсарин Упса» входит в четыре раза больше вспомогательных веществ, чем указано в составе ацетилсалициловой кислоты. Однако количество активного вещества (рис. 2) совпадает – по 500 мг ацетилсалициловой кислоты в обоих препаратах. Оба препарата обладают фармакологическим действием при болевом синдроме различного происхождения слабой или средней интенсивности. Кроме того, «Упсарин Упса» помогает при повышенной температуре.



*Рис. 2. Ацетилсалициловая кислота*

После изучения инструкций и сравнения внешнего вида всех препаратов были исследованы физические свойства лекарств. Были определены значения распадаемости таблеток и их растворимости в воде и этаноле. Колбы пронумеровали следующим образом № 1 – «Дротаверин», № 2 – «Но-шпа», № 3 – «Упсарин Упса», № 4 – «Ацетилсалициловая кислота». Далее порядковые номера были сохранены на протяжении проведения всех опытов.

Проверку распадаемости таблеток проводили следующим образом. По одной таблетке каждого препарата поместили в колбу объемом 100 мл. В колбы прилили по 50 мл дистиллированной водой при  $T = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая наиболее близка к условиям внутренней среды организма. Колбы закрыли пробками, в случае с препаратом «Упсарин Упса» использовалась пробка с отверстием, т.к. при распадаемости

таблеток должен выделяться газ в соответствии с инструкцией по применению. Все колбы поместили в перемешивающее устройство ПЭ-6410М (ПЭ-0034), включили восемнадцатую скорость и засекли время. Наблюдали и отмечали время распада таблетки каждого препарата, при этом таблетки считаются распавшимися, если они растворились или же превратились в рыхлую массу. Массу, которая рыхло осела, помешивали стеклянной палочкой, вследствие чего она распадалась полностью. Быстрее всего, через 1 минуту, распалась таблетка препарата «Упсарин Упса», буквально через 40 секунд «Ацетилсалициловая кислота». Следом за ней наблюдался распад таблетки «Дротаверин», самой последней распалась «Но-шпа» (табл. 1).

*Таблица 1*

**Распадаемость таблеток препаратов-дженериков**

Наименование	Дротаверин	Но-шпа	Упсарин Упса	Ацетилсалициловая кислота
Время, с	150	300	60	100

Далее провели исследование растворимости в воде для определения сравнительной усваиваемости в организме. Таблетки растерли в фарфоровой ступке и перенесли в пробирку по 0,1 г каждого исследуемого препарата. Во все пробирки прилили по 2 мл воды. Растворение наблюдалось только в случае с «Упсарин Упса», он растворился спустя 10 секунд. Через 3 минуты растворился «Дротаверин». Лекарства, которые не растворились при комнатной температуре, нагрели на водяной бане до  $T = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$ , чтобы приблизить к условиям внутри организма. Почти сразу растворилась «Но-шпа» – 3 минуты 40 секунд, позднее «Ацетилсалициловая кислота» – 5 минут. Можно отметить, что дженерик «Ацетилсалициловая кислота» малорастворим и может пагубно влиять на стенки желудка в отличие от «Упсарин Упса», который сразу растворяется, благодаря чему обеспечивается

безопасное всасывание. «Дротаверин» и «Но-шпа» отличаются по скорости растворимости не критично (табл. 2).

*Таблица 2*

**Скорость растворимости в организме препаратов-дженериков**

Наименование	Дротаверин	Но-шпа	Упсарин Упса	Ацетилсалициловая кислота
Время, с	180	220	10	300

После изучения и сравнения физических свойств лекарств было проведено исследование их химических свойств, а именно определение рН их растворов методом кислотно-основного титрования. Для начала был приготовлен раствор каждого препарата. Для этого растертую в ступке таблетку каждого исследуемого препарата растворили в 250 мл воды, так как именно таким количеством рекомендовано их запивать. Затем растворы титровали и определяли общую кислотность/щелочность и свободную кислотность/щелочность. Титрование проводили стандартизированными рабочими растворами соляной кислоты и гидроксида натрия в присутствии индикаторов метилового оранжевого и фенолфталеина [2]. Все полученные данные были объединены и представлены в сравнительной таблице (табл. 3).

*Таблица 3*

**Кислотность и щелочность растворов препаратов-дженериков**

Наименование	Дротаверин	Но-шпа	Упсарин Упса	Ацетилсалициловая кислота
Общая кислотность	2,3	3,5	2,1	1,8
Свободная кислотность	отсутствует	отсутствует	отсутствует	1,95
Общая щелочность	3,24	3,24	1,3	1,7
Свободная щелочность	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что наибольшей кислотностью обладает препарат «Ацетилсалициловая кислота». Кроме того, данный препарат обладает высокой свободной кислотностью, что может негативно сказаться на работе желудочно-кишечного тракта. По общей щелочности наибольший показатель обнаружен у препарата «Упсарин Упса», однако свободная щелочность при этом не превышена.

Таким образом, несмотря на наличие в составе идентичного действующего вещества с одинаковой дозировкой, препараты-дженерики отличаются по своим физическим и химическим свойствам. Иногда это может отрицательно сказаться на организме, поэтому перед тем как заменить оригинальные таблетки дженериками, следует изучить вспомогательные вещества каждого из них, а также информацию о их свойствах. Конечно, разница в показателях не слишком велика, однако влияние лекарств в целом индивидуально для каждого, и важно выбрать наиболее оптимальный вариант.

### ***Библиографический список***

1. Будик А.М. Что такое дженерики // Аптеки Горздрав. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gorzdrav.org/blog/что-такое-dzheneriki/>
2. Пименова Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. 138 с.
3. Справочник лекарственных препаратов Видаль. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vidal.ru/>

---

## III СЕКЦИЯ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

---

### ПРОДУКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ПЕДАГОГОВ PRODUCTIVE LEARNING IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF TEACHERS

**Е.А. Биркун**  
*СФУ, г. Красноярск*

**E.A. Birkun**  
*SibFU, Krasnoyarsk*

Продуктивное обучение, приемы продуктивного обучения, профессиональная педагогическая подготовка.

*В статье рассматриваются приемы продуктивного обучения как способы профессиональной подготовки педагогов. Приведены примеры заданий с использованием приемов продуктивного обучения*

Productive learning, methods of productive learning, professional pedagogical training.

*The article discusses the techniques of productive learning as ways of professional training of teachers and presents the results of tasks for the development of classes using the techniques of productive learning.*

**П**рофессиональная подготовка педагогов предусматривает теоретическое изучение наук, овладение практическими и экспериментальными навыками, развитие личностных качеств (когнитивность, коммуникабельность, креативность, эмпатия и др.), а также освоение современных приемов организации образовательного процесса.

Продуктивное обучение представляет собой последовательность действий, направленных на развитие личности обучающегося [1]. Основа продуктивного обучения – самостоятельная познавательная деятельность, создание нового знания, оригинального образовательного продукта, формата коммуникации.

Продуктивное развитие интеллекта связано с выполнением заданий на осмысление теоретического материала, переформатирование данных, преобразование информации, постановку и разрешение познавательных проблем. Кроме традиционных репродуктивных приемов работы с учебными текстами (конспектирование, реферирование, составление тезисов), для профессиональной подготовки педагогов особое значение имеют продуктивные действия. К ним относятся приемы по созданию образовательных продуктов: разработка авторских текстов, составление различных типов вопросов, подготовка электронных презентаций, написание эссе и синквейна, оформление инфографики, видеороликов и др.

Продуктивное обучение ориентируется на расширение образовательной среды с включением в нее ресурсов социально-экономического, историко-культурного и информационного окружения. Разработка и реализация образовательных и социальных проектов позволяет активизировать обучающихся, способствует развитию их коммуникативных и творческих способностей.

Развитие коммуникативной компетенции педагога происходит в процессе выполнения заданий на применение приемов активного слушания и ведения диалога, освоение техник медиации, обеспечивающих предупреждение и эффективное разрешение конфликтов.

Продуктивное общение педагога с учениками, родителями и коллегами возможно при осознании учителем собственных ценностей и целей, понимании личных особен-

ностей, отличий и достоинств, адекватной оценке своих способностей, возможностей и достижений. Аналитическая и рефлексивная деятельность – важный компонент продуктивного обучения.

В выборе образовательной технологии, конкретных методов и средств обучения реализуется субъектная позиция педагога, его личностные характеристики и профессиональная подготовка. Эмпатия, толерантность, доброжелательность – обязательные свойства учителя, тьютора, психолога.

Творческий потенциал педагога обеспечивает успешность процесса собственного обучения, позволяет разнообразить способы общения и мотивации будущих учеников к процессу познания.

Продуктивное обучение предусматривает изменение роли педагога в образовательном процессе. Отказ от функции транслятора информации, источника знаний, принятие позиции тьютора, советника, партнера и наставника обеспечивает активную совместную деятельность учителя и учеников. Это позволяет учитывать индивидуальные способности обучаемых, проявлять собственные интересы и склонности.

Продуктивный педагог осваивает и реализует роли эксперта, консультанта, организатора и фасилитатора, что определяет содержание и стиль взаимодействия всех участников образовательного пространства.

Главным компонентом продуктивного обучения является создание учениками (и учителем) образовательной продукции (модель, стихи, задача, рекомендации, правила, рекламный буклет и др.).

Новым образовательным продуктом может стать идея, проблема, вопрос, дефиниция, текст, интеллектуальное или художественное произведение.

Среди современных приемов внедрения продуктивного обучения интересными, на наш взгляд, являются дебаты, «Кластер», интеллект-карты, использование джазовых чантов,

рефлексивных вопросов и методов арт-терапии. Эти приемы апробированы нами в обучении будущих тьюторов. Абсолютное большинство студентов бакалавриата по направлению подготовки «Психолого-педагогическое образование» (92 % участников) дали положительный отзыв о новых приемах обучения, используемых в проведении учебных занятий.

### ***Библиографический список***

1. Башмаков М.И. Информационная среда обучения / М.И. Башмаков, С.Н. Поздняков, Н.А. Резник. СПб.: Свет, 1997. 400 с.

## **ОЦЕНИВАНИЕ КАК КЛЮЧЕВАЯ РОЛЬ В УПРАВЛЕНИИ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ ASSESSMENT AS A KEY ROLE IN EDUCATIONAL PROCESS MANAGEMENT**

**Н.В. Кудрявцева**

*МАОУ Гимназия 13 «Академ»*

**N.V. Kudryavtseva**

*MAOU Gymnasium 13 «Akadem»*

Критериальная система оценивания, степень личностного роста ученика, объективное оценивание, качественное образование, совершенствование собственных достижений.

*В статье анализируются традиционные и новые педагогические технологии, которые вносят ясность для педагогов относительно стратегических целей и тактических задач обучения. Умение анализировать свою образовательную деятельность, оценивать и совершенствовать собственные достижения помогают не только в освоении учебных дисциплин, но и в формировании личности обучающегося.*

Criteria-based assessment system, the degree of personal growth of the student, objective assessment, quality education, improve their own achievements.

*The article analyzes traditional and new pedagogical technologies that bring clarity to teachers regarding the strategic goals and tactical tasks of education. The ability to analyze one's educational activities, evaluate and improve one's own achievements helps not only in mastering academic disciplines, but also in shaping the student's personality.*

Оценивание результатов обучения является одной из важнейших сторон учебного процесса. Пятибалльная система оценивания приспособлена к традиционному способу обучения, когда учитель должен доходчиво объяснить учебный материал, а ученик – хорошо его усвоить и запомнить. Пятибалльная система оценивания была официально установлена Министерством народного просвещения в 1937 году – более 85 лет тому назад. В настоящее время в мире используется множество шкал оценивания знаний. В некоторых шкалах используются цифровые обозначения разрядов, причём допускаются дробные оценки, другие шкалы по традиции имеют дело с буквенными обозначениями. Так, в Германии – 6-балльная система. Единица – лучшая оценка, шестерка худшая. В Японии действует 100-балльная система оценок. Как правило, отдельный ученик не оценивается, а балл выставляется всему классу. Американская шкала имеет численную интерпретацию, при которой высшим оценкам «А» и «А+» соответствуют баллы 4 и 5. Первая трёхбалльная шкала оценок возникла в Германии. Все ученики делились на три группы: лучшие, средние, худшие. В истории российского просвещения, как и в Европе, существовала трёхразрядная система оценок. В списке студентов Киевской духовной академии (1737 г.) высший разряд обозначал очень хорошие успехи «учения изрядного, надёжного, доброго, честного, хорошего, похвального». Средний разряд обозначал успехи «учения посредственного, мерного, нехудого». Низший разряд характеризовал успехи ниже среднего: «учения слабого, подлого, прехудого, безнадёжного, ленивого». Не очень далеко продвинулась современная система оценивания обучающихся. Преподавателям легко разделить всю группу ровно на три части: «троечники», «хорошисты», «отличники», да и оценки подчас выставляются именно по трёхбалльной шкале [1].

Критериальная система оценивания позволяет обучающемуся стать активной стороной не только процесса обучения, но и процесса оценивания результатов своего обучения. Ввести новую систему оценивания на пустом месте невозможно. Необходимо прежде всего изменить принцип обучения. Это, безусловно, проблемно-поисковый принцип, на котором в целом строится личностно ориентированное обучение. При традиционном подходе для оценки результатов обучения выступали образовательные стандарты и нормативы. Чем более близкими к стандартными оказывались результаты ученика, тем более высоко оценивалась его учебная деятельность [2].

Основным параметром оценки образовательных результатов выступает степень личностного роста ученика, а не соответствие минимальным стандартным требованиям.

1. При традиционном подходе: учащийся – объект образования. При новом: учащийся – субъект своего образования.

2. При традиционном подходе: объект познания – «знаниевый» идеальный мир. При новом: возможность получить, открыть и сконструировать собственное знание о реальном объекте.

3. При традиционном подходе – изучение образовательных областей состоит в усвоении обширного объёма знаний. При новом – обучение способам познания реальных объектов и конструированию самостоятельно добываемых знаний.

4. При традиционном подходе: итог – отчуждение ученика от содержания своего образования. При новом подходе: итог – развитие личностных способностей ученика через вариативность и многообразие познания реального мира.

Критериальная система помогает обучающемуся показать качество выполнения задания, а также провести само-

оценку своей работы. Пользуясь критериями, ученик ясно видит, какой должна быть идеальная работа. Он может самостоятельно оценить ее. И неудивительно, что обучающиеся, работающие по такой системе оценивания, как правило, имеют большую мотивацию к обучению [3].

Критериальное оценивание удобно и для учителя. Оно позволяет оценить педагогическую эффективность применяемой технологии обучения. Описание «идеальной модели» системы оценивания можно свести к следующему:

1) Оценка должна быть прозрачной, т.е. учащийся должен всегда понимать, почему ему поставили 2, 5, 10, 20... баллов, в противном случае, на первый план вместо информативно-диагностической выходит карательно-поощрительная функция оценивания, т.е. оценка должна оценивать не личность человека, а лишь его конкретные действия.

2) Система оценивания должна чётко показывать динамику успешности учащегося, что поможет учителю понять сильные и слабые стороны учеников.

3) Система оценивания должна восприниматься всем школьным сообществом (администрация, преподаватели, учащиеся, родители) как инструмент, необходимый для получения качественного образования.

4) Необходим учёт достигнутых результатов, полученных учащимися при оценивании, на основе которого учитель сможет правильно поставить цель и подобрать материал так, что его смогут усвоить все ученики.

5) Необходима забота о мотивации и самооценке ученика. Задача профессионала – использовать этот инструмент таким образом, чтобы оценивание положительно влияло на ученика, а не мешало обучению.

6) Оценивание должно помогать формированию способности учеников к самоанализу и самооценке.

Критериальное оценивание вносит ясность для педагогов относительно стратегических целей и тактических задач обучения, а детям помогает понять, как учиться и чему учиться. Умение анализировать свою образовательную деятельность, оценивать и совершенствовать собственные достижения помогают не только в освоении учебных дисциплин, но и в формировании личности обучающегося.

#### ***Библиографический список***

1. Международная система оценивания знаний /on 28 September 2011 // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/w/>
2. Шакирова Р.Х., Буркитова А.А., Дудкина О.И. Оценивание учебных достижений учащихся. Методическое руководство. Б.: Билим, 2012. 80 с.
3. Лобашев В.И. Характеристики оценивания знаний // Методист. 2007. № 6. С. 34–39.

### **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО ХИМИИ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ APPLICATION OF THEORETICAL KNOWLEDGE IN CHEMISTRY IN PRACTICAL CLASSES**

**О.И. Лопатина**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**O.I. Lopatina**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Химия, спектральный анализ, обучающиеся, практические навыки.  
*В статье актуализируется разработка практического курса для обучающихся, на котором они смогут применять знания теоретического характера. Рассматриваются основные методы спектрального анализа.*

Chemistry, spectral analysis, students, practical skills.

*The article actualizes the development of a practical course for students, where they will be able to apply theoretical knowledge. The main methods of spectral analysis are considered.*

Исходя из определения С.И. Ожегова, «химия – наука о составе, строении, свойствах веществ и их превращениях» [1]. Многие знания из области химии обучающиеся основной и средней школы вынуждены принимать на веру, не имея возможности практического подтверждения на уроках того или иного явления. Исходя из необходимости практического применения полученных на уроках знаний, актуальным становится разработка курса дополнительного образования, где у обучающихся появится возможность применения теоретических знаний о веществах на практике.

Одним из теоретических навыков, которые обучающиеся получают на уроках химии, является идентификация веществ. Для определения вещества существует ряд признаков: цвет, фазовое состояние, растворимость, различия в спектрах испускания, поглощения, отражения и люминесценции [2]. Для облегчения идентификации созданы банки химических и физико-химических данных.

Одно из значимых мест среди методов изучения веществ занимает анализ спектров, у которого есть бесчисленное множество преимуществ, например, высокая чувствительность, большая точность и большая производительность и т.д.

Изобрели данный метод в 70-х годах XX века Бунзен и Кирхгоф, что повлекло за собой череду новых открытий, например, Кирхгоф доказал присутствие в хромосфере Солнца железа и высказал предположение о существовании в ней Ca, Mg, Na, Ni [2].

Различают два метода проведения спектрального анализа. Их сходства и различия приведены в таблице.

**Сходства и различия основных методов спектрального анализа**

Предмет сравнения	Разновидности методов проведения спектрального анализа	
	Эмиссионный	Абсорбционный
Цель метода	Качественное обнаружение элементов в веществе	Определения содержащихся в пробе элементов
Механизм действия	Перевод атомов в возбужденное состояние с целью высвобождения энергии излучения и её фиксации специальным прибором	Основан на изучении спектров поглощения, возникающих при прохождении света через изучаемое вещество
Способ регистрации спектра	Спектрограф	Монохроматор
Качественный анализ	Спектры проб сравнивают со спектрами уже известных элементов и потом устанавливают элементарный состав анализируемого вещества	Изучение степени поглощения
Количественный анализ	Определяют количество данного элемента в исходном веществе	Исследуют характер поглощения

***Библиографический список***

1. Словарь русского языка С.И. Ожегова [Электронный ресурс] url: <https://slovarozhegova.ru>. Дата обращения 12.04.2022.
2. Агаркова Е.И. Спектральный анализ и его применение при проведении экспертных исследований (Электронный ресурс) URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2015/10860.pdf>. Дата обращения: 4.04.2022

**РАЗРАБОТКА  
ШКОЛЬНЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ХИМИИ  
DEVELOPMENT  
OF SCHOOL OLYMPIAD EXERCISES IN CHEMISTRY**

**В.И. Лукьянцев**

Научный руководитель **О.И. Фоминых**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**V.I. Lukiantsev**

Scientific adviser **O.I. Fominykh**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Олимпиады, олимпиадные задания, критерии разработки олимпиадных заданий, критерии оценивания олимпиадных заданий, химия.

*В статье приводятся основные критерии разработки и оценивания олимпиадных заданий по химии. Приведен пример одного из разработанных олимпиадных заданий.*

Olympiads, Olympiad exercises, criteria for developing Olympiad exercises, criteria for evaluating Olympiad exercises, chemistry.

*The article presents the main criteria for the development and evaluation of Olympiad exercises in chemistry. An example of one of the developed Olympiad exercises is given.*

**О**собое место среди способов стимуляции познавательного интереса обучающихся к химии занимают олимпиады. Успешное решение олимпиад дает дополнительные баллы при поступлении в профильные ВУЗы, помогает улучшить подготовку к итоговой аттестации [3]. Самой главной в перечне олимпиад является Всероссийская открытая олимпиада школьников (ВООШ), проводимая в том числе и по химии.

Целью работы была разработка олимпиадных заданий по химии для теоретического тура 10-го класса в соответствии требованиям к составлению и оцениванию олимпиадных заданий по химии.

К основным критериям и принципам составления олимпиадных заданий относятся [1]: сложность и оригинальность; наличие межпредметных связей; задачи должны отражать понимание сути химических явлений и умение логически мыслить; охватывать определенный перечень тем согласно положению об организации и проведении олимпиады.

Другим немаловажным аспектом при работе с олимпиадными задачами являются критерии и принципы их оценивания.

Автор задачи должен при составлении выявить основные характеристики верных ответов, вне зависимости от путей решения, рассмотреть и оценить каждый из возможных вариантов решения. Система оценок должна быть четко детерминированной, гибкой, сводящей субъективность проверки к минимуму. В ряде случаев можно предусмотреть наказание за возможные типичные ошибки, например, выставление половины баллов или снижение баллов до нуля. Необходимо избегать двойного наказания, т.е. небольшая ошибка, допущенная в начале решения, не должна приводить к автоматическому нулевому результату за всю задачу [2].

При разработке критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий важно руководствоваться следующими требованиями:

- полнота (достаточная детализация) описания критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий и начисления баллов;
- понятность, полноценность и однозначность приведенных критериев оценивания.

Рекомендации по разработке системы оценивания [1]:

1. Решение задачи должно быть разбито на элементы.
2. В каждом задании баллы выставляются за каждый элемент решения. Причём балл за один шаг решения может варьироваться от 0, если решение соответствующего элемента

отсутствует или выполнено полностью неверно, до максимально возможного балла за данный шаг.

3. Баллы за правильно выполненные элементы решения суммируются.

4. Шаги, демонстрирующие умение логически рассуждать, творчески мыслить, проявлять интуицию, оцениваются выше, чем те, в которых показаны более простые умения, владение формальными знаниями, выполнение тривиальных расчётов и др.

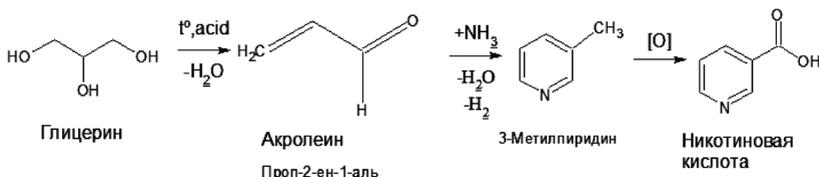
Суммарный балл за различные задания (стоимость каждого задания) необязательно должен быть одинаковым [1].

В качестве примера был разработан ряд олимпиадных заданий. Одно из них звучит следующим образом: *Никотиновая кислота, известная так же, как ниацин, витамин PP, B3 – важное вещество в жизни человека. Это витамин, участвующий во многих ОВР, образовании ферментов, углеводно-липидном обмене. Данное соединение применяют и в лекарственных целях. Исходя из глицерина и любых неорганических веществ, предложите схему синтеза никотиновой кислоты. Опишите области ее медикаментозного применения и природные источники получения.*

К данной задаче прилагаются следующие критерии оценивания:

1. Схема реакций: по 3 балла за полностью заполненную реакцию; за отсутствие названия веществ минус балл; если не указаны условия реакций, еще минус балл ( $\Sigma=12$  баллов).

Примерная схема реакций:



2. Применение никотиновой кислоты: по 1 баллу за пример, но не более 3 баллов.

Элементы ответа: 1) лечение авитаминоза PP; 2) при атеросклерозе; 3) восстановление после инсульта; 4) лечение длительно незаживающих ран, язв; 5) при мигренях.

3. Природные источники никотиновой кислоты: по 1 баллу за пример, но не более 3 баллов.

Элементы ответа: 1) картофель; 2) кукуруза; 3) арахис; 4) бобовые; 5) печень и почки птицы.

Таким образом, были выделены критерии и принципы составления олимпиадных заданий разных туров по химии, раскрыты особенности методики оценивания выполненных олимпиадных заданий по химии, разработаны 5 олимпиадных заданий по химии для теоретического тура муниципального этапа в 10-м классе, затрагивающих курс органической и неорганической химии. Пример одного из заданий приведен в статье. Особый акцент был сделан на умении предсказать и смоделировать мысленный эксперимент.

### ***Библиографический список***

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников» от 27.11.2020 № 678 // Официальный интернет-портал правовой информации. 05.03.2021 г. № 0001202103050027
2. Малыхин А.Ю., Оксененко О.И. Опыт подготовки заданий химических олимпиад // Университетская наука: взгляд в будущее. Курск: Курский государственный медицинский университет, 2018. С. 466–469.
3. Олимпиады и конкурсы // Минпросвещения России URL: [https://edu.gov.ru/activity/main\\_activities/olympiads/](https://edu.gov.ru/activity/main_activities/olympiads/) (дата обращения: 23.03.2022).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ  
КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ 8–9 КЛАССОВ**  
EXPERIMENTAL TASKS  
AS A MEANS OF FORMING  
THE NATURAL SCIENCE LITERACY  
OF STUDENTS IN GRADES 8–9

**Е.В. Мин**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева*

**E.V. Min**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

ФГОС, Естественнонаучная грамотность, экспериментальная задача.  
*Статья посвящена актуальности формирования естественнонаучной грамотности обучающихся 8–9 классов на уроках химии по средствам решения экспериментальных задач. Приведены примеры экспериментальных задач по биологии и химии для обучающихся 8–9 классов. Составлен план решения экспериментальной задачи.*

FES, Natural Science literacy, experimental task.  
*The article is devoted to the relevance of the formation of natural science literacy of students of grades 8-9 in chemistry lessons by means of solving experimental problems. Examples of experimental problems in biology and chemistry for students of grades 8-9 are given. A plan for solving the experimental problem has been drawn up.*

**П**риоритетной целью государственной образовательной политики является вхождение Российской Федерации в десятку лидеров стран по качеству общего образования. Однако по результатам НИКО, по естественнонаучным предметам химия, биология, география выявлен целый

спектр проблем в подготовке обучающихся. Одним из важнейших факторов неуспешности по этим предметам является уже упомянутый невысокий уровень естественнонаучной грамотности. Кроме того, национальные исследования качества образования фиксируют низкий уровень умения выполнять практические задания, что соответствует выводам международного исследования PISA [2].

Начиная с сентября 2022 года, вступает в силу обновленный ФГОС ООО (утвержден приказом Минпросвещения России от 31 мая 2021 г. N 287), в котором естественнонаучная грамотность вошла в состав государственных гарантий качества основного общего образования [1]. Следовательно, одно из ключевых направлений – формирование в системе общего образования естественнонаучной грамотности обучающихся.

Естественнонаучная грамотность – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественными науками, и его готовность интересоваться естественнонаучными идеями [3].

Одним из инструментов для формирования данных компетентностей является экспериментальная задача, которая ориентирована не только на интеграцию фактических знаний, но и на их применение и приобретение новых. Экспериментальные задачи проводятся по плану: составление гипотезы, обсуждение способов ее проверки, конструирование опыта и его проведение. Правильность выдвинутого предположения доказывается экспериментально. Примеры экспериментальных задач для формирования естественнонаучной грамотности:

**Экспериментальная задача № 1.** В трех пробирках находятся следующие вещества:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$ . Опытным путем определите, в какой пробирке находится каждое из выданных вам веществ. Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионном видах.

**Экспериментальная задача № 2.** В пронумерованных пробирках даны растворы хлорида натрия, йодида натрия, серной кислоты, сульфата натрия. Спланируйте ход распознавания веществ с помощью известных качественных реакций и распознайте вещества в пронумерованных пробирках.

*Таблица*

### Качественные реакция

Вещества	Ход распознавания			№ пробирки
<b>NaCl</b>				
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>				
<b>NaI</b>				
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>				

Экспериментальные задачи способствуют формированию следующих компетентностей: научно объяснять явления, понимать основные особенности естественнонаучного исследования, интерпретировать данные и использовать научные доказательства для получения выводов. Предлагаемые методические материалы могут быть использованы на уроках общей биологии и химии в 8–9 классах, при проведении внеклассных мероприятий, а также при организации дополнительного образования естественнонаучной направленности.

#### ***Библиографический список***

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» (Зарегистрирован 05.07.2021 № 64101).
2. Письмо Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки от 25.08.2017 № 05-392 «О проведении в 2017 году Национального исследования качества образования (НИКО) по биологии и химии в 9 классах».
3. Задачи с практическим содержанием на начальном этапе изучения химии / Ермаков Д.С., Жарикова Е.А., Ленина О.Ф. // Химия в школе. 2020. № 5. С. 27–32.

# РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА ПО ХИМИИ DEVELOPMENT OF AN ELECTIVE COURSE IN CHEMISTRY

**А.В. Михайлова**

Научный руководитель **О.И. Фоминых**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**A.V. Mikhailova**

Scientific adviser **O.I. Fominykh**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Элективные курсы, значение элективных курсов, классификация, программа курса.

*В статье представлен материал об элективных курсах как одном из незаменимых компонентов в процессе обучения. Приведена программа элективного курса по химии для 9 классов «Химия в мире профессий».*

Elective courses, the meaning of elective courses, classification, course program.

*The article presents material about elective courses as one of the indispensable components of the educational process. The program of an elective course in chemistry for grades 9 "Chemistry in the world of professions" is given.*

**О**дним из ведущих направлений современного образования является переход к профильному обучению. В связи с этим у обучающихся возникают определенные трудности, например, выбор профиля. Некоторым ученикам сложно выбрать предметы, которые будут необходимы им для дальнейшего поступления в какие-либо образовательные учреждения. Поэтому для решения данной проблемы предлагается проводить в 9 классе на протяжении всего учебного года предпрофильную подготовку, которая осуществляется при помощи организации элективных курсов по различным предметам.

Для любого обучения, как профильного, так и предпрофильного, важна взаимосвязь между этапами обучения, это помогает в углублении приобретенных знаний, полученных на предыдущих этапах, а также позволяет определить готовность школьников к переходу на новый уровень образования. Связывающим звеном может выступить новая форма обучения – элективные курсы, которые помогают организовать подготовку для выбора профиля в 9 классах и сам процесс профильного обучения в старших классах.

Элективные курсы – это обязательные курсы, которые учащиеся выбирают сами, основываясь на своих предпочтениях. Данные курсы способствуют развитию интереса к определенному предмету и помогают определиться школьнику со своим дальнейшим профилем.

Элективные курсы для 9 классов позволяют:

- сформировать представление о предмете на основе собственного опыта;
- подготовиться к будущей трудовой профессиональной деятельности;
- изучить свои возможности и способности, сформировать интерес к определенной области знаний;
- осознанно выбрать подходящий профиль для обучения в 10–11-х классах.

Изучив и проанализировав информацию из разных источников, можно сделать вывод о том, что единой классификации элективных курсов нет, но всё же многие авторы выделяют следующие виды курсов: *общеориентационные, межпредметные и предметные курсы.*

*Общеориентационные* курсы сообщают информацию о различных профилях обучения в 10–11 классах, знакомят с разнообразными профессиями и помогают сориентировать в выборе профиля обучения, опираясь на способности и особенности обучающихся.

*Межпредметные* элективные курсы направляют обучающихся на изучение определенного учебного предмета, показывают особенности познания этого предмета в соотношении с другими профильными предметами.

*Предметные* элективные курсы можно разделить на несколько видов. По отношению к планам продолжения дальнейшего образования можно выделить следующие группы. В первую группу входят обучающиеся, которые хотят продолжить обучение в старших классах, где в качестве профильного предмета будет химия. Во вторую группу входят обучающиеся, которые хотят учиться в старших классах, но химия у них не будет являться профильным предметом. Третью группу образуют школьники, которые после 9 класса приняли решение уйти из школы и продолжить обучение в другом образовательном учреждении [1].

Для создания элективных курсов существует несколько важных компонентов, одним из которых является программа.

Программа – документ, раскрывающий содержание элективного курса. Несмотря на то, что в современном мире уже разработано огромное множество программ элективных курсов, всё же не все они соответствуют предъявляемым требованиям. Также было замечено, что большинство программ направлено на работу со школьниками 10–11 классов, а программ, направленных на предпрофильную подготовку, гораздо меньше. Поэтому перед многими учителями возникает проблема их создания. С целью помощи учителям химии была разработана программа элективного курса по химии «Химия в мире профессий», главной целью которой является ориентация в выборе профессии, развитие заинтересованности и мотивации к изучению химии, оказание помощи в выборе дальнейшего профиля обучения.

## Программа «Химия в мире профессий»

В данном курсе представлено множество игровых, творческих, практических заданий и лабораторных опытов, которые способствуют развитию мышления и интеллектуальных способностей школьника. Изучение химии посредством активной деятельности (игр, творческих заданий) вызывает у школьников интерес и увлеченность предметом.

Таблица

### Содержание программы

Тема	Содержание
Раздел 1. «Добро пожаловать в удивительный мир химии!» (1 час)	В данном разделе школьники знакомятся с профессией лаборанта-химика. Проходят инструктаж по технике безопасности. Знакомятся с лабораторной посудой
Раздел 2. «Bon appetite» или пищевые заметки химика (6 часов)	Данный раздел показывает взаимосвязь химии и пищевой промышленности. Знакомит с профессией повара. Показывает значимость пищи в жизни человека. Изучается химический состав продуктов и многое другое [2] Раздел содержит 2 практические и 2 лабораторные работы
Раздел 3. «Мойте дети руки чаще» – химия на страже чистоты и порядка (4 часа)	В данном разделе школьники узнают историю развития моющих средств. Познакомятся с профессией химика-технолога. Узнают о моющих средствах и СМС в современном мире, изучат их хим. состав [3] Раздел содержит 2 лабораторные работы
Раздел 4. Красота, да и только или химические законы красоты (3 часа)	Раздел содержит информацию о косметических средствах, химических веществах, содержащихся в косметике. Учащиеся знакомятся с профессией косметолога и мн. др. [4] Раздел содержит 1 практическую работу
Раздел 5. Химия с заботой о здоровье (3 часа)	В данном разделе школьники узнают историю развития профессии врача. Лекарственные препараты раньше и сейчас [6]. Виды лекарств и их состав. Природные аналоги лекарственных средств [5]. Раздел содержит 1 практическую и 1 лабораторную работу

### **Библиографический список**

1. Габриелян О., Деглина Т. Элективные курсы по химии: как они есть // Журнал «Химия» №2/2007.
2. Элективные курсы по химии. Ч. 2: учебно-методическое пособие / И.А. Шабанова; ГОУ ВПО Томский государственный педагогический университет. Томск: Изд-во ТГПУ, 2011. 160 с.
3. Кукушкин Ю. Н. Химия вокруг нас: Справ. пособие. 1-е изд. М.: Высш. шк., 1992. 192 с.
4. Косметическая химия. Учебное издание в 2 частях. Часть 1. Самуйлова Л.В., Пучкова Т.В., 2005.
5. Глушенко Н.Н., Плетенева Т.В., Попков В.А. Фармацевтическая химия. 2004.
6. История создания лекарственных препаратов // Инфоурок URL: <https://infourok.ru/statya-na-temu-istoriya-sozdaniya-lekarstvennih-preparatov-3367632.html> (Дата обращения: 20.04.2022).

**ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ХИМИИ  
УЧАЩИХСЯ СТАРШЕЙ ШКОЛЫ  
ПРОФИЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ**  
EXPERIENCE OF ARRANGEMENT PROJECT ACTIVITIES  
IN CHEMISTRY, HIGH SCHOOLERS  
WITH SUBJECT ORIENTED INSTRUCTION

**В.В. Пелипко, Р.И. Байчурин, С.В. Макаренко**  
*РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург*

**V.V. Pelipko, R.I. Baichurin, S.V. Makarenko**  
*Herzen University, St. Petersburg*

Проектная деятельность, зона ближайшего развития, Л.С. Выготский, профильное обучение, химия.

*Приводится опыт организации проектной деятельности по химии в старшей школе. Рассмотрение проектной деятельности – с точки зрения концепции зоны ближайшего развития Л.С. Выготского – позволяет оценить ее как развивающую деятельность, которая оказывает благоприятное влияние при овладении важными навыками и умениями.*

Project activities, zone of proximal development, L.S. Vygotsky, subject oriented instruction, chemistry.

*The experience of organizing project activities in chemistry in high school is given. Consideration of project activities from the point of view of the concept of the zone of proximal development L.S. Vygotsky, allows us to evaluate it as a developmental activity that has a beneficial effect in mastering important skills and abilities.*

**П**роектная деятельность как часть учебного процесса в старшей школе становится неотъемлемой частью школьной жизни. Она предоставляет возможность школьникам не только получить новые знания, в частности, по химии, но и проявить себя в качестве исследователей. Вовлечение школьников в проектную деятельность повышает их познавательную активность и расширяет спектр задач, которые в дальнейшем могут быть успешно ими реализованы.

Рассмотрение проектной деятельности с точки зрения концепции зоны ближайшего развития Л.С. Выготского [1] позволяет оценить ее как развивающую деятельность, которая оказывает благоприятное влияние при овладении важными навыками и умениями.

Ориентация на зону ближайшего развития в проектной деятельности создает эффективные условия для раскрытия потенциальных возможностей развития школьников и для их успешной профориентации.

В результате реализации нами проекта на тему «Флуоресцеин и эозин: синтез и исследование строения», предложенного ученикам 10 класса 526 гимназии Московского района г. Санкт-Петербурга, удалось на практике познакомиться учащимся с такими видами исследовательской деятельности, как поиск и анализ литературных данных, проведение химического эксперимента, характеристика строения полученных продуктов.

За время осуществления проекта школьникам удалось под руководством научного сотрудника провести литературный

поиск по методам синтеза, идентификации и применения ксантеновых красителей с использованием современной базы данных Reaxys [2]. В соответствии с обнаруженной методикой они осуществили синтез их представителей – флуоресцеина и эозина – в научной лаборатории с соблюдением всех правил химического эксперимента и норм охраны труда. Кроме того, они впервые познакомились с одним из современных физико-химических методов – спектроскопией ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  и с его помощью доказали строение полученных соединений. Несомненной удачей проекта оказалась успешно реализованная учащимися работа по представлению результатов исследования в виде тезисов доклада на Всероссийской научно-практической конференции [3].

Таким образом, представленный опыт организации проектной деятельности по химии учащихся старшей школы демонстрирует возможность успешного перехода учеников из зоны актуального развития в зону ближайшего развития, в результате чего они присваивают новые способы деятельности и рефлексии, что способствует развитию и самообучению.

#### ***Библиографический список***

1. Выготский Л.С. Проблема обучения и умственного развития в школьном возрасте // Теории учения. Хрестоматия. Часть 1. Отечественные теории учения / Под ред. Н.Ф. Талызиной, И.А. Володарской. М.: Редакционно-издательский центр «Помощь», 1996.
2. База данных химической литературы и патентов – Reaxys [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://www.reaxys.com>.
3. Пелипко В.В., Бриленков Е.В., Козлов В.А. Флуоресцеин и эозин: синтез и исследование строения // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции “Химическая наука и образование Красноярья” в рамках XXI Международного научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых “Молодежь и наука XXI века”. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 14–15 мая 2020. С. 32–35.

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ  
КАК УСЛОВИЕ САМООПРЕДЕЛЕНИЯ УЧА-  
ЩИХСЯ НА ПРИМЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛУБА  
«JUNIORSKILLS – МОЯ ПЕРВАЯ СТУПЕНЬКА  
К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КАРЬЕРЕ»  
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 10–11 КЛАССОВ**  
A SYSTEMIC APPROACH IN THE ORGANIZATION  
OF VOCATIONAL GUIDANCE WORK AS A CONDITION  
OF SELF-DETERMINATION OF STUDENTS  
ON THE EXAMPLE OF THE ACTIVITY OF THE CLUB  
«JUNIORSKILLS – MY FIRST STEP TO A PROFESSIONAL  
CAREER» FOR STUDENTS OF 10–11 GRADES

**Н.Н. Поддубецкая, Е.Н. Брусиловская, И.В. Рыженков**  
*МБОУ Школа № 98, г. Железнодорожск*

**N.N. Poddubetskaya, E.N. Brusilovskaya, I.V. Ryzenkov**  
*MBOU School No. 98, Zheleznogorsk*

Профориентационная работа, популяризация рабочих специальностей, химия, деятельность клуба «JuniorSkills», лаборант химического анализа. Авторы представляют опыт профориентационной работы на примере деятельности клуба «JuniorSkills – моя первая ступенька к профессиональной карьере».

Career guidance work, promotion of working specialties, chemistry. activities of the club «JuniorSkills», laboratory assistant of chemical analysis. The authors present the experience of career guidance work on the example of the activities of the club «JuniorSkills – my first step to a professional career».

**К**аждый ученик рано или поздно встает перед проблемой выбора своей дальнейшей профессии. И одаренный ребенок не исключение. Эта проблема оказывается достаточно сложной, так как активная позиция в этом плане у многих

еще не сформирована. Для учащихся вопросы профориентации значимы, знакомы, но с какой стороны подойти к осознанному их решению, далеко не все себе представляют. Поэтому важна помощь учителей, взрослых на этапе формирования готовности к профессиональному самоопределению.

Те проблемы, которые испытывают выпускники в профессиональном самоопределении, заставляют нас по-новому взглянуть на организацию профориентационной работы в школе, в том числе и с детьми с высоким уровнем мотивации.

WorldSkills – это чемпионат рабочих профессий. WorldSkills Juniors является частью движения WorldSkills. Основная миссия юниорского движения WorldSkills Juniors Russia – дать школьникам возможность осознанно выбрать профессию в быстро меняющемся мире, определиться с образовательной траекторией и в будущем без проблем найти свое место на рынке труда. Содержание образования в рамках Junior Skills является практико-ориентированным, трудовым, игровым, состязательным и событийным, стимулирует личностный рост школьника.

Включение стандартов WorldSkills Russia в урок и олимпиаду по технологии, химии, интеграция движения WorldSkills Russia с проектными форматами («Проектория «Моя будущая профессия», «Билет в будущее», кружковое движение, факультативы и др.) – все это инновационные формы профориентационной работы с учащимися. Модель нашего профильного обучения основывается на сочетании базовых общеобразовательных, профильных и элективных курсов.

Одним из таких курсов является клуб «Junior Skills – моя первая ступенька к профессиональной карьере» для учащихся 10–11 классов. При изучении данного курса формируются понятия о химическом анализе и правилах техники безопасности, правильном обращении с веществами. Он позволяет погрузиться в систему вопросов качественного

и количественного анализа химической реакции, химических свойств веществ. Особое внимание уделено составу веществ, методам качественного и количественного состава свойств веществ, общей культуре обращения с веществами. При этом учащиеся усваивают, что правильное оформление результатов анализа, то есть специальной документации, является необходимым элементом деятельности лаборанта химического анализа.

Содержание данного курса вводит учащихся в область теоретических основ аналитической химии, связанных с определением наличия ионов в определяемом образце, а также частично обеспечивает профессиональную ориентацию старшеклассников.

Цели курса: продолжить формирование у учащихся понимания важности рабочих профессий, дать представление о профессиях, связанных с ГХК; предоставить учащимся возможность удовлетворить свои познавательные интересы в области химии в процессе проведения экспериментальных работ.

Задачи курса:

1. Изучить теоретический материал, необходимый в профессии лаборант химического анализа.

2. Провести экскурсии в различные подразделения ФГУП ГХК и МУ № 51 Федерального медико-биологического агентства.

3. Предоставить возможность для формирования ключевых компетенций в ходе решения экспериментальных задач, практических и лабораторных работ, проб на рабочем месте» в лабораториях ГХК ЦЗЛ, МУ № 51 ФМБА.

4. Организовать совместную деятельность с участниками конкурса и руководителями по подготовке участников конкурса Junior Skills.

Продолжительность курса – 1 учебный год; объем – 34 ч; периодичность проведения уроков – 1 раз в неделю.

Содержание программы включает следующие теоретические разделы:

1. Аналитическая химия. Методы анализа.
2. Титриметрический метод анализа.
3. Фотоколориметрический метод анализа.
4. Потенциометрический метод анализа.
5. Рефрактометрический метод анализа.
6. Техника и технология выполнения лабораторных работ.
7. Техника безопасности при работе в химической лаборатории.
8. Техника безопасности при работе с химической посудой.
9. Практические и лабораторные работы по перечисленным выше разделам.

По программе подготовки конкурсантов Junior Skills включены вопросы ведения и фиксации результатов исследования, обработки результатов. В нашей программе присутствуют данные разделы. Формирование ключевых компетенций осуществляется при помощи привлекаемых ресурсов.

Привлекаемые ресурсы: музей ГХК, кадровые службы ГХК, ЦЗЛ ГХК, Биохимическая лаборатория МУ № 51 ФМБА, выпускники МБОУ школы № 98, химики-аналитики.

Вопросы, которые рассматривают сотрудники привлекаемых организаций:

1. История градообразующего предприятия «Горно-химический комбинат». Профессии, востребованные на ГХК, в том числе, профессии со средним профессиональным образованием. В частности, лаборанты химического анализа.

2. По профессии лаборант химического анализа: история появления профессии, профессиональные обязанности, плюсы и минусы профессии, требования к кандидатам, личностные качества, где получать образование, куда пойти работать.

Очень важным является тот факт, что обучающиеся получают практический опыт, у них формируются практические навыки и умения, так как часть практических

и лабораторных работ проводится на базе центральной заводской лаборатории ГХК и МУ №51 ФМБА, так называемые «пробы на рабочем месте».

Формы работы: индивидуальная, парная, групповая.

Одно из самых важных условий успешной профессиональной адаптации одаренных детей является комплексная и личностно направленная профориентационная деятельность. В связи с этим хорошо подходит такая форма организации работы, как участие в чемпионате WorldSkills. Участие в чемпионатах может оказаться для школьника просто полезным опытом, а может стать основой для профессионального развития по самым разным направлениям. Это может быть достижение статуса высококлассного специалиста по рабочей профессии через учебу в колледже или вузе, получение внесистемного образования по новой специальности в сочетании с фундаментальным высшим или онлайн-образованием либо формирование команды для будущего стартапа.

Из опыта работы хотим отметить, что у нас уже есть участие в 2-х отборочных региональных чемпионатах. Результат: мы вошли в двадчатку лучших среди юниоров в компетенции «Лаборант химического анализа».

Подводя итог, хочется отметить, что эффективный результат каждого ученика при участии в чемпионате WorldSkills – это эффективная работа педагога.

Таким образом, модель ранней профориентации и профильной ориентации школьников в рамках данного движения является новаторским решением проблем, связанных с обучением будущих профессионалов, ставит перед собой следующие цели: получение школьниками знаний, необходимых для их будущей экономической активности; создание новых возможностей для профориентации и освоения школьниками современных и будущих профессиональных компетенций с опорой на передовой отечественный и международный опыт.

### **Библиографический список**

1. Блинов В.И., Сергеев И.С., Куртеева Л.Н., Есенина Е.Ю., Дулаева З.К. Организация профессиональной ориентации школьников. 2018. 100 с.
2. Пряжников Н.С., Румянцева Л.С. Профорентация в школе и колледже. Игры, дискуссии, задачи упражнения: методическое пособие. М.: ИЦ «Академия». 2014. 36 с.

## **ДУХОВНО-НРАВСТВЕННОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ SPIRITUAL AND MORAL EDUCATION OF STUDENTS IN CHEMISTRY LESSONS IN PRIMARY SCHOOL**

**В.В. Пушкова**

*МБОУ Верхнепашинская СОШ № 2, с. Верхнепашино*

**V.V. Pushkova**

*MBOU Verkhnepashinskaya secondary school No. 2,  
Verkhnepashino village*

Духовно-нравственное воспитание, воспитание гражданственности, патриотизма, уважения к правам, свободам и обязанностям человека, приёмы, методы.

*В статье анализируются приемы и методы, применяемые для духовно-нравственного воспитания обучающихся на уроках в основной школе. Приведены примеры использования конкретных заданий, направленных на духовно-нравственное воспитание обучающихся на уроках химии.*

Spiritual and moral education, education of citizenship, patriotism, respect for human rights, freedoms and duties, techniques, methods.

*The article analyzes the techniques and methods used for the spiritual and moral education of students in the classroom at the primary school. Examples of the use of specific tasks that are aimed at the spiritual and moral education of students in chemistry lessons are given.*

Почему соль соленая? Почему трава зеленая? Почему вода пузырится? Химия на все найдет ответ. Школа – любопытнейшая лаборатория. Образование – категория нравственная. Всегда есть выбор: закрыть глаза или честно взглянуть на действительность, уйти в сторонку или шагнуть навстречу. Может, это место для главного вопроса: «Что важнее для моих учеников: постичь химию как науку или, постигая химию, обогащать и постигать себя, найти своё место в этом мире?» [1].

Важнейшей целью современного отечественного образования и одной из приоритетных задач общества и государства является воспитание, социально-педагогическая поддержка становления и развития высоконравственного, ответственного, творческого, инициативного, компетентного гражданина России. Об этом говорится в Концепции духовно-нравственного развития и воспитания российских школьников [2]. В рамках перехода на новые федеральные государственные образовательные стандарты выделены шесть основных направлений и ценностных основ духовно-нравственного развития и воспитания обучающихся. Сделав анализ содержания химического образования, можно сказать, что все эти направления успешно реализуются – какие-то в большей степени, какие-то – в меньшей.

***Воспитание гражданственности, патриотизма, уважения к правам, свободам и обязанностям человека.*** На уроках при изучении тем, предусмотренных программой, мы неоднократно вспоминаем имена великих ученых, внесших неопределимый вклад в развитие химии: М.В. Ломоносова, Д.И. Менделеева, А.М. Бутлерова и др. При этом всегда подчеркиваем их принадлежность великой России, обращаем внимание, что наряду с выдающимися учеными других стран, внесшими неоспоримый вклад в развитие химии в мировом масштабе, у истоков мировой химии как науки

стояли и русские ученые. Важную роль в определении личностью ценностных ориентиров может сыграть “прикосновение к иной судьбе” – рассказ о людях, достойно прошедших свой жизненный путь, размышления авторов, вызывающих доверие, о смысле жизни, о добре и зле, об отношениях между людьми. Изучение биографий ученых, их творческой деятельности, жизненных принципов, нравственных поступков вызывает большой интерес у учащихся, стимулирует их поведение и деятельность. Положительные и отрицательные примеры из жизни великих людей, оцененные временем, могут помочь сегодняшним школьникам определить свой выбор, свое отношение и, главное, свои поступки [3].

***Развитие таких ценностей, как любовь к России, своему народу, своему краю*** возможно при изучении химических элементов металлов и неметаллов. Рассматривается область их применения, вытекающая из их свойств, при этом происходит знакомство с достопримечательностями России, памятниками культуры и архитектуры, произведениями искусства, что вызывает интерес у подростков, желание посмотреть и познакомиться с ними воочию. Наша страна богата полезными ископаемыми, которые широко используются во всех отраслях промышленности. При изучении темы «Металлы» (9 класс) даются краткие сведения об их применении в военном деле и в авиации. При работе над развитием таких ценностей, как любовь к России, своему народу, своему краю, предлагаю учащимся подготовить сообщения, мини-проекты о применении тех или иных металлов и неметаллов в разные годы, отечественных учёных, внесших вклад в развитие промышленности, науки химии, или об изобретениях отечественных учёных [4].

***Воспитание нравственных чувств и этического сознания.*** В подростковом возрасте развиваются такие ценностные отношения, как нравственный выбор, жизнь и

смысл жизни, справедливость, милосердие, честь, достоинство, толерантность и другие. Нравственным качествам, отражающим отношение к другому человеку, отношению к самому себе, нельзя научить. Никакие дидактические приемы не дадут эффекта. Это воспитывается общей атмосферой школы, нравственным примером учителя.

Использование поэтического слова позволяет сделать урок химии более эмоциональным, значимым. Такой урок лучше запоминается и оставляет свой след в умах и сердцах ребят. Учащиеся не только на уроках литературы, где они намного чаще соприкасаются с прекрасным, с красотой поэзии, но и на уроках химии получают возможность приблизиться к миру гармонии, совершенства, романтики, красоты поэтического слова. Все это способствует эстетическому и нравственному воспитанию молодых людей, вступающих в жизнь. Химики имеют возможность использовать художественное и поэтическое слово благодаря тому, что многие писатели и поэты включали в свои произведения образы, навеянные размышлениями о веществе и его превращениях, сравнения, эмоциональные описания явлений, процессов, происходящих в природе. При изучении периодического закона и периодической системы Д.И. Менделеева можно прочитать стихи Степана Щипачёва «Читая Менделеева».

Важную роль в нравственном воспитании обучающихся играют научные открытия. Науку химию создавали люди необычной судьбы – вначале алхимики, затем врачи и аптекари и, наконец, собственно химики. Они верили в свое предназначение и не щадили здоровья, а порой и жизни в стремлении открыть дверь в неизведанное, получить новые вещества, необходимые людям. Проследить путь их исканий, узнать подробности их жизни не только интересно, но и полезно. Нужно понимать, что существует моральная мера ответственности за научное открытие, учащиеся должны

анализировать поступки и мотивы других людей, оценивать последствия этих поступков [5].

***Воспитание трудолюбия, творческого отношения к учению, работе, жизни.*** Основные трудовые навыки у 14-летних подростков сформированы, поэтому особое внимание уделяется формированию готовности к выбору направления своей профессиональной деятельности, мотивации к труду, овладению способами и приемами поиска информации. В начале учебного года и в 8-м и 9-м классах обсуждается роли химии в жизни современного человека – химия в сельском хозяйстве, в энергетике, в парфюмерии, в фармацевтике, в медицине. Учащимся предлагается узнать об интересующей профессии подробнее, пользуясь различными источниками информации. На следующем уроке обсуждаются выбранные профессии.

Отношение ученика к труду характеризуется такими качествами: ответственное выполнение домашних заданий, подготовка своего рабочего места, дисциплинированность, собранность, честность, усердие. Практические работы, лабораторные опыты учащиеся выполняют и индивидуально, и парами, экономно расходуют реактивы. В кабинете химии созданы благоприятные условия для работы учащихся: удобное рабочее место с учетом всех педагогических и других требований; использование наборов, обеспечивающих выполнение эксперимента; закрепление за учащимся рабочего места, что позволяет установить строгую индивидуальную ответственность. Такой порядок способствует развитию самостоятельности учащихся, повышению производительности их труда, так как за одно и то же время они успевают больше проделать опытов, описать их и произвести уборку рабочего места. При этом они начинают понимать, что трудиться – значит обдумывать тот или иной способ действий, операций, их последовательность, проявлять смекалку и умение [6].

**Формирование ценностного отношения к здоровью и здоровому образу жизни.** В целях сохранения духовного и психического здоровья как своего, так и окружающих на протяжении всего периода обучения прививаем учащимся навыки бесконфликтного общения. Умение по-хорошему решать все спорные вопросы поможет им в будущем создать счастливые семьи, добиться успехов в работе, понимания во взаимоотношениях с людьми.

Особое внимание уделяется соблюдению правил техники безопасности во время проведения химического эксперимента, придерживаясь здоровьесберегающей организации учебно-воспитательного процесса, который включает в себя следующие составляющие:

1. Творческий характер образовательного процесса. Включение подростков в творческий процесс, поиск решений служит развитию человека, снижает наступление утомления.

2. У учащихся особенно чувствительной является нервная система, поэтому важным во время урока является чередование различных видов учебной деятельности. Использование различных методов, способствующих активизации инициативы и творческого самовыражения самих обучающихся. Рациональная плотность урока (время, затраченное школьниками на учебную работу) составляет не менее 60 % и не более 75–80 %.

3. Создание благоприятного экологического пространства: озеленение кабинета, освещение кабинета, проветривание кабинета.

4. Здоровьесберегающая составляющая содержания химии. При изучении химических элементов рассматриваются следующие аспекты: нахождение в природе, влияние на организм человека, профилактика заболеваний, вызванных его избытком или недостатком химического элемента в организме. Предлагается учащимся решать практико-ориентированные творческие и поисковые задачи.

***Воспитание ценностного отношения к природе, окружающей среде (экологическое воспитание).*** Практически к каждой теме школьного курса химии можно подобрать соответствующий экологический материал. Для реализации экологического подхода к изучению школьного курса химии предусматриваем ознакомление учащихся с химическими проблемами экологии. Основное внимание сосредоточивается на тех явлениях, которые вызывают серьезную обеспокоенность за состояние природной среды и будущее цивилизации. На большинство экологических вопросов ответы ищут сами ученики, они могут быть в виде доклада, реферата или задачи с экологическим содержанием. Обычно предлагаются следующие темы: «Кислотные дожди», «Парниковый эффект», «Реакция горения: добро или зло», «Нитраты в почве и овощах» и т.д. [6]

***Воспитание ценностного отношения к прекрасному, формирование представлений об эстетических идеалах и ценностях (эстетическое воспитание).*** Чтобы стать средством эстетического воспитания, учителю достаточно творчески подойти к предмету своей науки, пробудить творческий интерес к нему школьников. Многие ученые-химики были художниками, музыкантами, поэтами. По мнению французского химика П.Э.М. Бертло, «Химия и искусство имеют внутреннюю общность, которая коренится в их творческой природе». Рассматривая формы кристаллов, типы кристаллических решеток, химические формулы и реакции, можно обнаружить красоту и гармонию, то есть проявление эстетического. При описании свойств веществ на примере стекла можно отметить его эстетическое свойство – уникальную прозрачность, на основе которой определена область его применения. Стекло – поистине материал дивной красоты и самых невероятных возможностей. Иллюстрации учебника способствуют

формированию культуры восприятия, указывая на эстетические свойства изучаемых объектов.

Нельзя не согласиться с мнением Н.Е. Щурковой, что «главное – самому педагогу необходимо разглядеть ценность там, где она скрыта предметной вуалью».

Соотношение воспитания и обучения – фундаментальная педагогическая проблема. Главная задача педагога – обеспечить единство механизмов обучения и воспитания. И особое место в решении этой задачи отводится уроку, т.к. воспитательный эффект урока во многом зависит от того, как полученные учащимися знания и умения могут быть использованы в жизни. «Человечество будет извлекать из новых открытий больше блага, чем зла», если мы объясним своим ученикам, что такое добро, а что – зло, научим тонкому искусству отличать одно от другого.

#### ***Библиографический список***

1. Потаповская О.М. Семейное духовно-нравственное воспитание: возможность и необходимость педагогического сопровождения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://classnyj-chas.ucoz.ru/publ/2-1-0-5>
2. Дибленко С.Ю. Нравственное воспитание на уроках химии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://metodic-school.ru/?m=15968>
3. Змеева И.В. Использование метода проектов в духовно-нравственном воспитании обучающихся [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://chemistryteacher.com.ru/zmeeva3.html>
4. Степин Б.Д. Занимательные задания и эффектные опыты по химии. М.: Дрофа, 2006. 413 с.
5. Бахтамов Р. Властелин Окси-мира. М.: Издательство «Советская Россия», 1975. 18 с.
6. Скокова О.В. Духовно-нравственное развитие личности на уроках химии в 8, 9 классах на основе системно-деятельностного подхода [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://rodichi2012.ucoz.ru/\\_ld/0/52\\_Inh.pdf](http://rodichi2012.ucoz.ru/_ld/0/52_Inh.pdf)

**РАЗРАБОТКА ЗАДАНИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ  
ПО ХИМИИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ 8 КЛАССОВ**  
DEVELOPMENT OF TASKS FOR THE FORMATION  
OF NATURAL SCIENCE LITERACY IN CHEMISTRY  
AMONG STUDENTS OF GRADE 8

**М.А. Соловьева**

Научный руководитель: **О.И. Фоминых**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**M.A. Solovieva**

Scientific adviser: **O.I. Fominykh**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Естественнонаучная грамотность, химия, 8 класс.

*В статье рассматривается актуальность естественнонаучной грамотности в современном мире, а также приведен пример задания по формированию естественнонаучной грамотности у обучающихся 8 класса по химии.*

Science Literacy, Chemistry, Grade 8.

*The article discusses the relevance of natural science literacy in the modern world, and also provides an example of a task for the formation of natural science literacy among 8th grade students in chemistry.*

**С**овременное общество, в котором значительную роль играют достижения естествознания и новые технологии, предъявляет к выпускникам школ высокие требования к овладению основами естественнонаучных знаний и их готовности использовать для решения широкого круга задач в непрерывном образовании, личной жизни и общественной деятельности. В этой связи ставится вопрос об естественнонаучной грамотности выпускников школ.

Естественнонаучная грамотность – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам,

связанным с естественными науками, и его готовность интересоваться научными идеями [2].

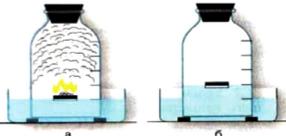
Для развития естественнонаучной грамотности учителю следует включать в содержание изучаемых тем задания на развитие общеобразовательных умений, таких как умение работать с текстом, преобразовывать информацию из одной формы в другую, умение решать прикладные задачи как в стандартных, так и в нестандартных ситуациях, умение проводить исследования, делать предположения, гипотезы [1].

Примеры заданий, которые помогут в формировании естественнонаучной грамотности на уроках химии (табл.).

*Таблица*

**Примерные задания для формирования  
естественнонаучной грамотности  
у обучающихся 8 класса по химии**

Условие	Задание
1	2
<b>Упражнение 1.</b>	
Свободный хлор (в виде простого вещества) улетучивается даже при отстаивании воды, а тем более при кипячении. Но хлор ещё вступает во взаимодействие с органическими соединениями, которые присутствуют в водопроводной воде. При кипячении воды эти хлорсодержащие соединения практически не разрушаются и могут негативно влиять на организм человека, вызывая изменения в обмене веществ, а также сбой иммунной и гормональной систем	Задание 1. Какая характеристика верно отражает физические свойства хлора (н.у.)? 1) нерастворимая в воде жидкость 2) растворимая в воде жидкость 3) нерастворимый в воде газ 4) растворимый в воде газ
	Задание 2. На основании приведённой в тексте фразы: «Свободный хлор (простое вещество) улетучивается даже при отстаивании воды, а тем более при кипячении» – сформулируйте утверждение о зависимости растворимости хлора от температуры
	Задание 3. В чём заключается некорректность фразы «Кипячение не убивает хлор в воде»? Сформулируйте фразу, которая точнее отражает суть информации
	Задание 4. Какой метод очистки воды, кроме хлорирования, вам известен? Примеси каких веществ с помощью его можно удалить?

1	2
<b>Упражнение 2</b>	
<p>В 1774 г. французский учёный А. Лавуазье провёл опыт, схема которого показана на рисунке: он сжигал фосфор под колоколом без дна, который был частично погружён в воду</p> 	<p>Выберите суждение, которое объясняет результат опыта А. Лавуазье.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Лавуазье доказал, что фосфор может гореть без доступа воздуха.</li> <li>2) Наибольшую часть воздуха составляет кислород.</li> <li>3) Вода поднялась в колокол, так как продукт горения фосфора растворился.</li> <li>4) Кислород составляет примерно 1/5 воздуха под колоколом</li> </ol>
<b>Упражнение 3</b>	
<p>Известно, что для того, чтобы вещество загорелось, нужно наличие двух условий: доступ воздуха к веществу и достижение температуры возгорания вещества. Логично, что для прекращения горения нужно убрать одно либо сразу два этих условия. Ученики провели эксперимент: налили воду в бумажный стаканчик и поставили на огонь. В результате вода закипела, а стаканчик не загорелся</p>	<p>Выберите суждение, которое объясняет результат эксперимента.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Из-за паров не был обеспечен достаточный доступ воздуха к бумажному стаканчику.</li> <li>2) Температура пламени горелки была недостаточной для возгорания бумаги.</li> <li>3) Температура возгорания бумаги не была достигнута из-за высокой теплоёмкости воды, но вода достигла температуры кипения.</li> <li>4) Температура кипения воды выше, чем температура горения бумаги</li> </ol>

Для оценивания естественнонаучной грамотности применяются тематические блоки, которые включают обзор естественной ситуации, а также задания, которые взаимосвязаны с этой ситуацией.

Компетентностно-ориентированные задания включают информацию, которая описывает естественную жизненную ситуацию, но для ее восприятия нужно обладать естественно-научными знаниями и знать, как пользоваться терминологией естественных наук. Учитывая концепцию тех вопросов, которые изучают в биологии, физике и химии на данном занятии.

***Библиографический список***

1. Горленко Н.М., Галкина Е.А., Прохорчук Е.Н. Кейсы как способ формирования естественнонаучной грамотности (на примере биологии): учебное пособие / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2021. 104 с.
2. Международная оценка образовательных достижений учащихся (PISA). Примеры заданий по естествознанию // Центр оценки качества образования ИСМО РАО. 2007. 115 с.

**ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧИТЕЛЬ ХИМИИ  
А.Н. БОГУСЛАВСКИЙ И ЕГО ЛУЧШИЕ УЧЕНИКИ  
OUTSTANDING CHEMISTRY TEACHER  
A.N. BOGUSLAVSKY AND HIS BEST PUPILS**

**В.В. Сузгаева**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, Красноярск*

**V.V. Suzgaeva**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Школа, методика, ученики, химия, обучение, знания, наука.

*В статье рассмотрен вклад гениального учителя химии А.Н. Богуславского, работающего в школе № 10 с 1936 по 1966 годы, подготовившего плеяду выдающихся специалистов.*

School, methodology, students, chemistry, education, knowledge, science.

*The article considers the contribution of the brilliant teacher of chemistry A.N. Boguslavsky, who worked at school number 10 from 1936 to 1966, who trained a triad of outstanding specialists.*

Александр Николаевич Богуславский родился в 1907 году и ушел из жизни в 1975 году. Окончив в 1936 году педагогический институт, отделение химии, пошел работать в школу №10 г. Красноярска. Проработал в школе 30 лет. У него были замечательные ученики, в которых он вкладывал все свои знания. А.Н. Богуславский был готов заниматься с ними и внеурочное время, даже занимался на дому. Он создал химический кружок в школе, куда мог прийти любой, кому был интересен предмет.

Единство обучения, воспитания и развития – важнейшая закономерность педагогического процесса. Опрос – одно из важных звеньев учебного процесса. Цель опроса для Александра Николаевича – выявить, как учащиеся усваивают учебный материал, установить пробелы в знаниях, а также затруднения, возникающие у отдельных школьников. Кроме того, это звено обучения помогало разрабатывать меры, обеспечивающие усвоение изучаемого материала каждым школьником. Проверая знания учащихся, Богуславский А. Н. оценивал их. Оценка была понятной, ясной для ученика, объективной и справедливой.

Проведение итоговых контрольных работ давало Александру Николаевичу возможность получать емкую информацию о химических знаниях учащихся, выявлять индивидуальные пробелы в этих знаниях. Кроме того, после выполнения функций проверочных работ некоторые задания могли служить дидактическим материалом в период повторения и подготовки к экзамену [2].

Педагогическая деятельность А.Н. Богуславского способствовала становлению большого количества ученых самых разных научных направлений.

Его учениками были: Эдуард Евгеньевич Нифантьев, сегодня заслуженный деятель науки России, лауреат премии им. А.Н. Бутлерова АН СССР, доктор химических наук, профессор зав. кафедрой органической химии МГТУ им. В.И. Ленина.

Владислав Андрианович Федоров – один из лучших учеников А.Н. Богуславского. Он закончил школу с золотой медалью. Его пристрастием был спорт, в частности, игра в волейбол. Закончил в 1960 году Ленинский технологический институт им. Ленсовета, инженерно-химико-технологический факультет. Специальность – химия и технология радиоактивных и редких элементов. Преподаваемые им дисциплины – общая и неорганическая химия; строение вещества; физическая и коллоидная химия. Научные направления: термодинамика ионных равновесий в растворах; кинетика электромеханических равновесий в растворах; кинетика электрохимических реакций.

Анатолий Викторович Бывшев родился 12 ноября 1933 г. в Минусинске. В 1958 г. окончил химико-технологический факультет Сибирского лесотехнического института (Сибирский государственный технологический университет) с отличием по специальности «химическая технология целлюлозно-бумажного производства». В 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование процессов размола волокнистых материалов на пакетном гидродинамическом генераторе и разработка его конструкции», в 1990 г. ему присвоено ученое звание профессора.

Генрих Филиппович Буянов закончил лесомеханический факультет лесотехнического института (Технологический) в 1958 году. И работал по специальности инженером-механиком, был заведующим лабораторией строительных и дорожных машин.

Юрий Анатольевич Овчинников родился 2 августа 1934 года в Москве. Окончил среднюю школу в Красноярске, куда его родители приехали в начале Великой Отечественной войны. Закончив школу с золотой медалью, поступил на химический факультет МГУ. Окончил вуз в 1957 году и поступил в аспирантуру. После смерти в память об академике, вице-президенте АН СССР, Герое Социалистического Труда

Юрии Анатольевиче Овчинникове школа № 10 с сентября 1997 года стала носить его имя [3].

### ***Библиографический список***

1. Википедия. Биография А.Н. Богуславского [Электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Богуславский,\\_Александр\\_Николаевич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Богуславский,_Александр_Николаевич) (Дата обращения 5.10.2021 г.).
2. Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: ВЛАДОС, 2000. 336 с.
3. Официальный сайт школы №10 [Электронный ресурс] URL: <https://school10.org/> (Дата обращения 5.10.2021 г.).

## **РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОЙ ВИКТОРИНЫ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ DEVELOPMENT OF A CHEMICAL QUIZ FOR SCHOOLCHILDREN**

**Д.О. Шенфельд**

Научный руководитель **О.И. Фоминых**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**D.O. Shenfeld**

Scientific adviser **O.I. Fominykh**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Происхождение викторины, многообразие викторины, викторина для школьников 8 класса по теме «Д.И. Менделеев и его творение».

*В статье анализируется происхождение викторины и её разнообразие. Приведена разработка викторины для школьников 8 класса по теме «Д.И. Менделеев и его творение».*

The origin of the quiz, the variety of the quiz, the quiz for 8th grade students on the topic “D.I. Mendeleev and his creation.

*The article analyzes the origin of the quiz and its diversity. The development of a quiz for schoolchildren of the 8th grade on the topic “D.I. Mendeleev and his creation.*

Одним из самых распространенных форм контроля обучающихся является устный опрос, который может проводиться учителем как во фронтальной, так и в индивидуальной форме. Для того, чтобы эта форма контроля была интересной обучающимся, педагоги рекомендуют использовать интерактивную форму – викторину.

Придумал слово «викторина» советский журналист и писатель Михаил Кольцов в 1922 году, когда один из сотрудников журнала «Огонёк» написал развлекательную полосу, состоящую из вопросов, ребусов и шарад. Звали того сотрудника Виктор Микулин. Объединив имя и окончание фамилии, Кольцов получил слово «викторина», которым озаглавил всю полосу, написанную Микулиным [1].

В настоящее время существует тестовые, текстовые, хронологические вопросы, головоломки (ребусы, шарады, анаграммы, омонимы и др.), вопросы с цитатами, музыкальные, юмористические, устные и т.д. Викторина способствует развитию личностных качеств, умению быстро принимать решения как в стандартных, так и в нестандартных ситуациях, логически мыслить, уверенность. Данная форма взаимодействия между участниками образовательного процесса помогает развить коммуникативные навыки, умение работать в команде, отстаивать свою точку зрения.

При составлении викторины необходимо придерживаться нескольких правил:

1. Викторина должна содержать разные типы заданий: ребус, устный опрос, узнай изображение, правда или ложь и др.

2. Для каждого типа задания должны быть продуманы критерии оценки.

3. Каждый участник и/или победитель должен быть награжден в конце викторины (подарок, грамота, диплом и т.д.).

Исходя из этих правил, была составлена викторина по теме «Д.И. Менделеев и его творение».

Цель викторины: закрепление и проверка знаний по теме «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева».

Викторину можно проводить как между индивидуальными участниками, так и между малыми или большими группами (командами).

Викторина состоит из 5 этапов. За каждый верный ответ начисляется 1 балл. Победитель викторины определяется по наивысшему баллу за всю игру.

### **Этап 1. Правда или ложь**

1. Дмитрий Иванович Менделеев был 17-м ребёнком.
2. В педагогическом институте Д.И. Менделеев ни разу не оставался на второй год.
3. Менделеев изобрел водку.
4. Второго декабря 2016 года в таблицу химических элементов было добавлено сразу четыре новых элемента.
5. Первыми открытыми элементами являются медь, серебро и золото.

### **Этап 2. Найди лишнее**

1. Li, Na, K, Ag, Mg;
2. C, Cu, N, S, Cl;
3. Ba, Mg, Se, Au, Zn;
4. K, Ca, Cr, Na, Mn;
5. H, He, Ar, Kr, Rn.

### **Этап 3. Найди пару**

1. Период	А) Равен количеству протонов в ядре
2. Группа	Б) Ряд горизонтально расположенных химических элементов
3. Металлы	В) Химические элементы, которые образуют в свободном состоянии простые вещества, не обладающие физическими и химическими свойствам металлов
4. Неметаллы	Г) Вертикальный ряд химических элементов в периодической таблице
5. Порядковый номер	Д) Группа химических элементов, обладающих в виде простых веществ при нормальных условиях характерными металлическими свойствами

#### **Этап 4. Открытый вопрос**

1. В каком году была открыта периодическая таблица Д.И. Менделеева?
2. Сколько химических элементов было известно к моменту открытия Периодического закона?
3. На чем основана классификация элементов в Периодической системе?
4. Какой химический элемент в ядре содержит 12 протонов?
5. Чем отличаются друг от друга изотопы одного и того же элемента?

#### **Этап 5. Угадай элемент по описанию**

1. Элемент VI группы, желтого цвета, имеющий три энергетических уровня.
2. Газ без цвета, вкуса и запаха, входящий в состав атмосферного воздуха и имеющий на последнем энергетическом уровне 5 электронов.
3. Благородный металл жёлтого цвета, находящийся в 6 периоде I группы побочной подгруппы.
4. Элемент, названный в честь одной из стран, имеющий 84 протона.
5. Бесцветный, без запаха, безвкусный, нетоксичный, инертный газ, имеющий широкое распространение на праздниках.

#### **Ответы:**

- Этап 1: 1 – правда; 2 – ложь; 3 – ложь; 4 – правда.
- Этап 2: 1 – Mg (из II группы); 2 – Cu (металл); 3 – Se (неметалл); 4 – Na (3 период) 5 – H (VII группа).
- Этап 3: 1 – Б; 2 – Г; 3 – Д; 4 – В; 5 – А.
- Этап 4: 1 – 1869 год; 2 – 63; 3 – Относительные атомные массы элементов; 4 – Магний; 5 – Массовым числом.
- Этап 5: 1 – Сера; 2 – Азот; 3 – Золото; 4 – Полоний; 5 – Гелий.

Таким образом, можно сделать вывод, что правильно составленные викторины могут стать не только хорошим способом закрепления и проверки знаний обучающихся, а также эффективной формой урочной и внеурочной работы, способствующей развитию личностных, коммуникативных и познавательных универсальных учебных действий.

### ***Библиографический список***

1. Языки мира [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hellolanguage.ru/iz-kakogo-yazika/iz-kakogo-yazyka-slovo-viktorina/>. – Дата доступа: 24.04.2022.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ОСНОВНЫЕ ВИДЫ СПЛАВОВ» В СИСТЕМЕ СПО USING THE METHODS OF ANALYTICAL CHEMISTRY WHEN STUDYING THE THEME «MAIN TYPES OF ALLOYS» IN THE SYSTEM OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION**

**Е.С. Юдина**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев**  
*КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**E.S. Yudina**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev**  
*KSPU named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Аналитическая химия, методы аналитической химии, сплавы, основные виды сплавов, система СПО.

*В статье описывается важность преподавания общеобразовательных дисциплин с профессиональной направленностью. Описано использование методов аналитической химии при изучении темы «основные виды сплавов» в системе СПО.*

Analytical chemistry, methods of analytical chemistry, alloys, main types of alloys, system of secondary vocational education.

*The article describes the importance of teaching general education disciplines with a professional orientation. The use of methods of analytical chemistry in the study of the topic «main types of alloys» in the system of secondary vocational education is described.*

Обеспечение страны квалифицированными кадрами и формирование кадрового потенциала, способного конкурировать со специалистами мирового уровня, является целью развития системы среднего профессионального образования (СПО). Отличительной особенностью реализации программ СПО является одновременное освоение обучающимися содержания сразу двух образовательных стандартов ФГОС СОО и ФГОС СПО. Исходя из этого, уровень освоения содержания предметов общеобразовательного цикла будет не только выступать в качестве квалификационного требования к специалистам, но и становиться условием формирования профессиональных компетенций (ПК). Вместе с этим возникает ряд проблем, в основе которых лежит низкое освоение дисциплин данного цикла, поскольку на первое место выходит стремление обучающихся осваивать только дисциплины «профессионального цикла», изучение которых, по их мнению, является основной целью профессионального обучения [1].

Согласно распоряжению Министерства просвещения Российской Федерации от 30 апреля 2021 г. преподавание всех общеобразовательных учебных предметов должно осуществляться с профессиональной направленностью программ СПО, иначе говоря, должна осуществляться межпредметная интеграция [2].

Учебный предмет химия занимает важное место в освоении программ технического профиля. Благодаря ему обучающиеся приобретают базовые знания для изучения многих дисциплин профессионального цикла, в том числе и материаловедения, включающего раздел металловедение. Данный раздел

посвящен установлению связи между химическим составом, строением и свойствами металлов и их сплавов, что обуславливает важность в формировании навыков идентификации элементного состава при помощи методов аналитической химии.

Тема «Основные виды сплавов» является одной из ключевых, поскольку включает одновременно основные и профессионально значимые элементы содержания. На освоение темы отводится 9 занятий по 2 академических часа. Первое занятия – лекционное – посвящено классификации сплавов и их отличительным особенностям, второе и третье занятия более подробно останавливаются на сплавах черных металлов, в рамках которых рассматриваются их состав, строение и описываются свойства, помимо этого, для обучающихся создается учебная ситуация, в рамках которой они должны вспомнить, каким образом можно идентифицировать химические элементы и соединения, что позволяет выстроить связь с ранее пройденной темой «Металлы и неметаллы», при изучении которой обучающиеся уже познакомились с методами качественного анализа веществ. Важным элементом занятия является знакомство с методами аналитической химии для анализа качественного и количественного состава сплавов, используя которые обучающиеся учатся различать между собой железоуглеродистые сплавы, соотносить состав сплава с его свойствами и запоминают основные обозначения элементов, принятых как в химии, так и в материаловедении (табл. 1).

*Таблица 1*

**Условные обозначения химических элементов  
в периодической системе и в маркировке сплавов**

Элемент	Условное обозначение		Элемент	Условное обозначение	
	в периодической системе	в марке сплава		в периодической системе	в марке сплава
1	2	3	4	5	6
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Кремний	Si	С	Медь	Cu	Д

1	2	3	4	5	6
Хром	Cr	X	Бор	B	P
Никель	Ni	H	Азот	N	A
Вольфрам	W	B	Магний	Mg	III
Алюминий	Al	Ю	Углерод	C	У

Пятое и шестое занятия дублируют третье и четвертое по плану изложения, однако посвящены сплавам цветных металлов. Для организации каждого занятия в качестве источника информации по анализу сплавов применяются общедоступные алгоритмы, изложенные в специализированной литературе (табл. 2).

Таблица 2

### Схема анализа алюминиевого сплава (Алексеев В.Н., 1973)

Около 0,02-0,03 г сплава обрабатывают в конической пробирке 8-10 каплями 30%-го раствора щелочи и 2-3 каплями раствора $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (на случай присутствия Са) сначала на холоде, а затем при нагревании на водяной бане. После полного прекращения выделения пузырьков газа осадок отделяют центрифугированием и один раз промывают водой	
Осадок: гидроокиси, основные карбонаты или карбонаты меди, железа, марганца, никеля, магния и кальция. Обнаружение $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ и $\text{Ni}^{2+}$ и отделение их от $\text{Mg}^{2+}$ и $\text{Ca}^{2+}$ . Осадок растворяют при нагревании в нескольких каплях 6 н. раствора $\text{HNO}_3$ . В отдельных порциях полученного раствора обнаруживают $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ и $\text{Ni}^{2+}$ соответствующими реакциями. После этого осаждают их из оставшегося раствора действием $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ в присутствии $\text{NH}_4\text{OH}$ и $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Осадок сульфидов отделяют центрифугированием	Центрифугат: $\text{AlO}_2^-$ , $\text{ZO}_2^{2-}$ , $\text{SnO}_2^-$ (NaOH)
	Обнаружение $\text{Sn}^{2+}$ реакцией с $\text{HgCl}_2$ или $\text{Bi}(\text{OH})_3$ . Отделение $\text{Sn}^{2+}$ . Щелочной центрифугат подкисляют $\text{HCl}$ и осаждают сероводородом. Осадок отделяют центрифугированием
	Осадок: $\text{SnS}$
Не исследуется	Обнаружение $\text{Al}^{3+}$ и $\text{Zn}^{2+}$
Осадок: $\text{CuS}$ , $\text{Fe}_2\text{S}_3$ , $\text{MnS}$ , $\text{NiS}$ Не исследуется	Центрифугат: $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ и избыток $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ Обнаружение $\text{Ca}^{2+}$ и $\text{Mg}^{2+}$

Завершением изучения темы является практическое занятие, в ходе которого студенты решают экспериментальные задачи, среди которых также встречаются и задания на идентификацию указанного образца, по средствам проведения качественного анализа. Например: «Используя реактивы из приведенного перечня докажите, что перед вами находится железоуглеродистый сплав. Реактивы: HCl (р-р), NaOH, NH<sub>4</sub>SCN, NH<sub>4</sub>OH, HNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> [3].

Таким образом, при изучении темы «Основные виды сплавов» осуществляется межпредметная интеграция, которая позволяет сформировать устойчивую связь между химическим составом, строением и свойствами металлов и их сплавов, по средствам формирования навыков идентификации элементного состава, что в дальнейшем позволяет более эффективно определять области их применения.

#### ***Библиографический список***

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации (ред. от 17.02.2021; с изм. и доп., вступ. в силу с 10.02.2021). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/).
2. Распоряжение Минпросвещения России от 30.04.2021 № Р-98 «Об утверждении Концепции преподавания общеобразовательных дисциплин с учетом профессиональной направленности программ среднего профессионального образования, реализуемых на базе основного общего образования» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-minprosveshchenija-rossii-ot-30042021-n-r-98-ob-utverzhdenii/>
3. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полуанализа. Изд. 5-е, перераб. и доп. Под ред. д-ра хим. наук П.К. Агасяна. М.: Химия, 1973. 584 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция I. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

<i>Антипова Ю.В., Карпов Д.В., Сайкова С.В.</i> Изучение влияния цитрат-ионов на стабильность гидрозолей магнетита .....	3
<i>Воробьева А.С., Кирик С.Д., Товбис М.С.</i> Сравнительное исследование возможностей электросорбции для очистки от органических примесей в технологических и экологических целях .....	7
<i>Гацко Н.В., Горностаев Л.М.</i> Спектральная идентификация хлорофилла из комнатных растений .....	11
<i>Гнидан Е.В., Кузнецов Б.Н.</i> Экстракционное фракционирование лигнина древесины осины .....	14
<i>Горностаев Л.М., Фоминых О.И., Большаков И.Н.</i> Синтез и биологическая активность O,N-(2-сульфоэтил)хитозанов .....	17
<i>Игонин А.С., Исаева Е.И.</i> Синтез и свойства комплексного соединения меди (II) с моноэтаноламином .....	22
<i>Каргина О.И., Притчина Е.А., Грицан Н.П., Фоминых О.И., Горностаев Л.М.</i> Фотохромизм 5-арилоксиафто[1,2,3- <i>cd</i> ]индол-6(2H)-онов .....	27
<i>Карпов Д.В., Воробьев С.А., Антипова Ю.В., Михлин Ю.Л., Сайкова С.В.</i> Синтез и изучение физико-химических свойств плотных золей анизотропных наночастиц CuO .....	37
<i>Киришинева Е.А., Сайкова С.В., Пантелеева М.В., Григорьева Е.В.</i> Влияние параметров термической обработки на формирование фазы $Er_3Fe_5O_{12}$ .....	41
<i>Кроликов А.Е., Сайкова С.В.</i> Разработка метода одностадийного элюирования ионов никеля из катионита КУ-2-8 с образованием твердого продукта .....	46
<i>Макеева Д.А., Сайкова С.В.</i> Получение, стабилизация и изучение физико-химических свойств наночастиц феррита никеля .....	50
<i>Моргунова Н.А., Товбис М.С., Кирик С.Д.</i> Извлечение из растворов ионов металлов методом электросорбции (емкостной деионизации) .....	53

<i>Наточий И.О., Руденко Д.С., Фоминых О.И., Ромашкова Ю.Г., Курагина О.С. Горностаев Л.М.</i> О реакции хитозана с 4-нитрофторбензолом .....	60
<i>Наумова М.Н., Андриянов Е.В., Зимонин Д.В.</i> Спектрофотометрическое определение фенолов в колбасных изделиях .....	62
<i>Нетесова В.В., Сайкова С.В.</i> Влияние природы аминокислоты на получение гибридных наночастиц на основе феррита никеля и золота .....	65
<i>Нуретдинова Э.В., Ромашкова Ю.Г., Фоминых О.И., Горностаев Л.М.</i> Превращения 2-алкил(бензил)амино-1,4-нафтохинонов в кислых средах .....	69
<i>Павликов А.Ю., Сайкова Д.И., Карпов Д.В., Сайкова С.В.</i> Получение и характеристика магнитных наночастиц $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ .....	75
<i>Руденко Д.С., Горностаев Л.М., Кирик С.Д.</i> Синтез полициклических N-содержащих гетероциклов на основе 3-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинон-4-оксимов .....	78
<i>Сайкова Д.И., Павликов А.Ю., Сайкова С.В.</i> Получение магнитных наночастиц $\text{NiFe}_2\text{O}_4@Au$ типа ядро-оболочка и их характеристика физическими методами .....	87

## Секция II. МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (18)

<i>Артемяева А.С., Малиновская Н.А.</i> Процент экспрессии PGP, JAM-A, ZO-1 И CLDN5 при экспериментальной депрессии у крыс .....	90
<i>Белобородова Е.А., Малиновская Н.А.</i> Продукты гликирования AGE и их роль в патогенезе депрессии и аутизма .....	94
<i>Бояринова С.П.</i> Воздействие радиации на здоровье человека .....	98
<i>Бродников М.Е., Малиновская Н.А.</i> Применение скаффолдов в медицине .....	102
<i>Ваняйкин Р.А.</i> Оценка отсроченных эффектов ротенона при его пренатальном введении .....	106
<i>Денисова В.В., Тюльпанова К.А. Ромашкова Ю.Г.</i> Сравнительный анализ аскорбиновой кислоты разных производителей .....	110

<i>Засим М.С., Кутлуахметова Г.Р., Малиновская Н.А.</i> Прокальцитонин – маркер системной воспалительной реакции организма.....	115
<i>Захарова В.А., Малиновская Н.А.</i> Нейрогенез при аутизме .....	119
<i>Казак А.Ю., Пащенко С.И., Малиновская Н.А.</i> Понятие о полимерах медицинского назначения.....	123
<i>Комаров Д.С., Артюшенко П.В.</i> Моделирование структур ДНК – аптамеров к раку легкого .....	127
<i>Кочкина Е.В., Артюшенко П.В.</i> Определение структуры ДНК-аптамера для интраоперационного окрашивания глиобластомы .....	131
<i>Лесникова А.К., Надеин Д.В., Малиновская Н.А.</i> Экспрессия JAM-A в энторинальной коре головного мозга при экспериментальной ишемии.....	135
<i>Однопалова Д.С., Пащенко С.И.</i> Роль осмоса в патологии нарушений водно-минерального обмена .....	140
<i>Ондрина Н.П., Малиновская Н.А., Пащенко С.И.</i> Свободнорадикальное окисление и антиоксиданты.....	145
<i>Панченко А.А., Пащенко С.И.</i> Роль гемоглобина в регуляции кислотно-основного состояния .....	149
<i>Проскурина А.Д., Олейник А.С.</i> Использование фенольных соединений растительных экстрактов в качестве антиоксидантов в современном мире .....	154
<i>Сафонов А.В., Малиновская Н.А.</i> Антисептические материалы на основе полимерных взаимопроникающих сетей микрогелей и бензалкония хлорида .....	158
<i>Тюльпанова К.А., Денисова В.В., Ромашкова Ю.Г.</i> Сравнительный анализ препаратов-джереников.....	163

### **Секция III. ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ (11)**

<i>Биркун Е.А.</i> Продуктивное обучение в профессиональной подготовке педагогов .....	169
<i>Кудрявцева Н.В.</i> Оценивание как ключевая роль в управлении учебным процессом.....	172
<i>Лопатина О.И., Горностаев Л.М.</i> Применение теоретических знаний по химии на практических занятиях .....	176

<i>Лукьянцев В.И., Фоминых О.И.</i> Разработка школьных олимпиадных заданий по химии .....	179
<i>Мин Е.В., Горностаев Л.М.</i> Экспериментальные задачи как средство формирования естественнонаучной грамотности обучающихся 8–9 классов.....	183
<i>Михайлова А.В., Фоминых О.И.</i> Разработка элективного курса по химии .....	186
<i>Пелико В.В., Байчурин Р.И., Макаренко С.В.</i> Опыт организации проектной деятельности по химии учащихся старшей школы профильного направления .....	190
<i>Поддубецкая Н.Н., Брусиловская Е.Н., Рыженков И.В.</i> Системный подход в организации профориентационной работы как условие самоопределения учащихся на примере деятельности клуба «JuniorSkills – моя первая ступенька к профессиональной карьере» для учащихся 10–11 классов.....	193
<i>Пушкова В.В.</i> Духовно-нравственное воспитание обучающихся на уроках химии в основной школе .....	198
<i>Соловьева М.А., Фоминых О.И.</i> Разработка заданий по формированию естественнонаучной грамотности по химии у обучающихся 8 классов .....	206
<i>Сузгаева В.В., Горностаев Л.М.</i> Выдающийся учитель химии А.Н. Богуславский и его лучшие ученики .....	209
<i>Шенфельд Д.О., Фоминых О.И.</i> Разработка химической викторины для школьников .....	212
<i>Юдина Е.С., Горностаев Л.М.</i> Использование методов аналитической химии при изучении темы «Основные виды сплавов» в системе СПО .....	216

---

Редактор *Н.А. Агафонова*  
Корректор *А.П. Малахова*  
Верстка *Н.С. Хасанишина*

660049, Красноярск, ул. А. Лебедевой, 89.

Редакционно-издательский отдел КГПУ им. В.П. Астафьева, т. 217-17-52, 217-17-82

Подписано в печать 17.05.22. Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 14,0.

Бумага офсетная. Тираж 100 экз. Заказ № 05-РИО-003

Отпечатано в типографии «Литера-принт», т. 295-03-40