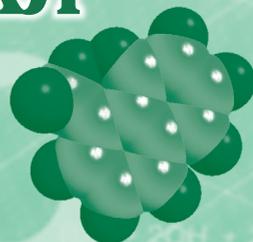
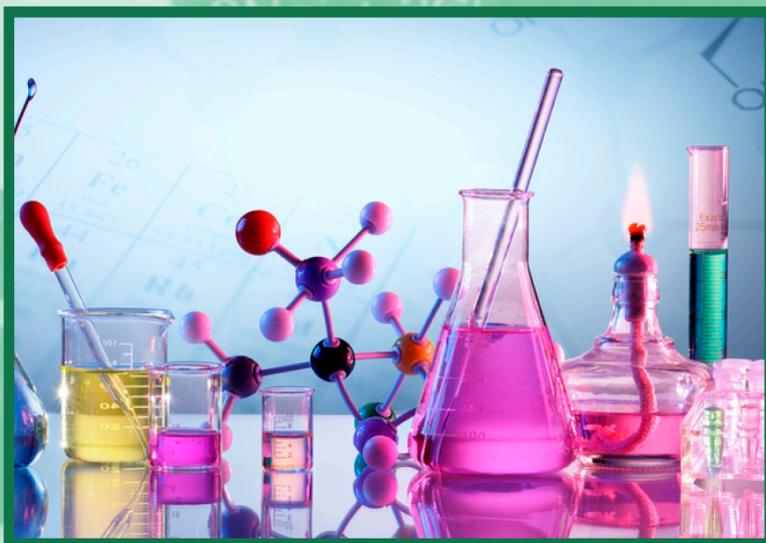


# ХИМИЧЕСКАЯ НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ КРАСНОЯРЬЯ



Материалы XIV Всероссийской  
научно-практической конференции  
в рамках XXII Международного  
научно-практического форума студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
«Молодежь и наука XXI века»

Красноярск, 20–21 мая 2021 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 XIV Всероссийской научно-практической  
конференции в рамках XXII Международного  
научно-практического форума студентов, аспирантов  
и молодых ученых «Молодежь и наука XXI века»*

*Красноярск, 20–21 мая 2021 г.*

КРАСНОЯРСК  
2021

ББК 24  
X 462

Редакционная коллегия:

*Л.М. Горностаев* (отв. ред.)

*Ю.Г. Ромашкова*

*О.И. Фоминых*

X 462 **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, 20–21 мая 2021 г. / отв. ред. Л.М. Горностаев; ред. кол.; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2021. – 280 с.

ISBN 978-5-00102-484-2

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 978-5-00102-484-2

© Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2021

---

# І СЕКЦІЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

---

## КОНТРОЛЬ РАЗМЕРА И ФОРМЫ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА CONTROL OF THE SIZE AND SHAPE OF GOLD NANOPARTICLES

**К.С. Артюхов**

Научный руководитель **С.В. Сайкова** –  
*доктор химических наук,  
профессор кафедры физической и неорганической химии  
Сибирского федерального университета, г. Красноярск*

**K.S. Artyukhov**

Scientific adviser **S.V. Saykova** –  
*Doctor of Chemical Sciences,  
Professor of the Department of Physical  
and Inorganic Chemistry,  
Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Наночастицы, золото, спектрофотометрия, просвечивающая электронная микроскопия, наносферы, наностержни.

*В данной работе было изучено влияние различных факторов на соотношение геометрических параметров анизотропных наночастиц (золотых наностержней). Полученные частицы были изучены с помощью спектрофотометрии и просвечивающей электронной микроскопии. Были найдены оптимальные условия синтеза наночастиц – условия, при которых образуются частицы с максимальным отношением длины к диаметру. Средняя длина полученных наностержней составила  $8 \pm 3$  нм, средний диаметр –  $3 \pm 1$  нм.*

Nanoparticles, gold, spectrophotometry, nanospheres, nanorods, transmission-electron microscopy.

*In this work, the influence of various factors on the ratio of the geometric parameters of anisotropic gold nanoparticles was studied. The resulting particles were studied using spectrophotometry and transmission electron microscopy. The optimal conditions for the synthesis of nanoparticles were found. The average length of the obtained nanorods was  $8 \pm 3$  nm, and the average diameter was  $3 \pm 1$  nm.*

**Н**аночастицы (НЧ) металлов несферической формы (наностержни, плоские частицы и т.п.) обладают анизотропией оптических свойств, которые определяются морфологией и размерами частиц, а также зависят от состояния их поверхности. Наностержни имеют анизотропную симметрию (две оси симметрии), и поэтому в спектре поглощения наблюдаются два максимума, соответствующие поперечному и продольному плазмонам. Наночастицы (НЧ) золота, обладающие анизотропными оптическими свойствами, являются перспективными кандидатами для широкого круга применения: в солнечной энергетике, фотовольтаике, для создания химических сенсоров и др. [1].

Для получения анизотропных наночастиц чаще всего применяют химические методы, которые позволяют задавать определенные условия роста частиц для придания им нужной формы. НЧ чаще всего получают путем восстановления  $\text{HAuCl}_4$ . Около сотни различных органических и неорганических соединений известны как восстановители золота и применяются для синтеза наночастиц золота. Однако далеко не все из них подходят для получения несферических НЧ.

Чтобы целенаправленно получать несферические коллоидные наночастицы металлов, необходимо создать искусственно анизотропные условия роста. Как вариант, при получении несферических наночастиц используется восстановление, в так называемых мягких матрицах, которые представляют собой мицеллярный раствор поверхностно-

активного вещества [2-3]. Главная проблема получения наночастиц золота – плохая воспроизводимость и не до конца изученные действия различных факторов.

Целью данной работы является выявление связи между условиями получения наночастиц золота и их формой, поиск оптимальных условий получения несферических наночастиц (наностержней) золота методом математического планирования и обработки результатов дробно-факторного эксперимента (ДФЭ 2<sup>7-4</sup>).

Контроль за формой образующихся наночастиц осуществляли методом UV-vis-спектроскопии. Известно, что положение длинноволнового максимума ППР определяется размерными факторами наностержня, а именно отношением длины к диаметру.

Синтез НЧ золота осуществляли в две стадии: получение зародышей и их рост с образованием анизотропных частиц. Первая стадия: к раствору бромида цетилтриметиламмония (СТАВ) добавляли  $\text{HAuCl}_4$  и цитрата натрия, перемешивали в течение нескольких минут и вводили при интенсивном перемешивании  $\text{NaBH}_4$ . На второй стадии к раствору СТАВ последовательно добавляли  $\text{HAuCl}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ , аскорбиновую кислоту и зародыши из первой стадии [4].

Для оптимизации условий синтеза получены две математические модели, в которых в качестве целевых функций выбрали положение длинноволнового максимума поверхностного плазмонного резонанса (ППР) гидрозолей наночастиц золота ( $Y_1$ ), а также отношение интенсивностей длинноволнового максимума ППР к низковолновому максимуму ( $F_1$ ). В качестве независимых переменных выбрали следующие условия синтеза:

$X_1$  – объем  $\text{HAuCl}_4$ , мл: 0,06 (+), 0,02 (-);

$X_2$  – объем цитрата натрия, мл: 0,12 (+), 0,04 (-);

$X_3$  – объем  $\text{NaBH}_4$ , мл: 0,06 (+), 0,04 (-);

$X_4$  – время синтеза, ч: 24 (+), 3 (-);

$X_5$  – кислотность системы: 4-5 (+), 3 (-);  
 $X_6$  – объём  $\text{AgNO}_3$ , мл: 0,1 (+), 0,05 (-);  
 $X_7$  – температура синтеза, °C: 50 (+), 30 (-).

Таблица 1

Матрица планирования ДФЭ 2<sup>7-4</sup>

№ опыта	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$Y_i = \lambda_{\max}$	$F_i = A(\lambda_{\max})/A(\lambda_{\min})$
1	-	-	-	+	+	+	-	637	0,80
2	+	-	-	-	-	+	+	727	0,84
3	-	+	-	-	+	-	+	700	0,73
4	+	+	-	+	-	-	-	720	0,84
5	-	-	+	+	-	-	+	730	0,78
6	+	-	+	-	+	-	-	677	0,78
7	-	+	+	-	-	+	-	663	0,64
8	+	+	+	+	+	+	+	707	0,75

В результате дробно-факторного эксперимента были получены два уравнения регрессии, описывающие зависимость положения второго максимума ППР ( $\lambda$ ) и отношения интенсивностей от исследованных факторов:

$$\lambda_{\max} = 695,0 + 12,5x_1 + 2,5x_2 - 3,3x_4 - 15,0x_5 + 11,7x_6 - 20,8x_7,$$

$$A(\lambda_{\max})/A(\lambda_{\min}) = 0,768.$$

В найденных оптимальных условиях были получены анизотропные НЧ золота с длинноволновым максимумом ППР при 730 нм (рис. 1а)

Наночастицы золота, полученные в оптимальных условиях, были изучены методом просвечивающей электронной микроскопии (рис. 1б). Полученные гидрозолы содержат наностержни золота ( $h=8 \pm 3$  нм;  $d = 3 \pm 1$ ) с положением максимума ППР при 730 нм и наносферы диаметром  $6 \pm 3$  нм. Выход сферических частиц составил 45%, наностержней – 55% (рис. 2).

Различие в массах полученных нч предполагает возможность их дальнейшего разделения путём ступенчатого центрифугирования.

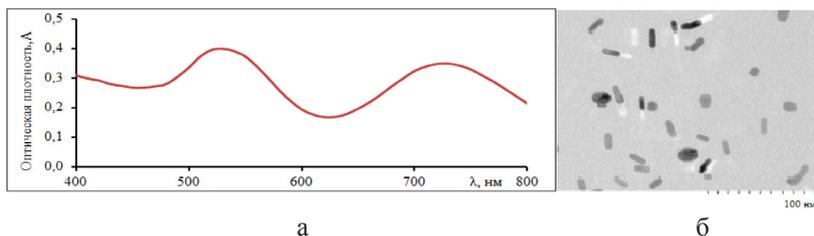


Рис. 1. а) Электронный спектр поглощения; б) Микрофотография наночастиц золота, полученных в оптимальных условиях

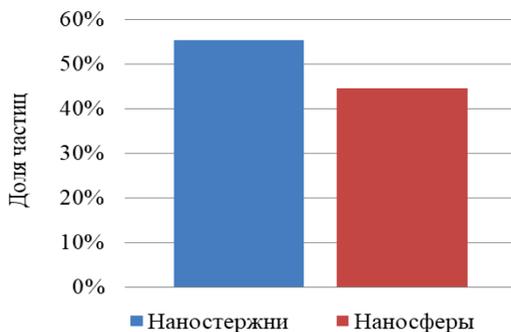


Рис. 2. Распределение частиц

### Библиографический список

1. Scarabelli, L.A. "Tips and Tricks" Practical Guide to the Synthesis of Gold Nanorods / L. Scarabelli, A. Sanchez-Iglesias, J. Perez-Juste, L.M. Liz-Marzan // J. Phys. Chem. Lett. 2015. №6. P. 4270–4279.
2. Bozhevolnyi, S.I. Optics of Nanostructured Materials. (Wiley Series in Lasers and Applications) / S.I. Bozhevolnyi, V.A. Markel, Th.F. George. New York: Wiley-Interscience, 2000. P. 73.
3. Schatz, G.C. Theochem / G.C. Schatz // J. Mol. Struct. 2001. Vol. 573. №73 P. 108.
4. Liu M. Mechanism of Silver(I)-Assisted Growth of Gold Nanorods and Bipyramids/ M. Liu, P. Guyot-Sionnest // J. Phys. Chem. 2005. №109. P. 22192–22200.

**АКТИВНОСТЬ ИОНОВ ВОДОРОДА (рН)  
КАК ВАЖНЫЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ  
ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ  
КАЧЕСТВА ВОДЫ**

**HYDROGEN ION ACTIVITY (pH) AS AN IMPORTANT  
HYDROCHEMICAL INDICATOR FOR ENVIRONMENTAL  
ASSESSMENT OF WATER QUALITY**

**С.П. Бояринова, В.А. Марковская**

*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС  
России, г. Железногорск*

**S.P. Boyarinova, V.A. Markovskaya**

*Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service  
of the Ministry of Emergencies of Russia, Zheleznogorsk*

Определение рН, потенциметрический метод, колориметрический метод, качество воды.

*Водородный показатель имеет очень большое значение как при решении научных вопросов, так и при разработке технологических процессов в самых различных отраслях народного хозяйства. В работе рассмотрен потенциметрический метод определения рН, дающий более точные результаты исследования.*

Determination of pH, potentiometric method, colorimetric method, water quality.

*The hydrogen index is of great importance both in solving scientific issues and in the development of technological processes in various sectors of the national economy. The paper considers a potentiometric method for determining pH, which gives more accurate research results.*

**И**ntenсивная эксплуатация природных источников, мощное развитие промышленности и недостаточная вторичная очистка воды привели к сильному загрязнению водоемов. В больших городах с населением 5–10 млн человек потребление воды очень велико: до тысячи и больше литров

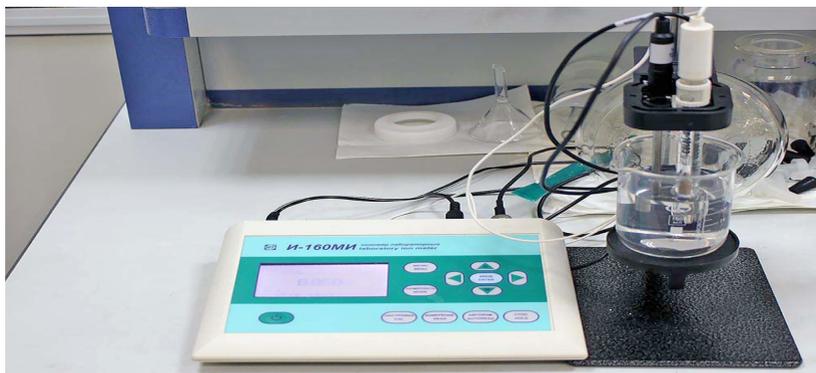
в день на человека. Города растут, растут и проблемы водоснабжения. Та вода, которая есть, очень загрязнена, и требуются огромные силы и средства на ее очистку. Природа не справляется с мутными реками стоков, которыми города наполняют реки планеты.

Говоря о качестве воды, мы имеем в виду основанные на нормативах ее потребительские свойства, т.е. пригодность для пищевого, хозяйственного или другого использования. Оценить качество воды и обозначить тенденции в его изменении можно с помощью физических, химических, биологических исследований.

Гидрохимическая группа показателей качества воды включает характеристики, свойственные воде в ее естественном (природном) состоянии. В число основных гидрохимических показателей качества воды входят: водородный показатель (рН), растворенный кислород, минерализация (анионы – карбонаты, 14 гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, катионы (кальций, магний, натрий и калий), сухой остаток, общая жесткость, биогенные элементы (нитраты, фосфаты, аммоний, нитриты, фториды, железо общее) [1].

Из большого арсенала методов определения рН растворов следует выделить два основных метода: колориметрический и потенциометрический. Колориметрический метод основан на применении фотоколориметров или спектрофотометров, с помощью которых измеряют изменение оптической плотности раствора в присутствии кислотно-основного индикатора, в зависимости от величины рН. Потенциометрический метод основан на измерении ЭДС электродной системы, состоящей из индикаторного электрода и электрода сравнения [2].

Для определения рН воды в лабораторных условиях используется ионметр лабораторный И-160 МИ. Прибор состоит из преобразователя, блока сетевого питания и системы электродов (рис. 1).



*Рис. 1. Ионметр лабораторный И-160МИ*

Преобразователь выполнен в корпусе из пластмассы и литой алюминиевой панели. На лицевой панели расположены органы управления, настройки, цифровой жидкокристаллический индикатор, гнездо для подключения электродов и вилка для подключения термокомпенсатора.

Электродная система состоит из индикаторного электрода и электрода сравнения, в качестве которого обычно выступает насыщенный хлорид-серебряный электрод. Основным элементом потенциметрической системы является рН-чувствительный стеклянный электрод, изготовленный из специального стекла, обладающего ионообменными свойствами.

Стеклянные электроды применяют для определения рН растворов, содержащих тяжелые металлы, окислители и восстановители, а также коллоидных растворов и эмульсий. Стеклянный электрод обычно имеет форму пробирки, донная часть которой выполнена в виде тонкостенной стеклянной пластинки или в виде шарика с толщиной стенок не более 0,01 мм.

Прибор ионметр И-160 МИ проверяют и настраивают всегда по тому буферному раствору, рН которого близок к рН исследуемого раствора. Например, для измерения рН в области от 2 до 6 готовят буферный раствор по Зеренсену

с рН=3 или 4 или применяют стандартный буферный раствор с рН=4,62[3].

Потенциометрический (электрометрический) метод определения величины рН воды со стеклянным электродом более универсален и точен. Большинство серийных иономеров позволяют производить измерения с точностью 0,05–0,02 единицы рН. Он пригоден для анализа вод с широким диапазоном минерализации и содержащих окрашенные и взвешенные вещества.

#### ***Библиографический список***

1. Кабиров Р.Р., Сугачкова Е.В., Фазлутдинова А.И. Оценка качества окружающей среды [Текст]: учебно-методическое пособие. Уфа: Изд-во БГПУ им. М. Акмуллы, 2019. 160 с.
2. Аронбаев С.Д. Исследование рН-функции углеграфитовых электродов, модифицированных хингидроном //Химия и биология. 2020. № 2. С. 22–30.
3. Практическое руководство МЕТТЛЕР ТОЛЕДО по измерению рН [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://www.mt.com/ru/ru/home/library/guides/lab-analytical-instruments/pH-Theory-Guide.html>

### **СИНТЕЗ И РЕАКЦИИ 2-ПРОПАРГИЛАМИНО- 3-ХЛОР-1,4-НАФТОХИНОНА SYNTHESIS AND REACTIONS OF 2-PROPARGYLAMINO-3-CHLORINE- 1,4-NAPHTHOQUINONE**

**А.С. Гоманец, О.Р. Гоманец, О.И. Фоминых**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук,  
профессор кафедры биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного  
педагогического университета им. В.П. Астафьева,  
г. Красноярск*

**A.S. Gomanets, O.R. Gomanets O.I. Fominykh**  
 Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –  
*Doctor of Chemical Sciences,*  
*Professor of the Department of Biology,*  
*Chemistry and Ecology,*  
*Krasnoyarsk State Pedagogical University*  
*named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk*

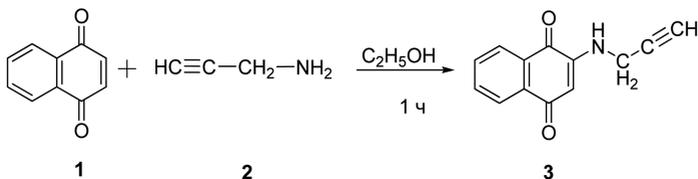
Пропаргиламин, 1,4-нафтохиноны, биологическая активность, доксорубин, 9,10-антрахинон.

*Установлено, что 2-пропаргиламино-3-хлор-1,4-нафтохинон превращается в конечный продукт 4,9-диоксо-1-(2-пропаргил)-4,9-дигидро-1H-нафто[2,3-d][1,2,3]триазол 2-оксид с достаточно высоким выходом через ряд стадий, включающих нитрозирование, замещение хлора азидо-группой и последующей циклизацией.*

Propargylamine, 1,4-naphthoquinones, biological activity, doxorubicin, 9,10-anthraquinone.

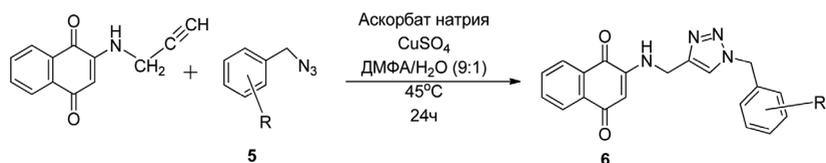
*It was found that 2-propargylamino-3-chloro-1,4-naphthoquinone is converted into the final product 4,9-dioxo-1-(2-propargyl)-4,9-dihydro-1H-naphtho[2,3-d][1,2,3]triazole in a fairly high yield, through a series of stages, including nitrosation, substitution of chlorine with an azido group, and subsequent cyclization.*

**В** настоящее время исследовательские центры разных стран ведут активную работу, связанную с использованием 2-пропаргиламино-1,4-нафтохинона [1]. В экономическом плане 2-пропаргиламино-1,4-нафтохинон (**3**) является достаточно доступным продуктом. Его получают окислительным аминированием 1,4-нафтохинона пропаргиламином [2].

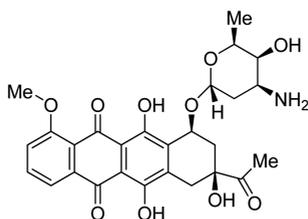


Многие изученные на данный момент вещества, полученные в том числе на основе 2-пропаргиламино-1,4-нафтохинона, проявляют противоопухолевую активность. В настоящее время известен ряд производных 2-пропаргиламино-1,4-нафтохинона, проявляющих цитотоксическую активность.

Так, при введении 2-пропаргиламино-1,4-нафтохинона в клик-реакцию с азидами образуются триазолы [2].



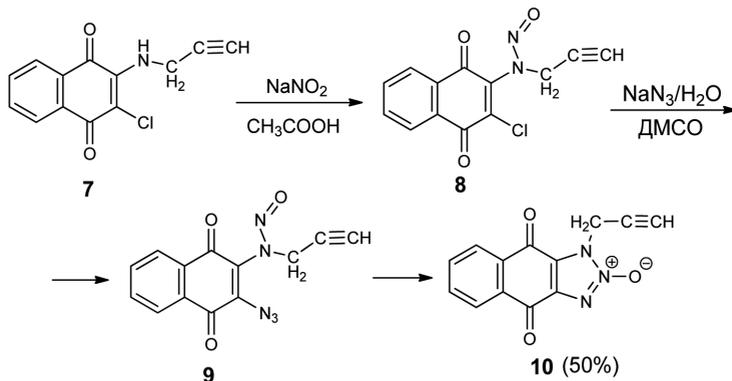
Представленные продукты проявляют цитотоксическую активность в отношении ряда раковых клеток MCF-7 (аденокарцинома молочной железы человека), HT-29 (колоректальная аденокарцинома человека) и MOLT-4 (человеческий острый лимфобластный лейкоз), сопоставимых с активностью доксорубина – известного противоопухолевого препарата (рис. 1).



**Доксорубин**

В работах, выполненных в экспериментальной химической лаборатории КГПУ им. В.П. Астафьева, была синтезирована большая группа 1-алкил-4,9-диоксо-1H-нафто[2,3-d][1,2,3]триазол-2-оксидов и их производных; некоторые из них проявляют противоопухолевую активность, сопоставимую с активностью доксорубина [3-5].

Учитывая вышеизложенное, мы получили 4,9-диоксо-1-(-2-пропаргил)-4,9-дигидро-1Н-нафто[2,3-*d*][1,2,3]триазол 2-оксид **10** по следующей схеме:



Структуры соединений **8** и **10** были подтверждены методами физико-химического анализа. Электронный спектр поглощения полученного нами продукта **10** и УФ-спектры подобных, ранее описанных соединений, схожи. Спектры этих соединений представлены на рисунке 1.

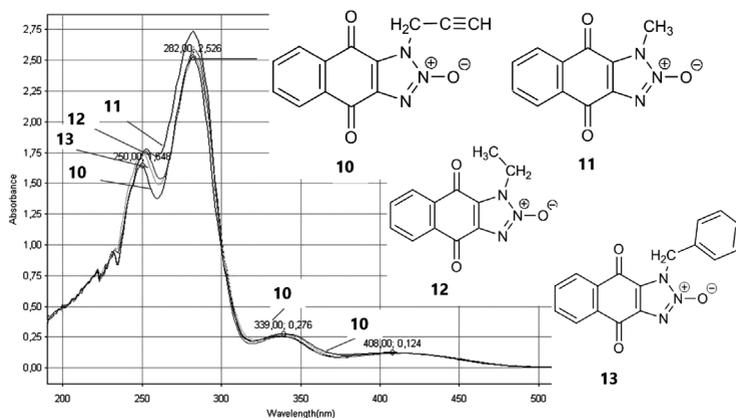
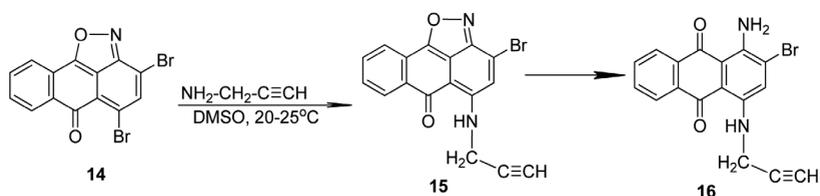


Рис. 1. Электронные спектры поглощения триазол-2-оксидов

Таким образом, нами разработан синтетический подход к 4,9-диоксо-1-(2-пропаргил)-4,9-дигидро-1H-нафто[2,3-d][1,2,3]триазол-2-оксиду, и спектральными методами идентифицирована его структура.

В дальнейшем планируется изучение неизвестных ранее реакций, позволяющих вводить пропаргиламиновый фрагмент в производные 9,10-антрахинона. Мы ожидаем, что при этом будут получены продукты, интересные в плане изучения их биологической активности. Нами найдено, что 3,5-дибром-6H-антра[1,9-cd]изоксазол-6-он (**14**) при обычной температуре (20–25 °С) действительно реагирует с пропаргиаламином, при этом судя по УФ спектру основного вещества происходит аминирование субстрата **15** и его расщепление по связи O-N, что приводит к 1-амино-2-бром-4-пропаргиламино-9,10-антрахинону (**16**) наряду с другими веществами, структура которых будет установлена.



### *Библиографический список*

1. Zhang, J. Divergent synthesis of 1- and 2-substituted naphtha[2,3-d][1,2,3]triazole-4,9-diones. / J. Zhang, C.-W.T. Chang. J. Org. Chem. 2009. Vol. 74. P. 4414–4417
2. Gholampour M., Ranjbar S., Edraki N., Mohabbati M., Firuzi O., Khoshneviszadeh M. // Bioorganic Chemistry. 2019. Vol. 88. P. 102967–102976.
3. Diogo E.B.T., Dias G.G., Rodrigues B.L., Guimarães T.T., Valença W.O., Camara C.A., ... da Silva Júnior E.N. // Bioorganic & Medicinal Chemistry. 2013. Vol. 21(21). P. 6337–6348.
4. Радаева Н.Ю., Долгушина Л.В., Сакилиди В.Т., Горностаев Л.М. Циклизация 2-азидо-3-(алкил-N-нитрозоамино)-1,4-

нафтохинонов в 1-алкил-4,9-диоксо-1H-нафто[2,3-d][1,2,3] триазол-2-оксиды. Журнал органической химии. 2005. Т. 41. Вып. 6. С. 926–927.

- Gornostaev L.M. Tsvetkov V.B.; Markova A.A.; Lavrikova T.I.; Khalyavina Y.G.; Kuznetsova A.S.; Kaluzhny D.N.; Shunayev A.V.; Tsvetkova M.V.; Glazunova V.A.; Chernyshev V.V.; Shtil A.A. // *Anti-Cancer Agents Med. Chem.* 2017. Vol. 17. 1814–1823.

**ИЗУЧЕНИЕ АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ  
2,6-ДИАЛКИЛ-4-((ДОДЕЦИЛТИО)МЕТИЛ)ФЕНОЛОВ**  
STUDY OF THE ANTIRADICAL ACTIVITY  
OF 2,6-DIALKYL-4-((DODECYLTHIO)METHYL)  
PHENOLS

**М.А. Домашенко**

Научные руководители **А.С. Хомченко, А.С. Олейник** –  
*доценты кафедры химии Новосибирского государственного  
педагогического университета, г. Новосибирск*

**M.A. Domashenko**

Scientific advisers **A.S. Khomchenko, A.S. Oleynik** –  
*Associate Professors, Department of Chemistry, Novosibirsk  
State Pedagogical University, Novosibirsk*

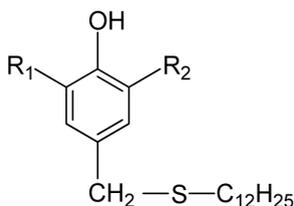
Антиоксиданты, серосодержащие производные фенолов, 4-((додецилтио)метил)-ортодиалкилфенолы, антирадикальная активность.

*В работе рассмотрены вопросы изучения антирадикальной активности 2,6-диалкил-4-((додецилтио)метил)фенолов с использованием модельной реакции окисления кумола, предложенной ранее В.Ф. Цепаловым, и волюмометрической установки типа Варбург.*

Antioxidants, sulfur-containing derivatives of phenols, 4-((dodecylthio)methyl)orthodialkylphenols, anti-radical activity.

*The article is devoted to the study of the antiradical activity of 2,6-dialkyl-4-((dodecylthio)methyl) phenols using a model reaction of cumene oxidation, proposed earlier by V. F. Tsepalov, and a volumetric installation of the Warburg type.*

Для поиска новых высокоэффективных ингибиторов свободно-радикального окисления различных органических субстратов в НИИ химии антиоксидантов Новосибирского государственного педагогического университета был осуществлен синтез структурно взаимосвязанных рядов *орто*-замещенных *пара*-тиаметилфенолов.



I  $R_1 = R_2 = \text{Me}$ ; II  $R_1 = R_2 = \text{Et}$ ; III  $R_1 = \text{Me}$ ,  $R_2 = i\text{-Pr}$ ; IV  $R_1 = \text{cyclo-C}_6\text{H}_{11}$ ,  $R_2 = t\text{-Bu}$ .

Целью настоящей работы явилось сравнительное изучение антирадикальной активности полученных 2,6-диалкил-4-((додецилтио)метил)фенолов в сравнении с ионолом в модельной реакции инициированного азо-бис-изобутиронитрилом окисления кумола ( $60^\circ\text{C}$ ).

Показано, что реакции исследуемых тиоалкилфенолов с кумилпероксидными радикалами характеризуются константами  $1,22\text{--}2,22 \cdot 10^5 \text{M}^{-1}\text{C}^{-1}$ . Среди исследуемых соединений наиболее высокими значениями константы скорости  $k_7$  характеризовались соединение III с метилизопропильным *орто*-замещением фенольной группы. Реперный ингибитор (ионол) существенно уступал по эффективности исследованным соединениям (в 5–10 раз).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о способности исследуемых соединений I–IV эффективно ингибировать процессы свободнорадикального окисления посредством взаимодействия с кумилпероксидными радикалами.

**ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИЗОБОРНИЛФЕНОЛОВ  
АЗОТ- И СЕРОСОДЕРЖАЩИМИ ГРУППАМИ**  
**FUNCTIONALIZATION OF ISBORNYLPHENOLS  
BY NITROGEN- AND SULFUR-CONTAINING GROUPS**

**И.А. Емельянова, А.П. Забабурина**

Научный руководитель **Н.В. Кандалинцева** –  
*доктор химических наук,  
доцент, зав. кафедрой химии  
Новосибирского государственного  
педагогического университета, г. Новосибирск*

**I.A. Emelyanova, A.P. Zababurina**

Scientific adviser **N.V. Kandalintseva** –  
*Doctor of Chemical Sciences,  
Associate Professor, Head of the Department of Chemistry,  
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk*

Терпенофенолы, изоборнилфенолы, реакция алкилирования, бидентатные N,O-лиганды, антиоксиданты.

*По реакции крезолов с изоборнеолом получены 2- и 4-изоборнилфенолы, на основе которых осуществлен синтез диэтиламинометил- и додецилтиометилзамещенных производных.*

Terpenophenols, isobornylphenols, alkylation reaction, bidentate N, O-ligands, antioxidant.

*By the reaction of cresols with isoborneol, 2- and 4-isobornylphenols were obtained, on the basis of which the synthesis of diethylaminomethyl- and dodecylthiomethyl-substituted derivatives was carried out.*

**В**ажную роль в создании комплексов металлов для асимметрического катализа играют бидентатные хиральные N,N- и N,O-лиганды. Для получения хиральных лигандов широко используются доступные природные монотерпены: (-)- $\alpha$ -пинен, (-)- $\beta$ -пинен, (+)-лимонен [1]. По нашему мнению, перспективными строительными блоками для соз-

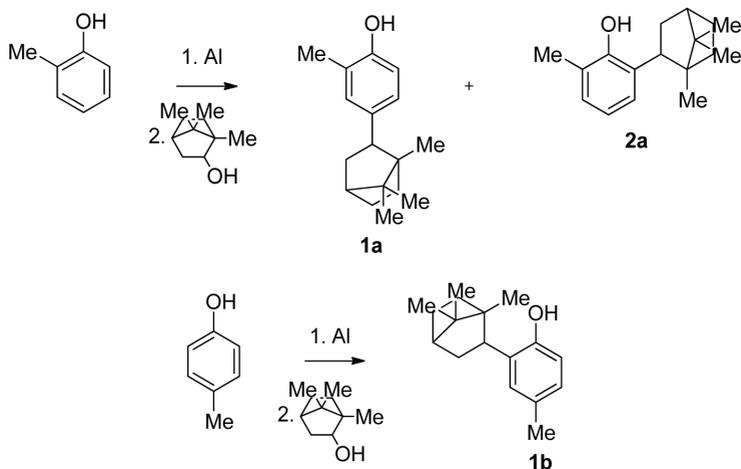
дания таких лигандов могут являться терпенофенолы и, в частности, изоборнилфенолы. К настоящему времени установлено, что изоборнилфенолы проявляют высокие антиоксидантные и ценные фармакологические свойства.

Особый интерес представляет синтез азотсодержащих производных изоборнилфенолов, которые могут являться, с одной стороны, прототипами для хиральных бидентатных N,O-лигандов, с другой – полупродуктами для синтеза соответствующих сульфидов, представляющих интерес как перспективные полифункциональные биоантиоксиданты.

Целью настоящей работы является синтез азот- и серо-содержащих производных на основе изоборнилфенолов.

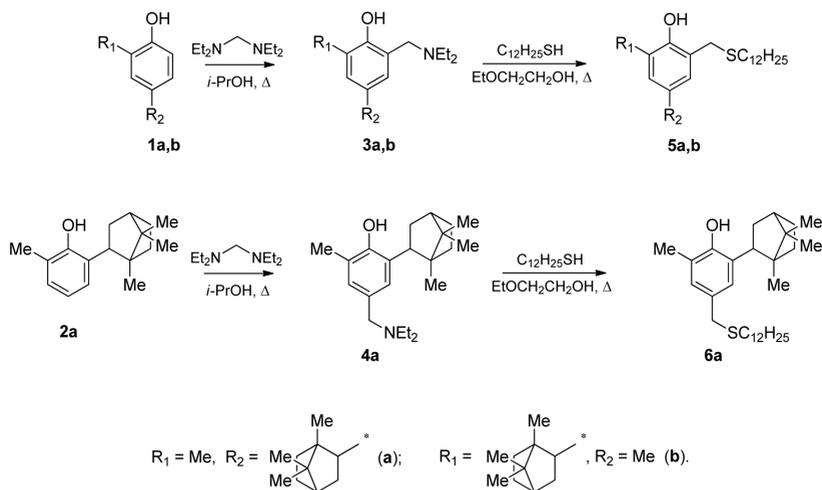
Исходные изоборнилфенолы получали алкилированием соответствующих фенолов изоборниловым спиртом. Ранее в работе [2] было показано, что взаимодействие фенолята алюминия с терпеновыми спиртами (в том числе и изоборнеолом) приводит к продуктам C-алкилирования с хорошими выходами. Данный подход был успешно использован нами в настоящей работе для получения изоборнилзамещенных крезолов.

Схема 1



Взаимодействие *орто*-крезолята алюминия с изоборнеолом (1:1) при 160°C приводило к смеси, содержащей 28% соединения **1a**, 41% - соединения **2a**, а также 19% 2-метил-6-изокамфилфенола. Соединения **1a** и **2a** были получены с практическими выходами 18% каждый. Реакция *пара*-крезолята алюминия с изоборнеолом в аналогичных условиях приводила к смеси, содержащей 77% соединения **1b**. Стоит отметить, что в синтезе **1b** нами зафиксировано значительно меньшее количество (~4%) побочного продукта – 4-метил-2-изокамфилфенола. Практический выход соединения **1b** составил 64% (Схема 1).

### Схема 2



Аминометилирование изоборнилфенолов **1a,b** и **2a** проводили с использованием N,N,N',N'-тетраэтилметиленамина по методике [3]. Реакция протекала гладко и с выходами 80–85% приводила к целевым аминометилзамещенным производным **3a,b** и **4a**. Полученные вещества представляют интерес в качестве прототипов для хиральных бидентатных N,O-лигандов, которые могут быть использованы для соз-

дания комплексов переходных металлов, например, Ru(II), Rh(I) и Ir(I). Комплексы этих металлов применяют в качестве катализаторов в реакциях асимметрического восстановления карбонильных групп, ведущих к оптически активным вторичным спиртам, гидроксокислотам и их эфирам.

Соединения **3a,b** и **4a** также успешно использованы нами для синтеза соответствующих сульфидов **5a,b** и **6a**. Реакцию аминов **3a,b** и **4a** с додекантиолом проводили в условиях, предложенных ранее для синтеза додецилсульфанилметильных производных кверцетина [4], что позволило получить соответствующие гидроксibenзилсульфиды **5a,b** и **6a** с хорошими выходами (85–95%) (Схема 2).

Полученные серосодержащие производные изоборнилфенолов, содержащие дополнительную фармакофорную группу, являются аналогами антиоксидантов Irganox 1726® и F-21-S, способных комплексно ингибировать процесс окисления и характеризующихся высокой эффективностью. Антиоксидант F-21-S также проявляет ценные фармакологические свойства: обладает противоопухолевым, мембраностабилизирующим и цитопротекторным действием [5].

### **Библиографический список**

1. Larionov S.V., Tkachev A.V., Myachina L.I., Savel'eva Z.A., Glinkskaya L.A., Klevtsova R.F., Agafontsev A.M., Bizyaev S.N. Synthesis of binuclear complexes of PdCl<sub>2</sub> with chiral  $\alpha,\alpha'$ -diaminometaxylene dioximes H2L1, H2L2, and H2L3, the derivatives of the terpenes (+)-3-carene, (R)-(+)-limonene, and (S)-(-)- $\alpha$ -pinene. Crystal structure of [Pd<sub>2</sub>(H2L1)Cl<sub>4</sub>] // Russ. J. Coord. Chem. 2009. Vol. 35, №4. P. 286–295.
2. Кучин А.В., Федорова И.В., Королева А.А., Чукичева И.Ю. Новая реакция фенолята алюминия с терпеновыми спиртами // Доклады академии наук. 2010. № 6. С. 768–770.
3. Frasinuk M., Mrug G.P., Bondarenko S.P., Sviripa V.M., Zhang W., Cai X., Fiandolo M., Mohler J.L., Liu C., Watt D. Application of Mannich Bases to the Synthesis of Hydroxymethylated Isofla-

- vonoids As Potential Antineoplastic Agents // Org. Biomol. Chem. 2015. Vol. 13. №46. P. 11292–11301.4. Багавиева Т.К., Ягунов С.Е., Хольшин С.В., Просенко А.Е. Модификация кверцетина (додецилсульфанил)метильной группой // Изв. АН. Сер. хим. 2019. №1. С 194–196.
5. Низомов С.А., Сорокина И.В., Жукова Н.А., Толстикова Т.Г., Семенов Д.Е., Просенко А.Е. Морфологическая оценка простатотропной активности (3,5-диметил-4-гидрокси)бензилтиододекана на модели доброкачественной гиперплазии предстательной железы у крыс // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2019. №6. С. 772–776.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ  
БЕНЗОТИАЗОЛИЛЗАМЕЩЁННОГО  
4-НИТРОЗОПИРАЗОЛА**  
REDUCTION OF BENZOTHIAZOLYL-SUBSTITUTED  
4-NITROSOPYRAZOLE

**И.А. Зубов, П.С. Бобров**  
Научный руководитель **Г.А. Субоч** –  
*профессор, доктор химических наук, заведующий кафедрой  
органической химии и технологии органических веществ  
Сибирского государственного университета  
им. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск*

**I.A. Zubov, P.S. Bobrov**  
Scientific adviser **G.A. Suboch** –  
*Professor, Doctor of Chemical Sciences,  
Head of the Department of Organic Chemistry and Technology  
of Organic Substances of Reshetnev Siberian State University  
of Science and Technology, Krasnoyarsk*

Аминопипразол, восстановление, нитрозопипразол, ЯМР-спектроскопия, гетарилпипразол.

*В настоящей работе приведены данные по синтезу ранее неизвестного 4-амино-1-(бензотиазол-2-ил)-3-метил-5-фенил-1Н-пипразола вос-*

*становлением 1-(Бензотиазол-2-ил)-4-нитрозо-3-метил-5-фенил-1H-пиразола в дихлорметане. Строение нового гетарилзамещённого аминопиразола подтверждено современными физико-химическими методами анализа.*

Aminopyrazole, reduction, nitrosopyrazole, NMR spectroscopy, hetarylpyrazole.

*This work presents data on the synthesis of 4-amino-1-(benzothiazol-2-yl)-3-methyl-5-phenyl-1H-pyrazole by the reduction of 1-(benzothiazole-2-yl)-4-nitroso-3-methyl-5-phenyl-1H-pyrazole in dichloromethane. We have proven the structure of the new hetaryl-substituted aminopyrazole with modern physicochemical methods.*

Производные пиразола обладают полезной биологической активностью и используются в качестве лекарственных препаратов. Известны аминопиразолы, обладающие антибактериальными, противогрибковыми [1], а также анальгетическими и жаропонижающими свойствами [2].

В недавних исследованиях [3] был обнаружен вклад тиазольного цикла в проявление выраженной противовоспалительной активности у изучаемых соединений. Введение бензотиазольного заместителя в 4-аминопиразолы может существенно изменить и усилить их полезную биологическую активность. Оценить потенциальную биологическую активность химических соединений на стадии планирования синтеза возможно с помощью компьютерного прогнозирования биологической активности [4;5].

При прогнозировании биологической активности ранее неизвестных 1-бензотиазолил-4-аминопиразолов с помощью платформы PASS-Online была выявлена противовоспалительная и противоопухолевая активность с высокой вероятностью экспериментального подтверждения. С вероятностью 30–50% бензотиазолил-4-аминопиразолы могут стать ингибиторами таких ферментов, как циклооксигеназа и лакказа. Исходя из вышеизложенного, поиск новых методов

синтеза бензотиазолил-4-аминопиразолов является актуальной задачей.

Недавно на кафедре Органической химии и технологии органических веществ СибГУ им. М.Ф. Решетнёва разработан способ получения ранее недоступных 1-гетарилзамещённых 4-нитрозопиразолов [6], которые могут послужить исходными соединениями для синтеза соответствующих аминопиразолов. Поэтому целью настоящей работы стал синтез 4-амино-1-(бензотиазол-2-ил)-3-метил-5-фенил-1H-пиразола восстановлением соответствующего нитрозопиразола.

Ход реакции и чистоту соединений контролировали методом ТСХ на пластинах Sorbfil марки ПТСХ-АФ-В (Россия), пятна детектировали в ультрафиолетовом свете. ИК спектры получены на ИК микроскопе SpecTRA TECH InspecIR на базе ИК Фурье-спектрофотометра Impact 400. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и ЯМР  $^{13}\text{C}$  записывали в  $\text{CDCl}_3$  на приборе Bruker Avance III 600, 13 МГц (рис. 2).

1-(Бензотиазол-2-ил)-4-нитрозо-3-метил-5-фенил-1H-пиразол восстанавливали гидразингидратом в присутствии 0,5 % Pd/C в дихлорметане при комнатной температуре (рис. 1). Полученное соединение представляет собой светло-жёлтые кристаллы, растворимые в дихлорметане, этилацетате, диэтиловом эфире и нерастворимые в воде.

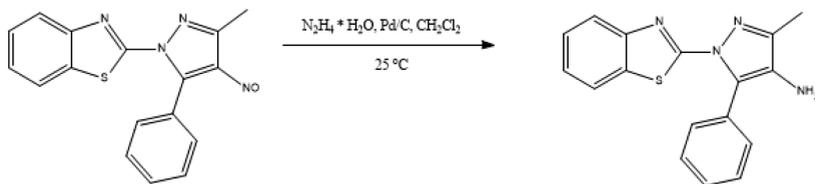


Рис. 1. Синтез 4-амино-1-(бензотиазол-2-ил)-3-метил-5-фенил-1H-пиразола

На ИК спектре присутствуют полосы поглощения, характерные для аминогруппы в области  $3500\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ . На ЯМР  $^1\text{H}$  спектре полученного соединения зарегистрированы сигналы протонов метильной группы в виде синглета в области 2,4 м.д. и синглет протонов аминогруппы в области 3,07 м.д., а также в области 7,75–7,25 м.д. сигналы протонов ароматических колец.

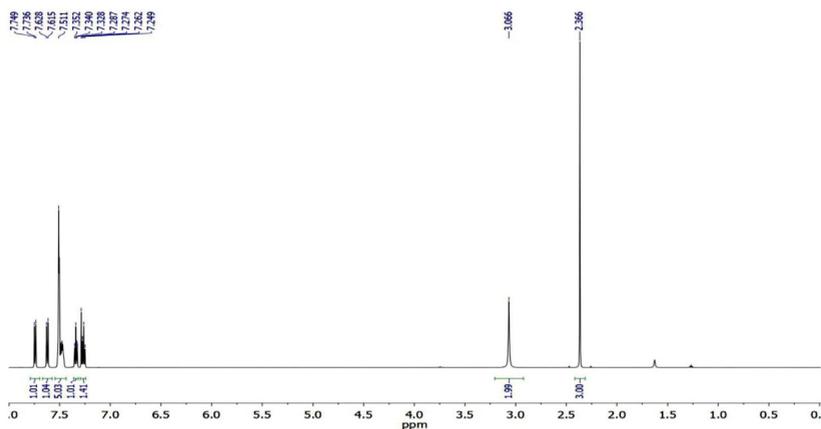


Рис. 2. ЯМР  $^1\text{H}$  спектр 1-(бензотиазол-2-ил)-3-метил-5-фенил-1Н-пиразол-4-амина

Для синтеза 4-амино-1-(бензотиазол-2-ил)-3-метил-5-фенил-1Н-пиразола в раствор 1-(Бензотиазол-2-ил)-4-нитрозо-3-метил-5-фенил-1Н-пиразола (0,3 г, 0,00094 моль) в дихлорметане (15 мл) вводили мелко растёртый Pd/C 0,5% (0,15 г), затем при перемешивании по каплям вводили гидразингидрат (0,094 г, 0,0019 моль). Через 2 часа, по окончании реакции, катализатор отфильтровывали, фильтрат упаривали, твёрдый остаток промывали диэтиловым эфиром и сушили на воздухе. Выход 0,213 г (74%). Продукт представляет собой бледно-жёлтые кристаллы с  $T_{\text{пл}} = 160\text{--}162\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3336, 3426 ( $\text{NH}_2$ ). ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 7,75 – 7,25 м.д. (д, 1H, Ar; д, 1H, Ar; м, 7H, Ar), 3,07 м.д. (с, 2H,  $\text{NH}_2$ ), 2,37 м.д. (с, 3H,  $\text{CH}_3$ ).

### **Библиографический список**

1. Burgart Y.V., Agafonova N.A., Shchegolkov E.V. Multiple biological active 4-aminopyrazoles containing trifluoromethyl and their 4-nitroso-precursors: Synthesis and evaluation, 2020, Vol. 208, P. 1–17.
2. Хайрутдинов Ф.Г. Синтез лекарственных веществ: учебно-методическое пособие. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Казанский национальный исследовательский технологический университет. Казань: Издательство КНИТУ, 2014. 136 с.
3. Кодониди И.П. Синтез 2,6-диалкильных производных пиримидин-4(1H)-она, обладающих противовоспалительным действием / И.П. Кодониди, Д.С. Аненко, А.Ю. Терехов [и др.] // Фармация, 2021. Т. 70. №1. С. 11–17.
4. Филимонов Д.А., Лагунин А.А., Глориозова Т.А. [и др.] Предсказание спектров биологической активности органических соединений с помощью веб-ресурса PASS Online // Химия гетероциклических соединений. 2014. № 3. С. 483–499.
5. Аненко Д.С. Прогноз и синтез нового N-сульфаниламидного производного 6-метил-2-этилпиримидин-4(1H)-она / Д.С. Аненко, И.П. Кодониди, Л.П. Смирнова, А.В. Ивченко // Беликовские чтения материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 10–14.
6. Бобров П.С., Закатова А.К., Субоч Г.А. Изучение взаимодействия хиноксалилгидразина с функционализированными  $\beta$ -дикарбонильными соединениями // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2020. С. 163–164.

**ЦИКЛОКОНДЕНСАЦИЯ  
3-ГИДРОКСИИМИНОПЕНТАН-2,4-ДИОНА  
С 2-ГИДРАЗИНИЛБЕНЗОТИАЗОЛОМ  
CYCLOCONDENSATION  
OF 3-HYDROXYIMINOPENTANE-2,4-DIONE  
WITH 2-HYDRAZINYLBENZOTHIAZOLE**

**И.А. Зубов, П.С. Бобров**

Научный руководитель **Г.А. Субоч** –  
*профессор, доктор химических наук,  
заведующий кафедрой органической химии  
и технологии органических веществ  
Сибирского государственного университета  
им. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск*

**I.A. Zubov, P.S. Bobrov**

Scientific adviser **G.A. Suboch** –  
*Professor, Doctor of Chemical Sciences,  
Head of the Department of Organic Chemistry and Technology  
of Organic Substances of Reshetnev Siberian State University  
of Science and Technology, Krasnoyarsk*

Изонитрозодикетон, нитрозопиразол, циклоконденсация, бензотиазол, функционализация.

*Взаимодействием 2-гидразинилбензотиазола с 3-гидроксииминопентан-2,4-дионом впервые получен ранее неизвестный 1-гетарил-4-нитрозопиразол. Строение синтезированного соединения подтверждено современными физическими и физико-химическими методами.*

Isonitrosodiketone, nitrosopyrazole, cyclocondensation, benzothiazole, functionalization.

*By interaction of 2-hydrazinylbenzothiazole with 3-hydroxyiminopentane-2,4-dione we have obtained a previously unknown 1-hetaryl-4-nitrosopyrazole. We have proven the structure of the synthesized compound with modern physical and physicochemical methods.*

В настоящее время активно ведётся поиск новых методов функционализации гетероциклических соединений, входящих в структуру биологически активных молекул. Особое внимание уделяется производным бензотиазола, которые обладают противотуберкулёзной I [1], нейрозащитной II и противодиабетической активностью III [2]. Некоторые бензотиазолилпиразолы (рис. 1, IV, V) обладают антибактериальными свойствами [3]. Таким образом, поиск новых методов синтеза и функционализации бензотиазолилпиразолов является актуальной задачей.

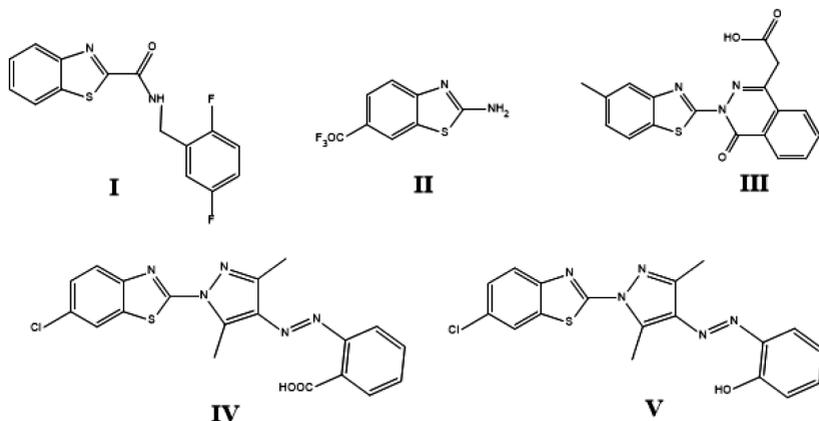


Рис. 1. Производные бензотиазолов с полезными биологически активными свойствами

В предыдущей работе [4] показано взаимодействие гетарилгидразинов с 2-гидроксиимино-1,3-дикарбонильными соединениями, приводящее к соответствующим N-гетарил-4-нитрозопиразолам.

Ранее не было исследовано взаимодействие 2-гидразинилбензотиазола с 3-гидроксииминопентан-2,4-дионом. В случае успешного протекания реакции появляется возможность получать N-бензотиазолилпиразол с нитрозо-

группой в пиразольном цикле, что позволяет осуществлять переход к различным классам соединений, обладающим полезными свойствами. Поэтому целью настоящей работы является получение 2-(3,5-диметил-4-нитрозо-1H-пиразол-1-ил)бензотиазола и подтверждение строения физико-химическими методами.

Для изучения циклоконденсации синтезировали 2-гидразинилбензотиазол VI и 3-гидроксииминопентан-2,4-дион VII (рис. 2) по известным методикам. Ход реакции и чистоту соединений контролировали методом тонкослойной хроматографии на пластинках Sorbfil марки ПТСХ-АФ-В (Россия), пятна детектировали в ультрафиолетовом свете. Электронные спектры записывали на спектрофотометре Helios Omega в кварцевых кюветах 1 см при концентрации  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л в области 400-800 нм в хлороформе. ИК спектры регистрировали с использованием ИК-спектрофотометра Nicolet Impact 400, оснащенного ИК-микроскопом SpecTRA TECH InspecT.

Как показали исследования, 2-гидразинилбензотиазол и 3-гидроксииминопентан-2,4-дион успешно конденсируются в кислой среде при нагревании (рис. 2). Продукт представляет собой голубые кристаллы, нерастворимые в этиловом спирте, растворимые в хлороформе, толуоле. На электронном спектре полученного соединения присутствует максимум поглощения в области 699 нм, что свидетельствует о наличии нитрозогруппы в полученном соединении.

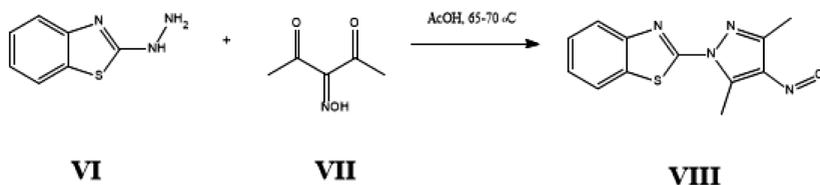


Рис. 2. Циклоконденсация 2-Гидразинилбензотиазола и 3-гидроксииминопентан-2,4-дионона

**Экспериментальная часть.** Смесь 2-гидразинилбензотиазола (0,1 г, 0,00061 моль), 3-гидроксииминопентан-2,4-диона (0,079 г, 0,00061 моль) и ледяной уксусной кислоты (1 мл) нагревали на водяной бане при 65-70 °С в течение 6 минут. Реакционную массу разбавляли водой (5 мл) и высаливали продукт хлоридом натрия (0,06 г). Осадок отфильтровывали, промывали водой и сушили на воздухе. Продукт очищали на колонке с силикагелем, в качестве элюента использовали толуол. Выход 2-(3,5-диметил-4-нитрозо-1H-пиразол-1-ил)бензотиазола (VIII) составил 0,028 г (18%). Продукт представляет собой голубые кристаллы с  $T_{пл} = 153-154$  °С (разл). Электронный спектр,  $\lambda_{max}$ , нм ( $\epsilon$ ): 699 (66); ИК-спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 1560, 1339 (NO).

#### ***Библиографический список***

1. Sahoo V.M., Banik B.K., Mahato A.K., Shanthi C.N., Mohantad B.C. Microwave-assisted synthesis of antitubercular agents: A novel approach. *Green Approaches in Medicinal Chemistry for Sustainable Drug Design*, 2020, P. 779–818.
2. Ram V.J., Sethi A., Nath M., Pratap R. *The Chemistry of Heterocycles*, 2019, P. 149–478.
3. Amir M., Javed S.A., Hassan M.Z. Synthesis and antimicrobial activity of pyrazolinones and pyrazoles having benzothiazole moiety. *Medicinal Chemistry Research*. 2012. Vol. 21. P. 1261-1270.
4. Бобров П.С., Закатова А.К., Любяшкин А.В., Субоч Г.А. Изучение взаимодействия 3-гидразинилхиноксалин-2(1H)-она с 2-гидроксиимино-1-(4-хлорфенил)-бутан-1,3-дионом // Беликовские чтения: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Сборник статей студентов и молодых ученых. Пятигорск: Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России. 2020. С. 21–27.

**ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПИРРОЛЬНОГО ЦИКЛА  
ПО АТОМУ АЗОТА В НАФТО[1,2,3-*cd*]ИНДОЛ-6(2H)-ОНЕ**  
FUNCTIONALIZATION OF THE PYRROLE RING  
AT THE NITROGEN ATOM IN NAPHTHO[1,2,3-*cd*]  
INDOL-6(2H)-ONE

**О.И. Каргина<sup>1</sup>, Л.М. Горностаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Уральский государственный медицинский университет,  
г. Екатеринбург*

<sup>2</sup>*Красноярский государственный  
педагогический университет им. В.П. Астафьева,  
г. Красноярск*

**O.I. Kargina<sup>1</sup>, L.M. Gornostaev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Ural State of Medical University, Ekaterinburg*

<sup>2</sup>*Krasnoyarsk State Pedagogical University  
named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Алкилирование, дигалогеналканы, нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2H)-он, нуклеофильное замещение, функционализация.

*В статье представлены способы функционализации пиррольного цикла по атому азота некоторыми дигалогеналканами и способы нуклеофильного замещения атома хлора в 2-(3-хлорпропил)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2H)-оне.*

Alkylation, dihaloalkanes, naphtho[1,2,3-*cd*]indole-6(2H)-one, nucleophilic substitution, functionalization.

*The various methods functionalization of the pyrrole ring at the nitrogen atom with digaloalkanes and methods for nucleophilic substitution of a chlorine atom in 2- (3-chloropropyl) naphtho[1,2,3-*cd*]indol-6(2H)-one are presented in the article.*

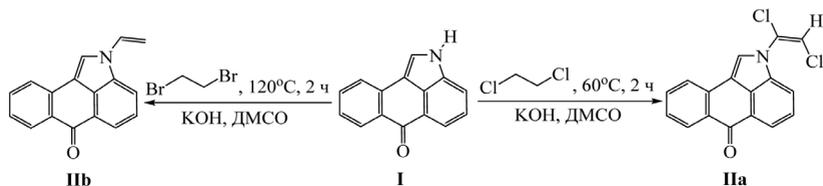
**Н**афто[1,2,3-*cd*]индол-6(2H)-оны (пирролантроны), функционализированные по гетероциклу, предложены в качестве компонентов электролюминесцентных композиций [1]. Кроме этого, структурное сходство пирролантронов

с антра[1,9-*cd*]пиразол-6(2*H*)-онами, известными противоопухолевыми препаратами [2], побуждает интерес к поиску новых способов функционализации нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она.

В работе [3] нами были показаны способы модификации пиррольного цикла в пирролантронах. В основном, были описаны методы, позволяющие вводить различные заместители в положение 1 пиррольного кольца. В данной работе будут рассмотрены способы функционализации по атому азота в нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-оне.

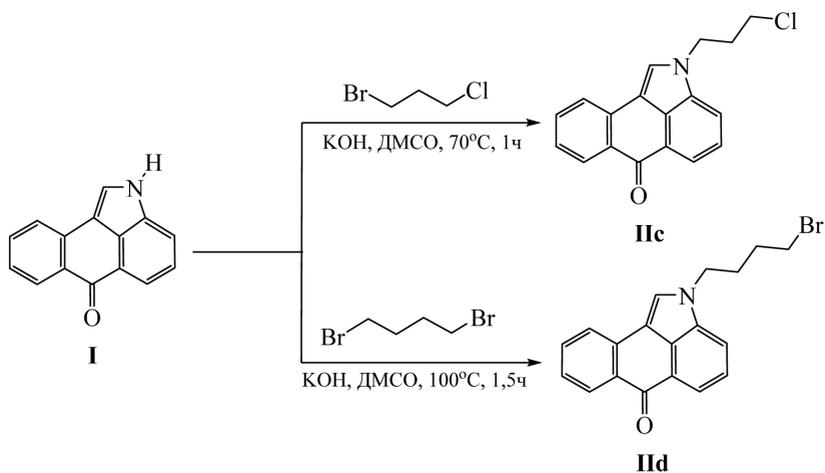
Известно [4], что в щелочных растворах пирролантрон (**I**) переходит в анионную форму, которая легко подвергается реакции алкилирования алкилгалогенидами. Нами были изучены реакции алкилирования пирролантрона (**Ia**) различными дигалогеналканами: 1,2-дихлорэтан, 1,2-дибромэтан, 1-бром-3-хлорпропан, 1,4-дибромбутан. Реакции проводили в водных растворах ДМСО в присутствии КОН при нагревании. Установлено, что взаимодействие соединения **I** с 1,2-дихлорэтаном приводит к образованию 2-(1,2-дихлорвинил)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-ону (**IIa**), а с 1,2-дибромэтаном – 2-винилнафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-ону (**IIb**) (Схема 1).

Схема 1



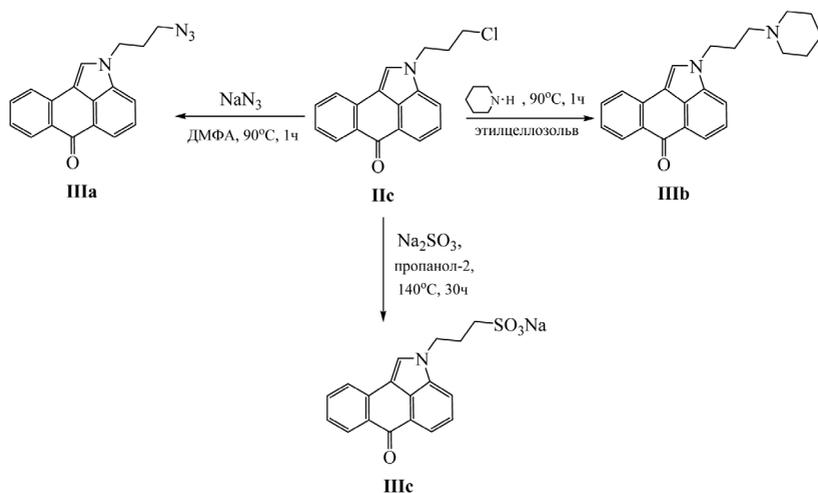
В результате алкилирования пирролантрона (**I**) 1-бром-3-хлорпропаном и 1,4-дибромбутаном был получены 2-(3-хлорпропил)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-он (**IIc**) и 2-(4-бромбутил)нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-он (**IId**), соответственно (Схема 2).

## Схема 2



Нами установлено, что атом хлора в соединении **IIc** сохраняет высокую подвижность и может быть замещен различными нуклеофилами (Схема 3).

## Схема 3



Нуклеофильное замещение атома хлора в соединении **IIc** на сульфонатную группу привело к образованию водорастворимого 3-(нафто[1,2,3-cd]индол)-6(2H)-он-2-ил)пропилсульфоната натрия (**IIIc**). Отметим, что предшественники (**I**, **IIc**) продукта **IIIc** являются практически нерастворимыми в воде веществами.

Все описанные в данной работе соединения (**I**, **IIa-d**, **IIIa-c**) обладают люминисцентными свойствами. Одним из интересных, на наш взгляд, является продукт **IIIa**, содержащий азидогруппу и способный за счет ее наличия к ковалентному click-связыванию с олигонуклеотидами [5], содержащими терминальную ацетиленовую группу. При этом продукт click-реакции сохраняет флуоресцентные свойства, и благодаря этому может быть использован для установления механизма противоопухолевой активности производных пирролантрона.

Строение полученных веществ (**IIa-d**, **IIIa-c**) подтверждено физико-химическими методами анализа.

#### ***Библиографический список***

1. Ikemizu M., Takahashi M., Suzuki T., Ikesu S. Jpn. Konica minolta holdings inc. Patent №2004/315732.
2. Sissi C., Leo E., Moro S., Capranico G., Mancina A. et al. Antitumor aza-anthrapyrazoles: biophysical and biochemical studies on 8- and 9-aza regioisomers // Biochem. Pharmacol. 2004. Vol. 67. P. 631–642.
3. Каргина О.И., Горностаев Л.М. Разработка эффективных способов получения функционализированных нафто[1,2,3-cd]индол-6(2H)-онов // Химическая наука и образование Красноярья: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции в рамках XXI Международного научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука XXI века». Красноярск, 14-15 мая 2020 г. / отв.ред. Л.М. Горностаев; КГПУ им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2020. С. 16–21.
4. Казанков М.В. Садовых Е.Г. Реакции замещения пирролантронов // ХГС. 1978. № 10. С. 1356–1360.

5. Vasilyeva S., Kuznetsov N., Kuznetsova A., Khalyavina Y., Tropina D., Lavrikova T., Kargina O., Gornostaev L. // Bioorganic Chemistry. 2017. Vol. 72. P. 268–272.

**СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА ОСНОВЕ ЭРБИЯ И ЖЕЛЕЗА ( $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ )  
С ПРИМЕНЕНИЕМ  
АНИОНООБМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ  
SYNTHESIS OF IRON ERBIUM OXIDE ( $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ )  
BY ANION EXCHANGE RESIN PRECIPITATION**

**Е.А. Кишнева, Е.В. Григорьева,  
М.В. Пантелеева, С.В. Сайкова**

Научный руководитель **С.В. Сайкова** –  
доктор химических наук,

профессор кафедры физической и неорганической химии  
Сибирского федерального университета, г. Красноярск

**E.A. Kirshneva, E.V. Grigorieva,  
M.V. Panteleeva, S.V. Saykova**

Scientific adviser **S.V. Saykova** –  
Doctor of Chemical Sciences,

Professor of the Department of Physical and Inorganic Chemistry,  
Siberian Federal University, Krasnoyarsk

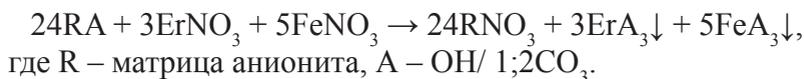
Нанопорошки, анионит, феррит-гранат, синтез, эрбий.

*Предложен метод получения наноразмерных порошков феррит-граната эрбия, где в качестве осадителя применяется сильноосновный анионит АВ-17-8. Изучено влияние типа противоиона анионита на скорость осаждения, выход и стехиометрию получаемого продукта. Определены температурно-временные параметры кристаллизации  $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ . Продукты исследованы методами РФА, электронной микроскопии и мессбауэровской спектроскопии. Установлены необходимые условия для получения стехиометричных продуктов осаждения, обжиг которых при  $800^\circ\text{C}$  приводит к формированию железо-эрбиевого граната со средним размером частиц 50 нм.*

Nanopowders, anion-exchange resin, synthesis, iron garnet, erbium.  
*A method to synthesize nanosized powders of erbium iron garnet was proposed, in which the precipitant is a strong base anion-exchange resin AB-17-8. The effect of the type of the resin counterion on the precipitation rate, stoichiometry of the formed product and its yield was studied. The time-temperature parameters of  $Er_3Fe_5O_{12}$  crystallization were determined. The obtained products were investigated by X-ray powder diffraction analysis, electron microscopy and Moessbauer spectroscopy. Procedures were developed to produce precursors of stoichiometric composition, which, after annealing at 800°C, form phase erbium iron garnet with a mean particle size of 50 nm.*

**Ж**елезо-эрбиевый гранат (ЖЭГ), представленный формулой  $Er_3Fe_5O_{12}$ , образован оксидами железа и эрбия. Как и другие представители феррит-гранатов, РЗМ, ЖЭГ обладает выраженными оптическими и магнитными свойствами, в связи с чем широко применяется в медицинском оборудовании, а также в качестве компонентов миниатюрных антенн, магнитных носителей записи, изоляторов, циркуляторов [1]. К наиболее распространённым методам синтеза феррит-гранатов РЗМ относят: твердофазный синтез из исходных оксидов, золь-гель процесс и метод химического соосаждения [2–4].

В данной работе синтез феррит-гранатов проводился с использованием анионообменного осаждения. Этот метод позволяет достичь практически полного осаждение ионов, при этом полученные продукты имеют высокую дисперсность и не содержат примесей. Уравнение анионообменного осаждения для нашей системы можно представить следующим образом:



Целью работы является подбор оптимальных условий получения железо-эрбиевого граната (ЖЭГ) с использованием анионообменного осаждения и изучение продукта синтеза физико-химическими методами.

Анионообменное осаждение осуществляли с помощью сильноосновного анионита АВ-17-8 гелевого типа в различных формах: карбонатной ( $A-CO_3$ ), гидроксидной ( $A-OH$ ), а также в гидроксидной форме, прошедшей дополнительную очистку от примесных карбонат-ионов ( $A-OH^*$ ). Для получения  $A-OH^*$  переведенный в  $OH$ -форму ионит обрабатывали водной суспензией  $Ca(OH)_2$  при перемешивании в течение 12 ч. После этого анионит отмывали от фазы  $CaCO_3$  и избыточной щёлочности водой (избавленной от  $CO_2$  кипячением) до нейтральной реакции и для предотвращения сорбции углекислого газа хранили анионит под слоем воды. Методика проведения анионообменного осаждения подробно описана в более ранней работе [5].

Основываясь на том, что при анионообменном осаждении происходит снижение электропроводности реакционного раствора, определяли полноту и скорость осаждения гидроксидов эрбия и железа как при совместном присутствии, так и по отдельности от времени синтеза при комнатной температуре (рис.1). Изменение электропроводности происходит вследствие перехода анионов из раствора в фазу анионита и связывания катионов с высвобождающимися противоионами анионита.

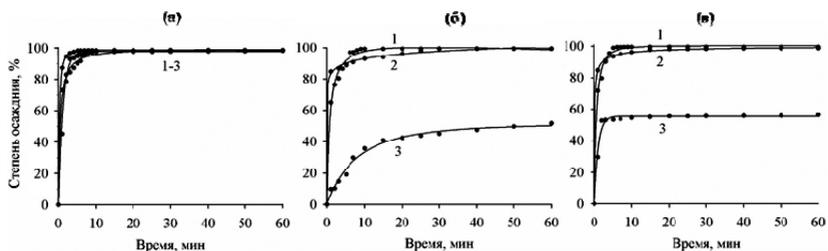


Рис. 1. Зависимость степени анионообменного осаждения ионов металлов от времени и формы анионита АВ-17-8: (а) –  $Fe^{3+}$ ; (б) –  $Er^{3+}$ ; (в) – совместное осаждение ионов  $Fe^{3+}$  и  $Er^{3+}$ . (1 –  $A-OH^*$ , 2 –  $A-CO_3$ , 3 –  $A-OH$ )

При анионообменном осаждении с использованием А-ОН (рис.1б) степень осаждения гидроксида эрбия (III) не превышает 50 % за 1ч. Однако при использовании А-ОН\* практически полное осаждение ионов металла достигается менее чем за 15 минут. Вероятно, это связано с тем, что при использовании очищенного от примеси карбонатов и гидрокарбонатов сорбента достигается наиболее высокое значение рН: 11,1 для ОН-формы, очищенной от  $\text{CO}_3^{2-}$ , против 5,9 и 7,2 для А-ОН и А- $\text{CO}_3$ , соответственно (табл. 1).

Исходя из данных, представленных на рисунке 1а, можно сделать вывод, что скорость и полнота осаждения железа не зависят от природы противоиона. Значение ПР гидроксида железа значительно меньше, чем у эрбия (ПР  $[\text{Er}(\text{OH})_3]= 1,63 \times 10^{-26}$ , ПР  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]= 3,8 \times 10^{-38}$ ), поэтому оно осаждается полнее и с большей скоростью.

При совместном осаждении ионов железа и эрбия (рис.1в) степень осаждения металлов достигает 99,5 % за 7 мин синтеза (анионит А-ОН\*). Вероятнее всего, это результат того, что железо является коллектором РЗМ-содержащей фазы.

По данным, приведенным в таблице 1, установили, что при использовании А-ОН получается продукт с нарушенной стехиометрией, а выход осадка достигает лишь 51 %. Это можно объяснить неполным осаждением ионов эрбия. В случае использования карбонатной формы молярная доля металлов в анионите превышает 11%. Это связано с тем, что процесс формирования фазы осадка при анионообменном осаждении начинается на зернах анионита. В дальнейшем поверхностный осадок отслаивается, формируя отдельную фазу.

Исходя из полученных данных, оптимальным вариантом является использование анионита А-ОН\*, поскольку только в этом случае возможно получить образец стехиометричного состава с наиболее высоким выходом осадка – 85 %.

Таблица 1

**Результаты анионообменного осаждения  
с применением различных форм анионита**

Номер образца	Форма анионита	Молярная доля металлов в анионите, %	Равновесная величина pH	Выход осадка, %	$n_{Me}/n_{Fe}$
1	A-CO <sub>3</sub>	11	7,2	75	0,6
2	A-OH	9	5,9	51	0,5
3	A-OH*	5	11,1	85	0,6

Для получения Er<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> образцы 2 и 3 обжигали при температурах 800<sup>0</sup>C и 900<sup>0</sup>C. Обжиг образца 2 при этих температурах приводит к формированию смеси фаз Er<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>, ErFeO<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, при этом с увеличением температуры доля фазы граната увеличивается до 93,7%. Авторами [6] было установлено, что при термической обработке соосажденных гидроксидов РЗМ и железа сначала формируются фазы Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MFeO<sub>3</sub> (где М – редкоземельный элемент), являющиеся промежуточными (уравнение 1). Дальнейший обжиг системы приведет к увеличению массовой доли фазы граната.



Образец 3, обожжённый при температуре 800<sup>0</sup>C, кристаллизуется в фазу граната с незначительной примесью фаз перовскита и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (рис. 2а). По количественным данным рентгенофазового анализа установлено, что содержание фазы Er<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> составляет 95,1 %, фазы ErFeO<sub>3</sub> 3,2% и остаточное количество (1,6 %) приходится на фазу гематита.

Это подтверждается результатами мессбауэровской спектроскопии (рис. 2б), в ходе которой было выявлено, что основную часть образца представляет железо-эрбиевый гранат. Также образец содержит небольшую часть гематита. При пересчете на молекулярный вес фазы содержание ЖЭГ составило 95,3 %. В фазе граната Fe<sup>3+</sup> располагается в двух типах позиций: октаэдрических и тетраэдрических. Тетраэ-

дрическая подрешетка распадается на две примерно равные по заселенности позиции с различной степенью искажения локального окружения.

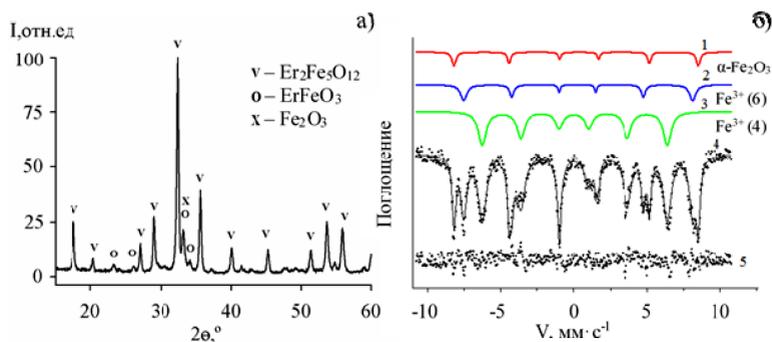


Рис. 2. Результаты рентгенофазового анализа (а) и мессбауэровской спектроскопии (б) образца 3, обожженного при 800°C.

Размер частиц, полученных обжигом образца 3 при 800°C, был рассчитан по наиболее интенсивным максимумам, с использованием формулы Шеррера и составил 49 нм. По результатам просвечивающей электронной микроскопии (рис. 3а) частицы имеют близкую к сферической форму, а их средний размер составляет 50 нм.

Рассчитанный по данным РФА размер частиц, полученных при обжиге образца 2 (температура 900°C), составляет 96 нм, однако по результатам ПЭМ (рис. 3б) можно сказать, что частицы граната агломерированы в агрегаты нерегулярной формы размером от 100 до 300 нм

В результате проведенных исследований предложен метод синтеза железо-эрбиевого граната, заключающийся в совместном осаждении ионов железа и эрбия, с последующим обжигом продуктов осаждения. Установлено, что анионообменное осаждение при комнатной температуре в течение 1 ч с использованием анионита А-ОН\* обеспечивает высокий выход (85%) стехиометричного продукта, при этом молярная доля металлов в анионите не превышает 5%.

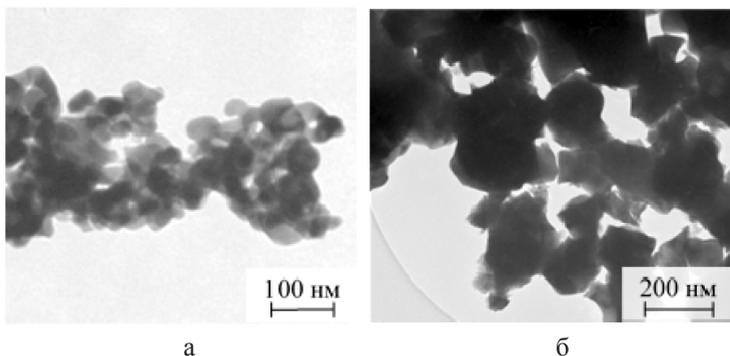


Рис. 3. Изображение частиц  $Er_3Fe_5O_{12}$  в просвечивающем электронном микроскопе: а) образец 3,  $800^{\circ}C$ ; б) образец 2,  $900^{\circ}C$

Дальнейший обжиг полученных образцов стехиометричного состава при температуре  $800^{\circ}C$  приводит к образованию железо-эрбиевого граната с незначительной примесью фаз перовскита и  $Fe_2O_3$ . Размер частиц граната, вычисленный по данным РФА, составляет 49 нм. Исходя из данных ПЭМ, полученные частицы имеют близкую к сферической форму, а их средний размер составляет 50 нм. Для формирования фазы граната из нестехиометричных образцов, полученных иными методами, обжиг необходимо проводить при более высоких температурах ( $900^{\circ}C$ ), что приводит к значительному укрупнению частиц (100–300 нм).

#### **Библиографический список**

1. Уткин Н.И. // *Металлургия цветных металлов*. М.: *Металлургия*, 1985. 216 с.
2. Opuchovic O., Kareiva K., Mazeika D. // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2018. N.422. P. 425.
3. Maignan A., Singh K., Simon Ch., Lebedev O.I., Martin C., Tan H., Verbeeck J., Tendeloo G.V // *Journal of Applied Physics*. 2013. V. 113, No. 3. P. 7.
4. Hongtao Y., Liwen Z., Chao L., Zhang W., Xu G. // *Materials characterization*. 2011. №62. P. 378.

5. Сайкова С.В., Киршнева Е.А., Пантелеева М.В., Пикурова Е.В., Евсевская Н.П. // Журнал неорганической химии. 2019. Т. 64. № 10. С. 1013.
6. Xu H. K., Sorensen C. M., Klabunde K. J. // Materials Research Society. 1992. V. 7. No. 3. P. 712.

**ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ ГИДРОКСИАМИНОКИСЛОТ  
С ИОНАМИ ХРОМА**

IR SPECTROSCOPIC ANALYSIS OF COMPLEX SALTS  
OF HYDROXYAMINO ACIDS WITH CHROME IONS

**М.В. Комогорцева**

Научный руководитель **Н.С. Кузнецова** –  
кандидат биологических наук,  
доцент кафедры химии Забайкальского государственного  
университета, г. Чита

**M.V. Komogortseva**

Scientific adviser **N.S. Kuznetsova** –  
PhD in Biological sciences,  
Associate Professor of the Department of Chemistry,  
Trans-Baikal State University, Chita

Инфракрасная спектроскопия, аминокислоты, ионы хрома, серин, треонин, хелат.

*Синтезированы комплексные соединения гидроксиаминокислот L-серина и L-треонина с ионами хрома. С помощью метода ИК-спектроскопии изучено строение полученных солей. Зафиксировано смещение полос поглощения в спектрах по сравнению с исходными аминокислотами. Предположена бифункциональная координация.*

*Infrared spectroscopy, amino acids, chromium ions, serine, threonine, chelate. Complex compounds of hydroxyaminoacids L-serine and L-threonine with chromium ions have been synthesized. The structure of the obtained salts was studied using the method of IR spectroscopy. The shift of absorption bands in the spectra was recorded in comparison with the initial amino acids. Bifunctional coordination is assumed.*

**В** современном мире аминокислотные комплексы биогенных металлов имеют широкий спектр применения в качестве эффективных источников микроэлементов. Благодаря подобным формам соединений металл быстрее усваивается и может проявлять себя как активный интермедиат в метаболических процессах живого организма [1; 2].

Хром играет важную роль в метаболизме жиров, функционировании щитовидной железы, формировании иммунитета и влияет на рост организма. Дефицит Cr может стать причиной развития сахарного диабета. Этот металл любой живой организм, в том числе и человек, может получить только из пищи и воды при условии разнообразного и полноценного питания. Суточная потребность для людей составляет 100–300 мкг в сутки [3]. Для решения проблемы доставки данного биогенного металла в живые системы может применяться его комплекс с нативными молекулами, например, аминокислотами. Исследование взаимодействия ионов хрома (III) с L-аминокислотами как простейшей модели образования их комплексов с белками является, на наш взгляд, актуальной задачей современной химии.

*Цель работы* – синтез и исследование хелатных комплексов протеиногенных гидроксикаминокислот с ионами хрома методом ИК-спектроскопии.

*Материалы и методы.* Для получения комплексных соединений L-треонина и L-серина с ионами хрома (III) в растворе ( $\text{pH} > 7$ ) нагревали  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , вносили порциями навеску аминокислоты в соотношении 1:2, выдерживали 30 минут. Реакционную смесь охлаждали, фильтровали, оставляли при комнатной температуре для дальнейшей кристаллизации. Выпавшие в виде осадка соли промывали спиртом, высушивали при н.у. [4; 5].

Регистрацию ИК-спектров проводили на ИК-Фурье спектрометре FTIR-8400S «Shimadzu».



Таким образом, в ходе исследования были получены две соли – серинат и треонинат хрома, исследовано их строение методом ИК-спектроскопии. Анализ спектров свидетельствует о бифункциональной координации аминокислот. Дальнейшее изучение предполагает подтверждение приведенных данных с помощью других методов анализа.

*Работа выполнена в рамках гранта № 327-ГР Совета по научной и инновационной деятельности ЗабГУ.*

### **Библиографический список**

1. Бек М. Исследование комплексообразования новейшими методами. Пер. с англ. / М. Бек, И. Надьпал. Москва: Мир, 1989. 413 с.
2. Кадырова Р.Г., Кабиров Г.Ф., Мулахметов Р.Р. Синтез и свойства комплексных солей биогенных кислот макро- и микроэлементов: монография. Казань: КГЭУ, 2016. 115 с.
3. Мамырбаев А.А. Токсикология хрома и его соединений: монография. Актобе: ЗКГМУ, 2012. 284 с.
4. Крылова Л.Ф. Стереизомерные комплексы Pd (II) с серином, треонином и аллотреонином // Журнал неорганической химии. 2011. Т. 56. № 1. С. 56–64.
5. Новикова Г.В. Синтез и физико-химические характеристики комплексов  $6s^2$ - и  $nd^m$ -ионов металлов с аминокислотами: автореф. дисс... канд. хим. наук. 02.00.01. Красноярск: СибГТУ, 2006. 22 с.
6. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. Москва: Мир, 1991. 536 с.

**РЕАКЦИИ**  
**2-АРИЛ(АЛКИЛ)АМИНО-1,4-НАФТОХИНОНОВ**  
**С НИТРУЮЩЕЙ СМЕСЬЮ,**  
**НИТРОЗИЛСЕРНОЙ КИСЛОТОЙ**  
**В УКСУСНОЙ КИСЛОТЕ.**  
**СВОЙСТВА 1-ГИДРОКСИ-2-АЛКИЛ(АРИЛ)-**  
**1Н-НАФТО[2,3-*d*]ИМИДАЗОЛ-4,9-ДИОНОВ**  
**REACTIONS**  
**OF 2-ARYL(ALKYL)AMINO-1,4-NAPHTHOQUINONES**  
**WITH A NITRATING MIXTURE, NITROSYLSERIC ACID**  
**IN ACETIC ACID. PROPERTIES**  
**OF 1-HYDROXY-2-ALKYL(ARYL)-1H-NAPHTHO[2,3-*d*]**  
**IMIDAZOLE-4,9-DIONES**

**Э.В. Нуретдинова, Ю.Г. Ромашкова, О.И. Фоминых**  
Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук,*  
*профессор кафедры биологии, химии и экологии*  
*Красноярского государственного педагогического*  
*университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**E.V. Nuretdinova, Yu.G. Romashkova, O.I. Fominykh**  
Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –  
*Doctor of Chemical Sciences,*  
*Professor of the Department of Biology,*  
*Chemistry and Ecology,*  
*Krasnoyarsk State Pedagogical University*  
*named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Нафтохиноны, 1-гидроксиимидазолы, 1-алкокси-2-арил(алкил)-1Н-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионы, имидазолы, внутренние соли.

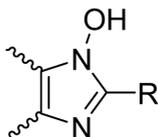
*При взаимодействии 2-арил(алкил)аминонафтохинонов с нитрующей смесью или нитрозилсерной кислотой в уксусной кислоте образуются в качестве главных продуктов реакции 1-гидрокси-2-арил(алкил)-1Н-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионы. В дальнейшем рассмотрены их алкилирование и оксимирование.*

Naphthoquinones, 1-hydroxyimidazoles, 1-alkoxy-2-aryl (alkyl)imidazolidones, imidazoles, interior salts.

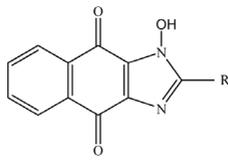
*In the interaction of 2-aryl (alkyl)aminonaphthoquinones with a nitrating mixture or nitrosylseric acid in acetic acid are formed as the main product of the reaction of 1-hydroxy-2-aryl(alkyl)-1H-naphtho[2,3-d]imidazole-4,9-diones. Their alkylation and oximation are further considered.*

Производные 1,4-нафтохинона, конденсированные с азотистыми гетероциклами, проявляют различные виды биологической активности. Так, 1,2-замещенные 1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионы перспективны в качестве противоопухолевых веществ [1-2].

Некоторые 1-гидроксibenзимидазолы и их N-оксидные таутомеры проявляют гипотензивную, антипротозойную, противоопухолевую, противовирусную активность [3-9].



1-Гидрокси-2-арил(алкил)-1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионы и их потенциальные N-оксидные таутомеры – 4,9-диоксо-2-арил(алкил)-4,9-дигидро-1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-3-оксиды менее изучены, чем их моноциклические аналоги. В связи с этим целью данной работы является разработка способов получения неизвестных ранее 1-гидрокси-2-арил(алкил)-1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионов (1) и изучение их химических свойств.

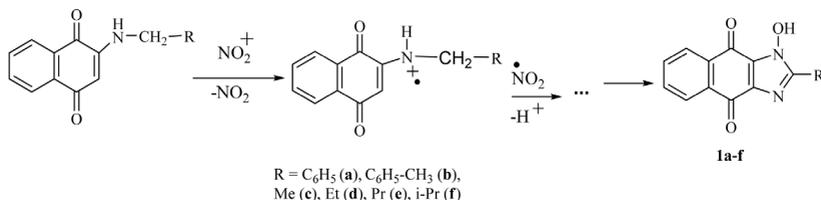


R = C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (a), C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CH<sub>3</sub> (b),  
Me (c), Et (d), Pr (e), i-Pr (f)

1

Нами найдено, что при действии нитрующей смеси на 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохиноны в уксусной кислоте образуется с высоким выходом 1-гидрокси-2-арил(алкил)-1Н-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионы (1). Предложен механизм образования имидазолов **1a-f**.

### Схема 1

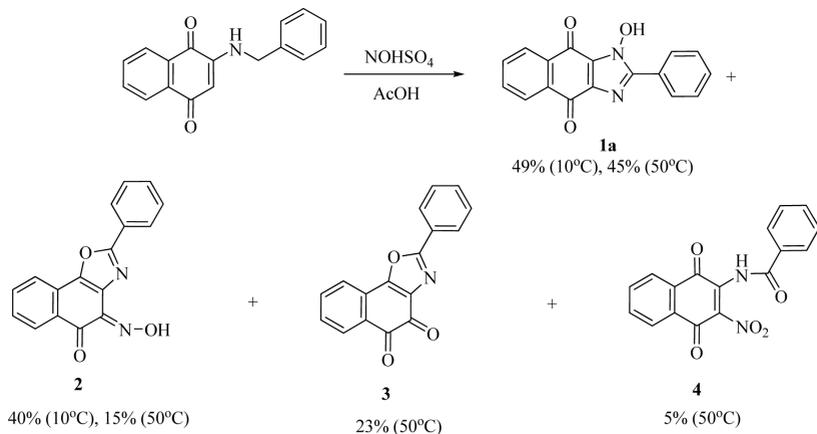


Предложены оптимальные условия реакции 2-ариламино-1,4-нафтохинонов с нитрующей смесью в уксусной кислоте, повышающие выход главных продуктов - 1-гидрокси-2-арил-1Н-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионов на 30%.

Квантово-химическими и спектральными методами установлены структуры прототропных таутомеров полученных 1-гидрокси-2-алкил(арил)-1Н-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионов и преобладание одного из них в растворе дихлорэтана.

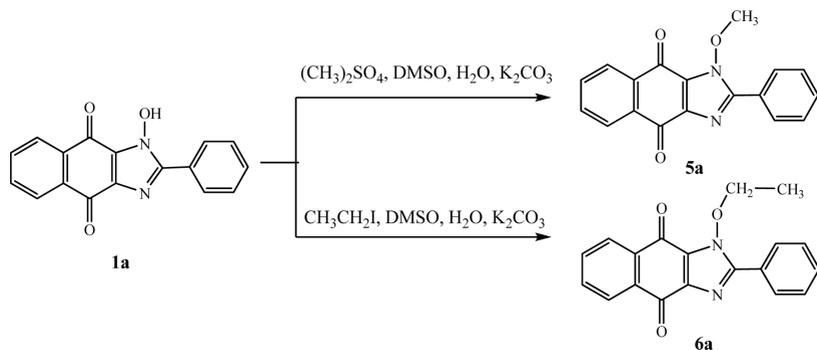
Впервые изучена реакция 2-бензиламино-1,4-нафтохинона с нитрозилсерной кислотой в уксусной кислоте. Установлено, что данная реакция протекает по-разному, в зависимости от температуры. При 10°C главными продуктами реакции являются 1-гидрокси-2-фенил-1Н-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дион **1a** и (Е)-4-(гидроксиимино)-2-фенилнафто[2,1-*d*]оксазол-5(4Н)-он **2**. При повышении температуры до 50 °С, помимо основных продуктов реакции, образуются также 2-фенилнафто[2,1-*d*]оксазол-4,5-дион **3** и N-(3-нитро-1,4-диоксо-1,4-дигидронафталин-2-ил)бензамид **4**. Структуры всех продуктов реакций подтверждены физико-химическими методами анализа.

## Схема 2



1-Гидрокси-2-R-нафтоимидазолы алкилируются диметилсульфатом или иодистым этилом с образованием соответствующих 2-алкоксипроизводных.

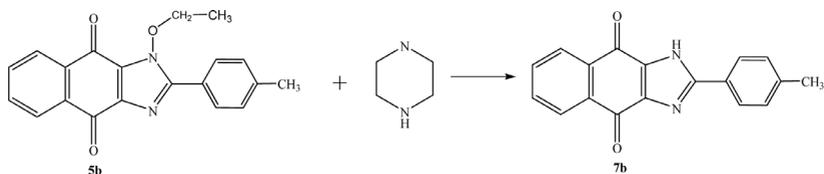
## Схема 3



Строение полученных веществ подтверждено физико-химическими методами.

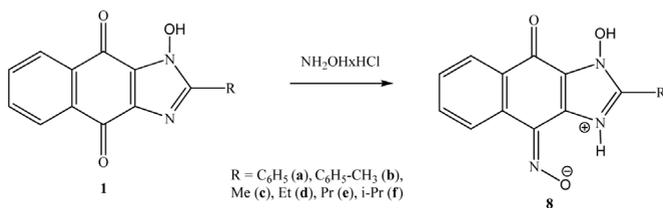
Взаимодействие алкоксипроизводных с первичными или вторичными аминами неожиданно приводит к образованию соответствующих имидазолов. Строение полученных веществ подтверждено физико-химическими методами анализа.

#### Схема 4



Оксимирование 1-гидрокси-2-R-нафтоимидазолов, по-видимому, протекает по карбонильной группе, находящейся в положении 4. При этом судя по данным ЯМР  $^1\text{H}$ , ЯМР  $^{13}\text{C}$  и DEPT спектроскопии, образующиеся вещества существуют в виде внутренних солей **8** (схема 5).

#### Схема 5



Таким образом, нами синтезированы 1-гидрокси-2-алкил(арил)-1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионы, найдено направление их реакций с алкилирующими агентами. Установлено, что 1-этокси-2-*пара*-толил-1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дион реагирует с первичными и вторичными алифатическими аминами с образованием продукта восстановления - 2-*пара*-толил-1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-диона. Обнаружено, что оксимирование 1-гидрокси-2-R-1H-нафто[2,3-*d*]имидазол-4,9-дионов приводит к образованию их внутренних солей **8**.

#### Библиографический список

1. Aly A.A., Hassan A.A., Brown A.B., El-Shaieb K.M., Bedaira T.M.I. J. Heterocyclic Chem., 2011, 48, 787.
2. Кузнецов В.С., Эфрос Л.С. ЖОрХ, 1965, 1458.

3. Stensbøl, T. B.; Uhlmann, P.; Morel, S.; Eriksen, B. L.; Felding, J.; Kromann, H.; Hermit, M. B.; Greenwood, J. R.; Braüner-Osborne, H.; Madsen, U.; Junager, F.; Krogsgaard-Larsen, P.; Begtrup, M.; Vedsø, P. J. *Med. Chem.* 2002, 45, 19.
4. Aguirre, G.; Boiani, M.; Cerecetto, H.; Gerpe, A.; González, M.; Sainz, Y. F.; Denicola, A.; de Ocariz, C. O.; Nogal, J. J.; Montero, D.; Escario, J. A. *Arch. Pharm. Pharm. Med. Chem.* 2004, 337, 259.
5. da Silva, R. B.; Loback, V. B.; Salomão, K.; de Castro, S. L.; Wardell, J. L.; Wardell, S. M. S. V.; Costa, T. E. M. M.; Penido, C.; de Oliveira Henriques, M. G. M.; Carvalho, S. A.; da Silva, E. F.; Fraga, C. A. M. *Molecules* 2013, 18, 3445.
6. Richardson, M. L.; Croughton, K. A.; Matthews, C. S.; Stevens, M. F. G. *J. Med. Chem.* 2004, 47, 4105.
7. Alp, M.; Göker, H.; Ozkan, T.; Sunguroglu, A. *Arch. Pharmacol Res.* 2014, 37, 580.
8. Bowser, T. E.; Bartlett, V. J.; Grier, M. C.; Verma, A. K.; Warchol, T.; Levy, S. B.; Alekshun, M. N. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2007, 17, 5652.
9. Kim, O. K.; Garrity-Ryan, L. K.; Bartlett, V. J.; Grier, M. C.; Verma, A. K.; Medjanis, G.; Donatelli, J. E.; Macone, A. B.; Tanaka, S. K.; Levy, S. B.; Alekshun, M. N. *J. Med. Chem.* 2009, 52, 5626.

**СИНТЕЗ ГИБРИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$**   
**SYNTHESIS OF  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$  HYBRID NANOPARTICLES**

**А.Ю. Павликов, С.В. Сайкова, Т.В. Трофимова, Д.В. Карпов**  
 Научный руководитель **С.В. Сайкова** –  
*доктор химических наук,*  
*профессор кафедры физической и неорганической химии*  
*Сибирского федерального университета, г. Красноярск*

**A.Y. Pavlikov, S.V. Saykova, T.V. Trofimova, D.V. Karpov**  
 Scientific adviser **S.V. Saykova** –  
*Doctor of Chemical Sciences,*  
*Professor of the Department of Physical and Inorganic Chemistry,*  
*Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Магнитные наночастицы, феррит кобальта, оценка токсичности, нанокластеры золота, ядро-оболочка, анионообменное осаждение  
*В настоящей работе магнитные наночастицы  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ , были получены с использованием метионина в качестве восстановителя. Плотность кластеров золота на поверхности феррита кобальта незначительно снижалась при повторных стадиях осаждения золота. Магнитные измерения показали, что полученные наночастицы обладают типичным ферримагнитным поведением. Оценка токсичности синтезированных наноматериалов на *Chlorella vulgaris* Beijer показала, что они могут быть применены в биомедицинских приложениях.*

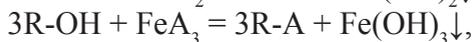
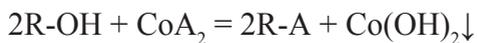
Magnetic nanoparticles, cobalt ferrite, toxicity assessment, gold nanoclusters, core-shell, anion resin exchange precipitation  
*In this paper, magnetic  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$  HNPs with an average particle size of 20 nm, decorated with 2 nm gold clusters, were prepared using methionine as a reducer. The density of the Au clusters on the cobalt ferrite surface insignificantly decreased during repeated stages of gold deposition. The magnetic measurements showed that the obtained HNPs possessed typical ferrimagnetic behavior. The toxicity evaluation of the synthesized HNPs on *Chlorella vulgaris* Beijer indicated that they can be applied to biomedical applications.*

Одним из наиболее популярных направлений в области нанотехнологий является создание, исследование и применение гибридных наноматериалов. Благодаря сочетанию физико-химических (магнитные, оптические) свойств составных веществ они могут быть использованы в различных областях, таких как химия, физика, микроэлектроника, биотехнология, катализ и медицина [1-3].

В последнее время отмечается рост интереса к использованию магнитных гибридных наночастиц в тераностике (объединение терапевтических и диагностических функций в одном нанобъекте) [4,5]. При помощи внешнего магнитного поля такие частицы могут быть легко направлены в определенные органы и ткани вместе с закрепленными на их поверхности молекулами лекарственного препарата. Наиболее часто для создания магнитных ядер применяют магнетит как наиболее биосовместимый материал.

Однако в [6,7] установлено, что наночастицы магнетита проявляют цитотоксичность как в отношении культур клеток, так и при введении подопытным животным. Кроме того, магнетит подвержен окислению, что приводит к снижению его магнитных свойств. Большой химической стабильностью, а также значительной удельной намагниченностью обладают ферриты кобальта и никеля, которые всё чаще рассматриваются в качестве альтернативы магнетиту

В данной работе для магнитных ядер феррита кобальта предлагается метод анионообменного осаждения [8], который обеспечивает получение однородного продукта, не содержащего примесей и не нуждающегося в многократных операциях промывки и очистки. Процесс основан на ионном обмене между анионами исходных солей и ОН-группами анионообменной смолы.



где А – анион исходной соли; R-OH, R-A – анионит в ОН и анионной формах, соответственно.

Ранее нами [9] были получены частицы  $CoFe_2O_4$  с размером 100-200 нм. С целью уменьшения размеров частиц в данной работе использован декстран с молекулярной массой ~40000 г/моль.

Методика создания гибридных наночастиц на основе синтезированных ядер феррита кобальта основана на процессе адсорбции органической молекулы, впоследствии способной восстановить золотосодержащие ионы. В качестве такой молекулы была выбрана серосодержащая аминокислота – L-метионин, играющая важную роль в обмене веществ, процессах метилирования и трансметилирования, а также обеспечивающая связь металлов в структуре многих ферментов. Несмотря на существование множества исследований по теме, химический механизм окисле-

ния метионина ионами  $[\text{AuCl}_4]^-$  все еще не изучен. Согласно данным [10-11] механизм реакции протекает в несколько этапов. Первый шаг - очень быстрая координация метионина (Met) с ионом Au (III). Met действует как бидентатный S- и N-донорный лиганд и замещает хлорид-анион в  $[\text{AuCl}_4]^-$ , образуя промежуточный комплекс  $[\text{AuCl}_2(\text{HMet})]^{2+}$  (в кислых растворах) или  $[\text{AuCl}_2(\text{Met})]^+$  (в щелочных растворах). Некоторые исследователи утверждают, что ион Au (III) координируется только с тиоэфирной серой и образует  $[\text{AuCl}_3(\text{HMet})]^+$ . На второй стадии происходит восстановление Met: промежуточный продукт реагирует со второй молекулой метионина с образованием сульфоксида Met в качестве продукта окислительно-восстановительного процесса.

В ходе синтеза формируются частицы с размером 10-20 нм с узким распределением по размерам. Спектроскопические исследования (РФЭС) (рис. 1) и данные ПЭМ подтверждают наличие соответствующих функциональных групп и дальнейшее осаждение золота на поверхности магнитного ядра.

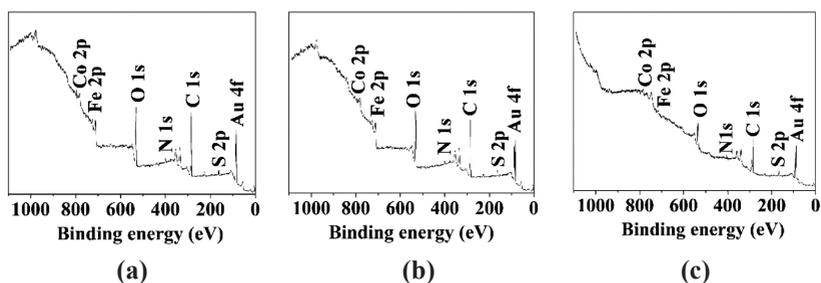
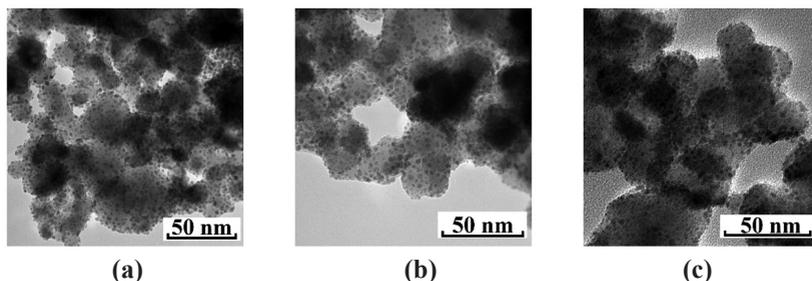


Рис. 1. Широкие РФЭС-спектры наночастиц  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ :  
 (а) 1 цикл восстановления золота, (б) 6 циклов восстановления золота  
 и (в) 10 циклов восстановления золота

Микрофотографии гибридных НЧ  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$  (рис. 2), полученных после 1, 6 и 10 циклов осаждения золота, показывают, что поверхность феррита кобальта покрыта нанокластерами золота. Размер нанокластеров незначительно,

но статистически значимо увеличивается при увеличении числа ступеней осаждения золота: одна ступень –  $2.12 \pm 0.15$  nm, 6 ступеней –  $2.15 \pm 0.15$  nm, 10 ступеней –  $2.46 \pm 0.13$  nm.



*Рис. 2. Микрофотографии наночастиц  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ : (а) 1 цикл восстановления золота, (б) 6 циклов восстановления золота и (в) 10 циклов восстановления золота*

### **Библиографический список**

1. Sanchez L.M., Alvarez V.A. Advances in magnetic noble metal/iron-based oxide hybrid nanoparticles as biomedical de-vices // Bioengineering. 2019. 6. P.75.
2. Wang H., Shen J., Li Y., Wei Z., Cao G., Gai Z., Hong K., Banerjee P., Zhou S. Porous carbon protected magnetite and silver hybrid nanoparticles: morphological control, recyclable catalysts, and multicolor cell imaging // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2013. 5. P. 9446–9453.
3. Lu L., Hao Q., Lei W., Xia X., Liu P., Sun D., Wang X., Yang X. Well-Combined Magnetically Separable Hybrid Cobalt Ferrite/Nitrogen-Doped Graphene as Efficient Catalyst with Superior Performance for Oxygen Reduction Reaction // Small. 2015. 11. P. 5833–5843.
4. Efremova M.V., Nalench Y.A., Myrovali E., Garanina A.S., Grebennikov I.S., Gifer P. K., Abakumov M.A., Spasova M., Angelakeris M, Savchenko A.G., Farle M., Klyachko N.L., Majouga A.G., Wiedwald U. Size-selected  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Au hybrid nanoparticles for improved magnetism-based theranostics // Beilstein J. Nanotechnol. 2019. 9. P. 2684–2699.
5. Yoo D., Lee J.H., Shin T.H., Cheon J. Theranostic magnetic nanoparticles. // Acc. Chem. Res. 2011. 44. P. 863–874.

6. Zhao Z., Huang D., Yin Z., Chi X., Wang X., Gao J. Magnetite nanoparticles as smart carriers to manipulate the cytotoxicity of anticancer drugs: magnetic control and pH-responsive release // *J. Mater. Chem.* 2012.22. P. 15717–15725.
7. Ebadi M., Buskaran K., Bullo S., Hussein, M. Z., Fakurazi S., Pastorin, G. Synthesis and Cytotoxicity Study of Magnetite Nanoparticles Coated with Polyethylene Glycol and Sorafenib–Zinc/Aluminium Layered Double Hydroxide // *Polymers.* 2020. 12. P. 2716.
8. Saikova S.V., Trofimova T.V., Pavlikov A.Yu., Samoilo A.S. Effect of Polysaccharide Additions on the Anion-Exchange Deposition of Cobalt Ferrite Nanoparticles // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2020. Vol. 65. P. 291–298.
9. Трофимова Т.В., Павликов А.Ю., Сайкова С.В. Новый метод синтеза наноразмерных порошков  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  // *Вестник Пермского университета. Серия: Химия.* 2017. № 2. Т. 7. С. 137–144.
10. Kim G., Weiss S.J., Levine R.L. Methionine oxidation and reduction in proteins // *Biochimica et Biophysica Acta.* 2014. Vol. 1840. P. 901–905.
11. Glišić B.Đ., Djuran M.I., Stanić Z.D., Rajković S. Oxidation of methionine residue in Gly-Met dipeptide induced by  $[\text{Au}(\text{en})\text{Cl}_2]^+$  and influence of the chelated ligand on the rate of this redox process // *Gold Bulletin.* 2014. Vol. 47. №2. P. 33–40.

**ОКСИМИРОВАНИЕ 2-АРИЛ(АЛКИЛ)АМИНО-1,4-  
НАФТОХИНОНОВ**  
OXIMATION OF 2-ARYL(ALKYL)AMINO-1,4-  
NAPHTHOQUINONES

**Д.С. Руденко, Ю.Г. Ромашкова,  
О.И. Фоминых, Л.М. Горностаев**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук, профессор кафедры биологии,  
химии и экологии Красноярского государственного  
педагогического университета им. В.П. Астафьева,  
г. Красноярск*

**D.S. Rudenko, Yu.G. Romashkova,  
O.I. Fominykh, L.M. Gornostaev**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev** – *Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Biology, Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Хиноны, аминафтахиноны, оксимирование, оксимы, гидроксилламин. Оксимирование хинонов может сопровождаться образованием как хинон-монооксимов, так и хинондиоксимов. В то же время у несимметричных хинонов теоретически в реакцию с гидроксилламином может вступить любая из двух карбонильных групп. Таким образом, установление зависимости «структура хинона – направление оксимирования» представляет интересной задачей. Установлено, что оксимирование 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинон-4-ариламинов солянокислым гидроксилламином в пиридине протекает селективно по положению 4, в то время как оксимирование 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинонов гидроксилламином в этаноле по известной методике протекает по положению 1.

Quinones, aminonaphthoquinones, oximation, oximes, hydroxylamine. Oximation of quinones can lead to the formation of both quinone monooximes and quinone dioximes. At the same time, any of the two carbonyl groups can react with hydroxylamine in asymmetric quinones, theoretically. Thus, the establishment of the relationship «quinone structure - direction of oximation» seems to be an interesting problem. It was found that the oximation of 2-aryl(alkyl)amino-1,4-naphthoquinone-4-arylamines with hydrochloric acid hydroxylamine in pyridine proceeds selectively at position 4, while the oximation of 2-aryl(alkyl)amino-1,4-naphthoquinones hydroxylamine in ethanol by a known method proceeds at position 1.

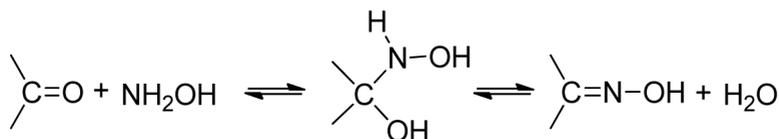
**Н**а протяжении многих лет хиноны и их производные интересуют химиков как вещества, обладающие рядом ценных свойств. Синтетические и природные производные хинонов известны не только как пигменты [1, 2], но и как люминофоры [3], консерванты, витамины, антибиотики, антиоксиданты [4]. Активно развивается область изучения и применения хиноидных соединений как противоопухолевых агентов [5].

В этой связи исследования в области поиска синтетических подходов к новым веществам хиноидной структуры, обладающих возможными ценными свойствами, видятся достаточно актуальными.

Большой интерес вследствие высокой противоопухолевой активности представляют такие производные хинонов, в которых одна или обе карбонильные группы заменены имино- или оксимной группой [6-8].

Оксимирование хинонов гидросиламином – один из методов получения хинонмонооксимов. Данная реакция (**схема 1**) носит характер нуклеофильного присоединения – отщепления ( $A_N \rightarrow E$ ):

Схема 1



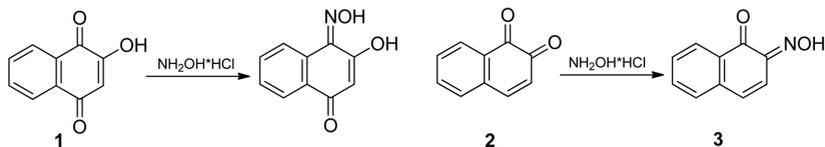
Как показано [9], интерес к реакции оксимирования хинонов объясняется также тем, что хинонмонооксимы могут вступать в реакцию со второй молекулой гидросиламина, образуя хинондиоксимы. Кроме того, при оксимировании несимметричных хинонов теоретически в реакцию с гидросиламином может вступать любая из двух карбонильных групп хинона. Закономерности оксимирования лучше всего изучены на примере *p*-бензохинонов [10-12].

1,2- и 1,4-Нафтохиноны, как и бензохиноны, подвергаются реакции оксимирования. В зависимости от условий могут быть получены моно- и диоксимы [13]. Имеются литературные данные о направлении оксимирования некоторых 1,2- и 1,4-нафтохинонов, однако детально этот вопрос не изучен.

Так, монооксимирование 2-гидрокси-1,4-нафтохинона (**1**) протекает избирательно в положение 1. Пространственное экранирование карбонильной группы заместителями

влияет на направление реакции. Этим фактором может быть объяснено образование 1,2-нафтонион-2-оксима (3) при оксимировании 1,2-нафтохинона (2):

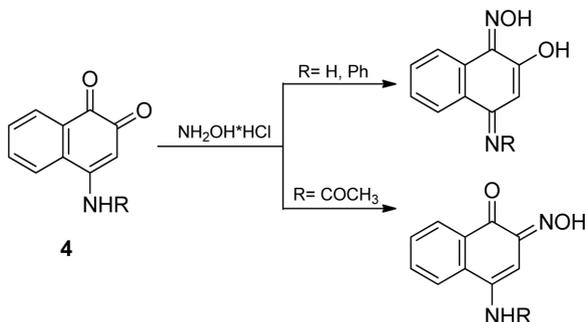
Схема 2



В перегруппировке Богданова также наблюдается преимущественное оксимирование производного  $\alpha$ -нитрозо- $\beta$ -нафтола в положение 2 [14].

Однако в случае 4-аминозамещенных 1,2-нафтохинонов 4 направление реакции зависит от характера 4-заместителя [15]:

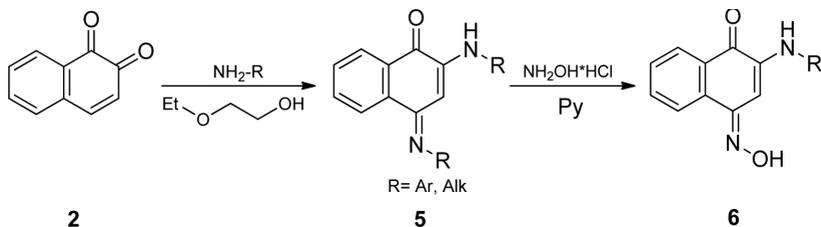
Схема 3



На кафедре биологии, химии и экологии КГПУ им. В.П. Астафьева был получен ряд 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинон-4-оксимов 6 из 1,2-нафтохинона 2 (схема 4) и 3-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинон-4-оксимов 9 (схема 5) из исходного 1,4-нафтохинона 7.

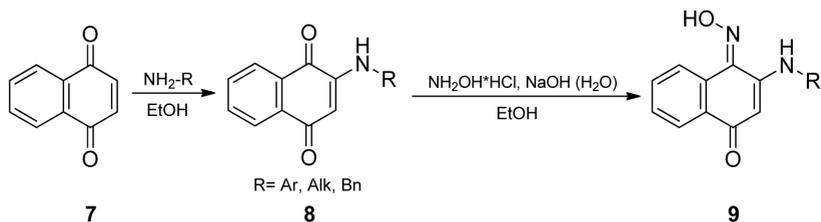
Показано [16], что оксимирование 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинон-4-ариламинов 5 солянокислым гидроксиламином в пиридине протекает селективно по положению 4:

### Схема 4



В то же время установлено [17], что оксимирование 2-ариламино-1,4-нафтохинонов **8** гидроксиламином в этаноле по методике [18] приводит к образованию оксимов **9**, т.е. протекает по положению *1*:

### Схема 5



Алкильный или бензильный фрагмент вместо арильного радикала в соединениях **8** не влияет на изменение направления оксимирования и в этих же условиях (**схема 5**) приводит к образованию 2-алкил(бензил)амино-1,4-нафтохинон-4-оксимов **9**.

Структура полученных оксимов **6** и **9** подтверждена данными физико-химических методов анализа, в том числе – методами двумерной спектроскопии (HMBC, HSQC, NOESY, COSY, DEPT).

#### **Библиографический список**

1. Эфрос Л.С., Горелик М.В. Химия и технология промежуточных продуктов. Л.: Химия, 1979. 544 с.

2. Венкатараман К. Химия синтетических красителей. Т. 2. Л.: Химия, 1957. 860 с.
3. Красовицкий Б.М., Болотин Б.М. Органические люминофоры. Л.: Химия, 1976. 344 с.
4. Жунгиету Г.И., Влад Л.А. Юглон и родственные 1,4-нафтохиноны. Кишинёв: Штиинца, 1978. 95 с.
5. Osorio H., et al. *Eur J Biochem.* 2003. №7. P. 1578–1589.
6. Lown J.W., Chen H. H., Plambeck J.A. *Biochem. Pharmacol.* 1979. Vol. 28. P. 2563–2568.
7. Tseng, C.-H., Chen Y.-L., Yang S.-H., et al. *Bioorg. Med. Chem.* 2010. Vol. 18. №14. P. 5172–5182.
8. Tseng C.-H., Cheng C.M., Tzeng C.C., et al. *Bioorg. Med. Chem.* 2013. Vol. 21. P. 523.
9. Беляев Е.Ю., Гидаспов Б.В. Ароматические нитрозосоединения. С-Пб.: Теза, 1996. С. 91.
10. Kehrmann F., et al. *J. Prakt. Cham.* 1889. 40. P. 257–263.
11. Kehrmann F., et al. *Ibid.* 1890. 41. P. 87–91.
12. Kehrmann F., et al. *Ber.* 1888. 21. P. 3315–3321.
13. Доналдсон Н. Химия и технология соединений нафталинового ряда: пер. с англ. Под ред. А.И. Королева. М.: ГОСНИТИ, 1963. 656 с.
14. Тодрес-Селектор З.В. Органические полупродукты и красители: Вып. 3: Сульфирование солями серной кислоты. Реакция Богданова. М.: Химия, 1965. 119 с.
15. Goldstein H., Koetschet P., Duboux O. *Helv. Chim. Acta.* 1933. Vol. 16. P. 241–245.
16. Горностаев Л.М., Руковец Т.А., Арнольд Е.В., Халявина Ю.Г., Гатиллов Ю.В. *ЖОрХ.* 2018. Vol. 54. № 1. P. 82–89.
17. Горностаев Л.М., Арнольд Е.В., Халявина Ю.Г., Чернышев В.В., Тябликов О.А., Дунаев С.Ф., Сташина Г.А. Бутлеровские сообщения. 2020. №2. С. 12–23
18. Goldstein H., Grandjean P. *Helv. chim. acta.* 1943. Vol.43. №9. P. 468–475.

**РЕАКЦИИ 4-АМИНО-1,2-НАФТОХИНОНОВ  
С НИТРОЗИЛСЕРНОЙ КИСЛОТОЙ  
И АМИНОНУКЛЕОФИЛАМИ**  
REACTIONS OF 4-AMINO-1,2-NAPHTHOQUINONES  
WITH NITROSYLSULIC ACID  
AND AMINONUCLEOPHILES

**Т.А. Руковец**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук,  
профессор кафедры биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного  
педагогического университета им. В.П. Астафьева,  
г. Красноярск*

**T.A. Rukovets**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –  
*Doctor of Chemical Sciences,  
Professor of the Department of Biology,  
Chemistry and Ecology,  
Krasnoyarsk State Pedagogical University  
named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk*

4-Ариламино-1,2-нафтохиноны, 7-оксиды бензо[а]феназин-5,6-дионон, 2-R-амино-1,4-нафтохинон-4-оксимы, нингидрин, оксимирование.

4-Ариламино-1,2-нафтохиноны при обработке раствором нитрозилсерной кислоты в уксусной кислоте превращаются в N-оксиды бензо[а]феназин-5,6-дионон. Оксимирование 2-(R<sup>1</sup>-амино)-4-(R<sup>2</sup>-имино)нафталин-1(4H)-онон гидрохлоридом гидроксиламина в пиридине приводит к 2-(R-амино)-4-(гидроксиимино)нафталин-1(4H)-ононам. На основе реакций 4-метилфениламино-1,2-нафтохинонов с нингидрином получены 6b, 11b-дигидрокси-12-метилфенил-11b, 12-дигидробензо[g]индено[1,2-b]индол-5,6,7(6bH)-трионы. Реакции 2-R-1,4-нафтохинон-4-оксимов с нингидрином протекают с участием оксимной группы и при этом образуются 6-R-6b, 11b-дигидрокси-5,7-диоксо-5,6b,7,11b-тетрагидробензо[g]индено[1,2-b]индол-12-оксиды.

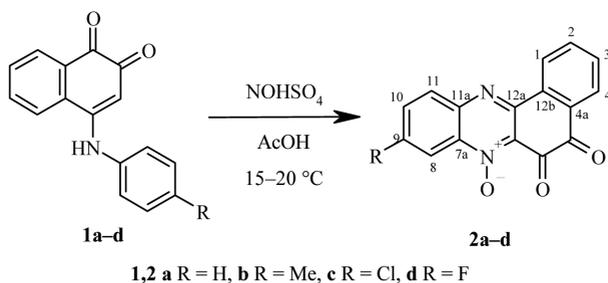
4-Arylamino-1,2-naphthoquinones, 7-oxides benzo[a]phenazine-5,6-diones, 2-R-amino-1,4-naphthoquinone-4-oximes, ninhydrin, oximation.

4-Arylamino-1,2-naphthoquinones upon treatment with a solution of nitrosyl-sulfuric acid in acetic acid are converted to N-oxides of benzo[a]phenazine-5,6-diones. Oximation of 2-(R<sup>1</sup>-amino)-4-(R<sup>2</sup>-imino)naphthalene-1(4H)-ones with hydroxylamine hydrochloride in pyridine leads to 2-(R-amino)-4-(hydroxyimino)naphthalene-1(4H) - ones. Based on the reactions of 4-methylphenylamino-1,2-naphthoquinones with ninhydrin, 6b, 11b-dihydroxy-12-methylphenyl-11b,12-dihydrobenzo[g]indeno[1,2-b]indole-5,6,7(6bH)-trions. The reactions of 2-R-amino-1,4-naphthoquinone-4-oximes with ninhydrin proceed with the participation of the oxime group and 6-R-6b,11b-dihydroxy-5,7-dioxo-5,6b,7,11b-tetrahydrobenzo[g]indeno[1,2-b]indole-12-oxides.

**А**минонафтохиноны и их азотистые гетероциклические производные, а также монооксимы 1,4-нафтохинонов проявляют различные виды биологической активности [1], [2]. N-Оксиды и диоксиды феназинов привлекают внимание исследователей как вещества, обладающие противоопухолевым действием [3].

Нами установлено, что 4-ариламино-1,2-нафтохиноны **1a-d** при обработке раствором нитрозилсерной кислоты превращаются в бензо[а]феназин-7-оксидо-5,6-дионы **2a-d** (схема 1).

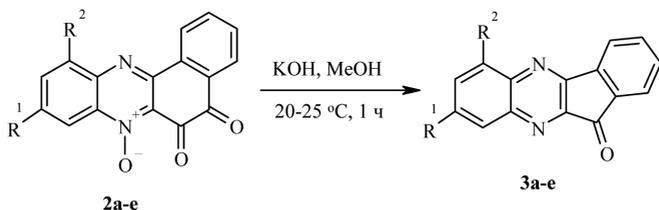
Схема 1



Нами найдено, что 7-оксиды бензо[а]феназин-5,6-дионов **2a-e** при обработке метанольным раствором гидроксида калия при 20–25 °С превращаются в 11H-индено[1,2-b]

хиноксалин-11-оны **3а-е**. Реакция сопровождается выделением  $\text{CO}_2$ , сужением *орто*-хиноидного цикла и дезоксигенированием *N*-оксидного фрагмента (схема 2).

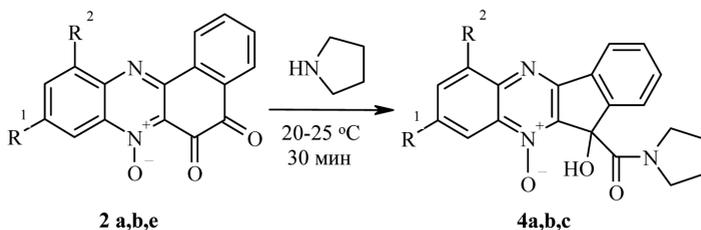
Схема 2



**2,3 а-д**  $\text{R}^2 = \text{H}$ ; **а**  $\text{R}^1 = \text{H}$ , **б**  $\text{R}^1 = \text{Me}$ , **с**  $\text{R}^1 = \text{Cl}$ , **д**  $\text{R}^1 = \text{F}$ ; **2,3 е**  $\text{R}^1 = \text{H}$ ,  $\text{R}^2 = \text{Me}$

Наличие *N*-оксидного фрагмента в производных феназиндионов **2а-е** повышает их электрофильную активность, которая подтверждается реакцией соединений **2а,б,е** с пирролидином, приводящей к 11-гидрокси-11-(пирролидин-1-илкарбонил)-11*H*-индено-[1,2-*b*]-хиноксалин-10-оксидам **4а-с** и сохранением *N*-оксидного фрагмента (схема 3).

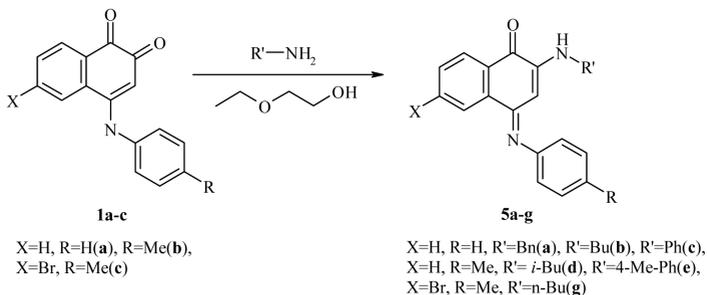
Схема 3



**2,4а**  $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{H}$ , **б**  $\text{R}^1 = \text{CH}_3$ ,  $\text{R}^2 = \text{H}$ , **с,е**  $\text{R}^1 = \text{H}$ ,  $\text{R}^2 = \text{CH}_3$

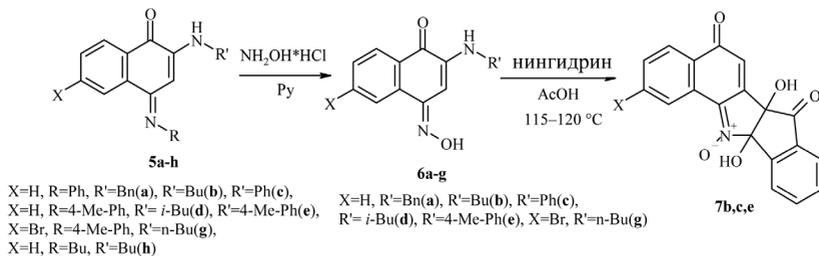
Нами синтезирована группа 2-( $\text{R}^1$ -амино)-4-( $\text{R}^2$ -имино)нафталин-1(4*H*)-онов **5а-г** при взаимодействии 4-(ариламино)-1,2-нафтохинонов **1а-с** с первичными ароматическими или алифатическими аминами (схема 4) и изучено взаимодействие соединений **5а-г** с гидросиламином.

### Схема 4



Оксимирование хинонов **5a-g** протекает региоселективно при нагревании их с гидрохлоридом гидроксилamina в пиридине или в этаноле в присутствии пиридина. Взаимодействие оксимов **6b,c,e** с нингидрином приводит к образованию 6-[ариламино(алкиламино)]-6b,11b-дигидрокси-5,7-диоксо-5,6b,7,11b-тетрагидробензо[g]индено[1,2-*b*]-индол-12-оксидов **7**. (схема 5).

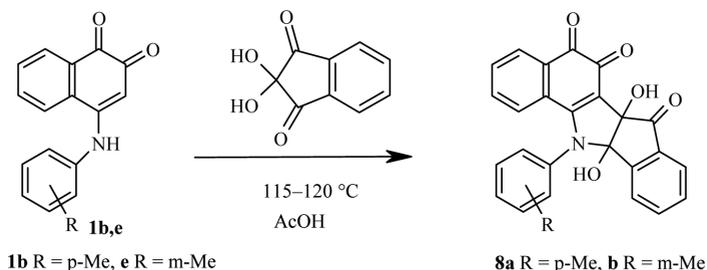
### Схема 5



Синтезированная нами группа 2-*R*-амино-1,4-нафтохинон-4-оксимов с ароматическими *R*-группами обладает субмикромольной активностью в отношении линии клеток НСТ-116 (рак толстой кишки).

Мы установили, что 4-ариламино-1,2-нафтохиноны (**1a-b**) реагируют с нингидрином подобно енаминам и превращаются в 6b,11b-дигидрокси-12-*R*-фенил-11b,12-дигидробензо[g]индено[1,2-*b*]индол-5,6,7(6b*H*)-трионы (**8a-b**) (схема 6).

### Схема 6



### Библиографический список

1. Tseng C.H., Cheng C.M., Tzeng C.C., Peng S.I., Yang C.L., Chen Y.L. Synthesis and anti-inflammatory evaluations of b-lapachone derivatives // Bioorg. Med. Chem. 2013. №21. P. 523–531.
2. Tseng C.H., Chen Y.L., Yang S.H., Peng S.I., Cheng C.M., Han C.H., Lin S.R., Tzeng C.C. Synthesis and antiproliferative evaluation of certain iminonaphtho[2,3-b]furan derivatives // Bioorg. Med. Chem. 2010. №18(14). P. 5172–5182.
3. Rewcastle, G. W.; Denny, W. A.; Baguley, B. G. J. Med. Chem. 1987, 30, 843–851.

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ OPTIMIZATION OF CONDITIONS OF SYNTHESIS OF NANOSIZED PARTICLES OF NICKEL FERRITE

**Д.И. Сайкова**

Научный руководитель **С.В. Сайкова** –

*доктор химических наук,*

*профессор кафедры физической и неорганической химии*

*Сибирского федерального университета, г. Красноярск*

**D.I. Saykova**

Scientific adviser **S.V. Saykova** –

*Doctor of Chemical Sciences,*

*Professor of the Department of Physical and Inorganic Chemistry,*

*Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Наночастицы, феррит никеля, магнитные материалы, рентгенофазовый анализ, щелочное соосаждение.

*Проведен синтез наночастиц феррита никеля методом химического соосаждения из солей железа (II), никеля (II); исследовано влияние условий синтеза на формирование наноразмерных частиц  $NiFe_2O_4$ , определены оптимальные параметры данного процесса. Размер частиц, полученных в оптимальных условиях, рассчитанный по формуле Шеррера, составляет 11-13 нм*

Nanoparticles, nickel ferrite, magnetic materials, X-ray phase analysis, alkaline coprecipitation.

*The synthesis of nickel ferrite nanoparticles by coprecipitation method from salts of iron (II), nickel (II) was carried out; the optimal conditions for this process were determined. The products obtained were investigated by photon-correlation spectroscopy, X-ray phase analysis.*

**В** последние годы наблюдается устойчивая тенденция роста онкологических заболеваний во всем мире, что объясняется старением населения, экологическими, экономическими и другими факторами. Только в 2019 г. в России выявлено 640 тыс. онкобольных, почти 280 тыс. человек умерло от злокачественных новообразований, что составляет 16 % в общей структуре смертности. Онкология является второй причиной летальных исходов после сердечно-сосудистых заболеваний. Около 39 % выявленных злокачественных новообразований имеют III-IV стадию. 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, которое можно было бы легко увидеть «снаружи» и которое, попав в организм, связывалось бы раковыми клетками. В качестве такого средства можно использовать наноразмерные частицы феррита никеля. Благодаря малым размерам и магнитным свойствам возможно инкорпорирование феррита в опухолевую ткань, где последующее физическое воздействие приводит к локализован-

ному нагреву и уничтожению раковых клеток, т.н. гипертермии [1]. Однако для этого процесса требуется, чтобы размер используемых частиц был не более 50 нм.

Целью данной работы является математическое моделирование и определение оптимальных условий синтеза наноразмерных частиц феррита никеля методом дробного факторного эксперимента.

Поиск оптимальных условий синтеза наноразмерных частиц феррита никеля проводили с использованием метода математического планирования и обработки результатов дробного факторного эксперимента ДФЭ  $2^{7-4}$  (1/16 реплики полного факторного эксперимента).

При реализации дробно-факторного эксперимента провели три серии опытов, по результатам которых определили средние значения частных откликов ( $Y_i$ ), оценили ошибку воспроизводимости каждого опыта, рассчитали коэффициенты уравнения регрессии ( $b_i$ ), порог значимости коэффициентов регрессии ( $Db$ ) [2].

В рамках исследования были построены две математические модели: в качестве целевой функции ( $Y_i$ ) первой модели выбрали размер частиц феррита никеля ( $d$ , нм), рассчитанный по формуле Дебая-Шеррера, в качестве целевой функции второй модели выступала чистота фазы образца ( $p$ , %) феррита никеля, определенная методом РФА.

В качестве независимых переменных выбрали следующие факторы, уровни варьирования которых приведены в таблице 1:

- $X_1$  – время осаждения, мин;
- $X_2$  – наличие продува воздухом;
- $X_3$  –  $n(\text{NaOH})/n(\text{Ni}^{2+} + \text{Fe}^{2+})$ ;
- $X_4$  – температура синтеза, °C;
- $X_5$  – концентрация NaOH, М;
- $X_6$  – наличие  $\text{H}_2\text{O}_2$ ;
- $X_7$  – концентрации  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ , М.

В результате эксперимента получили две математические модели, первая модель описывает зависимость гидродинамического диаметра частиц от исследованных факторов:

$$d = 19,1 - 1,47x_2 + 2,1x_4 - 3,1x_6 + 1,0x_7.$$

Вторая модель характеризует зависимость чистоты фазы от условий синтеза:

$$p = 96,2 - 3,0x_1 - 3,5x_2 - 2,8x_4.$$

На основании полученных моделей определили оптимальные условия синтеза наночастиц феррита никеля: время осаждения – 5 мин;  $n(\text{NaOH})/n(\text{Ni}^{2+} + \text{Fe}^{2+}) = 2,4$ ; температура синтеза = 25 °С;  $C(\text{NaOH}) = 1 \text{ М}$ ; добавление  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $C(\text{NiSO}_4, \text{FeSO}_4) = 0,4 \text{ М}$ .

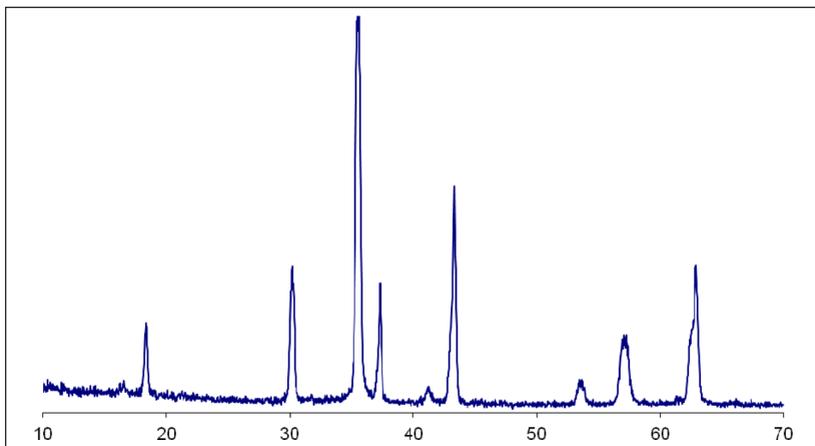
По данным рентгенофазового анализа, образец лучшего опыта плана представляет собой чистую фазу феррита никеля (рис. (а)), его частицы имеют гидродинамический диаметр 720 нм, а размер, рассчитанный по формуле Дебая-Шеррера, составляет 11,7 нм.

*Таблица*

**Значения независимых переменных**

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Верхний уровень варьирования	20 мин	Есть	4,0	80 °С	4 М	Нет	0,8 М
Нижний уровень варьирования	5 мин	Нет	2,4	25 °С	1 М	Есть	0,4 М

В найденных нами оптимальных условиях получены НЧ феррита никеля размером 11-13 нм, что соответствует размерам, необходимым для терапии онкологических заболеваний.



*Рис. Рентгенограмма образца, полученного в оптимальных условиях*

***Библиографический список***

1. Белов К.П., Зайцева М.А. Новые магнитные материалы – феррит-гранаты // Успехи физических наук. 1058. Т. 66. №1. С.141–144.
2. Трофимова Т.В., Сайкова С.В., Сайкова Д.И., Чистяков Д.И. Синтез наночастиц золота, обладающих анизотропией оптических свойств // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: химия. 2016. Т. 9. № 4.

**СИНТЕЗ НЕСИММЕТРИЧНЫХ СУЛЬФИДОВ  
НА ОСНОВЕ 2,4-ДИАЛКИЛФЕНОЛОВ  
SYNTHESIS OF NON-SYMMETRIC SULFIDES  
BASED ON 2,4-DIALKYLPHENOLS**

**Е.М. Соболева**

Научные руководители **Т.С. Степанова** –  
*старший преподаватель кафедры химии Новосибирского  
государственного педагогического университета;*

**П.И. Пинко** – кандидат химических наук,  
*доцент кафедры химии Новосибирского государственного  
педагогического университета, г. Новосибирск*

**E.M. Soboleva**

Scientific advisers **T.S. Stepanova** –

*Senior Lecturer, Department of Chemistry,  
Novosibirsk State Pedagogical University,*

**P.I. Pinko** – *PhD in Chemistry, Associate Professors,  
Department of Chemistry, Novosibirsk State Pedagogical  
University, Novosibirsk*

Фенольные антиоксиданты, алкилтиометилирование, N,N-диэтиламинометилдодецилсульфид, реакция Манниха.

*В статье рассмотрены способы получения несимметричных сульфидов на основе 2,4-диалкилзамещенных фенолов.*

Phenolic antioxidants, alkylthiomethylation, N,N-diethylaminomethyl-dodecyl sulfide, Mannich reaction.

*The article discusses methods for producing asymmetric sulfides based on 2,4-dialkyl-substituted phenols.*

**В** настоящее время получение полифункциональных антиоксидантов на основе алкилфенолов является одной из важных задач в органическом синтезе, поскольку такие соединения нашли широкое применение при стабилизации резины, каучуков и моторных топлив.

Введение бивалентной серы в структуры таких соединений увеличивает антиоксидантные свойства за счет инактивации гидроперекисных соединений.

Ранее на кафедре химии НГПУ был получен ряд сульфидов на основе 2,6-диалкилфенолов, которые показали достаточно высокую антиоксидантную активность по сравнению с известными промышленными аналогами.

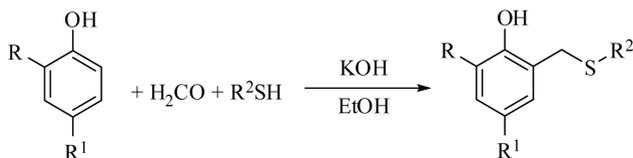
Нами было принято решение получить ряд серосодержащих антиоксидантов на основе 2,4-диалкилфенолов, где алкилтиометильный фрагмент будет встраиваться в молекулу фенола в *орто*-положение, а не в *пара*-, как описано выше.

В качестве исходных веществ были выбраны 2,4-ди-*трет*-бутил; 2-метил-4-*трет*-бутил; 4-метил-2-*трет*-бутилфенолы, поскольку они являются промышленными продуктами.

Известны несколько способов введения алкилтиометильного фрагмента в молекулы замещенных фенолов: прямое взаимодействие исходных фенолов с тиолами и формальдегидом в щелочной среде, через промежуточный продукт – основание Манниха и с использованием *N,N*-диэтил аминотетилалкилсульфидов.

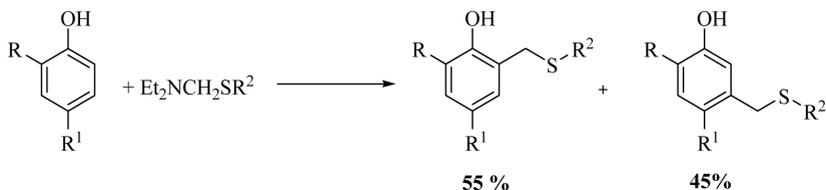
Прямое взаимодействие 2,4-диалкилфенолов с соответствующими тиолами и формальдегидом в щелочной среде (схема 1) [1] оказалось неэффективным, поскольку приводит к образованию целого ряда других соединений, таких как бис-фенол и дисульфид. Ввиду этого выход целевого продукта не превышал 20%.

Схема 1



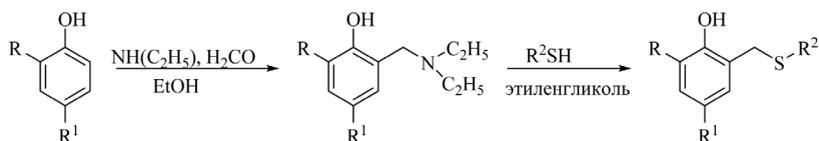
Более эффективным методом в сравнении с прямым синтезом оказалось взаимодействие 2,4-диалкилфенолов с *N,N*-диэтиламинотетилалкилсульфидами (схема 2) [2,3], поскольку выход реакции составлял порядка, 50%, но, наряду с целевыми 2-алкилтиометил-4,6-диалкилфенолами были обнаружены *m*-замещенные 3-алкилтиометил-4,6-диалкилфенолы:

Схема 2



Третий способ получения был осуществлен взаимодействием тиолов с предварительно полученными основаниями Манниха (схема 3):

**Схема 3**



Данный способ оказался наиболее эффективным в синтезе 2-алкилтиометил-4,6-диалкилфенолов ввиду большого выхода реакции (более 70% по двум стадиям).

Состав и строение полученных 2-алкилтиометил-4,6-диалкилфенолов доказаны элементарным анализом, ВЭЖХ и спектральными данными.

#### ***Библиографический список***

1. Степанова Т.С., Трубникова Ю.Н., Олейник А.С. и др. Синтез и противоокислительная активность гидроксibenзилтиоэтановых кислот // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 29. № 1. С. 47–54.
2. Бугаев И.М., Просенко А.Е. Новый метод алкилтиометилирования феноло // Известия Академии наук. Серия химическая. 2010. № 4. С. 843.
3. Багавиева Т.К., Ягунов С.Е., Хольшин С.В., Просенко А.Е. Модификация кверцетина (додецилсульфанил)метильной группой // Известия Академии наук. Серия химическая. 2019. № 1. С. 194–196.
4. Просенко А.Е., Дюбченко О.И., Терах Е.И. и др. Синтез и исследование антиокислительных свойств алкилзамещенных гидроксibenзилдодецилсульфидов // Нефтехимия. 2006. Т. 46. № 4. С. 310–315.

**ОДНОРЕАКТОРНЫЙ СИНТЕЗ  
И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ  
2-(3-ГИДРОКСИ-4,9-ДИОКСО-4,9-ДИГИДРО-1H-  
БЕНЗО[*f*]ИНДОЛ-2-ИЛ)БЕНЗАМИДОВ  
ONE-POT REACTION AND BIOLOGICAL ACTIVITY  
OF 2-(3-HYDROXY-4,9-DIOXO-4,9-DIHYDRO-1H-  
BENZO[*f*]INDOL-2-YL) BENZAMIDES**

**О.И. Фоминых**

*кандидат химических наук, старший преподаватель  
кафедры биологии, химии и экологии Красноярского  
государственного педагогического университета  
им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук,*

*профессор кафедры биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного педагогического  
университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**O.I. Fominykh**

*PhD in Chemistry, Senior Lecturer, Department of Biology,  
Chemistry and Ecology of the KSPU V.P. Astafieva, Krasnoyarsk*  
Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –

*Doctor of Chemical Sciences,  
Professor of the Department of Biology, Chemistry and Ecology,  
Krasnoyarsk State Pedagogical University  
named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Реакция в одном сосуде, биологическая активность, 2-алкиламино-1,4-нафтохиноны, 2-(3-гидрокси-4,9-диоксо-4,9-дигидро-1H-бензо[*f*]индол-2-ил)бензамиды, 2,2-дигидрокси-1,3-индандион.

*Предложены методы синтеза 2-(3-гидрокси-4,9-диоксо-4,9-дигидро-1H-бензо[*f*]индол-2-ил)бензамидов. Изучена антипролиферативная активность 2-(3-гидрокси-4,9-диоксо-4,9-дигидро-1H-бензо[*f*]индол-2-ил)бензамидов в отношении опухолевых и неопухолевых клеток человека и установлены особенности их структур, важные для проявления этой активности.*

One-pot reaction, biological activity, 2-alkylamino-1,4-naphthoquinones, 2-(3-hydroxy-4,9-dioxo-4,9-dihydro-1H-benzo[f]indol-2-yl)benzamides, 2,2-dihydroxy-1,3-indandione.

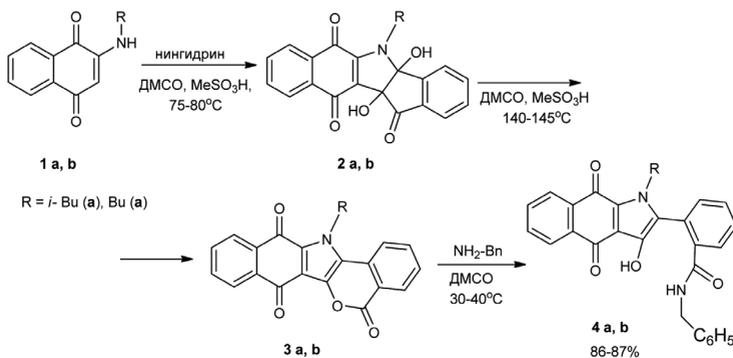
*Methods for the synthesis of 2-(3-hydroxy-4,9-dioxo-4,9-dihydro-1H-benzo[f]indol-2-yl) benzamides are proposed. The antiproliferative activity of 2-(3-hydroxy-4,9-dioxo-4,9-dihydro-1H-benzo[f]indol-2-yl)benzamides against tumor and non-tumor human cells was studied and the features of their structures that are important for manifestations of this activity.*

Известно, что природные и синтетические аминафтохиноны, а также их гетероциклические производные, содержащие пиррольный, фурановый, карбоксамидный фрагменты, проявляют различные полезные свойства [1-4].

Ранее сотрудниками кафедры химии КГПУ им. В.П. Астафьева были получены бензо[f]изохромено[4,3-*b*]индол-5,7,12(13*H*)-трионы, содержащие пиррольный цикл на основе реакции 2-амино-1,4-нафтохинонов с 2,2-дигидрокси-1,3-индандионом (нингидрином) [5].

Установлено, что бензо[f]изохромено[4,3-*b*]индол-5,7,12(13*H*)-трионы взаимодействуют с первичными и вторичными аминами с образованием 2-(3-гидрокси-4,9-диоксо-4,9-дигидро-1*H*-бензо[f]индол-2-ил)бензамидов [6].

Ацетилирование 2-(3-гидрокси-4,9-диоксо-4,9-дигидро-1*H*-бензо[f]индол-2-ил)бензамидов происходило не по амидной, а по гидроксильной группе.



Структуры бензамидов и их ацетоксипроизводных подтверждены физико-химическими методами.

Найдено, что бензамиды **4a,b** можно синтезировать непосредственно из 2-алкиламино-1,4-нафтохинонов **1a,b** и нингидрина однореакторным способом.

Для полученных новых соединений – бензамидов и их ацетоксипроизводных – был проведен биологический скрининг. Антипролиферативная активность новых соединений исследована в лаборатории механизмов гибели опухолевых клеток ФГБУ НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина Минздрава России на линиях опухолевых клеток человека НСТ116 (аденокарцинома толстой кишки) и K562 (хронический миелоидный лейкоз). Установлено, что новые продукты проявляют антипролиферативную активность, сопоставимую со значениями доксорубина.

#### *Библиографический список*

1. Reddy, H. R.; Reddy, C. V. S.; Subashini, R.; Roopan, S. M. RSC Adv. 2014, 4, 29999.
2. Treshchalin, I. D.; Treshchalina, E. M.; Shtil, A. A.; Preobrazhenskaya, M. N.; Shchekotikhin, A. E. Antitumor antrafurandione and pharmaceutical compositions thereof. RU Patent 2554939, 2015.
3. Gornostaev, L. M.; Tsvetkov, V. B.; Markova, A. A.; Lavrikova, T. I.; Khalyavina, Y. G.; Kuznetsova, A. S.; Kaluzhny, D. N.; Shunayev, A. V.; Tsvetkova, M. V.; Glazunova, V. A.; Chernyshev, V. V.; Shtil, A. A. Anti-Cancer Agents Med. Chem. 2017, 17, 1814.
4. Shchekotikhin, A. E.; Glazunova, V. A.; Dezhenkova, L. G.; Shevtsova, E. K.; Traven, V. F.; Balzarini, J.; Huang, H.-S.; Shtil, A. A.; Preobrazhenskaya, M. N. Eur. J. Med. Chem. 2011, 46, 423.
5. Горностаев Л.М., Халявина Ю.Г., Кузнецова А.С., Фоминых О.И., Тропина Д.А., Мурашова Е.В., Замилацков И.А., Чернышев В.В., Журн. орган. химии, 2016, 52, 87.
6. Горностаев Л.М., Руковец Т.А., Лаврикова Т.И., Халявина Ю.Г., Штиль А.А., Шунаев А.В., Дунаев С.Ф., Мурашова Е.В., Чернышев В.В. Химия гетероциклических соединений. 2020. 56(1). 47–54.

---

## II СЕКЦИЯ МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ

---

### ПРЕПОДАВАНИЕ БИОХИМИИ В МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ С ПОЗИЦИЙ –ОМИК TEACHING OF BIOCHEMISTRY AT THE MEDICAL UNIVERSITY FROM –OMIC'S POSITION

**Н.А. Малиновская,**  
*доктор медицинских наук, заведующая кафедрой  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского  
института молекулярной медицины и патобиохимии  
Красноярского государственного медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**N.A. Malinovskaya,**  
*MD, DSc, Head of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Senior Researcher at the Research Institute  
of Molecular Medicine and Pathobiochemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Многомерная биология, геномика, протеомика, транскриптомика, РНомика, метаболомика, биохимия.

*В статье анализируются особенности преподавания биохимии (чтение лекций) в медицинском вузе с позиций -омик: учитывая современные достижения многомерной биологии, на лекциях дается представление о таких направлениях, как геномика, протеомика, транскриптомика, РНомика, метаболомика и их разновидности, приводятся примеры их уникального использования в медицине.*

Multidimensional biology, genomics, proteomics, transcriptomics, RNomics, metabolomics, biochemistry.

*The article analyzes the features of teaching biochemistry (lecturing) at a medical university from the point of view of -omics: taking into account the modern achievements of multidimensional biology, the lectures give an idea of such areas as genomics, proteomics, transcriptomics, RNomics, metabolomics, and their varieties. Also, it gives examples of their unique use in medicine.*

Основными направлениями медицины 21 века и многомерной биологии являются направленность на персонализированную диагностику и терапию (то есть терапию конкретного пациента, с его генетическими и метаболическими особенностями), персонализированный мониторинг данной терапии и последующий прогноз, переход на современные методы молекулярно-генетического тестирования, диагностику и ориентирование на использование персональных молекул-маркеров и мишеней. Применение многомерной биологии (-омик, OMICS) является основой для персонализированной медицины [1]. Кроме того, актуальны «новации» в преподавании «классической» биохимии [2]. В КрасГМУ при преподавании биологической химии во время лекций, посвященных таким разделам, как обмены веществ (представление об отдельных разделах метаболизма – гликомики, липидомики, протеомики и методах их изучения), матричные синтезы (сравнительное представление о геномике, транскриптомике, РНомике, протеомике и методах их исследования), дается краткая информация об -омиках, особенностях методов их исследования и примеры их уникального использования в медицине. Цель исследования – представление информации о направлениях -омик, их особенностях и использовании в медицине, а также при преподавании биохимии и других дисциплин в медицинских вузах.

Раньше всех остальных направлений -омик возникла геномика – наука, изучающая геном, то есть совокупность

всех генов организма и нарушений в них, приводящих к развитию наследственных заболеваний либо предрасполагающих к ним. Транскриптомика изучает транскриптом, то есть набор всех РНК (гетерогенных ядерных и зрелых матричных, транспортных, рибосомальных), находящихся в данном образце, связанных с матричными синтезами, а РНомика – совокупность РНома, то есть некодирующих, «регуляторных», РНК (например, микроРНК, малых интерферирующих РНК, рибозимов, аптамеров и других). Достижения геномики и транскриптомики позволяют в настоящее время проводить генетическую паспортизацию и молекулярное фенотипирование пациентов с различными заболеваниями. Методы изучения генома и РНК – ПЦР-исследование, секвенирование ДНК и РНК, мультиплексный анализ, микрочипирование, которые позволяют выявить новые молекулы-маркеры и мишени заболеваний, судить о динамике развития заболеваний, прогнозе их развития и осложнений, об эффективности проводимой терапии [1,3].

Метаболомика – наука о метаболоме, позволяющая проводить идентификацию и количественное определение всех метаболитов, находящихся или образующихся в данной биологической жидкости или ткани. Основное направление исследований – изучение метаболических особенностей и изменений, происходящих при тех или иных заболеваниях (например, при сахарном диабете, метаболическом синдроме, сердечно-сосудистых заболеваниях, поражениях печени). Для анализа метаболитов чаще всего используются методы масс-спектрометрии, хроматографии, ЯМР, биочипирование. Метаболомика и ее отдельные разделы (гликомика, липидомика, протеомика и др.) показали высокую эффективность при обнаружении наследственных и приобретенных нарушений метаболизма, осложнений при трансплантациях для изучения токсичности лекарственных пре-

паратов (токсикогеномика), индивидуальных реакций организма на лекарственные препараты (фармакогеномика), пищевой и спортивной метаболомики, метаболомики в пищевой промышленности [1,3].

Протеомика – наука, изучающая инвентаризацию протеома, то есть совокупности всех белков организма, включая белки, подвергнутые различным модификациям [3]. Совокупность индивидуальных белков данного организма, определенных в конкретной биологической жидкости или фрагменте ткани, можно назвать «белковым профилем» или «протеомной картой» – по сути, мгновенным «слепок» белков, здесь содержащихся, в норме и при патологии. Для идентификации белков могут использоваться методы масс-спектрометрии с протеомным анализом (методы MALDI, SELDI и/или электроспрей), гель-электрофорез и иммуноблоттинг (вестерн-блоттинг), микросеквенирование белков, жидкостная хроматография высокого давления (HPLC) и высокого разрешения, методы иммунохимического исследования с использованием антител, биочипирования. Интерактом – часть протеома, совокупность тех белков клетки, которые взаимодействуют с конкретной белковой биомолекулой (маркером или мишенью). Знания протеомики и интерактомики позволяют выявить новые молекулы-маркеры и мишени, изучить белки плазмы крови, в том числе достаточно редкие, в норме и при патологии, выяснить частные виды протеомики для диагностики различных заболеваний в организме человека (онкопротеомика, кардиоваскулярная, ренальная протеомика и др.) [4].

Биоинформатика – наука, которая помогает изучать весь массив данных, полученных при изучении –омик с помощью современных методов исследования, таких, как ЯМР, рентгеноструктурный анализ, масс-спектрометрия, ПЦР-исследование, секвенирование ДНК и др. [3]. Так, биоин-

форматика позволяет хранить, анализировать и обрабатывать большие массивы данных, способна обеспечивать получение информации о функциональных свойствах и структуре биомолекул (в частности, мРНК и белков) на основании данных о структуре генома [4].

Благодаря современным технологиям и биоинформатике после выявления пробелов в образовании медсестер с использованием –омик (например, по обоснованию симптомов, связанных с синдромом раздраженного кишечника, оценке вклада микроРНК и микробиома в заживление хронических ран и других заболеваний) в инфраструктуре и ресурсах сестринского ухода за больными был создан веб-сайт Сети по науке и образованию в области медсестер (ONSEN), благодаря которому можно устранить выявленные «пробелы в знаниях» с помощью согласованных совместных усилий [5].

Кроме того, в результате многопозиционного и многокомпонентного анализа различных –омик (геномика, транскриптомика, эпигеномика, протеомика, метаболомика) был получен прогресс в медицине, в частности, в онкологии (выявлены ключевые механизмы развития рака, резистентности к терапии, риска рецидивов, результаты которых были применены в клинической онкологии и помогают принимать решения о терапии пациентов) [6-8].

Таким образом, преподавание в лекционном курсе биохимии основ многомерной биологии и медицины (–омики, их виды, представления об особенностях методов их изучения и о применении в медицине) является современным направлением в мире, актуально и создает основы для последующего изучения персонализированной медицины, молекулярной и трансляционной медицины, клинических дисциплин. Возможно также более углубленное изучение многомерной биологии и медицины (в частности, в плане клини-

ческих примеров их использования в медицине) в лекционном курсе таких дисциплин в медицинском вузе, как биотехнология или медицинская биотехнология, клиническая биохимия, трансляционная, молекулярная или персонализированная медицина и факультативных дисциплин (к примеру, в КрасГМУ с 2021 года преподается междисциплинарная факультативная дисциплина «Фундаментальные основы клинической медицины»).

### ***Библиографический список***

1. Грунина М.В., Лябин М.П. Многомерная биология как основа персонализированной медицины и медицины XXI века // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2018. Т. 8. № 2. С. 46–51.
2. Marikar F.M.M.T., Wadige K.N.H., Lakmuthu S.D. et al. Evaluation of the Teaching Approaches of Biochemistry for Medical Students: A Sri Lankan Case Study // J. Community Med. Health Educ. 2015. Vol. 5 (4). P. 1–4.
3. Арчаков А.И. Биоинформатика, геномика и протеомика – науки о жизни XXI столетия // Вопросы медицинской химии. 2000. Т. 46. № 1. С. 4–7.
4. Сучков С.В., Гнатенко Д.А., Костюшев Д.С. и др. Протеомика как фундаментальный инструмент доклинического скрининга, верификации анализов и оценки применяемой терапии // Вестник РАМН. 2013. Т. 68. № 1. С. 65–71.
5. Tully L.A., Calzone K.A., Cashion A.K. Establishing the Omics Nursing Science & Education Network // J. Nurs. Scholarsh. 2020. Vol. 52(2). P. 192–200.
6. Karczewski K.J., Snyder M.P. Integrative omics for health and disease // Nat Rev Genet. 2018. Vol. 19 (5). P. 299–310.
7. Olivier M., Asmis R., Hawkins G.A. et al. The Need for Multi-Omics Biomarker Signatures in Precision Medicine // Int. J. Mol. Sci. 2019. Vol. 20 (19): 4781.
8. Graw S., Chappell K., Washam C.L. et al. Multi-omics data integration considerations and study design for biological systems and disease // Mol. Omics. 2021. Vol. 17 (2). P. 170–185.

**ХИМИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА –  
ФОКУС НА ЭМОЦИИ**  
BRAIN CHEMISTRY – FOCUS ON EMOTION

**Ю.К. Комлева<sup>1,2</sup>, А.И. Черных<sup>3</sup>, О.Л. Лопатина<sup>1,2</sup>,  
Н.А. Малиновская<sup>1,4</sup>, Я.В. Горина<sup>1,4</sup>, А.Б. Салмина<sup>5</sup>**

*<sup>1</sup>Кафедра биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
Красноярский государственный медицинский университет  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

*<sup>2</sup>ЦКП Молекулярные и клеточные технологии,  
Красноярский государственный медицинский университет  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

*<sup>3</sup>Красноярская межрайонная клиническая больница № 20  
им. И.С. Берзона, г. Красноярск*

*<sup>4</sup>Научно-исследовательский институт  
молекулярной медицины и патобиохимии,  
Красноярский государственный медицинский университет  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

*<sup>5</sup>Отдел исследований мозга, Научный центр неврологии, г. Москва*

**Yu.K. Komleva<sup>1,2</sup>, A.I. Chernykh<sup>3</sup>, O.L. Lopatina<sup>1,2</sup>,  
N.A. Malinovskaya<sup>1,4</sup>, Ya.V. Gorina<sup>1,4</sup>, A.B. Salmina<sup>5</sup>**

*<sup>1</sup>Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

*<sup>2</sup>Equipment sharing center Molecular and Cell Technologies  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

*<sup>3</sup>Krasnoyarsk Interdistrict Clinical Hospital No. 20  
named after I.S. Berzon, Krasnoyarsk*

*<sup>4</sup>Research Institute of Molecular Medicine and Pathobiochemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

*<sup>5</sup>Department of Brain Research, Scientific Center of Neurology,  
Moscow, Russia*

Головной мозг, миндалевидное тело, гиппокамп, окситоцин, эмоциональная память, социальный мозг, дистанционное обучение.

*В статье представлены актуальные данные взаимодействия между миндалиной и гиппокампом в головном мозге. Фокус в сообщении делается на роль нейропептидов (окситоцина) в эмоциональных влияниях на процессы обучения и памяти.*

Brain, amygdala, hippocampus, oxytocin, emotional memory, social brain, distance learning.

*The article presents relevant data on the interaction between the amygdala and the hippocampus in the brain. The focus of the message is on the role of neuropeptides (oxytocin) in emotional influences on learning and memory.*

Эмоциональные расстройства являются огромной угрозой психическому здоровью человека. Среди прочих наиболее распространенными являются большое депрессивное расстройство и тревога (ипохондрия) [6]. Эмоции оказывают существенное влияние на когнитивные процессы у людей, включая восприятие, внимание, обучение, память, рассуждение и решение проблем. Эмоции особенно сильно влияют на внимание, модулируя избирательность внимания, а также мотивируя действия и поведение. Этот контроль внимания и исполнительный контроль тесно связаны с процессами обучения, поскольку изначально ограниченные способности внимания лучше сосредоточены на соответствующей информации. Эмоции также облегчают кодирование и помогают эффективно извлекать информацию, что особенно важно в процессах обучения в образовательных учреждениях. Однако влияние эмоций на обучение и память не всегда однозначно, поскольку исследования показали, что эмоции либо усиливают, либо ухудшают запоминание обучения и долговременной памяти (LTM) в зависимости от ряда факторов. Недавние результаты нейровизуализации показали, что миндалевидное тело и префронтальная кора взаимодействуют с медиальной височной долей интегрированным образом, что обеспечивает консолидацию памяти, модулируемую миндалевидным те-

лом; кодирование и формирование памяти; а гиппокамп необходим для успешного обучения и удержания долговременной памяти LTM [4].

Базолатеральная миндалина (BLA) и гиппокамп – это две области мозга, которые могут действовать независимо, проявляя свои различные функции в отношении эмоций и памяти. Однако некоторые другие исследования показывают, что BLA и гиппокамп также могут действовать синергетически. При поведении, связанном с тревогой, нейроны в BLA и гиппокампе активируются, что указывает на их нейронную корреляцию. В условиях контекстуального страха инактивация BLA агонистом рецепторов гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) ослабляет консолидацию зависимой от гиппокампа контекстной памяти. Кроме того, манипуляции с BLA изменяют экспрессию генов и синаптическую пластичность гиппокампа. Поскольку тревога часто выражается совместно с социальной дисфункцией, эти находки подтверждают, что взаимодействие оси базолатеральная миндалина и гиппокамп может быть ключевым механизмом в нервной цепи, связывающим сопутствующие заболевания тревожных расстройств и социальных дефицитов [5].

Было показано, что связь миндалевидного тела и гиппокампа связана с эндогенными уровнями нейропептида окситоцина и может изменяться экзогенно вводимым окситоцином. На нейрональном уровне более высокие уровни эндогенного окситоцина были связаны с более низкой степенью межрегиональной функциональной связи между областями миндалины и гиппокампа [1]. Нейропептид окситоцин привлек большое внимание широкой общественности, фундаментальных исследователей нейробиологии, психологов и психиатров из-за его глубоких просоциальных, анксиолитических и «антистрессовых» поведенческих и физиологических эффектов, а также его потенциального применения для лечения психических заболеваний, связанных с измененной

социально-эмоциональной компетентностью. В сочетании с многочисленными сообщениями о положительном влиянии интраназального введения окситоцина на нейрональные сети мозга человека, контролирующие социально-эмоциональное поведение в отношении здоровья и болезней, требуются гармоничные тандемы фундаментальных исследователей и клиницистов. Во время кризиса COVID-19 в 2020–2021 году исследования эмоций и влияния нейропептидов кажутся центральными, поскольку последствия, вызванные социальной изоляцией, требуют тщательного изучения [2].

У человека как высоко социального вида включение в социальные сети и наличие прочных социальных связей имеют решающее значение для нашего здоровья и благополучия. Действительно, нарушение социального функционирования является компонентом многочисленных нервно-психических расстройств, включая депрессию, тревогу и расстройство, связанное с употреблением психоактивных веществ. Во время нынешней пандемии COVID-19 наши социальные сети подвержены риску разрушения, в том числе и в связи с переходом на дистанционное обучение, и многие из них уязвимы перед негативными последствиями социальной изоляции [3].

Благодаря последним технологическим достижениям исследования причинно-следственных связей конкретной нервной цепи между миндалевидным телом и гиппокампом помогают нам понимать механизмы мозга, регулирующие воспоминания и эмоции, и улучшить клиническое лечение связанных с эмоциями расстройств памяти у пациентов. Кроме того, текущее состояние знаний о влиянии эмоций на память находит отражение их значения для образовательных учреждений. В дополнение к выяснению эффектов эмоций, роль нейропептидов расширяет наше понимание эмоциональных влияний на процессы обучения и памяти; эти знания могут быть полезными для разработки эффективных учебных программ [4], обеспечивающих благоприятную среду обучения

как для традиционного «живого» обучения в классах, так и для «виртуального» обучения с помощью образовательных онлайн-технологий в условиях меняющегося мира.

### ***Библиографический список***

1. Alaerts K. [и др.]. Amygdala–Hippocampal Connectivity Is Associated With Endogenous Levels of Oxytocin and Can Be Altered by Exogenously Administered Oxytocin in Adults With Autism // *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*. 2019. № 7 (4). С. 655–663.
2. Grinevich V., Neumann I. D. Brain oxytocin: how puzzle stones from animal studies translate into psychiatry // *Molecular Psychiatry*. 2021. № 1 (26). С. 265–279.
3. Smith C. J., Bilbo S. D. Sickness and the Social Brain: Love in the Time of COVID // *Frontiers in Psychiatry*. 2021. (12). С. 633664.
4. Tyng C. M. [и др.]. The Influences of Emotion on Learning and Memory // *Frontiers in Psychology*. 2017. (8). С. 1454.
5. Yang Y., Wang J.-Z. From Structure to Behavior in Basolateral Amygdala–Hippocampus Circuits // *Frontiers in Neural Circuits*. 2017. (11). С. 86.
6. Zhu Y. [и др.]. Emotion Regulation of Hippocampus Using Real-Time fMRI Neurofeedback in Healthy Human // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019. (13). С. 242.

## **СВОЙСТВА ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ПРОИЗВОДНОГО АРАБИНОГАЛАКТАНА PROPERTIES OF THE FLUORESCENT DERIVATIVE OF ARABINOGALACTAN**

**Е.В. Хименко, Н.Ю. Васильева, Н.В. Слюсаренко**

Научный руководитель **Е.А. Слюсарева** –

*доктор физико-математических наук, доцент,*

*профессор базовой кафедры фотоники*

*и лазерных технологий*

*Сибирского федерального университета, г. Красноярск*

**E.V. Khimenko, N.Yu. Vasilyeva, N.V. Slyusarenko**  
Scientific adviser **E.A. Slyusareva** –  
*Doctor of Physical and Mathematical Sciences,  
Professor of the Department of Photonics  
and Laser Technologies, Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk*

Флуоресценция, биоконъюгат, сульфатированный арабиногалактан, родамин 6G, квантовый выход, фармакокинетика.

*Флуоресцентные производные полимеров позволяют визуализировать системы доставки лекарственных средств. Химическое присоединение к сульфатированному арабиногалактану родамина 6G дополнило полимер необходимыми флуоресцентными свойствами. Исследование свойств нового биоконъюгата проведено методами абсорбционной, флуоресцентной, в том числе поляризационной и разрешённой во времени, спектроскопии. Рассчитаны значения квантового выхода флуоресценции, коэффициент молярной экстинкции, размер излучателя. Новый биоконъюгат является перспективным для использования в системах доставки лекарств.*

Fluorescence, bioconjugate, sulfated arabinogalactan, rhodamine 6G, quantum yield, pharmacokinetics.

*Fluorescent polymer derivatives allow the drug delivery systems to be visualize. The polymer obtained the necessary fluorescent properties due to the chemical bonding of rhodamine 6G with sulfated arabinogalactan. The study of the new bioconjugate properties was carried out by the methods of absorption, fluorescence, including polarized and time-resolved spectroscopy. The fluorescence quantum yield, the molar extinction coefficient and emitter size were calculated. The new bioconjugate is promising for application in a drug delivery systems.*

**Ф**луоресцентные методы используются во многих областях, включая медицину. Они обладают высокой чувствительностью и дают возможность изучить свойства сложных химических и биологических объектов с уникальным пространственным разрешением в режиме реального времени. С помощью флуоресцентной микроскопии мож-

но исследовать структуру, динамику и функции биологических молекул. Поскольку большинство исследуемых биологических объектов не люминесцируют в видимой области, актуальным является создание флуоресцентно меченых производных биополимеров, которые, кроме спектральных свойств, будут обладать низкой токсичностью, биосовместимостью и не будут влиять на функционирование биологической системы в целом.

Флуоресцентные метки должны обладать высоким квантовым выходом флуоресценции, фотостабильностью, низкой токсичностью, высоким коэффициентом экстинкции. Этим требованиям отвечает используемый в работе родамин 6G (рис. 1а) [1]. Для создания флуоресцентно меченого биоконъюгата использовался сульфатированный арабиногалактан (САГ) – водорастворимый растительный полисахарид, получаемый в сибирском регионе из древесины лиственницы (рис. 1б) [2]. Сам по себе САГ является лекарством и может использоваться в качестве гепариноида, а также самостоятельного антимикробного агента. Дополнительно САГ можно использовать как транспортную платформу для лекарств с низкой биодоступностью [3].

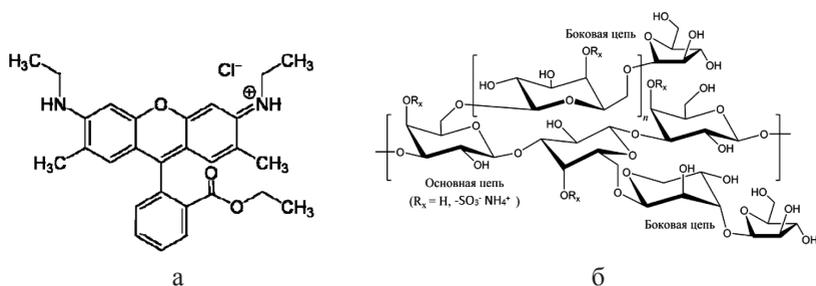


Рис. 1. Структурная формула родамина 6G (а) и арабиногалактана (б)

Синтез биоконъюгата проведён методом ионного обмена катиона аммония в аммониевой соли САГ на катион

родамина 6G. Не связанный с полимером краситель был удален методом физического разделения.

Мы провели сравнение спектральных свойств биоконъюгата, раствора САГ с родамином 6G с водным раствором родамином 6G, который использовался в качестве референса. Исследование проводилось методами абсорбционной, флуоресцентной, в том числе поляризационной и разрешенной во времени спектроскопии (рис. 2).

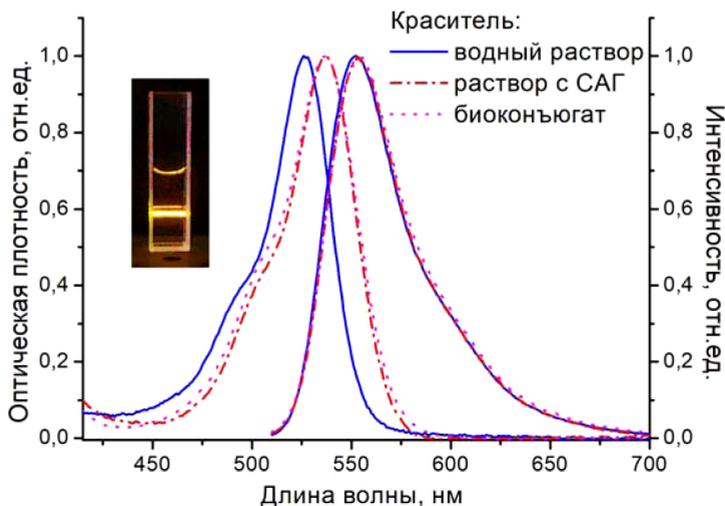


Рис. 2. Спектры поглощения и флуоресценции родамина 6G (вставка – раствор биоконъюгата при возбуждении УФ-лазером)

Причинами различия спектральных свойств биоконъюгата и референсного раствора могут являться изменение структуры хромофора молекулы при синтезе, а также изменение микроокружения флуорофора. Значения квантового выхода флуоресценции биоконъюгата оказались не ниже 17%, что является достаточным для визуализации в методе флуоресцентной микроскопии. Флуоресцентные времена жизни были использованы для оценки коэф-

фициента молярной экстинкции. Его значение составило  $1,8 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1} \cdot \text{М}^{-1} \cdot \text{л}$ , и это говорит о высокой вероятности поглощения света. Анизотропия флуоресценции оказалась выше для биоконъюгата и раствора родамина 6G с САГ, чем для водного раствора красителя. По полученным значениям был рассчитан размер флуорофора, который составил 1,6 нм для биоконъюгата и 1,1 нм для водного раствора родамина. Увеличение размера флуорофора говорит о связывании молекулы красителя и САГ.

Стехиометрическое соотношение меченого родамином арабиногалактана к общему числу молекул полимера составило 1:100. Это говорит о наличии свободных сайтов связывания для лекарственных средств и является оптимальным для визуализации в задачах фармакокинетики. Новый биоконъюгат обладает флуоресцентными свойствами, необходимыми для детектирования, и может быть использован как самостоятельное лекарственное средство или платформа для доставки других препаратов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание FSRZ-2020-0008).

### ***Библиографический список***

1. Lee D., Swamy K.M.K., Hong J., Lee S., Yoon J. A rhodamine-based fluorescent probe for the detection of lysosomal pH changes in living cells // *Sensors and Actuators B*. 2018. Vol. 266. P. 416–421.
2. Васильева Н.Ю., Левданский А.В., Кузнецов Б.Н., Скворцова Г.П., Казаченко А.С., Djakovitch L., Pinel C. Сульфатирование арабиногалактана сульфаминовой кислотой в диоксане // *Химия растительного сырья* 2014. №1. С. 87–95.
3. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Остроухова Л.А. Арабиногалактан лиственницы – свойства и перспективы использования (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2003. №1. С. 27–37.

**ЭКСПРЕССИЯ PGP, JAM-A, ZO-1 И CLDN5  
ПРИ СТРЕССЕ РАННЕГО ПЕРИОДА ЖИЗНИ У КРЫС**  
EXPRESSION OF PGP, JAM-A, ZO-1 AND CLDN5  
IN THE EARLY LIFE STRESS OF THE RATS

**А.С. Артемьева**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская** –  
*доктор медицинских наук, заведующая кафедрой  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского  
института молекулярной медицины  
и патобиохимии Красноярского государственного  
медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.S. Artemyeva**

Scientific supervisor **N.A. Malinovskaya** –  
*MD, DSc, Head of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Senior Researcher at the Research Institute  
of Molecular Medicine and Pathobiochemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Стресс раннего периода жизни, крысы, Pgp, JAM-A, ZO-1, CLDN5.

*В статье изучены особенности экспрессии молекул маркеров эндотелия Pgp, JAM-A, ZO-1 и CLDN5 в таких зонах мозга, как энторинальная кора, гиппокамп и базолатеральная миндалина у контрольных крыс и животных, перенесших стресс раннего периода жизни.*

Early life stress, rats, Pgp, JAM-A, ZO-1, CLDN5.

*The article shows studies of the expression patterns of endothelial marker molecules Pgp, JAM-A, ZO-1, and CLDN5 in such brain areas as the entorhinal cortex, hippocampus, and basolateral amygdala in control rats and animals that underwent early life stress.*

**В** последнее время, несмотря на тенденцию к небольшому снижению, все же широко распространен стресс раннего периода жизни (СППЖ) у детей во всех странах, включая Россию, что опасно развитием патологии нервной системы, в частности депрессии, в будущем. Недостаточная изученность молекулярных механизмов этих нарушений и данные о том, что нарушения ангиогенеза и работы гематоэнцефалического барьера могут быть связаны с нарушениями белков плотных контактов и транспортерами для различных молекул обуславливают актуальность темы исследования [1; 2].

Цель исследования – оценка экспрессии молекул-маркеров эндотелия (Pgp, JAM-A, ZO-1, CLDN5) при стрессе раннего периода жизни и в физиологических условиях у животных. Исследования проводились на базе ЦКП/НИИ молекулярной медицины и патобиохимии КрасГМУ. Объектом исследования являлись фиксированные образцы головного мозга крысят линии Wistar обоего пола возрастом 28 дней со стандартной [3–5] моделью СППЖ (n=7) и от интактных животных (n=7). Проводили нарезку срезов на вибротоме, окрашивали их по стандартному протоколу «свободно-плавающих срезов» фирмы abcam, микроскопировали на флуоресцентном микроскопе ZOЕ™, с помощью программы ImageJ рассчитывали площадь экспрессии антигенов в пикселях. Статистический анализ проводили с использованием методов непараметрической статистики.

У крыс, перенесших СППЖ, обнаружено значимое однонаправленное снижение площади экспрессии Pgp в энторинальной коре ( $p < 0,001$ , рис. 1) и миндалине головного мозга ( $p < 0,001$ , рис. 2).

У экспериментальных животных в базолатеральной миндалине наблюдалось значимое увеличение площади экспрессии JAM-A ( $p < 0,001$ , рис. 3). В отношении экспрессии CLDN5 и ZO-1 во всех изученных структурах головного мозга не было обнаружено значимых различий.

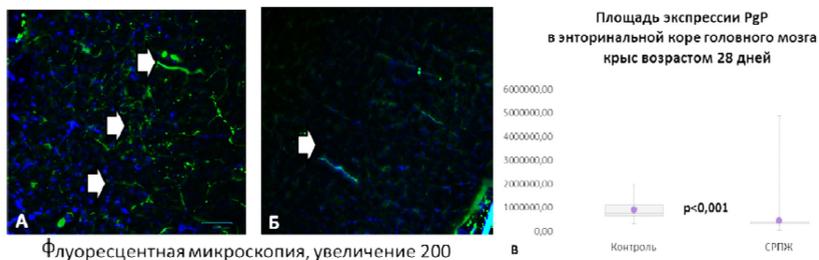


Рис. 1. Экспрессия PgP в энторинальной коре головного мозга крыс возрастом 28 дней: А – образец интактного животного, Б – образец животного, перенесшего СРПЖ, В – диаграмма, отражающая результаты оценки экспрессии PgP

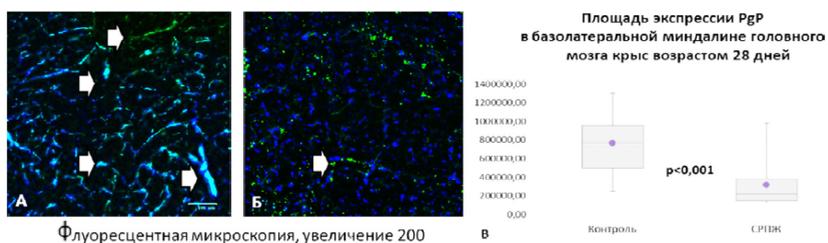


Рис. 2. Экспрессия PgP в базолатеральной миндалине головного мозга крыс возрастом 28 дней: А – образец интактного животного, Б – образец животного, перенесшего СРПЖ, В – диаграмма, отражающая результаты оценки экспрессии PgP

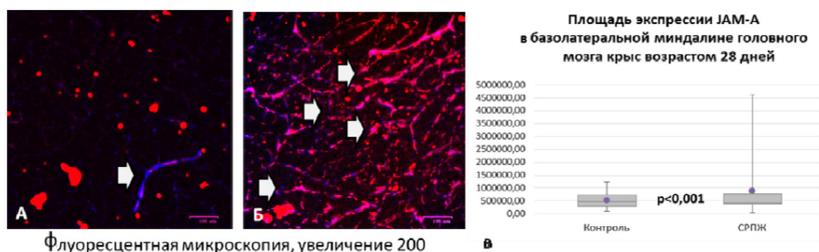


Рис. 3. Экспрессия JAM-A в базолатеральной миндалине головного мозга крыс возрастом 28 дней: А – образец интактного животного, Б – образец животного, перенесшего СРПЖ, В – диаграмма, отражающая результаты оценки экспрессии JAM-A

Таким образом, для животных, перенесших стресс, характерны снижение экспрессии Pgp в энторинальной коре, базолатеральной миндалине мозга и увеличение экспрессии JAM-A в базолатеральной миндалине, что, вместе взятое, свидетельствует о действии травмирующих факторов на эндотелий, и это может приводить к его активации или повреждению либо к более высокой чувствительности и/или пластичности миндалины головного мозга при действии стрессорных факторов, что согласуется с литературными данными об изменениях в миндалине у людей, подвергшихся очень выраженному или хроническому стрессу [6].

#### ***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. 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.
3. Marmendal M., Roman E., Eriksson C.J. et al. Maternal separation alters maternal care, but has minor effects on behavior and brain opioid peptides in adult offspring // Dev. Psychobiol. 2004. Vol. 45 (3). P. 140–152.
4. Uhelski M.L., Fuchs P.N. Maternal separation stress leads to enhanced emotional responses to noxious stimuli in adult rats // Behav. Brain Res. 2010. Vol. 212 (2). P. 208–212.
5. Язуина Н.А., Комлева Ю.К., Салмина А.Б. и др. Современные экспериментальные модели депрессии // Биомедицина. 2013. № 1. С. 61–77.
6. Hanson J.L., Nacewicz B.M., Sutterer M.J. et al. Behavioral problems after early life stress: contributions of the hippocampus and amygdala // Biol. Psychiatry. 2015. Vol. 77 (4). P. 314–323.

**БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕЧЕНИ:  
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ  
НЕИНВАЗИВНОГО АНАЛИЗА**  
BIOCHEMICAL MARKERS OF LIVER DISEASES:  
ALTERNATIVE METHODS OF NON-INVASIVE ANALYSIS

**А.Е. Бернацкий**

Научные руководители **Ю.К. Комлева** –  
*доктор медицинских наук, доцент кафедры биологической  
химии с курсами медицинской, фармацевтической  
и токсикологической химии, ведущий научный сотрудник  
ЦКП Молекулярные и клеточные технологии  
Красноярского государственного медицинского  
университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого;  
А.И. Черных* – кандидат медицинских наук, врач-хирург  
*Красноярской межрайонной клинической больницы № 20  
им. И.С. Берзона, г. Красноярск*

**A.E. Bernatsky**

Scientific advisers **Yu.K. Komleva** – MD, DSc, Associate  
*Professor, Department of Biological Chemistry with courses  
in medical, pharmaceutical and toxicological chemistry,  
Leading Researcher, Equipment sharing center Molecular  
and Cell Technologies, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky;  
A.I. Chernykh* – MD, PhD, surgeon, Krasnoyarsk Interdistrict  
*Clinical Hospital No. 20 named after I.S. Berzon, Krasnoyarsk*

Биохимические маркеры, патологии печени, фиброз печени, неинвазивная диагностика.

*В статье представлены современные методы неинвазивной биохимической диагностики патологий печени.*

Biochemical markers, liver pathologies, liver fibrosis, non-invasive diagnostics.  
*The article presents modern methods of non-invasive biochemical diagnostics of liver pathologies.*

Одной из лидирующих причин заболеваемости и смертности во всем мире являются хронические заболевания печени. Наличие хронического воспаления и последующего фиброза приводит к развитию цирроза печени и его осложнений. Хотя точная распространенность хронических патологий печени неизвестна, цирроз печени стал причиной более одного миллиона смертей во всем мире в 2010 году, возможно, эти цифры отражают серьезное занижение сведений [1; 6]. Общая распространенность цирроза в мире оценивается примерно в 1% со значительными региональными различиями из-за наличия вирусного гепатита, метаболического синдрома и употребления алкоголя. Хроническое заболевание печени имеет разнообразную этиологию, включая вирусы, такие как вирусный гепатит В (ВГВ) и гепатит С (ВГС). Во всем мире более полумиллиарда человек могут быть хронически инфицированы любым из этих вирусов [6]. Метаболические причины включают растущую распространенность неалкогольной жировой болезни печени (НАЖБП). Токсические причины, например, чрезмерное употребление алкоголя, и аутоиммунные расстройства, такие как первичный билиарный цирроз и аутоиммунный гепатит, усугубляют бремя болезней [4; 6].

По мере прогрессирования хронического заболевания печени от воспаления, связанного с повреждением гепатоцитов до фиброза, обычно проходит много лет, и в большинстве случаев требуется длительное воздействие возбудителя [7]. Эффективная противовирусная терапия и появление антифибротических препаратов привели к увеличению спроса на неинвазивные, точные и надежные биомаркеры тяжести заболевания печени [4].

**Современные маркеры сыворотки и индексы для диагностики патологий печени.** Сывороточные маркеры были детально изучены для выявления ранних фиброзных изменений, поскольку анализы крови проводятся быстро и приемлемы для пациентов. Сывороточные маркеры в широком смысле можно разделить на «непрямые» и «прямые»

маркеры, отдельные тесты и панели. Косвенные маркеры являются маркерами функции печени, которые отражают фиброз печени, в то время как прямые маркеры включают компоненты внеклеточного матрикса сыворотки и промежуточные продукты фиброгенеза [5].

APRI (AST to Platelet Ratio Index) (индекс соотношения АСТ и тромбоцитов) был предложен в качестве альтернативы биопсии у пациентов с хроническим гепатитом С и рассчитывается как (АСТ/верхний предел нормального диапазона)/количество тромбоцитов ( $10^9/\text{л}$ ) $\times 100$  [4]. Метаанализ, проведенный Лином и его коллегами, показал, что APRI демонстрирует потенциальное использование для выявления фиброза, связанного с ВГС [3]. Однако APRI не может идентифицировать значительную часть людей на ранних стадиях фиброза и, следовательно, ограничен в своей способности выявлять только значительный и нелеченый хронический фиброз, связанный с ВГС [4].

Улучшенная шкала оценки фиброза печени (ELF, Enhanced Liver Fibrosis) (Siemens, Германия) объединяет три прямых маркера фиброза, включая гиалуроновую кислоту (компонент внеклеточного матрикса), TIMP-1 (ингибитор матричных металлопротеиназ, расщепляющих коллаген) и PIIINP (маркер синтеза коллагена в очаге заболевания). Следовательно, предпосылка этой системы подсчета баллов заключается в том, что более высокий балл будет указывать на более высокую скорость фиброгенеза [2].

FibroTest (BioPredictive, Франция) использует в своей модели пять различных сывороточных маркеров и был проверен в метаанализе при различных этиологиях, включая НАЖБП, связанные с алкоголем заболевания печени и хронической инфекции ВГБ и ВГС. Однако результаты ограничены ложноположительными результатами, связанными с увеличением билирубина или снижением гаптоглобина. На результаты также могут влиять острое воспаление, синдром Жильбера и холестаза [8].

Индекс FIB-4 объединяет несколько маркеров функции печени в следующую формулу: возраст (годы)×АСТ [Ед/л] / (тромбоциты [ $10^9/л$ ]× (АЛТ [Е/л]). Индекс FIB-4 был специально разработан в качестве альтернативы биопсии у пациентов с хронической инфекцией ВГС, хотя он показал свое применение и при других причинах заболеваний печени. В исследовании 529 пациентов, инфицированных ВГС, индекс FIB-4 позволил правильно определить пациентов с тяжелым фиброзом. Индекс Форнса – это еще одна формула, которая оценивает функцию печени путем объединения возраста, холестерина, гамма-глутамилтранспептидазы и количества тромбоцитов [4].

Развитие хронического заболевания печени является основной причиной заболеваемости и смертности во всем мире и обычно происходит в течение многих лет в результате прогрессирующего фиброза и связанного с ним гепатоцеллюлярного повреждения, включая стеатоз. Неинвазивные оценки с определением сывороточных маркеров продемонстрировали свою эффективность при обнаружении значительного фиброза и цирроза.

#### ***Библиографический список***

1. Karanjia R. N. [и др.]. Hepatic steatosis and fibrosis: Non-invasive assessment // World Journal of Gastroenterology. 2016. № 45 (22). С. 9880.
2. Lichtinghagen R. [и др.]. The Enhanced Liver Fibrosis (ELF) score: Normal values, influence factors and proposed cut-off values // Journal of Hepatology. 2013. № 2 (59). С. 236–242.
3. Lin Z.-H. [и др.]. Performance of the aspartate aminotransferase-to-platelet ratio index for the staging of hepatitis C-related fibrosis: An updated meta-analysis // Hepatology. 2011. № 3 (53). С. 726–736.
4. Loomba R., Adams L. A. Advances in non-invasive assessment of hepatic fibrosis // Gut. 2020. № 7 (69). С. 1343–1352.
5. Manning D. S., Afdhal N. H. Diagnosis and Quantitation of Fibrosis // Gastroenterology. 2008. № 6 (134). С. 1670–1681.

6. Mokdad A. A. [и др.]. Liver cirrhosis mortality in 187 countries between 1980 and 2010: a systematic analysis // BMC Medicine. 2014. № 1 (12). С. 145.
7. Pirola C. J., Sookoian S. Multiomics biomarkers for the prediction of nonalcoholic fatty liver disease severity // World Journal of Gastroenterology. 2018. № 15 (24). С. 1601–1615.
8. Rockey D. C., Bissell D. M. Noninvasive measures of liver fibrosis // Hepatology. 2006. № S1 (43). С. S113–S120.

## **ДИОКСИНЫ, ИХ ОБРАЗОВАНИЕ И ТОКСИЧНОСТЬ** **DIOXINS, THEIR FORMATION AND TOXICITY**

**В.А. Волкова, А.К. Логунова**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук, профессор кафедры биологии,  
химии и экологии Красноярского государственного  
педагогического университета им. В.П. Астафьева,  
г. Красноярск*

**V.A. Volkova, A.K. Logunova**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –  
*Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department  
of Biology, Chemistry and Ecology,  
Krasnoyarsk State Pedagogical University  
named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Диоксины, 2,4,5-трихлорфенол, хлоракне, диоксиновый синдром, химия, токсичность

*В статье анализируются диоксины как особая группа химических веществ, их способы образования и токсичное влияние на окружающую среду и человека. Рассмотрены способы борьбы с образованием диоксинов.*

Dioxins, 2,4,5-trichlorophenol, chloracne, dioxin syndrome, chemistry, toxicity  
*The article analyzes dioxins as a special group of chemicals, their formation methods and toxic effects on the environment and humans. Methods of combating the formation of dioxins are considered.*

Диоксины – группа гомологов и изомеров полихлор-, полибром-, и смешанных полибромхлорпроизводных дибензо-*p*-диоксина и дибензофурана. Диоксинподобные супертоксиканты – группы соединений, чужеродных организму, поступающих на уровне микропримесей в окружающую среду и обладающих высокой биологической активностью. Наиболее токсичными соединениями данной группы являются 2,3,7,8 – тетрахлордибензо-*p*-диоксин (ТХДД) и его аналоги 2,3,7,8-тетрахлордибензофуран (ТХДФ) и 2,3,6,7-тетрахлорбифенилен (ТХБФ) [1].

Диоксины образуются в виде побочных веществ во многих технологических процессах – от целлюлозно-бумажного производства до биологической очистки сточных вод, хлорирования питьевой воды и сжигания отходов [2]. Наиболее мощным источником поступления диоксинов в окружающую среду является промышленность, занятая производством и переработкой галогенфенолов и галогенанилинов. [3]

При синтезе 2,4,5-трихлорфенола образуется диоксин. 1,2,4,5-тетрахлорбензол взаимодействует с гидроксидом натрия в среде метанола или этиленгликоля, что приводит к получению трихлорфенолята натрия, ацилирование которого дает конечный продукт производства – 2,4,5-трихлорфенол.

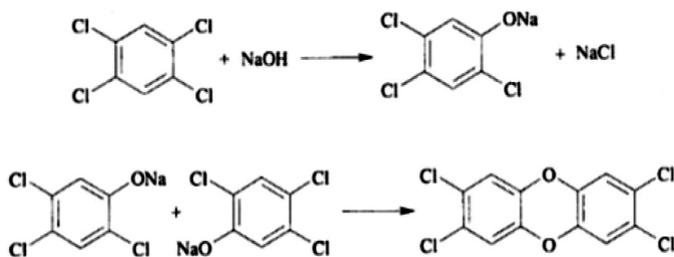


Рис 1. Образование диоксина при синтезе 2,4,5-трихлорфенола

Количество супертоксиканта по окончании синтеза очень мало, что, однако, не уменьшает его способности вызывать поражения [1]. Значительные количества диоксинов образуются в целлюлозно-бумажной промышленности. По всей технологической цепи данного вида производства присутствуют диоксины. Они найдены в пульпе, в фильтрате и отфильтрованной массе (до 40 ppt), в твердых и жидких отходах производства (до 400 ppt), отходящих газах после их сжигания, а также в готовой древесной продукции [3].

Кроме того, диоксины могут содержаться в полимерных отходах, изделиях из поливинилхлорида. Установлено, что неполное сгорание или тление выбросов хлорсодержащих веществ может стать причиной выделения диоксинов [4].

Диоксины устойчивы к биологическому и химическому разложению, сохраняются в окружающей среде несколько десятков лет, загрязняют почву, являясь фундаментальным фактором техногенного загрязнения окружающей среды [4].

Диоксины способны накапливаться в организме, вызывая тяжелые заболевания, в число которых входит поражение кожи, печени, поджелудочной железы; проявление мутагенного эффекта на экспрессию генов на уровне ДНК. Для выявления диоксиновых поражений используются методы массспектрометрии, ИФА [2,4].

Наиболее характерным проявлением интоксикации данной группой соединений являются хлоракне, связанные с избирательным действием хлоридов на сально-железистый аппарат. Локализация хлоракне наблюдается в подмышечных областях, вокруг глаз, в области половых органов. Развитие патологического процесса на коже приводит к проникновению в очаги поражения вторичной бактериальной инфекции и поражению печени. Также при интоксикации диоксинами наблюдаются снижение адекватного иммунитета, уровня антител, повышение продукции

интерлейкинов, нарушения эндокринной и репродуктивной систем, что часто приводит к злокачественным опухолям. Это характеризует их как специфический токсический диоксиновый синдром [4].

Отравление диоксинами беременных приводит к развитию тяжелых врожденных аномалий и пороков развития плода, в том числе сердечно-сосудистым расстройствам и абдоминальным симптомам [4].

Приоритетами обеспечения безопасности являются регламентирование оптимальных диоксиновых технологий; жесткий контроль; мониторинг процессов, связанных с диоксинами; ранняя диагностика вспышек специфических хлоракне; внедрение технологии утилизации (сжигания) опасных полимерных отходов, содержащих диоксины, выбросов хлороорганических пестицидов; координация профилактических мер заинтересованных служб и ведомств. Проблема безопасности диоксинов всесторонне отражена в Стокгольмской конвенции (май 2001 г.), программе ООН – United Nations Environment Program (UNEP), в специальной директиве Российской Федерации [4].

#### ***Библиографический список***

1. Ившин В.П., Полюшин Р.В. Диоксины и диоксиноподобные соединения: пути образования, свойства, способы деструкции: монография. 2-е изд. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2005. 320 с.
2. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: учебник для вузов. СПб: Химиздат, 2000. 768 с.
3. Федоров, Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы [Электронный ресурс] <http://www.seu.ru/cci/lib/books/dioksiny/4/05.htm>
4. Васенова В.Ю., Бутов Ю.С., Измерова Н.И., Селицкий Г.Д. Диоксины: высокая экологическая опасность // Российский медицинский журнал. №5. 2013. С. 47–49.

**ПРОБЛЕМА ДЕФИЦИТА В12  
КАК СЛЕДСТВИЕ ВЕГЕТАРИАНСКОЙ ДИЕТЫ  
THE PROBLEM OF B12 DEFICIENCY  
AS A RESULT OF A VEGETARIAN DIET**

**А.М. Госсман**

Научный руководитель **А.Н. Залого** –  
*доцент кафедры биологической химии  
с курсами медицинской, фармацевтической  
и токсикологической химии  
Красноярского государственного медицинского  
университета им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.M. Gossman**

Scientific adviser **A.N. Zaloga** –  
*Associate Professor of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Витамины В12, препараты, вегетарианская диета, статистика, заболевания, клинические проявления, питание, химия.

*В статье показана роль витамина В12 в жизнедеятельности организма, показано, к чему может привести его недостаток, представлена статистика страдающих дефицитом В12, а также в статье указаны клинические проявления.*

Vitamins, B12, drugs, vegetarian diet, statistics, diseases, clinical manifestations, nutrition, chemistry.

*The article shows the role of vitamin B12 in the body's vital activity, shows what its deficiency can lead to, presents statistics of those suffering from B12 deficiency, and indicates clinical manifestations.*

**В**итамины играют значимую роль в жизнедеятельности организма. Сбалансированный и полноценный состав

питания – это важная составляющая пищевого рациона человека. Необдуманное ограничение или отказ от употребления некоторых продуктов может привести к негативным последствиям.

Цель данной статьи – показать роль витамина В12 в жизни человека и рассмотреть, к чему может привести его дефицит в питании.

Что такое витамины? Витамины – это низкомолекулярные жизненно необходимые биологически активные органические вещества, в основном экзогенного происхождения, действующие в очень малых количествах. Именно витамины регулируют многие метаболические процессы в организме, так как являются активными центрами различных ферментов. Ферменты регулируют обмен веществ – биохимические процессы, на которых основана жизнедеятельность всех организмов.

Важность витамина В12 становится понятна, если посмотреть на список процессов, в которых он принимает ключевое участие. Это перевод фолиевой кислоты в активную форму, участие в синтезе метионина, коэнзима, антиоксиданта глутатиона, янтарной кислоты, в контроле синтеза ДНК, созревании эритроцитов, увеличении уровня Т-супрессоров, что способствует ограничению аутоиммунных процессов.

Витамин В12 – это группа кобальтсодержащих биологически активных веществ, называемых кобаламинами, относящихся к корриноидам – древним природным биокатализаторам. К ним относятся собственно цианокобаламин (рис. 1), гидроксикобаламин и две коферментные формы витамина В12: метилкобаламин и аденозилкобаламин. Цианокобаламин – всегда витамин В12, но не всегда витамин В12 является цианокобаламином [1].

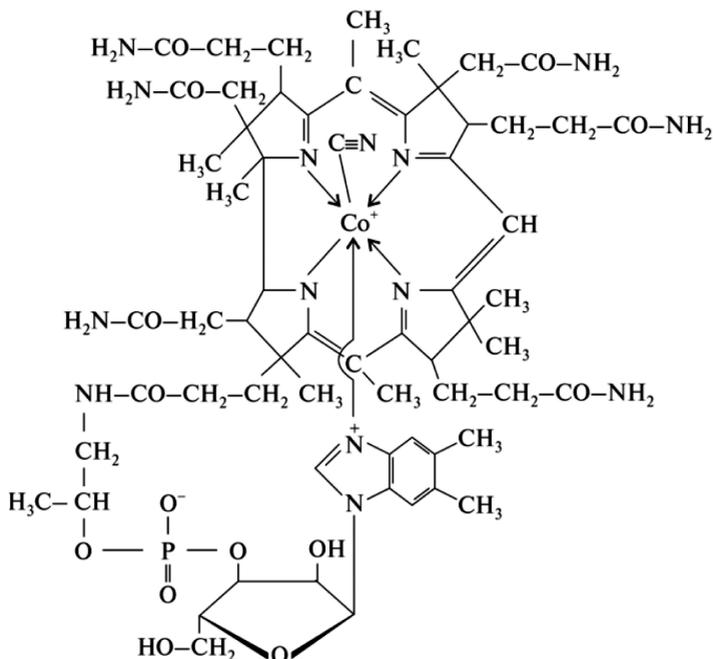


Рис. 1. Кобаламин

Недостаток содержания витамина В12 в организме приводит к ощутимым последствиям: анемии, головным болям, одышке, тошноте, хронической усталости, депрессии.

Таблица 1

### Содержание В12 в продуктах питания

Продукт	Содержание В12, мкг/100 г	Продукт	Содержание В12, мкг/100 г
1	2	3	4
Печень	60,0	Брынза	1,0
Сердце	25,0	Творог	1,0
Почки	20,0	Сыр (Рокфор)	0,62
Молоко сухое	4,5	Курица, 1 кат.	0,55
Мясо кролика	4,3	Яйцо куриное	0,52
Мозги	3,7	Молоко сгущенное сладкое	0,5

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Легкое	3,3	Сливки	0,45
Молоко сухое цельное	3,0	Молоко сгущенное	0,41
Говядина, II кат.	2,8	Молоко коровье	0,4
Говядина, I кат.	2,6	Кефир	0,4
Треска	1,6	Сметана	0,36
Сыр (Российский)	1,5	Мороженое сливочное	0,34
Бифидолакт	1,4	Простокваша	0,34
Сыр (Пошехонский)	1,4	Ацидофилин	0,33
Сыр (Голландский)	1,14	Сыр плавленый	0,25
Сыр (Чеддер)	1,05	Масло сливочное	0,07

Причины дефицита В12 можно разделить на 2 группы: внешние, связанные с питанием, и внутренние, связанные с различными заболеваниями. Из таблицы 1 можно видеть, что В12 в основном содержится в мясных продуктах. Исследования научно доказали, что растительная диета ведет к серьезному дефициту витамина В12. Строгие приверженцы диеты показали впечатляющий результат: по данным исследований, 92% имеют острый дефицит витамина В12 (рис. 2) [2]. Существуют ещё лактовегетарианство, которое включает в свой рацион молочные продукты, однако доступность и усвояемость В12 в них крайне мала. Исследования подтвердили, что у 47% лактовегетарианцев также наблюдается острый дефицит витамина В12 [3].



Рис. 2. Доля людей с дефицитом В12 среди приверженцев растительной диеты

Препараты, содержащие витамин В12: Однокомпонентные препараты: В12 Анкерманн, Цианокобаламин, Цикомин-Альтфарм. Многокомпонентные: Витрум, Дуовит, комбилипен [4]. Если дефицит вызван заболеваниями ЖКТ, то следует принимать дополнительные меры до клинической картины дефицита. Если дефицит связан с внешними причинами (питанием), то следует сбалансировать питание и, может быть, дополнить его приёмом БАДов с витамином В12.

Обогащение продуктов питания нутриентами становится все более распространенной практикой. Это позволяет избегать массовых проблем со здоровьем не только у граждан, но и у будущего поколения, поддерживать физическое и психоэмоциональное здоровье населения. Недостаток витамина В12 широко распространен, поэтому имеет смысл его искусственно добавлять в продукты массового потребления.

Вегетарианской диете могут следовать по разным причинам: экологическим, экономическим, религиозным, этическим и предписанию врача. Однако нужно учитывать возможные негативные последствия дефицита, а значит превентивно позаботиться об источнике насыщения своего организма В12 через инъекции препарата, а также обогащенное питание.

#### ***Библиографический список***

1. Herbert V. Vitamin B-12: plant sources, requirements, and assay // Am. J. Clin. Nutr. 1988. Vol. 48 (3 Suppl). P. 852–858.
2. Hunt A., Harrington D., Robinson, S. Vitamin B12 deficiency // BMJ. 2014. Vol. 349. P. 1–10.
3. Groff J.L., Gropper S.S., Hunt S.M. Advanced Nutrition and Metabolism. West Group, 1995. 517 p.
4. Huskisson E., Maggini S., Ruf M. The Role of Vitamins and Minerals in Energy Metabolism and Well-Being // J. of Int. Medical Research. 2007. Vol. 35(3). P. 277–289.

**СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ  
СУЛЬФАМИДСОДЕРЖАЩИХ  
КАРБОКСИЛОВЫХ ЭФИРОВ  
НИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ**  
SYNTHESIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY  
OF SULFAMIDE-CONTAINING CARBOXYL ESTERS  
OF NICOTINIC ACID

**Д.Л. Киселёва**

Научный руководитель **А.Н. Залого** –  
*доцент кафедры биологической химии  
с курсами медицинской, фармацевтической  
и токсикологической химии  
Красноярского государственного медицинского  
университета им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**D.L. Kiseleva**

Scientific adviser **A.N. Zaloga** –  
*Associate Professor of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Никотиновая кислота, эфиры никотиновой кислоты, ЯМР-спектроскопия, противомикробные препараты, медицинская химия.

*В статье описана новая реакция этерификации никотиновой кислоты и продуктов реакции хлорамина-В с аллилхлоридом и акрилонитрилом. Указаны противомикробные, фунгицидные и гербицидные свойства синтезированных соединений.*

Nicotinic acid, nicotinic acid esters, NMR spectroscopy, antimicrobial drugs, medicinal chemistry.

*The article describes a new esterification reaction of nicotinic acid and the reaction products of chloramine-B with allyl chloride and acrylonitrile. The antimicrobial, fungicidal, and herbicidal properties of the synthesized compounds are also described.*

Каждый из нас сталкивается с заболеваниями, чаще всего бактериальными или вирусными, и каждый сезон мы принимаем витамины для усиления иммунитета и профилактики заболеваний. Но каждый ли человек знает об открытиях в области химии, витаминов и противомикробных препаратов?

Что же такое никотиновая кислота? Никотиновая кислота – это, прежде всего, витамин, который был получен в 1867 году путём окисления никотина хромовой кислотой. Своё название никотиновая кислота, которое мы употребляем сейчас, обрела в 1873 году, когда австрийский химик Хуго Вайдель получил это вещество путём окисления никотина азотной кислотой [1]. Но о свойствах никотиновой кислоты как о витамине ещё не было известно. Сейчас же мы знаем, что она обладает противоположными свойствами, участвует в метаболизме белков, жиров и углеводов.

Самыми известными производными никотиновой кислоты являются никотинамид и кордиамин (рис. 1). Никотинамид – важный компонент в молекуле НАД и НАДФ, участвующей в окислительно-восстановительных биохимических процессах в клетках. Кордиамин (или никетамид) – это лекарственный препарат, который применяют для стимуляции нервной системы [2].

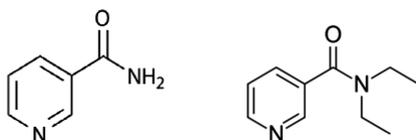


Рис. 1. Строение никотинамида (слева) и кордиамина (справа)

Часть производных никотиновой кислоты обладает высоким физиологическим действием и широко применяется в качестве лекарственных средств. На данный момент бутоксиэтиловый эфир никотиновой кислоты используют для

лечения различных видов заболеваний. Исследованиями установлено, что содержание в составе, особенно в пиридиновом фрагменте, сульфамидокарбамидной группы придаёт эфирам гербицидные свойства. Эти соединения обладают селективным действием и борются с сорняками [3].

Ранее было известно совсем немного реакций синтеза амидов никотиновой кислоты (например, никотинонитрил нагревали с разбавленным водным раствором аммиака под давлением). В новом исследовании эфиры никотиновой кислоты были синтезированы взаимодействием 3-карбоксопиридина с продуктами реакции аллилхлорида или акрилонитрила с N-натрий-N-хлорамидом бензолсульфо кислоты (рис. 2) [4].

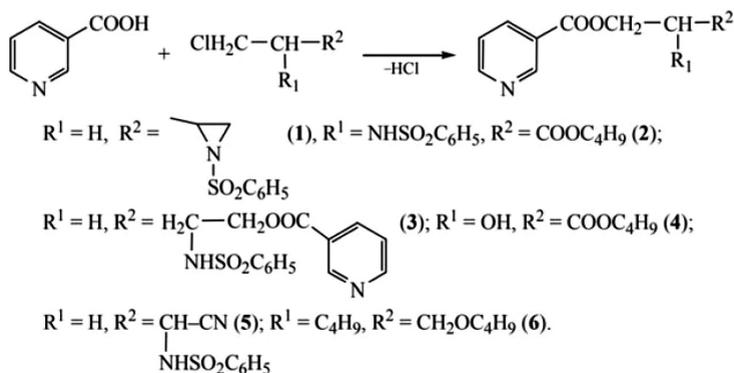


Рис. 2. Схема синтеза эфиров никотиновой кислоты

Из схемы на рисунке 3 видно, что соединение 5 содержит три реакционноспособные группы, поэтому легко может вступать в реакции [5].

При реакции соединения 5 с этиловым эфиром ацетоуксусной кислоты образуется пирролидон, обладающий амфотерными свойствами и проявляющий кето-енольную таутомерию (рис. 3). Соединение 5 с эпихлоргидрином образует пиридинпроизводное 9 (рис. 4).

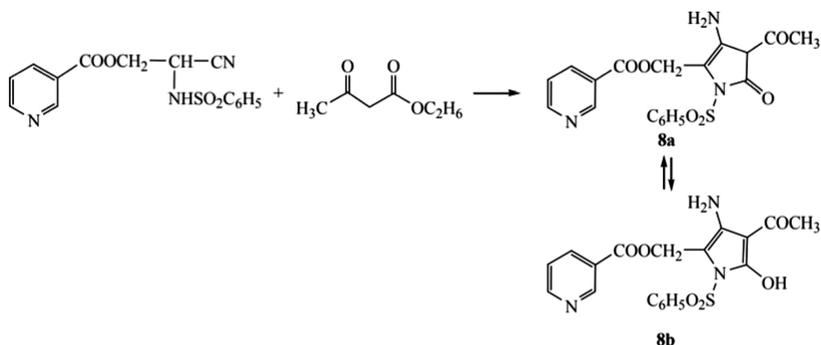


Рис. 3. Синтез пирролидона

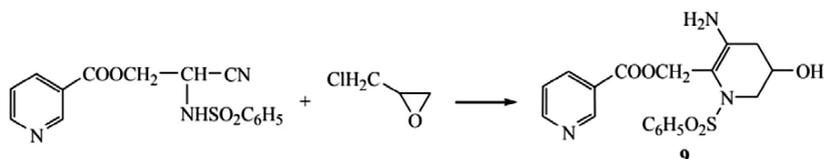


Рис. 4. Синтез пиридинпроизводного 9

Были изучены противомикробные свойства синтезированных соединений. Никотиновые эфиры, содержащие сульфамидные группы, обладают высокой бактериостатической активностью. Если сульфамидного фрагмента не было, тогда синтезированные вещества проявляли фунгицидные свойства. В эфирах, содержащих гетероциклический фрагмент, антибактериальное и фунгицидное действие усиливается. Среди синтезированных эфиров соединение 8 обладает более высокой эффективностью по отношению к бактериям и грибам [6].

Таким образом, была исследована реакция этерификации никотиновой кислоты и продуктов реакции хлорамина-Б с аллилхлоридом и акрилонитрилом. Процесс синтеза биологически активных производных никотиновой кислоты стал более эффективным и доступным. Помимо этого, у новых соединений были обнаружены новые свойства, которые теперь могут активно использоваться в медицине.

### **Библиографический список**

1. Андрианов Н.В. Витамин РР – никотиновая кислота // Электронная медицина. Москва, 2016. С.1–2.
2. Gasperi V., Sibilano M., Savini I., Catani M.V. Niacin in the Central Nervous System: An Update of Biological Aspects and Clinical Applications // Int. J. Mol. Sci. 2019. Vol. 20(4). P. 974–999.
3. Андреа Г.А., Лиэнг П.Х. Европ. заявка EP A-327251. 1998.
4. Mammadov S.A., Ladokhina N.P., Mammadova S.I., Aliyeva L.S., Kazimzade Sh.K. Synthesis of derivatives of n-oxypheylsulphonylids and their properties // Azerbaijan Chemical Journal. 2017. № 2. P. 50–55.
5. Махмудова А.А. Синтез и биологическая активность сульфамидсодержащих карбоксилловых эфиров никотиновой кислоты // Журнал органической химии. 2020. Т. 56, №2. С. 241–247.
6. Олейникова И.Ю., Шинкаренко А.С. Никотиновая кислота как объект фармацевтической химии // Молодой ученый. 2017. № 26 (160). С. 62–64.

### **АМИНОСПИРТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ. ХОЛИН, АЦЕТИЛХОЛИН, МЕЛЬДОНИЙ AMINO ALCOHOLS AND THEIR DERIVATIVES. CHOLINE, ACETYLCHOLINE, MELDONIUM**

**Е.А. Кобзева, С.В. Мельцас, Д.В. Силкина**  
Научный руководитель **В.А. Кутяков** –  
*кандидат биологических наук, доцент кафедры  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии  
Красноярского государственного медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**E.A. Kobzeva, S.V. Meltsas, D.B. Silkina**  
Scientific adviser **V.A. Kutyaikov** –  
*PhD in Biological sciences, Associate Professor of the  
Department of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Холин, ацетилхолин, мeldonий, головной мозг, нормальное функционирование головного мозга.

*В статье рассмотрены производные аминокислот – холин, ацетилхолин, мeldonий и их взаимосвязь. Выявлено их влияние на развитие и формирование головного мозга, участие в его нормальной работе. Уделено внимание влиянию производных аминокислот при различных заболеваниях человека. В результате установлена опосредованная взаимосвязь между холином, ацетилхолинэстеразой и мeldonием.*

Choline, acetylcholine, meldonium, brain, normal functioning of the brain.  
*The article discusses the derivatives of amino alcohols-choline, acetylcholine, meldonium and their relationship with each other. Their influence on the development and formation of the brain, participation in its normal work is revealed. Attention is paid to the effect of amino alcohol derivatives in various human diseases. As a result, an indirect relationship between choline, acetylcholinesterase and meldonium was established.*

**И**зучение физиологических, нейробиологических и нейрохимических механизмов формирования и реализации социального поведения в развивающемся и зрелом мозге в норме и при заболеваниях головного мозга – одно из актуальных направлений современной биологии и медицины, что связано с увеличением распространенности аберрантных форм поведения и отсутствием эффективных способов его коррекции. Очевидно, что в основе социального поведения лежат сложные механизмы нейропластичности, в том числе опыт-индуцированной, которая регулируется широким спектром нейромедиаторов, нейропептидов, факторов роста и цитокинов [1].

Для нормального функционирования головного мозга необходим «строительный материал». Таким материалом можно условно считать холин.

Холин – это витаминоподобное вещество, которое нужно для нормального функционирования организма. Образуется холин в небольшом количестве в печени из серина, но этого недостаточно организму, поэтому также он поступает

в организм с пищей. Холин влияет на расщепление и обмен жиров в организме, на сердечный ритм, укрепляет сердечную мышцу, понижает уровень холестерина в крови, регулирует уровень инсулина в крови и укрепляет мембраны бета-клеток поджелудочной железы, является предшественником нейромедиатора – ацетилхолина и компонентом фосфолипидов клеток. Важнейшей функцией холина является участие в работе и формировании головного мозга.

После окисления до бетаина холин действует как донор метильных групп в пути, который производит S-аденозилметионин. Метильные группы необходимы для нормального роста и развития мозга. Как донор метильных групп, холин влияет на метилирование ДНК и гистонов – два центральных эпигеномных процесса, регулирующих экспрессию генов. Поскольку плод и новорожденный имеют высокие потребности в холине, его потребление с пищей во время беременности и кормления грудью особенно важно для нормального развития потомства. Помимо его ключевой роли в нормальном функционировании развивающегося мозга, добавление холина может смягчить возрастное ухудшение памяти в более позднем возрасте. Также было показано, что холин смягчает симптомы, связанные с генетически связанными нарушениями развития нервной системы, такими как синдром Дауна и синдром Ретта, а также нейродегенеративные заболевания, такие как болезнь Альцгеймера.

Поглощение холина мозгом из крови значительно снижается с возрастом, что может потребовать избирательного и индивидуального подхода к увеличению поглощения холина у пожилых людей для удовлетворения их конкретных потребностей. Снижение холина с возрастом связывают с дегенерацией мембранных фосфолипидов при нейродегенеративных нарушениях и потерей или снижением активности холинергических нейронов в пораженных областях мозга.

Холин является предшественником некоторых мембранных фосфолипидов, таких как фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин и сфингомиелин. Эти холин-содержащие фосфолипиды поддерживают структурную и функциональную целостность клеточных мембран, включая мембраны нейронов. Они также участвуют в других физиологических процессах, необходимых для нормального развития и функционирования мозга, включая передачу сигналов клеток, миелинизацию и деление нейронов.

Холин играет ключевую роль в поддержании структурной и функциональной целостности клеточных мембран, регулируя передачу холинергических сигналов в головном мозге посредством синтеза ацетилхолина. Через метаболиты он участвует в путях, регулирующих метилирование генов, связанных с памятью и когнитивными функциями на разных стадиях развития [2].

Нормальное функционирование головного мозга невозможно представить без его связи с другими органами и системами организма человека. В качестве одного коммуникативного механизма можно рассматривать регуляцию передачи нервных импульсов посредством фермента ацетилхолинэстеразы.

Как известно, в естественных условиях к мышце поступают быстро следующие друг за другом нервные импульсы, и постсинаптическая мембрана, деполяризованная предшествующей порцией ацетилхолина, становится малочувствительной к действию следующей. Для того, чтобы нервные импульсы могли осуществлять нормальное возбуждающее действие, необходимо к моменту прихода каждого из них «убрать» предшествующую порцию медиатора. Эту функцию и выполняет холинэстераза. Холин, освобождающийся при расщеплении молекул ацетилхолина, переносится обратно в нервное окончание специ-

альной транспортной системой, существующей в пресинаптической мембране.

Различают 3 типа холинэстераз: ацетилхолинэстеразу, бутирилхолинэстеразу и бензоилхолинэстеразу.

Ацетилхолин – четвертичное моноаммониевое соединение, которое является производным холина. Он очень важен для организма, т.к. это основной нейромедиатор в парасимпатической нервной системе. В организме он очень быстро разрушается ферментом – ацетилхолинэстеразой.

В отличие от других холинэстераз, которые обнаружены в сыворотке крови и печени, слизистой оболочке кишечника, поджелудочной железе, ацетилхолинэстераза содержится в нервной ткани и в эритроцитах.

Ацетилхолин обладает и другими воздействиями на нейроны: способен вызывать медленную деполяризацию посредством блокировки тонически активного тока иона  $K^+$ , что увеличивает чувствительность нейронов. Также ацетилхолин способен активировать проводники катионов и таким образом напрямую стимулировать нейроны. Воздействие ацетилхолина на отдельные типы нейронов может зависеть от продолжительности холинэргической стимуляции.

Функции ацетилхолина:

- поддержка нейропластичности, особенно в области гиппокампа и коры головного мозга;

- защита от возрастной потери памяти, в том числе снижение, связанное с болезнью Альцгеймера;

- поддержка «исполнительных функций», которые считаются когнитивными процессами более высокого порядка [5].

Природа не знает «вечного двигателя», поэтому для поддержания функций головного мозга в норме требуется «корректор» при некоторых патологических состояниях. Одним из широко используемых лекарственных препаратов – нейропротекторов – является мельдоний.

Фактором гипоксического повреждения мозга является ишемия, или глутаматный каскад, который многие исследователи рассматривают в качестве триггера эксайтотоксического повреждения и основной причины гибели нейронов. Результатом стресса становится функционально-органическое повреждение мозга и выброс нейропептидов и нейротрансмиттеров.

Учитывая высокую опасность накопления недоокисленных жирных кислот в условиях клеточной гипоксии, возникла необходимость создания препаратов, которые в условиях недостаточного кровоснабжения были бы способны переключить производство энергии с бета-окисления жиров на гликолиз, при котором значительно уменьшается потребление кислорода, дающее в результате больше энергии.

Уменьшая проникновение жирных кислот в митохондрии, восстанавливая транспорт АТФ, мельдоний тем самым помогает клеткам выжить в условиях гипоксии. Препарат способствует биосинтезу физиологически регулируемого количества NO<sup>-</sup>, что позволяет организму самому определять необходимый уровень защиты от радикалов. Именно этим механизмом объясняются весьма неожиданные эффекты мельдония: снижение периферического сопротивления сосудов, уменьшение вызванного норадреналином или ангиотензином спазма кровеносных сосудов, торможение агрегации тромбоцитов и повышение эластичности мембран эритроцитов. В результате этого мельдоний оказывает селективное действие именно на ишемизированную зону различных тканей, практически не влияя на незатронутые ишемией участки, что дает возможность избегать эффекта обкрадывания.

Таким образом, улучшая метаболизм нейронов при ишемии, парциальные ингибиторы окисления жирных кислот, наряду с подавлением  $\beta$ -окисления, улучшением функции эндотелия, способствуют торможению глутаматного каскада,

предотвращают развитие апоптоза и сохраняют жизнедеятельность нейронов.

Милдронат – это противоишемическое, метаболическое и антиоксидантное средство, которое используется для лечения ишемического поражения органов при острых и хронических нарушениях мозгового кровообращения, ишемическом инсульте, дисциркуляторной энцефалопатии [7].

Таким образом, имеется опосредованная взаимосвязь между холином, ацетилхолинэстеразой и мельдонием в развитии, функционировании и коммуникации социального головного мозга в организме человека.

### ***Библиографический список***

1. Лопатина О.Л. Окситоцин-опосредованные механизмы регуляции социального поведения и развития тревожных состояний. Автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. докт. биол. наук (03.03.01) / Лопатина Ольга Леонидовна; СПб., 2017. 44 с.
2. Бекдаш Р.А. Нейропротекторные эффекты холина и других метилдоноров // Питательные вещества. 2019. № 11. С. 2995.
3. Гимоян Л.Г., Силванян Г.Г. Применение милдроната в лечении когнитивных нарушений при сосудистой деменции // РМЖ «Неврология». 2017. №21. С. 1518–1524.
4. Кшиштоф Блуштайн Дж., Дж. Меллотт Т. Программы холинового питания по развитию мозга посредством ДНК и метилирования гистонов // Агенты центральной нервной системы в медицинской химии. 2012. №12. С. 82–94.
5. Лукомская Н.Я., Михельсон М.Я. Ацетилхолин // Большая Медицинская Энциклопедия (БМЭ); под редакцией Петровского Б.В. 3-е издание, том 2.
6. Розенгарт Е.В., Голиков С.Н. Холинэстеразы // Большая Медицинская Энциклопедия (БМЭ); под редакцией Петровского Б.В. 3-е издание, том 27.
7. Пизова Н.В. Опыт применения милдроната при цереброваскулярных заболеваниях // Медицинский совет. 2015. № 5. С. 14–18.

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ТЕОРИИ  
РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА  
BIOCHEMICAL CHANGES AND THEORIES  
OF ALZHEIMER'S DISEASE DEVELOPMENT**

**Г.Р. Кутлуахметова**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская** –  
*доктор медицинских наук, заведующая кафедрой  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского  
института молекулярной медицины  
и патобиохимии Красноярского государственного  
медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**G.R. Kutluakhmetova**

Scientific supervisor **N.A. Malinovskaya** –  
*MD, DSc, Head of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Senior Researcher at the Research Institute  
of Molecular Medicine and Pathobiochemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Болезнь Альцгеймера, амилоидная гипотеза, холинергическая гипотеза, тау-гипотеза, бета-амилоид, тау-белок, амилоидные бляшки.

*В статье рассматриваются теории развития болезни Альцгеймера (БА) и биохимические изменения в структуре головного мозга при данном заболевании. Выделена наиболее современная теория развития БА.*

Alzheimer's disease, amyloid hypothesis, cholinergic hypothesis, Tau-hypothesis, beta-amyloid, Tau-protein, amyloid plaques

*The article discusses the theory of the development of Alzheimer's disease (AD) and biochemical changes in the structure of the brain in this disease. The most modern theory of AD development is highlighted.*

**В** настоящее время самой распространенной формой деменции является болезнь Альцгеймера, на ее долю приходится 60–70% всех случаев. Особенностью заболевания является сильное прогрессирующее в пожилом возрасте, что приводит к полной потере дееспособности. Поэтому оценка биохимических изменений в структуре головного мозга, составление теорий развития является важным для изучения. Болезнь Альцгеймера – форма деменции, нейродегенеративное заболевание, характеризующееся прогрессирующим нарушением когнитивных способностей и потерей памяти, что ведёт к полной недееспособности личности [1–3].

Выделяют несколько теорий развития болезни Альцгеймера: холинергическая, амилоидная, тау-гипотеза. Теории вытекают одна из другой, главная особенность – внеклеточное образование амилоидных бляшек и внутриклеточное накопление нейрофибриллярных клубочков [1–3].

Бета-амилоид (A $\beta$ ) – пептид, образующийся из трансмембранного белка – предшественника бета-амилоида (ПА $\beta$ ). В норме у здорового человека обнаруживается в малом количестве в ликворе. Известны несколько его видов: A $\beta$ 40, A $\beta$ 42, A $\beta$ 38. Патогенным является A $\beta$ 42, накопление которого является основным фактором развития болезни Альцгеймера. A $\beta$ 42 обладает высокой нейротоксичностью и имеет большую склонность к агрегации, при этом образуются патогенные амилоидные бляшки [1–5].

Образование  $\beta$ -амилоида: ПА $\beta$  расщепляется  $\beta$ -секретазой, образующиеся продукты имеют два пути протеолитического расщепления – неамилоидогенный, при котором дальнейшее расщепление происходит под действием  $\alpha$ -секретазы, образуя непатогенный, растворимый  $\alpha$ -амилоид. Другой путь – амилоидогенный, здесь последующее расщепление катализируется  $\gamma$ -секретазой, таким образом, образуется  $\beta$ -амилоид. Его накопление приводит к образованию амилоидных бляшек, что вызывает нейровоспаление, окислительный стресс, эксайтотоксичность, гиперфосфорилирование тау-белка [4;5].

Амилоидная гипотеза: в начале открытия этой гипотезы ученые считали, что причиной развития болезни Альцгеймера является гиперпродукция  $\beta$ -амилоида при нарушении метаболизма APP (ПА $\beta$ ), но после открытия г-лимфатической системы головного мозга рассматривают ещё и нарушение клиренса  $\beta$ -амилоида [4,5].

Амилоидная теория и редокс-активные металлы: интересна информация о роли Fe в образовании  $\beta$ -амилоида. Одним из побочных действий образования амилоидных бляшек является гиперфосфорилирование нормального тау-белка и образование патогенного тау-белка (тау-гипотеза). При этом внутри клеток образуются нейрофибриллярные клубочки, что вызывает индукцию гемоксигеназы, которая катализирует разрушение гема. Происходит высвобождение большого количества железа, тем самым увеличивается его концентрация в организме. Железо также снижает активность белка фурина, который является катализатором  $\alpha$ -секретазы, тем самым метаболизм APP происходит по амилоидогенному пути [4].

Холинергическая теория была предложена одной из первых. Сторонники этой теории считали, что основа нарушения долговременной памяти – холинергическая дисфункция (снижение обеспечения ацетилхолином гиппокампа). Со временем теория дополнялась, и на данный момент она является составляющей амилоидной гипотезы: выяснено, что нарушение передачи нервного импульса ацетилхолина связано с токсическим эффектом амилоида и повышением активности холинэстеразы [6–9].

Тау-гипотеза связана с гиперфосфорилированием нормального тау-белка. Тау-белок – группа белков, ассоциированных с микротрубочками (MAPS). Основной функцией является сборка и стабилизация микротрубочек. Гиперфосфорилирование приводит к агрегации белка, тем самым он становится нерастворимым, что ведёт к образованию нейрофибриллярных клубочков. При этом микротрубочки теряют стабильность, что приводит к их распаду [4].

Таким образом, теорий развития болезни Альцгеймера несколько, но все они взаимосвязаны. Биохимическими изменениями в структуре головного мозга являются внутриклеточное образование нейрофибриллярных клубочков (гиперфосфорилированный тау-белок) и внеклеточное накопление амилоидных бляшек из-за нарушения метаболизма APP и нарушения клиренса  $\beta$ -амилоида. Наиболее современной теорией развития болезни Альцгеймера является амилоидная.

### ***Библиографический список***

1. Soria Lopez J.A., González H.M., Léger G.C. Alzheimer's disease // *Handb. Clin. Neurol.* 2019. Vol. 167. P. 231–255.
2. Lane C.A., Hardy J., Schott J.M. Alzheimer's disease // *Eur. J. Neurol.* 2018. Vol. 25 (1). P. 59–70.
3. Hodson R. Alzheimer's disease // *Nature.* 2018. Vol. 559 (7715): S1.
4. Литвиненко И.В., Емелин А.Ю., Лобзин В.Ю. и др. Амилоидная гипотеза болезни Альцгеймера: прошлое и настоящее, надежды и разочарования // *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2019. Т. 11. № 3. С. 4–10.
5. Кудинова Н.В., Кудинов А.Р., Березов Т.Т. Амилоид бета: функциональный белок или биологический мусор? // *Биомедицинская химия.* 2017. Т. 53 (2). С. 119–127.
6. Мухин В.Н. Роль дисфункции базальной холинергической системы в патогенезе нарушения декларативной памяти при болезни Альцгеймера // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* 2013. Т. 99 (6). С. 674–681.
7. Дидиченко М.П., Ягужинская И.И. Болезнь Альцгеймера: патологические аспекты возникновения // *Образование и наука в России и за рубежом.* 2019. № 3 (51). С. 175–179.
8. Boller F., Forette F. Alzheimer's disease and TIA: a review of the cholinergic theory and of preliminary results // *Biomed. Pharmacother.* 1989. Vol. 43 (7). P. 487–491.
9. Boller F., Orgogozo J.M. Tacrine. Alzheimer's disease and the cholinergic theory. A critical review and results of a new therapy // *Neurologia.* 1995. Vol. 10 (5). P. 194–199.

**НЕЙРОПРОТЕКТОРНАЯ ТЕРАПИЯ  
ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА  
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)  
NEUROPROTECTIVE THERAPY  
IN CHRONIC CEREBRAL ISCHEMIA  
(LITERATURE REVIEW)**

**А.С. Маменкова**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская** –  
*доктор медицинских наук, заведующая кафедрой  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского  
института молекулярной медицины  
и патобиохимии Красноярского государственного  
медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.S. Mamenkova**

Scientific supervisor **N.A. Malinovskaya** –  
*MD, DSc, Head of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Senior Researcher at the Research Institute  
of Molecular Medicine and Pathobiochemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Хроническая ишемия головного мозга, нейропротекция, нейропротекторы, нейропротекторная терапия.

*В статье оценивается эффективность нейропротекции хронической ишемии головного мозга на текущий момент по данным литературы.*

Chronic cerebral ischemia, neuroprotection, neuroprotectors, neuroprotective therapy.

*The article evaluates the effectiveness of neuroprotection of chronic cerebral ischemia at the moment according to the literature.*

Цереброваскулярные болезни (ЦВБ) – один из наиболее актуальных разделов частной неврологии. ЦВБ характерны широкая распространенность, высокая смертность и инвалидизация. Финансовые затраты на реабилитацию, лечение, вторичную профилактику пациентов, которые перенесли их, огромны. Острая проблема заключается в «омоложении» инсульта, что также вносит свой вклад в экономические потери. Хроническая ишемия головного мозга (ХИ) – медленно прогрессирующая дисфункция головного мозга, возникающая вследствие диффузного и/или мелкоочагового повреждения мозговой ткани в условиях длительно существующей недостаточности церебрального кровоснабжения [1]. Хроническая ишемия головного мозга губительна для этого органа, поскольку он требует наиболее интенсивного снабжения кислородом. Последствия ишемии могут оказаться фатальными [2]. Цель исследования – оценка эффективности нейропротекции хронической ишемии головного мозга по данным литературы.

Основные звенья каскада развития ишемии мозга [3] включают следующие процессы:

- 1) Нарушение синтеза АТФ и повышение уровня лактата.
- 2) Поражение Na-K АТФ-азного насоса (натрий, хлор и вода идут в клетку, вызывая ее отек и набухание, калий выводится из клетки).
- 3) Выброс глутамата и аспартата, их токсичность.
- 4) Повышение содержания  $Ca^{2+}$  в клетке (проходит ряд реакций, которые ведут к необратимым повреждениям нейронов: повышение активности ферментов для образования свободных радикалов, NO-синтаз для синтеза периксинитратов и внутриклеточных фосфорил А и С, которые участвуют в процессе воспаления и снижении проницаемости мембран).
- 5) Экспрессия генов (идет параллельно с апоптозом при реперфузии).
- 6) Апоптоз нейронов.

Ведущие факторы риска: сахарный диабет; ишемическая болезнь сердца; высокое кровяное давление; высокий уровень холестерина; заболевания периферических артерий. Нейропротекторная терапия (нейропротекция) – стратегия или их комбинация, предотвращающие и/или замедляющие повреждение нейрональных структур и связей головного мозга, способствующие их восстановлению [3].

Виды нейропротекции:

1. Первичная. Задача – прерывание быстрых механизмов глутаматкальциевого каскада и активации естественных тормозных процессов. Эффективна с первых минут ишемии, длительность – 3 суток (но особенно активна в первые 12 часов).

2. Вторичная. Задача – прерывание отсроченных механизмов смерти клеток (отдаленных последствий ишемии). Проходит на 4–7 сутки, эффективна с 3–6 часов.

По существующей классификации все нейропротекторы делят на пять видов: нейропептиды и белковые препараты, препараты различных химических групп, антиоксиданты, средства, влияющие на кровоток, растительные препараты. Анализ литературных данных позволил представить механизмы действия одного из препаратов каждой группы [1;2;4–6], обозначенные ниже и суммированные на рисунке 1.

Препарат	Основное вещество	Форма выпуска	Применение
Кортексин	Комплекс белковых фракций	Для внутримышечного введения	И взрослым, и детям по 10 дней с возможным продлением
Глицин	Естественная аминокислотная кислота нашего организма	В виде подъязычных и сублингвальных таблеток	1 таб. 3 р/день или 8–12 таб. (в течение 6–12 месяцев)
Цитофлавин	Комбинированный препарат с янтарной к-той, инозином и мононуклеотидом рибофлавина	Внутривенно и сублингвально	Внутривенно капельным введением препарата (10–20 мл в сутки)/таблетки на 1–2 месяца
Сермион	Ницерголин	Для парентерального введения и использования внутрь	Только у взрослых
Танакан	Экстракт Гинкго билоба	Таблетированно и раствор для приема внутрь	2–6 месяцев

Рис. 1. Особенности действия препаратов для нейропротекции [1; 2; 4–6]

Достоинствами препаратов для нейропротекции можно назвать: различные формы выпуска, возможность приема как детьми, так и взрослыми и максимально естественный для нашего организма состав. Преимущества нейропротекторной терапии [1; 2; 4–6]: максимально быстрое начало терапии и длительный накопительный эффект; отсутствие необходимости в хирургических вмешательствах; повышение устойчивости церебральных нейронов к ишемии; применение препаратов, обладающих нейротрофическими, антиоксидантными и нейрорегенеративными эффектами, патогенетически обосновано на всех этапах восстановительного лечения после нарушения мозгового кровообращения.

Таким образом, изучение патогенеза ХИ показывает возможности поэтапного осуществления эффективной нейропротекционной терапии. Два вида нейропротекции (первичная и вторичная) дают возможность полноценной терапии и активации естественных тормозных процессов. У каждого нейропротектора свои особенности механизма действия, влияния на метаболизм головного мозга, сроков и способов применения. Благодаря этому лечащие врачи имеют возможность дифференцированного подхода к лечению тех или иных заболеваний, в том числе и хронической ишемии головного мозга.

#### ***Библиографический список***

1. Неврология. Национальное руководство / под ред. Е.И. Гусева, А.Н. Коновалова, В.И. Скворцовой, А.Б. Гехт. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 1040 с.
2. Булдакова Н.Ю., Мугутдинова Б.Т., Овчаров В.В. и др. Диагностика и лечение когнитивных нарушений при рассеянном склерозе // Consilium medicum. 2007. Т. 9, № 8. С. 53–56.
3. Strine T.W. Associations of self-reported anxiety symptoms with health-related quality of life and health behaviors // Soc. Psychiatr. Epidemiol. 2005. Vol. 40 (6). P. 432–438.
4. Мельникова Е.В., Шмонин А.А. Нейропротекция при ишемии головного мозга // Журнал Фармотека. 2012. № 9 (242). С. 36–42.

5. Сметнева Н.С., Голобородова И.В., Попкова А.М. и др. Терапия когнитивных нарушений при хронической ишемии головного мозга в общеврачебной практике // Русский мед. журн. 2018. № 7. С. 15–22.
6. Бойко А.Н., Батышева Т.Т., Винецкий Я.Я. и др. Опыт использования кортексина в амбулаторной неврологической практике у больных с хроническими церебро-васкулярными нарушениями // Журн. неврол. и психиатрии. 2006. Т. 106. № 5. С. 25–30.

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ФУЛЬВОВОЙ КИСЛОТЫ  
НА ОНКОЛОГИЮ**  
EFFECTS OF FULVIC ACID AND DOXORUBICIN  
ON ONCOLOGY

**Е.А. Матюшевская**

Научный руководитель **А.Н. Залого** – *доцент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии Красноярского государственного медицинского университета им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**E.A. Matyushevskaya**

Scientific adviser **A.N. Zaloga** – *Associate Professor of the Department of Biological Chemistry with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological Chemistry, Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Фульвовая кислота, гумусовые вещества, гумусовые кислоты, гуминовые вещества.

*Обзор посвящен одной из фундаментальных задач фармакологии, а именно – поиску и созданию новых лекарственных веществ, которые способны проявлять максимальное терапевтическое действие, при этом вызывая минимальные нежелательные реакции в организме.*

Fulvic acid, humic substances, humic acids, humic substances.

*The review is devoted to one of the fundamental tasks of pharmacology, namely, the search and creation of new drugs that are able to show the maximum therapeutic effect, while having minimal adverse reactions in the body.*

Многие пациенты совершенно однозначно интерпретируют термины «рак», «онкология», «злокачественное новообразование». Однако нужно понимать, что это не одна болезнь, а скорее целый класс заболеваний, имеющих между собой как сходства, так и значительные отличия.

Рак – злокачественная опухоль, при которой происходит бесконтрольное размножение клеток, сопровождающееся инвазией в подлежащие ткани и метастазированием в отдаленные органы с током лимфы и/или крови.

Панацею от рака ищут давно. И лишь недавно была установлена весомая роль фульвовых кислот в исцелении от этого страшного заболевания. Фульвовая кислота (ФК), будучи одним из представителей класса гумусовых веществ (ГВ), относится к группе гумусовых кислот, а ее химические свойства и биологическая активность с точки зрения традиционной медицины являются предметом данного теоретического исследования. Гумусовые вещества обладают кардиопротекторными, антиоксидантными, противоопухолевыми, антибактериальными, противовирусными, противогрибковыми, антиаллергическими, мембранотропными, гепатопротективными и противовоспалительными свойствами. Помимо этого, они могут стимулировать активность обменных процессов и оказывать влияние на специфическую и неспецифическую резистентность организма. Изучение биологических свойств ФК и создание на ее основе лекарственных препаратов является весьма актуальным и перспективным направлением в современной медицине [1].

Легкорастворимые органические соединения почвенного гумуса, обнаруженные в водах минеральных источников шведским химиком Й.Я. Берцелиусом в 1839 году, были названы креновыми (от krene – источник, фонтан) и апокреновыми (осадочно-ключевые) кислотами [2]. В 1919 году шведский ученый-химик С. Оден для обозначения легкорастворимых в воде органических соединений взамен терми-

нов «креновые и апокреновые кислоты» ввел термин «фульвокислоты» (от *fulvus* – красно-желтый).

ФК (молекулярный вес 308,24 г/моль) – вещество с высокой реакционной способностью, содержащее большое количество функциональных групп  $\text{COOH}$ . Является органическим кислотным редокс-полимером, который способен «обмениваться» или переносить электроны со вступающими с ним в контакт молекулами и реакционными ионами (рис. 1) [3].

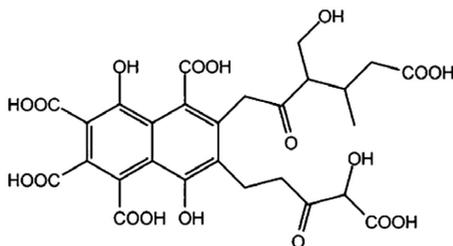


Рис. 1. Структурная формула фульвовой кислоты

В нашем организме образуются фрагменты углерода и водорода, то есть так называемые свободные радикалы. Их называют клеточным мусором. В клетках скапливается так много свободных фрагментов питательных веществ, что это душит клетку, и она становится не способна сжигать, метаболизм прекращается. В здоровом организме процесс свободнорадикального окисления (СРО) находится под строгим контролем многокомпонентной антиоксидантной системы, которая превращает радикалы в малоактивные соединения. В условиях патологии процессы свободнорадикального окисления могут приобретать неконтролируемый, цепной характер. Поступая в клетку, фульвовая кислота способна превратить все эти фрагменты в новые питательные вещества. Фульвовая кислота препятствует старению клеток, является антиоксидантом, проводит электричество, действует в клетке как электролит в отсутствие минералов.

Фульвовая кислота действует также как транспортная система. ФК, имея низкий молекулярный вес и малый молекулярный размер, обладает высокой комплексообразующей способностью. Благодаря своим структурным особенностям она проявляет как хелатные, так и адьювантные свойства (от лат. *adjuvant* – помогающий, поддерживающий). Это вещество способно не только переносить макро- и микроэлементы сквозь клеточную мембрану, но также может повышать биодоступность некоторых лекарственных веществ. Данное свойство позволяет ей реализовать потенциал всех питательных веществ, которые мы потребляем. Адьювантные и хелатные свойства ФК позволяют ввести в организм человека необходимые микро- и макроэлементы в активной (ионной) форме [4]. Интересно, что, доставив питание, она удаляет шлаки или тяжелые пестициды – всё, что не нужно клетке или повреждает клетку. То есть она действует одновременно и как почтальон, и как мусорщик. Она доставляет посылку, подбирает мусор и выносит его.

Рак является одной из ведущих причин смерти во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), смертность от онкологических заболеваний занимает второе место после заболеваний сердечно-сосудистой системы. Ряд исследований указывает на то, что ФК может проявлять противоопухолевые и антипролиферативные свойства. Раковые клетки содержат слабый электрический заряд. И при увеличении их электрической активности с помощью фульвовой усиливается и их апоптоз.

Исследование гуминовых веществ и их составляющих, в частности фульвовой кислоты, представляет собой перспективное направление современной медицины, что, возможно, позволит на основе экологически чистых органических веществ воссоздать такой класс лекарственных средств, как биогенные стимуляторы сочетанного действия.

### ***Библиографический список***

1. Бендерский Н.С., Куделина О.М., Ганцгорн Е.В., Сафроненко А.В. Фульвовая кислота – биологически активная добавка или лекарство? // Кубанский научный медицинский вестник. 2020. № 27 (3). С. 78–91.
2. Hänninen K. Historical and current progress in understanding the origin and structure of humic substances. *Chemistry and Ecology*. 2010. 26(2). P. 1–11.
3. Попов А.И., Зеленков В.Н., Теплякова Т.В. Биологическая активность и биохимия гуминовых веществ. Часть 1. Биохимический аспект (обзор литературы) // Вестник Российской академии естественных наук. 2016. № 16 (1). С.4. Кривопалова М.А., Аввакумова Н.П., Жданова А.В. Гумусовые кислоты пелоидов как перспективные адсорбционные средства // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 9–4 (14). С. 56–57.

## **СХОДСТВО БИОХИМИЧЕСКИХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ РАССТРОЙСТВ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА, БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА И ПАРКИНСОНА SIMILARITY OF BIOCHEMICAL AND MOLECULAR ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF AUTISTIC SPECTRUM DISORDERS, ALZHEIMER DISEASE AND PARKINSON DISEASE**

**Ю.В. Можейко**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская** –  
*доктор медицинских наук, заведующая кафедрой  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского  
института молекулярной медицины и патобиохимии  
Красноярского государственного медицинского  
университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**Y.V. Mozheyko**

Scientific supervisor **N.A. Malinovskaya** –  
*MD, DSc, Head of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Senior Researcher at the Research Institute  
of Molecular Medicine and Pathobiochemistry,  
Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Расстройства аутистического спектра, болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, биомаркеры, холестерол, синаптическая передача, микробиота, активация микроглии.

*В статье исследуется нарушение обмена холестерина, угнетение синаптической передачи, изменения кишечной микрофлоры и активация микроглии с позиции участия в патогенезе РАС, болезни Альцгеймера и Паркинсона. Все три заболевания демонстрируют схожие биохимические и молекулярные особенности развития.*

Autistic spectrum disorders, Alzheimer disease, Parkinson disease, biomarkers, cholesterol, neurotransmission, microbiota, microglia activation.

*The article researches the role of cholesterol metabolism, inhibition of neurotransmission, alterations of fecal microbiota and microglia activation in pathogenesis of ASD, Alzheimer disease and Parkinson disease. All three diseases demonstrate similar biochemical and molecular aspects of development.*

**Р**асстройства аутистического спектра широко распространены в мире и в России (примерно 1% детской популяции [1]). Болезнь Альцгеймера (БА) и болезнь Паркинсона (БП) – самые распространенные нейродегенеративные заболевания у людей старше 60 лет [2]. Заболеваемость ими растет в отсутствие способов профилактики и лечения. Расстройства аутистического спектра (РАС) характеризуются нарушением социального взаимодействия и стереотипной повторяющейся активностью, биомаркеры до конца не изучены. БА проявляется постепенной потерей памяти и утратой двигательных навыков, биомаркерами являются внекле-

точные скопления амилоида  $\beta$  ( $A\beta$ ) и внутриклеточные агрегаты  $\tau$  ( $\text{tau}$ )-белка. БП характеризуется гиперкинезией, мышечной ригидностью и постуральной неустойчивостью, биомаркером является  $\alpha$ -синуклеин.

**Холестерол как фактор развития РАС, БА и БП.** Диета, богатая холестерином, повышает концентрацию 27-ГХС в плазме. 27-ГХС приводит к избыточному фосфорилированию  $\tau$ -белка и накоплению в клетках  $\beta$ -амилоида, что характерно для болезни Альцгеймера. Он также вызывает накопление  $\alpha$ -синуклеина, что характерно для болезни Паркинсона [3; 4]. Нарушения обмена холестерина при аутизме заключаются в том, что страдают гены, ответственные за обмен ХС [3; 5].

**Угнетение синаптической передачи в патогенезе РАС, БА, БП.** При болезни Альцгеймера главным действующим фактором выступает  $\beta$ -амилоид. В комплексе с медью он окисляет ХС в 4-холестен-3-он [6], подавляет ряд синаптических белков, а также способствует фосфорилированию  $\tau$ -белка. Все эти обстоятельства угнетают нейротрансмиссию. При болезни Паркинсона  $\alpha$ -синуклеин агрегирует в тельца Леви и затрудняет экскрецию медиатора [3; 7]. Нарушение синаптической передачи при РАС заключается в дефектах генов, кодирующих синаптические белки. Угнетение экзоцитоза в синапсах гиппокампа вызывает аномалии социального поведения [8].

**Изменения микробиоты.** Изменения в составе микрофлоры кишечника могут стать причиной нейровоспаления, которое является пусковым фактором в развитии РАС, БА и БП [9]. Дети, больные аутизмом, демонстрируют отличную от здоровых детей микробиоту [10]. У больных БА и БП отмечается снижение численности бутиратпродуцирующих бактерий [11; 12], что предполагает их роль в препятствии нейровоспалению.

**Активация микроглии.** При болезни Альцгеймера наблюдается дефект генов, отвечающих за утилизацию  $\beta$ -амилоида.

A $\beta$  накапливается в виде бляшек, активирует микроглию и запускает нейровоспаление [13]. При болезни Паркинсона механизм активации схожий, только основным «раздражителем» является агрегированный  $\alpha$ -синуклеин [14]. Имеются свидетельства активации микроглии у больных РАС [15], однако роль данного фактора остается не до конца ясна.

Таким образом, для всех трех заболеваний характерны: нарушение обмена холестерина, угнетение синаптической передачи, изменения в составе микробиоты и активация микроглии, хотя роль последней в развитии РАС остается неясной.

### ***Библиографический список***

1. Письмо Министерства здравоохранения РФ №15-3/10/1-2140, 08.05.2013.
2. de Lau L.M., Breteler M.M. Epidemiology of Parkinson's disease // *Lancet Neurol.* 2006. Vol. 5 (6). P. 525–535.
3. Петров А.М., Касимов М.Р., Зефирова А.Л. Холестерин в патогенезе болезней Альцгеймера, Паркинсона и аутизма: связь с синаптической дисфункцией // *Acta naturae.* 2017. № 1 (32). С. 27–39.
4. Marwarha G., Ghribi O. Does the oxysterol 27-hydroxycholesterol underlie Alzheimer's disease-Parkinson's disease overlap? // *Exp Gerontol.* 2015. Vol. 68. P. 13–18.
5. Nagy G., Ackerman S. Cholesterol metabolism and Rett syndrome pathogenesis. // *Nat. Genet.* 2013. Vol. 45(9). P. 965–967.
6. Kasimov M.R., Giniatullin A.R., Zefirov A.L., Petrov A.M. Effects of 5 $\alpha$ -cholestan-3-one on the synaptic vesicle cycle at the mouse neuromuscular junction // *Biochim. Biophys. Acta.* 2015. Vol. 1851 (5). P. 674–685.
7. Diao J., Burré J., Vivona S. et al. Native  $\alpha$ -synuclein induces clustering of synaptic-vesicle mimics via binding to phospholipids and synaptobrevin-2/VAMP2 // *Elife.* 2013. Vol. 2: e00592.
8. Amal H., Barak B., Bhat V. et al. Shank3 mutation in a mouse model of autism leads to changes in the S-nitroso-proteome and affects key proteins involved in vesicle release and synaptic function // *Mol. Psychiatry.* 2020. Vol. 25. P. 1835–1848.

9. Fung T.C., Olson C.A., Hsiao E.Y. Interactions between the microbiota, immune and nervous systems in health and disease // Nat. Neurosci. 2017. Vol. 20 (2). P. 145–155.
10. Ma B., Liang J., Dai M. et al. Altered Gut Microbiota in Chinese Children With Autism Spectrum Disorders // Front. Cell Infect. Microbiol. 2019. Vol. 9: 40.
11. Haran J.P., Bhattarai S.K., Foley S.E. et al. Alzheimer's Disease Microbiome Is Associated with Dysregulation of the Anti-Inflammatory P-Glycoprotein Pathway // mBio. 2019. Vol. 10 (3): e00632–19.
12. Keshavarzian A., Green S.J., Engen P.A. et al. Colonic bacterial composition in Parkinson's disease // Mov. Disord. 2015. Vol. 30 (10). P. 1351–1360.
13. Hansen D.V., Hanson J.E., Sheng M. Microglia in Alzheimer's disease // J. Cell Biol. 2018. Vol. 217 (2). P. 459–472.
14. Kam T.I., Hinkle J.T., Dawson T.M., Dawson V.L. Microglia and astrocyte dysfunction in parkinson's disease // Neurobiol. Dis. 2020. Vol. 144: 105028.
15. Rodriguez J.I., Kern J.K. Evidence of microglial activation in autism and its possible role in brain underconnectivity // Neuron Glia Biol. 2011. Vol 7 (2–4): 205–13.

**ПАТОБИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕЙРОНОВ  
НА ФОНЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА**  
PATHOBIOCHEMICAL ASPECTS OF NEURON DAMAGE  
IN THE BACKGROUND OF ISCHEMIC STROKE

**Д.В. Надеин**

Научный руководитель **Е.В. Лычковская** –  
*старший преподаватель кафедры биологической химии  
с курсами медицинской, фармацевтической  
и токсикологической химии  
Красноярского государственного медицинского  
университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
г. Красноярск*

**D.V. Nadein**

Scientific adviser **E.V. Lychkovskaya** –  
*Senior Lecturer of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Апоптоз, глутаматная эксайтотоксичность, рецепторные нарушения, ишемия, каспазы.

*В статье рассмотрены основные патобиохимические механизмы, возникающие на фоне ишемического повреждения головного мозга. К ним относятся такие, как каспазные протеолитические внутриклеточные реакции, инактивация NMDA и AMPA – рецепторов, активация NO-синтазы, запуск процессов ПОЛ и ингибирование нейротрансмиттеров моноаминоксидазами, которые часто выступают в качестве мишеней при лечении ишемического инсульта.*

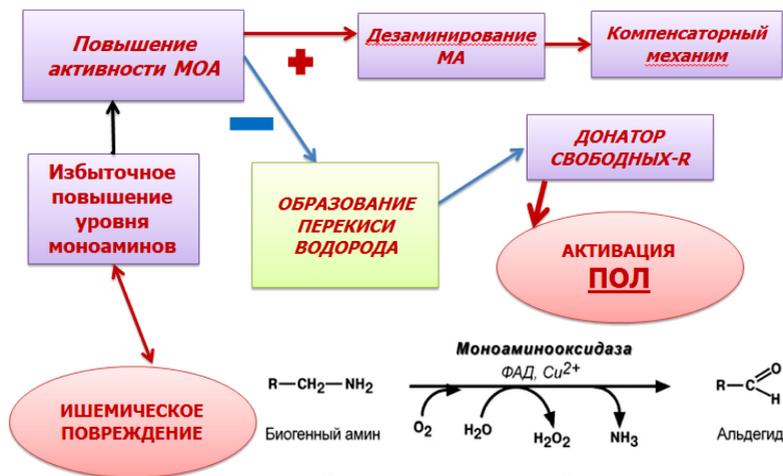
Apoptosis, glutamate excitotoxicity, receptor disorders, ischemia, caspases.

*The article discusses the main pathobiochemical mechanisms that arise against the background of ischemic brain damage. These include caspase proteolytic intracellular reactions, inactivation of NMDA and AMPA receptors, activation of NO synthase, triggering LPO processes, and inhibition of neurotransmitters by monoamine oxidases, which often act as targets in the treatment of ischemic stroke.*

**И**зучение патобиохимических процессов в нейронах в настоящее время очень важно, поскольку необходимо внедрять и искать наиболее оптимальные и верные способы лечения больных с такими нарушениями. Поэтому целью моей научно-теоретической работы является выявление и изучение основных патобиохимических механизмов при повреждении нейронов на фоне ишемического инсульта головного мозга.

Общеизвестно, что мозг человека, составляя не более 2% от массы тела, утилизирует около четверти всего потребляемого организмом кислорода, поэтому клетки голов-





Реакция дезаминирования биогенных аминов

Рис. 2. Активация моноаминоксидазы при избыточном накоплении нейротрансмиттеров

Ацидоз угнетает метаболические реакции и ионный транспорт, может усиливать образование АФК. Снижение содержания АТФ, повышение уровня неорганического фосфора, формирование лактатацидоза приводят к обесочиванию  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазной ферментной системы, которая управляет энергозависимым ионным транспортом. Деполяризация нейронов и клеток глии вследствие локального дефицита энергии вызывает активацию потенциал-зависимых кальциевых каналов и выделение во внеклеточное пространство глутамата, который в большом количестве накапливается во внеклеточном пространстве. Вследствие активации глутаматных NMDA- и AMPA-рецепторов повышается внутриклеточное содержание  $\text{Ca}^{2+}$ . Следствием этого является тяжелое нарушение ионного гомеостаза, сопровождающееся пассивным притоком воды и отеком клеток, что приводит к осмотическому лизису [3].

Апоптоз включает в себя фрагментацию ДНК, сгущение хроматина, сморщивание клетки и образование телец апоптоза, которые поглощаются фагоцитами без формирования

системного воспалительного ответа. Апоптоз нейронов может протекать двумя способами: с активацией семейства каспаз и без участия каспаз, но с экспрессией апоптотических факторов митохондрий клеток [1].

В первом варианте активация происходит после объединения последних в тетрамерные структуры. Внешний путь запускается с участием фактора некроза опухоли или рецептора Fas с внеклеточным Fas-лигандом и ведет к запуску процессов тримеризации рецепторов. Внутренний путь инициируется стрессовым повреждением органелл клетки, сопровождается формированием апоптосом [4]. При каспаз-независимом апоптозе апоптозиндуцирующий фактор (AIF) освобождается из митохондрии после ее мембранной деполяризации. AIF-опосредованный апоптоз наблюдается в нейронах в условиях оксидативного стресса [5].

Таким образом, в настоящее время ишемический инфаркт рассматривается как следствие сложных и длительных процессов. Каскад ишемического поражения начинается с эксайтотоксичности, образования реактивных свободных радикалов, нарастания ацидоза ткани и развития перинфарктной деполяризации, далее следуют воспаление и апоптоз. В настоящий момент известно, что наиболее клинически важными маркерами диагностики ишемического инсульта является наличие аутоантител к глутаматным рецепторам NMDA.

#### ***Библиографический список***

1. Трофимов А.О., Кравец Л.Я. Апоптоз нейронов при черепно-мозговой травме // Современные технологии в медицине. 2010. № 3. С. 92–97.
2. Угольник Т.С., Чубукова Т.Н. Механизмы апоптоза при ишемии головного мозга // Проблемы здоровья и экологии. 2009. № 3 (21). С. 94–99.
3. 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.

4. Puig B., Brenna S., Magnus T. Molecular Communication of a Dying Neuron in Stroke // *Int. J. Mol. Sci.* 2018. Vol. 19 (9): 2834. P. 1–17.
5. Fricker M., Tolkovsky A.M., Borutaite V. et al. Neuronal Cell Death // *Physiol Rev.* 2018. Vol. 98 (2). P. 813–880.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ  
ИССЛЕДОВАНИЯ АПОПТОЗА В МЕДИЦИНЕ  
APPLICATION OF METHODS  
OF APOPTOSIS RESEARCH IN MEDICINE**

**Т.А. Перевертов**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская** –  
*доктор медицинских наук, заведующая кафедрой  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского  
института молекулярной медицины и патобиохимии  
Красноярского государственного медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**T.A. Perevertov**

Scientific supervisor **N.A. Malinovskaya** – *MD, DSc, Head  
of the Department of Biological Chemistry with courses  
in Medical, Pharmaceutical and Toxicological Chemistry,  
Senior Researcher at the Research Institute of Molecular  
Medicine and Pathobiochemistry, Krasnoyarsk State Medical  
University named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Апоптоз, антитела, детекция апоптоза, фрагментация ДНК, биохимия.  
*В статье анализируются методы детекции апоптоза для проведения  
в научных исследованиях. Выделен наиболее точный метод из рассмо-  
тренных.*

Apoptosis, antibodies, apoptosis detection, DNA fragmentation, biochemistry.  
*The article analyzes the methods of detection of apoptosis as one of the meth-  
ods of scientific research. The most accurate method from the considered  
ones is highlighted.*

**И**зучение апоптоза клеток – одно из фундаментальных направлений в медицине. Апоптоз сопровождает практически каждый процесс в организме: онтогенез, регуляция клеточной массы взрослого организма, гибель патологических клеток, вследствие чего его изучение требуется в большом числе научных работ. Апоптоз – форма гибели клеток, морфологическими и биохимическими особенностями которой является конденсация цитоплазмы, ядра, хроматина, образование пузырьков на мембране, отсутствие воспалительного процесса и межнуклеосомное расщепление ДНК эндонуклеазами [1–2].

В процессе апоптоза выделяют 6 основных стадий: нарушение функциональной активности митохондрий; активация проапоптотических белков; увеличение проницаемости клеточной мембраны; нарушение асимметрии клеточной мембраны; активация протеолитических ферментов; фрагментация ДНК. Каждый этап имеет биохимические особенности, позволяющие использовать метод, специфичный к конкретным изменениям в клетке, что описано ниже [1].

Под действием выброса митохондриальных белков происходит миграция ионов из межмембранного пространства митохондрий, что приводит к потере митохондрией электрохимического потенциала, без которого она не может синтезировать АТФ. Для клетки это означает потерю энергетической функции и начало апоптоза. На этом основан метод визуализации положительно заряженными липофильными молекулами DiOC6, накапливаемыми в матриксе неработоспособных митохондрий [3–4].

Семейство белков Bcl-2 состоит из про- и антиапоптотических белков, в нормальном состоянии ингибирующих друг друга. При смещении баланса происходит усиление деятельности одной из групп белков. Под действием белков BH-3 активируются проапоптотические факторы Bax и Bac, формирующие поры в митохондриях. Их активные формы можно обнаружить с помощью антител бА7, связанных с красителем, позволяющим обнаружить проапоптотический сигнал [5].

В зависимости от стадии апоптоза, в цитоплазматической мембране клетки могут образовываться поры различного размера. С помощью красителей, способных накапливаться в цитоплазме клетки, можно определить степень прогрессирования апоптоза клетки. Для этой цели применяются YO-PRO, PI, 7-AAD, имеющие различный размер молекул, но недостатком этого метода является возможное обнаружение вторичного некроза клеток [6].

В процессе апоптоза происходит изменение всей структуры липидного бислоя. При недостаточном синтезе АТФ нарушается способность накопления фосфатидилсерина с цитоплазматической стороны мембраны и происходит его миграция на внешнюю сторону мембраны. Его роль связана с фагоцитозом клеток макрофагами, которые получают сигнал о необходимости уничтожения клетки. В качестве маркеров для детекции апоптоза применяется белок Annexin V, специфически связывающийся с фосфатидилсерином на наружной стороне мембраны. Недостатком этого метода является возможность обнаружения только ранних событий [7].

Активация каспаз приводит к активации эндонуклеаз путем расщепления белка-ингибитора эндонуклеазы, что приводит к фрагментации ДНК в клетке [2]. Существуют три основных метода определения фрагментации ДНК. Первый основан на оценке фракционного содержания наследственного материала в ядре: после его разрушения фрагменты ДНК покидают клетку. Такие красители, как PI, DAPI, 7-AAD, позволяют обнаружить ДНК в ядре, в результате чего ядра с меньшим содержанием ДНК характеризуются пониженным уровнем флуоресценции. Вторым методом (TUNEL) основан на появлении в результате разрушения ДНК большого количества 3'-концов. Суть метода TUNEL заключается в присоединении к свободным 3'-концам нуклеотида, конъюгированного с флуорохромом, в этом случае клетки в апоптозе накапливают большее количество красителя. Его недостатком является возможное обнару-

жение некротических клеток как апоптотических. Третий метод, ISOL, основан на специфическом присоединении к 3'-концам апоптотических клеток нуклеотидной шпильки с флуоресцентной меткой. Данный способ позволяет обнаружить только те клетки, которые подвержены апоптозу [8].

Таким образом, при выборе метода детекции апоптоза необходимо придерживаться цели исследования. Так, при исследовании терминальной стадии апоптоза, когда он уже необратим, наиболее точным методом является ISOL вследствие своей специфичности. Его недостатком является дороговизна материалов. Более доступный метод – использование красителя DAPI или метода TUNEL.

#### ***Библиографический список***

1. Волянский Ю.Л., Колотова Т.Ю., Васильев Н.В. Молекулярные механизмы запрограммированной клеточной гибели // Успехи современной биологии. 1994. Т. 114. С. 679–692.
2. Arends M.Y. Apoptosis. The role of the endonuclease // Amer. J. Pathol. 1990. Vol. 136. P. 593–608.
3. Copani A. Activation of cell-cycle-associated proteins in neuronal death: a mandatory or dispensable path? // Trends Neurosci. 2001. Vol. 24, № 1. P. 25–31.
4. Belosludtsev K.N. Mitochondrial Ca<sup>2+</sup> transport: mechanisms, molecular structures, and role in cells // Biochemistry. 2019. Vol. 84(1). P. 593–605. Kalkavan H., Green D.R. Momp, cell suicide as a BCL-2 family business // Cell death and differentiation. Vol. 25(1). P. 46–55.
6. Новиков В.С. Программированная клеточная гибель. СПб.: Наука, 1996. 276 с.
7. Землянских Н.Г. Регуляция асимметричного распределения липидов в мембране эритроцитов человека в присутствии глицерина и полиэтиленгликоля. // Цитология. 2020. Т. 62. № 2. С. 112–120.
8. Fu Y. B., Ahmed Z., Yang H., Horbach C. TUNEL assay and DAPI staining revealed few alternations of cellular morphology in naturally and artificially aged seeds of cultivated flax // Plants. 2018. Vol. 7(2). P. 1–11.

**ДИСФУНКЦИЯ ЭНДОТЕЛИЯ И ЕЁ ДИАГНОСТИКА  
С БИОХИМИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ**  
ENDOTHELIAL DYSFUNCTION AND ITS DIAGNOSIS  
FROM A BIOCHEMICAL POINT OF VIEW

**А.О. Садаков**

Научный руководитель **Н.А. Малиновская** –  
*доктор медицинских наук, заведующая кафедрой  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского  
института молекулярной медицины  
и патобиохимии Красноярского государственного  
медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.O. Sadakov**

Scientific supervisor **N.A. Malinovskaya** – *MD, DSc, Head  
of the Department of Biological Chemistry with courses in  
Medical, Pharmaceutical and Toxicological Chemistry, Senior  
Researcher at the Research Institute of Molecular Medicine  
and Pathobiochemistry, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Дисфункция эндотелия, атеросклероз, активные формы кислорода, вазоконстрикторы, вазодилататоры.

*В статье анализируются строение и функции эндотелия сосудов, рассматриваются факторы, синтезируемые в эндотелии и определяющие его функции, приводятся биохимические маркеры эндотелиальной дисфункции.*

Endothelial dysfunction, atherosclerosis, reactive oxygen species, vasoconstrictors, vasodilators.

*The article analyzes the structure and functions of the vascular endothelium, examines the factors synthesized in the endothelium and determines its functions, provides biochemical markers of endothelial dysfunction.*

По данным ВОЗ на 2019 год, такие заболевания, как ИБС, Инсульт, ХОБЛ, гипертензивная болезнь, в основе этиопатогенеза которых лежит дисфункция эндотелия, находятся в рейтинге 10 основных причин смерти в России. Цель исследования – выявление роли эндотелиальной дисфункции в развитии атеросклероза и биохимических маркеров диагностики дисфункции эндотелия.

Эндотелий – пласт плоских клеток, выстилающих tunica intima кровеносных и лимфатических сосудов, а также эндокард сердца. Эндотелий выполняет широкий спектр функций. Помимо того, что он находится на разделе двух сред – крови и межклеточного вещества – и является барьером, эндотелий также является местом синтеза огромного количества БАВ (многие авторы называют его “мощным эндокринным аппаратом организма человека”), участвует в сосудисто-тромбоцитарном и коагуляционном гемостазе и других функциях (табл. 1) [1; 2].

*Таблица 1*

### Основные функции эндотелия сосудов и их характеристика

Функция	Характеристика
Барьерная	Эндотелий находится на разделе двух фаз – крови и межклеточной жидкости, участвует в газообмене и трансапикалярном обмене
Атромбогенная	За счет отрицательно заряженного эндотелия и его контактной инертности
Регуляция сосудистого тонуса	Местная, за счет синтеза вазоактивных веществ
Синтетическая	Синтез NO, эндотелина, тромбоспандина А2, фактора фон Виллебранда, гепарансульфатов и др.
Гемостатическая	Осуществление сосудисто-тромбоцитарного и коагуляционного гемостаза
Реализация защитных и иммунных реакций	Представление антигенов ИКК и секреция интерлейкина-1
Фибринолитическая	Участие в реакциях фибринолиза за счет синтеза активаторов и ингибиторов фибринолиза
Ферментативная	Экспрессия на поверхности ангиотензинконвертазы (катализирует превращение ангиотензина I в ангиотензин II)
Васкуляризация	За счет пролиферации и миграции эндотелиоцитов и их стимуляция ГМК

Вещества, влияющие на тонус гладкомышечных клеток (ГМК) стенки сосуда, делятся на вазоконстрикторы и вазодилататоры (таб. 2). Мощным эндогенным вазодилататором является оксид азота. Он синтезируется из L-аргина при действии NO-синтазы, находящейся в кавеолах.

Кофакторами данного фермента являются НАДФН и тетрагидробиоптерин. Оксид азота (NO) диффундирует в ГМК, где активирует гуанилатциклазу, катализирующую реакцию превращения ГТФ в цГМФ, что приводит к вазодилатации. Кроме того, эндотелий выделяет такие факторы вазоконстрикции, как PGN2 и TXA2. PGN2 синтезируется из арахидоновой кислоты под действием циклооксигеназы, а тромбоксансинтаза превращает PGN2 в TXA2. Оба вазоконстриктора угнетают активность PGI2 [3]. Важнейшим из известных вазоконстрикторов считается эндотелин-1 (ЕТ-1). ЕТ-1 – полипептид, образуется в результате протеолиза из «большого эндотелина» эндотелин-превращающим ферментом. ЕТ-1 действует на рецепторы ГМК, вызывая их сокращение и рост, и на эндотелиальные клетки, вызывая продукцию NO и PGI2, участвуя в регуляции их роста. Мощными факторами, инактивирующими NO, рассматривают свободные радикалы, основными ферментами синтеза которых в сосудистых клетках являются NADPH-оксидаза и ксантиноксидаза. Многие проатерогенные факторы стимулируют активность NADPH-оксидазы, повышая при этом уровень свободных радикалов [4-5].

Таблица 2

### Факторы, синтезируемые в эндотелии и определяющие его функции

Факторы, влияющие на тонус гладкой мускулатуры сосудистой стенки		Факторы, влияющие на рост и пролиферацию	
Вазоконстрикторы	Вазодилаторы	Стимуляторы	Ингибиторы
Эндотелин	Оксид азота	Эндотелин I	Оксид азота
Ангиотензин II	Простаглицлин	Ангиотензин II	Простаглицлин
Тромбоксан A2	Эндотелиальный фактор деполяризации		
Простагландин H2	Ангиотензин I, аденомедулин	Супероксидный радикал	Натрийуретический пептид С-типа
Факторы гемостаза		Эндотелиальный фактор роста	Гепариноподобные ингибиторы роста
Протромбогенные	Антитромбогенные		
Тромбоцитарный фактор роста	Оксид азота		
Ингибитор тканевого активатора плазминогена	Тканевой активатор плазминогена		
Фактор фон Виллебранда	Простаглицлин	Факторы, влияющие на воспаление	
Ангиотензин IV	Тромбомодулин	Провоспалительные	Противоспалительные
Эндотелин I		Альфа-фактор некроза опухоли	Оксид азота
Фибронектин		Супероксидные радикалы	
Тромбоспондин		С реактивный белок	
Фактор активации тромбоцитов			

По современным представлениям, эндотелиальная дисфункция и старение эндотелия являются ключевым звеном в развитии атеросклероза. Маркеры дисфункции эндотелия, играющие также роль в развитии атеросклероза, представлены в таблице 3 [6–8].

Таблица 3

**Сводная таблица биохимических маркеров эндотелиальной дисфункции (АЭ – активация эндотелия, ДЭ – дисфункция эндотелия, ПЭ – повреждение эндотелия, прогноз – прогностическая значимость; курсивом и жирным шрифтом выделены маркеры, которые используются в клинической лабораторной диагностике)**

Параметр	Характеристика и диагностическое значение	
<b>Эндотелин-1</b>	Мощный вазоконстриктор, вызывает ангиоспазм	Прогноз, ДЭ, ПЭ
<b>Фактор фон Виллебранда (VIII фактор свертывания)</b>	Синтезируется в эндотелии в тельцах Вейбла-Палада, при его повреждении выделяется в кровь; острофазовый гликопротеин	АЭ, ДЭ, ПЭ, Прогноз
<b>Снижение синтеза эндогенного NO</b>	За счет окислительного стресса	
<b>Адипонектин</b>	Коллагеноподобный белок, синтезируемый белой жировой тканью, оказывает противовоспалительный и антиатерогенный эффект.	
<b>Ингибитор активатора плазминогена</b>	Синтезируется в эндотелии; острофазовый белок	
<b>Гомоцистеинемия</b>	Непротеиногенная аминокислота; независимый фактор развития заболеваний ССС	
<b>Тромбомодулин</b>	Белок, фиксированный на мембране эндотелиоцитов	ПЭ, Прогноз
<b>Фактор сосудистой межклеточной адгезии (селектины, интегрины и др.)</b>	При разрушении эндотелия выделяются в кровь	АЭ, Прогноз?
<b>S-реактивный белок</b>	Белок острой фазы, выделяется в ответ на провоспалительные цитокины	
<b>Микроальбуминурия</b>	Появление альбумина в моче в виду дисфункции эндотелия	
<b>iNOS</b>	Вторая изоформа NO-синтазы (индуцибельная, есть во всех клетках)	
<b>eNOS</b>	Третья изоформа NO-синтазы (эндотелиальная)	ДЭ, ПЭ
<b>Воспалительные факторы (IL-1, IL-6, CRP, TNF-α)</b>	Вызывают активацию эндотелия, приводящую к увеличению проницаемости, повышению экспрессии молекул адгезии и др.	
<b>ЦКК (циркулирующие эндотелиальные клетки)</b>	Эндотелиоциты, не связанные в эндотелии и свободно циркулирующие по кровотоку	ПЭ, Прогноз?
<b>Асимметричный диметиларгинин (ADMA)</b>	Ингибитор NO синтазы	

Таким образом, главной причиной дисфункции эндотелия является дисбаланс биологически активных веществ, синтезируемых в эндотелии, а сама дисфункция эндотелия является важным предиктором и маркером развития атеросклероза.

**Библиографический список**

1. Табаров М.С., Тоштемирова З.М., Саидмурадова Р.А. и др. Физиология и патология эндотелия // Вестник Авиценны. 2012. № 2. С. 196–199.
2. Дорофиевко Н.Н. Роль сосудистого эндотелия в организме и универсальные механизмы изменения его активности (обзор

- литературы) // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2018. № 68. С. 107–116.
3. Curg A.R., Huckaby L.V., Shiva S.S., Zuckerbraun B.S. Nitric Oxide and Endothelial Dysfunction // Crit. Care Clin. 2020. Vol. 36 (2). P. 307–321.
  4. Власов Т.Д., Петрищев Н.Н., Лазовская О.А. Дисфункция эндотелия. Правильно ли мы понимаем этот термин? // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2020. № 2. С. 76–82.
  5. Incalza M.A., D'Oria R., Natalicchio A. et al. Oxidative stress and reactive oxygen species in endothelial dysfunction associated with cardiovascular and metabolic diseases // Vascul. Pharmacol. 2018. Vol. 100. P. 1–19.
  6. Чубаков Ж.А. Фактор Виллебранда и дисфункция эндотелия при стрессе // Проблемы здоровья и экологии. 2012. № 2 (32). С. 40–45.
  7. Полонецкий О.Л., Полонецкий Л.З. Дисфункция эндотелия и атеросклероз // Медицинские новости. 2012. № 6. С. 6–11.
  8. Achari A.E., Jain S.K. Adiponectin, a Therapeutic Target for Obesity, Diabetes, and Endothelial Dysfunction // Int. J. Mol. Sci. 2017. Vol. 18 (6): 1321.

**CRL4<sup>AMBRA1</sup> – ГЛАВНЫЙ РЕГУЛЯТОР ЦИКЛИНОВ D-ТИПА**  
**CRL4<sup>AMBRA1</sup> IS A MASTER REGULATOR OF D-TYPE CYCLINS**

**А.В. Сафонов**

Научный руководитель **А.Н. Залого** – *доцент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии Красноярского государственного медицинского университета им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.V. Safonov**

Scientific adviser **A.N. Zaloga** – *Associate Professor of the Department of Biological Chemistry with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological Chemistry, Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

CRL4 AMBRA1, циклины D-типа, терапевтические мишени, рак человека, убиквитинлигаза, ретинобластома (RB), опухолевый супрессор. *В статье описан новый фермент под названием AMBRA1, который расщепляет белки, регулирующие клеточный цикл, а также исследуются циклины D-типа – семейство белков-активаторов циклин-зависимых протеинкиназ (CDK), которые часто служат терапевтическими мишенями при лечении рака.*

CRL4 AMBRA1, D-type cyclins, therapeutic targets, human cancer, ubiquitin ligase, retinoblastoma (RB), tumor suppressor. *The article describes a new enzyme called AMBRA1, an enzyme that breaks down proteins that regulate the cell cycle, and investigates type D cyclins, a family of cyclin-dependent protein kinase (CDK) activating proteins that are often therapeutic targets in cancer treatment.*

Лечение раковых заболеваний на сегодняшний день является едва ли не самой актуальной проблемой и одной из фундаментальных задач таких сфер науки как химия, биохимия, биофизика, математика и медицина в целом. Для борьбы с многовековой болезнью на помощь приходят либо искусственные синтетические методики, либо же сам организм человека предоставляет нам «полезные вещества», нужно только научиться правильно их использовать. Таким веществом оказался фермент AMBRA1.

Исследователи из Медицинской школы имени Гроссмана Нью-Йоркского университета в сотрудничестве с коллегами из Италии и Дании установили, что фермент убиквитинлигаза, известный также как AMBRA1 (данный фермент образуется в протеасомах – многобелковых комплексах, разрушающих ненужные или дефектные белки – является частью системы убиквитинопосредованного распада белка), прикрепляет молекулярные метки ко всем трем циклинам D-типа – CDK2, CDK4 и CDK6, маркируя их для последующего разрушения клеточными машинами, расщепляющими белки [1].

Циклины – семейство белков-активаторов циклин-зависимых протеинкиназ (CDK) – ключевых ферментов, уча-

ствующих в регуляции клеточного цикла эукариот. Общей структурной особенностью циклинов является наличие в их полипептидной цепи последовательности из примерно 100 аминокислот. Основная функция циклинов в организме – активация циклин-зависимых протеинкиназ; протеинкиназы – это подкласс ферментов. Таким образом, циклины включают в работу данные ферменты [1].

Авторы обнаружили, что контроль циклинов ферментом AMBRA1 необходим для правильного роста клеток во время эмбрионального развития, а его нарушение вызывает смертельное разрастание клеток. У мышей, лишенных гена, который кодирует фермент AMBRA1, развивался неконтролируемый летальный рост ткани, искажающей головной и спинной мозг эмбриона. Лечение ингибитором CDK4/6 беременных мышей, несущих эмбрионы без гена AMBRA1, снижало эти нейрональные аномалии. [1]. Также исследователи обнаружили, что потеря AMBRA1 снижает чувствительность к ингибиторам CDK4/6.

Был проведен полногеномный скрининг CRISPR-Cas9, направленный на идентификацию регуляторов ответа на ингибиторы CDK4/6 в клетках остеосаркомы человека U-2 OS, обработанных палбоциклибом. В итоге AMBRA1 был признан лучшим, и результаты были подтверждены с палбоциклибом и абемасиклибом в трех клеточных линиях (рис. 1 a, b, c). После обработки абемасиклибом RB был более фосфорилирован в клетках, истощенных по AMBRA1, чем в контрольных клетках [2].

Исследование показывает, что CRL4<sup>AMBRA1</sup> представляет собой убиквитинлигазу, которая действует во время нормального развития клеточного цикла (рис. 2), а также при депривации питательных веществ и генотоксическом стрессе, направляя все три циклина D-типа на убиквитинопосредованную деградацию [3].

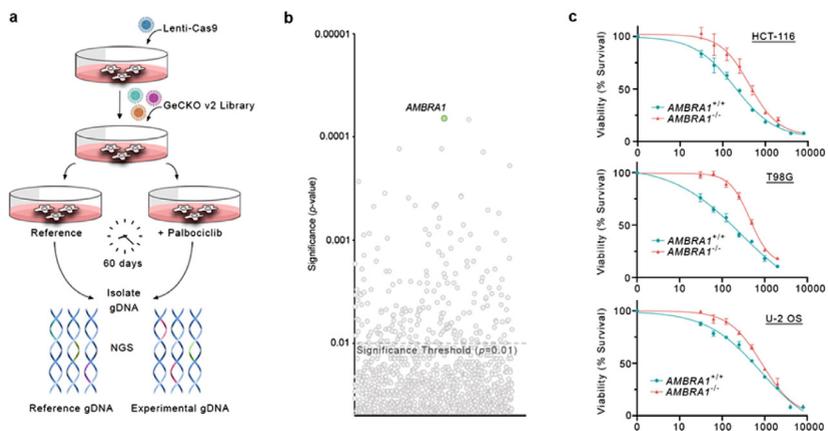


Рис. 1 a,b,c. Полногеномный скрининг CRISPR-Cas9, направленный на идентификацию регуляторов ответа на ингибиторы CDK4/6 в клетках остеосаркомы человека U-2 OS, обработанных палбоциклибом

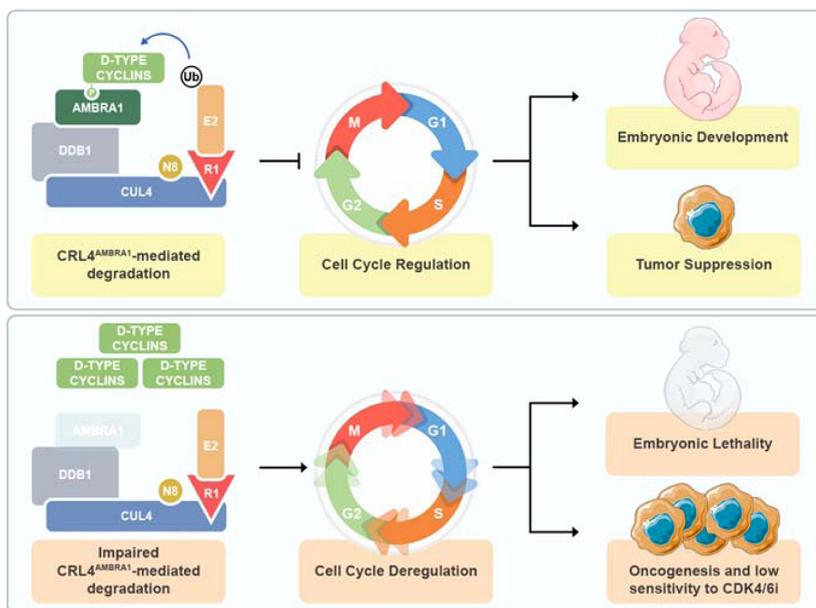


Рис. 2. Циклины D-типа направлены на убиквитин-опосредованную деградацию

Более того, результаты согласуются с предыдущими исследованиями, которые не смогли подтвердить роль CRL1s и APC/C2,3 в опосредованной убиквитином деградации циклинов D-типа. RB обеспечивает правильный нейрогенез и действует как опухолевый супрессор. Точно так же обнаружено, что, регулируя деградацию циклинов D-типа, AMBRA1 также гарантирует правильное развитие нервной системы и действует как опухолевый супрессор *in vivo* [4].

Таким образом, были проведены лабораторные испытания в сфере действия фермента убиквитинлигазы. В то время как исследование ученых Нью-Йоркского университета рассматривало диффузную крупноклеточную В-клеточную лимфому, два других, проведенных Стэнфордским университетом и Исследовательским центром Датского онкологического общества, установили, что фермент AMBRA1 также является ключевым фактором в предотвращении рака легких. Авторы надеются, что открытые ими молекулярные механизмы позволят создать лекарство против рака нового поколения.

#### ***Библиографический список***

1. Simoneschi D., Rona G., Zhou N. et al. CRL4AMBRA1 is a master regulator of D-type cyclins // *Nature*. 2021. Vol. 592. P. 789–793.
2. Malumbres M., Barbacid, M. Cell, cycle, CDKs and cancer: a changing paradigm // *Nat. Rev. Cancer*. 2009. Vol. 9. P. 153–166.
3. Qie S., Diehl J.A. Cyclin D degradation by E3 ligases in cancer progression and treatment // *Semin. Cancer Biol.* 2020. Vol. 67. P. 159–170.
4. Behan F.M., Iorio F., Picco G. et al. Prioritization of cancer therapeutic targets using CRISPR-Cas9 screens // *Nature*. 2019. Vol.568. P. 511–516.

**ПРОБЛЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ВИТАМИНА В12  
С ПРОДУКТАМИ ПИТАНИЯ  
В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**  
THE PROBLEM OF OBTAINING OF VITAMIN B12  
FROM FOOD IN THE MODERN WORLD

**А.И. Стунгур**

Научный руководитель **А.Н. Залого** –  
*доцент кафедры биологической химии  
с курсами медицинской, фармацевтической  
и токсикологической химии Красноярского  
государственного медицинского университета  
им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.I. Stungur**

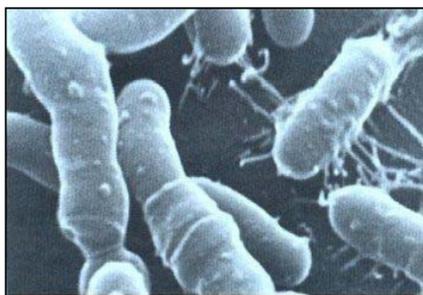
Scientific adviser **A.N. Zaloga** –  
*Associate Professor of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Витамины,  $B_{12}$ , нормальная микрофлора, искусственный синтез витаминов.  
*В статье показаны источники витамина  $B_{12}$ , его важная роль в орга-  
низме человека и животных, а также раскрыт вопрос о необходимо-  
сти употребления искусственно синтезированного витамина  $B_{12}$ .*

Vitamins,  $B_{12}$ , normal microflora, manufacturing synthesis of vitamins.  
*The article shows the sources of vitamin  $B_{12}$ , its important role in the human  
and animal body, and also discloses the need to use manufactured synthe-  
sized vitamin  $B_{12}$ .*

**Ц**ель данной статьи – обозначить источники витамина  $B_{12}$ , важность поддержки нормального уровня этого ви-  
тамина у с/х животных и человека, ответить на вопрос, мо-  
гут ли растения быть источниками витамина  $B_{12}$ , а также на  
вопрос о необходимости употребления искусственно синте-  
зированного витамина  $B_{12}$ .

Пропионовокислые бактерии (англ. Propionic acid bacteria) – род грамположительных факультативных анаэробных неподвижных бактерий. Пропионовокислые бактерии (пропионовые бактерии, пропионибактерии) представляют собой неспороносные грамположительные неподвижные палочки размером 0,5–0,8 или 1,0–1,5 мкм, в молодых культурах – искривленные, слегка ветвящиеся палочки, в более старых – кокковидной формы (рис. 1). Образуют колонии желтого, оранжевого или красного цвета, растут как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Непатогенны обитают в рубце и кишечнике жвачных животных, в молочных продуктах (твердых сырах), являются представителями резидентной микрофлоры кишечника человека и животных [1].



*Рис. 1. Пропионовокислые бактерии, изображение получено на сканирующем электронном микроскопе, увеличение 60 000 раз*

Пропионовокислые бактерии (ПКБ) по праву можно отнести к наиболее полезным микроорганизмам из анаэробов. Если пробиотики разделяют на 3 функциональные категории: антимикробные, иммуномоделирующие и метаболические, то все эти качества можно отнести к пропионовокислым бактериям [2]. Одним из самых важных свойств ПКБ является их способность к активному синтезу витамина В<sub>12</sub>. Природные штаммы пропионовокислых бактерий образуют 1,0–8,5 мг/л корриноидов, но получен мутант *P. shermanii* М-82, с помощью которого получают до 58 мг/л витамина [3].

Этот витамин обладает высокой биологической активностью и выполняет ряд жизненно важных функций: участвует в клеточном делении, без него невозможен синтез тканей животного организма; необходим для нормального кроветворения и созревания эритроцитов; обеспечивает вступление каротинов в обмен веществ и их превращение в активный витамин А; активирует запасы железа в организме; участвует в обмене белков, жиров и углеводов; участвует в строительстве защитного миелинового слоя нервов, в передаче нервных импульсов; оказывает благоприятное влияние на функцию печени [2].

В природе витамин  $B_{12}$  и родственные корриноидные соединения можно обнаружить в клетках микроорганизмов, в тканях животных и некоторых высших растениях (горох, лотос, побеги бамбука, листья и стручки фасоли). Однако происхождение витамина  $B_{12}$  в высших растениях окончательно не установлено. Низшие эукариоты (дрожжи и микелиальные грибы) корриноиды, по-видимому, не образуют. В тканях животных витамин  $B_{12}$  не образуется, но синтезируется микрофлорой кишечника, далее поступает в органы, накапливаясь в почках, печени и стенке кишечника [4].

Один из видов пропионовокислых бактерий *Propionibacterium propionicus* обитает в почве и, следовательно, попадает в организм жвачных животных при свободном выпасе на лугах и полях. Человек тоже может получать этот вид бактерий, употребляя растительную пищу (овощи и ягоды), не обработанную химикатами, выращенную в дикой природе и в огородах.

Почему же в современном мире необходимо искусственно синтезировать витамин  $B_{12}$ ?

1. Прием антибиотиков и различных ЛС может негативно сказываться на нормальной микрофлоре человека и животных, что приводит к невозможности синтезировать витамин естественным способом.

2. Наличие  $B_{12}$  в продуктах животного происхождения с каждым годом снижается, т.к. животные выращиваются в неестественных условиях и выкармливаются искусственными кормами, что делает необходимым обогащать продукты питания цианокобаламином.

3. Люди, не употребляющие продукты животного происхождения по различным причинам, нуждаются в приеме витамина в качестве добавки.

Употребление витамина  $B_{12}$  в достаточном количестве необходимо строго соблюдать в любом возрасте. Утверждение, что источник витамина  $B_{12}$  – животная пища, к сожалению, сейчас теряет свою силу. Развитие фармацевтической промышленности, неконтрольное употребление антибиотиков привело к подавлению нормальной микрофлоры кишечника человека и животных, что значительно снизило естественный синтез витамина  $B_{12}$ . Рост спроса на мясо и молочные продукты сделало невозможным выращивание сельскохозяйственных животных в естественных условиях: свободный выпас, употребление растений непосредственно с почвы, что привело к недостаточному поступлению необходимых витаминов с пищей, а следовательно, и человек, употребляя животную пищу, не может получать достаточное количество витаминов. Это все делает необходимым искусственно синтезировать витамин  $B_{12}$  и обогащать им продукты, употребляемые человеком и животными.

#### ***Библиографический список***

1. Zarate G., Chaia A.P. Dairy bacteria remove in vitro dietary lectins with toxic effects on colonic cells // J. Appl. Microbiol. 2009. Vol. 106. P. 1050–1057.
2. Орлова Т.Н., Отт Е.Ф. Возможность использования пропионовокислых бактерий в рационах сельскохозяйственных животных и птиц в качестве источника витамина B12 // Вестник Алтайского аграрного государственного университета. 2019. № 8 (178). С.135–138.

3. Мохова И.Д. Анализ микрофлоры сыра на примере пропионовокислых бактерий. ВКР. Белгород, 2017. 51 с.
4. Разговоров П.Б. Технология получения биологически активных веществ. Учеб. пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2010. 72 с.

**МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
И ПАТОБИОХИМИЯ ПОЧЕК**  
METABOLIC FEATURES  
AND PATHOBIOCHEMISTRY OF THE KIDNEY

**А.С. Тарбеева**

Научные руководители **Г.Е. Герцог** –  
*кандидат биологических наук, доцент кафедры  
биологической химии с курсами медицинской,  
фармацевтической и токсикологической химии;*  
**Н.А. Малиновская** – *доктор медицинских наук,  
заведующая кафедрой биологической химии с курсами  
медицинской, фармацевтической  
и токсикологической химии, старший научный сотрудник  
НИИ молекулярной медицины и патобиохимии Красноярского  
государственного медицинского университета  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.S. Tarbeeva**

Scientific supervisors **G.E. Hertzog** –  
*PhD in Biological sciences, Associate Professor of the Department  
of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry;*  
**N.A. Malinovskaya** – *MD, DSc, Head of the Department  
of Biological Chemistry with courses in Medical,  
Pharmaceutical and Toxicological Chemistry, Senior  
Researcher at the Research Institute of Molecular Medicine  
and Pathobiochemistry, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Почки, заболевание, моча, реабсорбция, кровь.

*Актуальность основывается на ознакомлении с лабораторными исследованиями, применяемыми в целях диагностики и слежения за почечной патологией. Статья формирует представления о биохимических тестах, имеющих диагностическую значимость для патологии почек.*

Kidneys, disease, urine, reabsorption, blood.

*The actuality is based on familiarization with laboratory studies used for the diagnosis and monitoring of kidney pathology and forming an idea of biochemical tests that have diagnostic significance for kidney pathology.*

Любое исследование основывается на статистке последних трёх лет, вот основные интересные факты: 10% людей во всем мире страдают хроническими заболеваниями почек, и ежегодно миллионы из них умирают от патологий почек. Лечение почек на ранней стадии развития заболевания обходится в 100 раз дешевле, чем проведение гемодиализа. Рак почки входит в десятку самых распространенных онкологических заболеваний, и смертность от рака почки также занимает 10 место в структуре смертности от онкологических патологий [1].

Прежде всего, почка – парный орган, ткань почек состоит из 2 зон: внешней (корковой) и внутренней (мозговой). Масса 2 почек 300 г. Функциональной единицей является нефрон, общее число от 2 до 2,6 млн. Основная задача почек – выделить из организма метаболиты в минимальном объеме жидкости. Основные функции, которые выполняют почки в организме человека: экскреторная; осморегулирующая; ионорегулирующая; эндокринная; метаболическая; участие в кроветворении [2; 3]. Метаболическими особенностями почек являются глюкоза и жирные кислоты как основные источники энергии, умеренная активность глюконеогенеза (при голодании это значимо в поддержании уровня глюкозы крови), метаболическая специализация – деление коры и мозгового вещества по функциям и особенностям строения (так, высвобож-

дение глюкозы в кровь осуществляется корковым веществом за счет глюконеогенеза, а захват и утилизация глюкозы – мозговым веществом, клетки которого могут захватывать, фосфорилировать, окислять глюкозу и аккумулировать гликоген) [4].

Моча формируется в результате осуществления трех процессов, происходящих в каждом нефроне [2]: 1) ультрафильтрации через капилляры клубочка; 2) избирательной реабсорбции жидкости и растворенных веществ в проксимальном канальце, петле Генле, дистальном канальце, собирательной трубочке; 3) избирательной секреции в просвет проксимальных и дистальных канальцев.

В зависимости от механизма попадания различных веществ в мочу, они делятся на несколько групп [1; 2; 5]:

1) вещества, попадающие в мочу собственно в результате фильтрации в клубочках почечных телец (креатинин, мочеви́на, инулин);

2) вещества, концентрация которых в моче определяется соотношением процессов секреции и реабсорбции в почечных канальцах (электролиты);

3) вещества, экскретируемые в проксимальных отделах нефрона (органические кислоты, основания);

4) вещества, практически отсутствующие в плазме крови и поступающие в мочу из клеток почечных канальцев (аммиак, некоторые ферменты);

5) вещества, которые в норме практически полностью реабсорбируются из ультрафильтрата в проксимальных отделах нефрона (сахара, аминокислоты).

В моче при заболеваниях почек при нарушении фильтрации отмечается появление [2; 5]:

1) белка (протеинурия);

2) эритроцитов (гематурия);

3) гемоглобина (гемоглобинурия);

4) лейкоцитов (лейкоцитурия);

5) бактерий (бактериурия).

В крови наблюдается уменьшение содержания альбумина и повышение гамма-глобулинов, реже отмечается гипопропротеинемия, гиперферментемия, гиперлипидемия за счет повышения холестерина, триглицеридов, фосфолипидов [2; 5; 6]. Под хронической болезнью почек следует понимать наличие одного и более признаков (маркеров) повреждения почек и/ или снижение СКФ  $<60$  мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> в течение 3 месяцев и боль независимо от нозологической формы нефропатии. Под признаками повреждения почек следует понимать любые изменения, отражающие наличие патологического процесса в почках (поражение паренхимы, чашечно-лоханочную системы, крупных сосудов), а маркеры повреждения в сочетании с клиническими данными позволяют установить этиологию заболевания почек [7].

Таким образом, выявление патологии почек и мочевыводящих путей представляет довольно трудную задачу, поскольку большая часть нефрологических заболеваний долгое время имеет латентное течение, и знание причин возникновения, клинической картины заболевания почек приведёт к своевременной диагностике и предупреждению развития изученных заболеваний.

#### ***Библиографический список***

1. Арингазина А.М., Нарманова О.Ж., Нускабаева Г.О. и др. Хроническая болезнь почек: распространённость и факторы риска (обзор литературы) // Анализ риска здоровья. 2020. № 2. С. 1–11.
2. Лукашевич И.П., Савина М.И., Степанян К.В. Структурный подход при диагностике заболеваний почек по биохимическим данным // Евразийский Союз Учёных. 2016. № 30–1. С. 1–4.
3. Шутов А.М. Хроническая болезнь почек – глобальная проблема XXI века // Клиническая медицина. 2014. Т. 92. № 5. С. 1–4.
4. Barry D.M., McMillan E.A., Kunar B. et al. Molecular determinants of nephron vascular specialization in the kidney // Nat. Commun. 2019. Vol. 10, 5705.

5. Трошина А.А., Белоглазова И.П., Потешкина Н.Г. Нефрологические синдромы в клинической практике терапевта: часть I // Лечебное дело. 2017. № 2. С. 1–10.
6. Айтбаев К.А., Муркамилов И.Т., Фомин В.В. и др. Воспаление при хронической болезни почек: источники, последствия и противовоспалительная терапия // Клиническая медицина. 2018. Т. 96. № 4. С. 1–5.
7. Жмуров Д.В., Перфентева М.А., Семёнова Ю.В. и др. Хроническая болезнь почек // Colloquium-journal. 2020. Т. 64, № 12. С. 1–7.

**СРАВНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ЖАРОПОНИЖАЮЩИХ СРЕДСТВ  
COMPARISON OF THE CHEMICAL PROPERTIES  
OF ANTI-REDUCING AGENTS**

**Р.Р. Хасанов**

Научный руководитель **О.В. Даниленко** –  
*учитель химии МБОУ СОШ №5  
г. Дивногорска*

**R.R. Khasanov**

Scientific adviser **O.V. Danilenko** –  
*teacher of chemistry, School № 5,  
Divnogorsk*

Жаропонижающие препараты, качественный анализ, химические свойства, эффективность, побочное действие.

*В аптеках большой ассортимент жаропонижающих средств, поэтому трудно выбрать оптимальный препарат. Цель работы: методами качественного химического анализа сравнить химический состав и свойства жаропонижающих средств. Сравнить побочное влияние лекарственных препаратов на организм человека. Результатом исследования является сравнительный анализ и определение наиболее безопасных и эффективных жаропонижающих препаратов.*

Antipyretic drugs, qualitative analysis, chemical properties, effectiveness, side effects.

*There is a large assortment of antipyretic drugs in pharmacies, so it is difficult to choose the best drug. Purpose of work: Using the methods of qualitative chemical analysis to compare the chemical composition and properties of antipyretic drugs. Compare the side effects of drugs on the human body. The result of the study is a comparative analysis and determination of the safest and most effective antipyretic drugs.*

**В** аптеках большой ассортимент жаропонижающих средств, поэтому трудно выбрать оптимальный препарат. Анализ источников информации [1], а также анкетирование учащихся и родителей в школе показали, что самыми популярными жаропонижающими препаратами являются парацетамол и ибупрофен. В чём заключается «популярность» данных препаратов и их эффективность?

*Цель работы:* 1) Сравнить эффективность жаропонижающих средств по фармакологическим критериям (химический состав, свойства). 2) Сравнить побочное действие лекарственных препаратов на организм человека.

*Задачи:* 1) Определить самый «популярный» препарат. 2) Изучить состав и свойства жаропонижающих средств. 3) Сравнить действие препаратов по химическому составу и по набору побочных эффектов.

*Гипотеза:* предполагаю, что: 1) все жаропонижающие препараты содержат одинаковый активный действующий компонент; 2) не все жаропонижающие средства оказывают одинаковое влияние на организм человека. *Объект исследования:* лекарственные препараты «Аспирин»; «Парацетамол»; «Ибупрофен»; «Ибуклин-Юниор». *Предмет исследования:* 1) физические, химические, физиологические свойства лекарственных веществ.

*Методы исследования:* 1) анализ источников информации; 2) анкетирование; 3) качественный химический анализ;

4) сравнение побочного действия лекарственных веществ по инструкции к препарату.

### 1. Классификация жаропонижающих препаратов.

Изучив литературные источники [2], выяснил, что все жаропонижающие средства можно разделить на две группы:

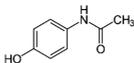
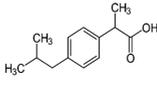
А) Анальгетики-антипиретики обладают обезболивающим и жаропонижающим эффектом, например, парацетамол.

Б) Противовоспалительные нестероидные препараты блокируют синтез простагландинов, вызывающих развитие воспалительных процессов и боли, например, ибупрофен, ацетилсалициловая кислота.

**2. Химический состав жаропонижающих препаратов.** Изучив инструкцию по медицинскому применению лекарственных препаратов [3], выяснил, что исследуемые препараты отличаются составом активного (действующего) вещества (табл. 1)

Таблица 1

Состав исследуемых препаратов

№	Препарат	Активное вещество, масса	Структурная формула	Название (ИЮПАК)
1.	Аспирин	Ацетилсалициловая кислота, 500 мг		2-ацетилоксибензойная кислота
2.	Парацетамол	Парацетамол, 500 мг		N-(4-гидроксифенил)ацетамид
3.	Ибупрофен	Ибупрофен, 200 мг		(RS)-2-(4-изобутилфенил)-пропионовая кислота
4	Ибуклин-Юниор	Ибупрофен, 100 мг парацетамол, 125 мг		

В основе молекулы активного вещества – ароматическое бензольное кольцо, а также фенил-радикалы с заместителями в орто- и пара-положениях, оказывающие противовоспалительное и жаропонижающее действие.

**3. Практическая часть.** Для сравнения основных химических свойств использовал качественный химический анализ по методике [4]. Препараты сравнивались по растворимости в воде и этаноле, кислотности, взаимодействию с гидроксидом натрия и гидрокарбонатом натрия. Результаты представлены в таблицах 2 и 3.

*Таблица 2*

**Характеристики химических свойств препаратов**

№	Препарат	pH	Растворимость в воде (t = 40 °C)	Растворимость в этаноле (t = 20 °C)	Реакция с NaOH	Реакция с NaHCO <sub>3</sub>
1.	Аспирин	3	Хорошая	Хорошая	Изменений нет, гидролиз при нагревании	Выделение CO <sub>2</sub>
2.	Парацетамол	5	Хорошая	Хорошая	Изменений нет	Изменений нет
3.	Ибупрофен	4	Хорошая	Хорошая	Изменений нет	Изменений нет
4.	Ибуклин-Юниор	4	Хорошая	Хорошая	Изменений нет	Изменений нет

Результаты опытов показывают, что растворимость препаратов повышается только в горячей воде. В этаноле лекарства лучше растворяются, что связано с органической природой молекул. Самым небезопасным лекарственным средством является аспирин, образуя при гидролизе две кислоты: салициловую и уксусную. Повышение кислотности желудочного сока способствует нарушению кислотного баланса желудка. Свои кислотные свойства аспирин подтвердил и при взаимодействии с гидроксидом натрия и гидрокарбонатом натрия. При взаимодействии аспирина с хлоридом железа (III) образуется соль салициловой кислоты, возможно,

именно она влияет на появление побочных эффектов при приеме ацетилсалициловой кислоты. Качественная реакция с действующими веществами остальных препаратов не показала наличия фенолпроизводного.

*Результаты исследования:*

1. Сравнил физико-химические показатели препаратов, состав молекулы и фармакологическое действие. Подтвердил кислотные свойства аспирина и большее количество побочных эффектов, что объясняется расположением карбоксильной и ацетильной функциональных групп в орто-положении и неустойчивостью молекулы.

2. Препараты имеют различные механизмы воздействия на организм, популярность препаратов парацетомол и ибупрофен подтверждается быстрым снятием симптомов и меньшим количеством побочных эффектов на организм, что связано с большей стабильностью молекул данных веществ в результате расположения заместителей в *пара*-положении.

3. Наиболее сильным анальгетическим и жаропонижающим действием обладает ибупрофен и ибуклин-юниор.

### ***Библиографический список***

1. Парецкая А. Лучшие таблетки от температуры для взрослых// Комсомольска правда. 2020. №5 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kp.ru/putevoditel/zdorove/luchshie-tabletki-ot-temperatury>
2. Алексеев А.Д. Фармацевтическая химия. Органические лекарственные средства. Ч.1. Углеводороды и их производные: тексты лекций для студентов специальности 1-48 02 02 «Технология лекарственных препаратов». Минск: БГТУ. 2018. 146 с.
3. Инструкции лекарственных препаратов «Аспирин», «Ибупрофен», «Парацетамол», «Ибуклин-Юниор».
4. Габриелян О.С. Химический эксперимент в школе. 10 класс: учеб.-метод. пособие / О. С. Габриелян, Л. П. Ватлина. М.: Дрофа, 2005. 208 с.

---

## III СЕКЦИЯ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

---

### ВВОДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ПО ХИМИИ INTRODUCTORY DIAGNOSTICS OF EXPERIMENTAL SKILLS IN CHEMISTRY

**И.В. Агафонова**

*Научный руководитель Г.С. Качалова –  
профессор кафедры химии, Новосибирский государственный  
педагогический университет, г. Новосибирск*

**I.V. Agafonova**

*Scientific adviser G.S. Kachalova –  
Professor of the Department of Chemistry,  
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk*

Процесс обучения, диагностика, экспериментальные умения, естественнонаучная грамотность, химия.

*В статье анализируются результаты вводной диагностики экспериментальных умений студентов – будущих учителей химии. Умение проводить химический эксперимент является важной составной частью естественнонаучной грамотности. Соответственно, учитель химии должен владеть как теоретическими знаниями, так и практическими умениями.*

Learning process, diagnostics, chemical experiment, natural science literacy, chemistry.

*The article analyzes the results of the introductory diagnostics of the experimental skills of students – future chemistry teachers. The ability to conduct a chemical experiment is an important part of natural science literacy. Accordingly, a chemistry teacher must have both theoretical knowledge and practical skills.*

Студентам 4-го курса направления подготовки «Педагогическое образование (профиль Биология и химия)» на одном из первых занятий по дисциплине «Методика обучения и воспитания: химия» были предложены тестовые задания на знание химического эксперимента, включающие в себя рисунки, изображающие приборы, предметы лабораторного оборудования и принадлежностей. Работу выполняли 10 человек. Рассмотрим результаты выполнения предложенных заданий. Например, на рисунке была изображена установка для получения дистиллированной воды. Нужно было соотнести названия составных частей установки с их номерами на рисунке. Задание было на неполное соответствие: предлагались 6 названий для 5 частей установки. Правильно выполнили задание только 5 студентов (50%): они назвали все части установки, в том числе колбу Вюрца, которая используется для нагревания воды, предназначенной для дистилляции. Остальные студенты назвали эту колбу колбой Бунзена, которая, как известно, используется в установке для фильтрования под вакуумом.

На другом рисунке была изображена делительная воронка, в которой были показаны два слоя жидкостей, из крана воронки нижний слой жидкости выливался в стакан-приемник. Необходимо было назвать прибор и объяснить процесс, происходящий в нем, привести примеры смесей, которые можно разделить данным способом. С заданием справились 4 студента (40%). Процесс, происходящий в делительной воронке, называли фильтрацией, экстракцией, декантацией, но не разделением двух несмешивающихся жидкостей. В качестве примеров называли смесь растительного масла и воды, фенола и воды.

В третьем задании следовало выбрать из четырех приборов, изображенных на рисунке, прибор, в котором ученик мог бы получить водород. Были изображены аппарат Киппа, прибор Кирюшкина, газометр и аппарат для проведения хи-

мических реакций в замкнутом пространстве (АПХР). Только один студент (10%) выбрал прибор Кирюшкина (правильный ответ). Остальные студенты либо не выполнили это задание, либо назвали аппарат Киппа, предназначенный только для работы учителя. Как выяснилось позже, из всех названных приборов студенты знали только аппарат Киппа и связывали его применение именно с получением водорода.

Предлагалось рассмотреть рисунок, на котором была изображена установка для получения аммиака (рис. 1), най-

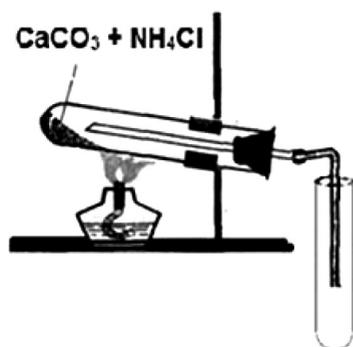


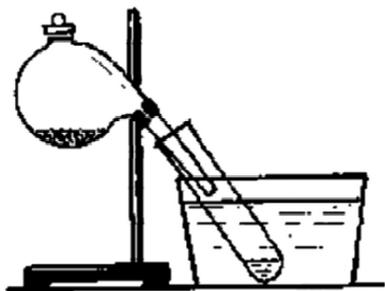
Рис. 1. Прибор для получения аммиака

ти в ней ошибки и предложить способы их устранения.

Никто из студентов не выполнил это задание полностью. Чаще всего отмечали: а) неправильное расположение спиртовки под реакционной пробиркой (пламя касалось той части пробирки, где не было вещества) (80%); б) неправильное расположение пробирки-приемника для сбора аммиака и предлагали расположить ее вверх дном (50%); в) реакционная пробирка закреплена в держателе за середину, а надо – ближе к отверстию пробирки (20%); г) только один студент (10%) заметил, что на рисунке был указан неверный состав реакционной смеси, но ошибка не была исправлена; д) слишком длинный конец трубки в реакционной пробирке заметил тоже один студент (10%). Никто не заметил, что спиртовка стоит на подставке штатива, вместо того, чтобы стоять рядом со штативом. Вместе с тем было указано, что наклон реакционной пробирки, с точки зрения студента, неправильный, (10%).

Не смогли студенты выполнить и такое задание: для получения какого вещества служит прибор (рис. 2)?

Предлагались следующие ответы: А. Раствор аммиака. Б. Калиевая селитра. В. Азотная кислота. Г. Оксид азота (II). Студенты называли все вещества, кроме азотной кислоты.



*Рис. 2. Получение азотной кислоты в лаборатории*

Сказалось не столько незнание того, что такое реторта, сколько незнание способов получения указанных веществ в лаборатории. Ни аммиак, ни калийную селитру, ни оксид азота (II) таким способом получить и собрать нельзя: соль нелетучая, для сбора аммиака горло реторты должно быть направлено вверх, а пробирка-приемник должна быть вверх дном, а не опущена в ванну с водой; оксид азота (II) нельзя собрать вытеснением воздуха из пробирки, так как он мгновенно окисляется до диоксида азота. Остается только один вариант – азотная кислота: при действии концентрированной серной кислоты на нитрат натрия или калия выделяются пары азотной кислоты, которые конденсируются в пробирке-приемнике. Иллюстрация должна была помочь в выполнении этого задания, однако студенты не смогли ею воспользоваться.

Проведенная диагностика показала, что студенты испытывают определенный дефицит как теоретических знаний, так и практических умений, связанных с химическим экспериментом, несмотря на то, что они четыре года изучали химию в школе и в течение трех лет обучения в вузе осваивали химические дисциплины. Подобную ситуацию мы наблюдаем ежегодно, начиная работать с каждой новой группой будущих учителей биологии и химии. Сказывается малый объем химического эксперимента в школе. Соответственно, приходится уделять особое внимание формированию практических умений на лабораторных занятиях по ме-

тодике обучения химии. С этой целью используется лабораторный практикум [1], содержащий инструкции по выполнению школьного химического эксперимента, а также видеозаписи химического эксперимента в электронных учебных пособиях, например, [2]. Большинство видеозаписей из этих пособий для удобства применения выложены на персональном сайте преподавателя [3].

### ***Библиографический список***

1. Качалова Г.С. Лабораторно-практические занятия по методике обучения и воспитания (химия): практикум. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2018. 211 с.
2. Качалова Г.С., Алейникова О.А. Методика преподавания химии в школе. Практические занятия. 8 класс [Электронный ресурс]. Новосибирск: ОблЦИТ, свидетельство о регистрации №2943-1 от 16.06.2003.
3. Персональный сайт Качаловой Г.С. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://prepod.nspu.ru/course/view.php?id=203>.

## **АНАЛИЗ ЗАДАНИЙ ОГЭ, ВПР, КДР, ОЦЕНИВАЮЩИХ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНУЮ ГРАМОТНОСТЬ ПО ХИМИИ**

ANALYSIS OF THE TASKS OF THE MAIN STATE  
EXAMINATION, ALL-RUSSIAN TESTING WORK,  
REGIONAL DIAGNOSTIC WORK, ASSESSING NATURAL  
SCIENCE LITERACY IN CHEMISTRY

**Д.Е. Алякринский**

Научный руководитель **О.И. Фоминых** –

*кандидат химических наук,*

*старший преподаватель кафедры биологии, химии и экологи-*

*гии Красноярского государственного*

*педагогического университета им. В.П. Астафьева,*

*г. Красноярск*

**D.E. Alyakrinskiy**  
Scientific adviser **O.I. Fominykh** –  
*PhD in Chemistry, Senior Lecturer, Department of Biology,  
Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical  
University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Естественнонаучная грамотность, ОГЭ, ВПР, КДР, химия

*В статье приведен анализ заданий ОГЭ, ВПР, КДР, оценивающих естественнонаучную грамотность по химии. А также даны методические рекомендации по составлению заданий для проверки естественнонаучных знаний и умений.*

Natural science literacy, main state examination, all-Russian verification work, regional diagnostic work, chemistry

*The article is providing an analysis of the tasks of the main state examination, all-Russian verification work, regional diagnostic work, which assessing the natural science chemical literacy. It's given methodological recommendations for the preparation of tasks to test natural science knowledge and skills.*

**П**риоритетной задачей школьного образования сегодня является достижение всех планируемых результатов обучения в контексте требований ФГОС. Все предусмотренные стандартом образовательные результаты для основной школы в области «Естественнонаучные предметы» могут быть реально достигнуты при условии согласованного изучения предметов естественнонаучного цикла. Новые образовательные приоритеты требуют изменений в содержании и методике естественнонаучного образования: построении обучения на основе научного метода познания, организации деятельности, в процессе которой формируются умения по исследованию явлений, обоснованию полученных результатов, формулированию собственных суждений и выводов [1].

В качестве эффективного подхода, объединяющего естественнонаучные предметы и способствующего выполнению требований ФГОС, можно рассматривать направленность естественнонаучных предметов на общий образовательный

результат – формирование естественнонаучной грамотности обучающихся. Естественнонаучная грамотность (ЕНГ) – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественными науками, и его готовность интересоваться естественнонаучными идеями [2].

Естественнонаучная грамотность состоит из 3-х компетенций: распознавание и постановка научных вопросов; научное объяснение явлений; использование научных доказательств.

Из сказанного выше видно, что нужны особые требования к заданиям по оцениванию естественнонаучной грамотности. Они должны быть направлены на проверку перечисленных выше компетентностей и при этом основываться на реальных жизненных ситуациях [3]. Так как основными формами проверки образовательных результатов на средней ступени образования являются всероссийские проверочные работы (ВПР), краевые диагностические работы (КДР) и основной государственный экзамен (ОГЭ), то они также должны содержать задания, оценивающие естественнонаучную грамотность.

Пример КДР по химии для 8 класса для оценки естественнонаучной грамотности обучающихся [4]:

#### **Малахитовая шкатулка**

*Все, кто видел изделия из малахита, согласятся, что это один из красивейших поделочных камней. Самыми уникальными по красоте и большими произведениями искусства из малахита могут считаться колонны у алтаря Исаакиевского собора, а также Малахитовый зал в Эрмитаже, на отделку которого пошло 2 тонны малахита.*

*Малахит известен с античных времён, а своё название он ведёт от греческого *malache* – мальва, так как ярко-зелёные листья этого растения напоминают по цвету малахит.*

*Состав малахита следующий:  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ .*

*Как и для всех карбонатов, для малахита характерна реакция с кислотами. Так, при действии соляной кислоты (HCl) малахит легко вступает в реакцию, при этом на поверхности происходит шипение и вспенивание. Аналогично могут протекать реакции и с другими, менее сильными кислотами (лимонной и уксусной). Если же нагреть малахит выше 200 °С, то он почернеет из-за образования на его поверхности оксида меди (II).*

*Воздействие паров воды и углекислого газа внешней среды приводит к образованию патины – зеленоватого налёта. Состав патины такой же, как у малахита, но отличается кристаллической структурой. Налёт можно увидеть на поверхности медных и бронзовых изделий, которые, например, находят при археологических раскопках.*

*5. К какому классу неорганических соединений относится вещество, составляющее основу малахита? 1) основание; 2) кислота; 3) соль; 4) оксид.*

*6. Почему малахит часто используют для оформления помещений и практически не применяют для наружной отделки зданий? Ответ поясните.*

*7. Приведите пример изделий, на которых можно увидеть патину. Учитывая свойства малахита, предложите химический способ удаления патины с поверхности изделий.*

Задание проверяет компетентность: научное объяснение явлений, направленное на проверку умений применить соответствующие естественнонаучные знания для объяснения явления.

В основном, задания КДР направлены на проверку базовых знаний химии. Из плюсов данного задания можно выделить: связь задания с практической деятельностью человека (применение веществ), метапредметный характер информации (связь с другими науками). Но при этом многие задания основаны только на одной предметной области, не проверяя при этом знания из других предметных областей.

Пример задания ОГЭ по химии для 9 класса [5]:

*Верны ли следующие суждения об использовании химических реакций и правилах обращения с лекарственными препаратами?*

*А. Реакция свёртывания молока используется для изготовления творога и сыра.*

*Б. Лекарственные препараты можно использовать в течение трёх месяцев по истечении срока годности.*

*1) Верно только А*

*3) Верны оба суждения*

*2) Верно только Б*

*4) Оба суждения неверны*

Данное задание проверяет компетентность: научное объяснение явлений, а также проверяет умения: представлять строение, свойства, функции объектов, протекание процессов в виде материальных, аналоговых или знаковых моделей; распознавать научно обоснованные объяснения или предсказания, отличать их от ненаучных высказываний.

Заданий на проверку естественнонаучной грамотности в ОГЭ немного. Все они в той или иной степени связаны с практической деятельностью. Данные задания действительно проверяют естественнонаучные знания и умения.

Пример задания из ВПР по химии для 8 класса [6]:

*Из приведённого списка выберите верные суждения об экологической безопасности. В ответе запишите цифры, под которыми они указаны. (В задании может быть несколько верных суждений.)*

- 1) Не рекомендуется употреблять в пищу плодоовощные культуры, выращенные вблизи железных дорог и автомобильных магистралей.*
- 2) Овощные растения, выращенные с использованием избытка минеральных удобрений, не представляют опасности для организма человека.*
- 3) Выбросы сернистого газа, образующегося в процессе получения серной кислоты, положительно влияют на здоровье человека, растительный и животный мир.*
- 4) Озон в стратосфере поглощает часть ультрафиолетового излучения, защищая от этого излучения живые организмы.*

Задание направлено на проверку компетентности: научное объяснение явлений – и проверяет следующие умения: применить соответствующие естественнонаучные знания для объяснения явления; предсказать изменения объектов или процессов при изменении каких-либо параметров.

Исходя из анализа заданий ВПР, они направлены на формирование большего количества умений, нежели задания ОГЭ или КДР. Задания направлены на знание практического применения веществ, влияние химии на окружающую среду, связь биологии и химии. Комплексная проверка предметных и естественнонаучных знаний через ВПР является наиболее эффективной.

Естественные науки, особенно в современную информационную эпоху, должны преподаваться не как огромный набор сведений, предназначенный для запоминания, а как действенный инструмент познания мира. Именно поэтому изучение предметов естественнонаучного цикла, в том числе и химии, должно быть направлено на формирование целостного представления об окружающем нас мире и явлениях. Но не менее важна своевременная проверка данных умений и знаний. Особые требования к формированию ЕНГ несут свои требования к заданиям на проверку ЕНГ. Основные из них:

– Задания должны содержать как текстовую информацию, так и информации в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем;

– Задания должны быть основаны на материале из разных предметных областей (для выполнения надо интегрировать разные знания и использовать общеучебные умения);

– В заданиях может быть неясно, к какой области знаний надо обратиться, чтобы определить способ действий или информацию для постановки и решения проблемы;

– Задания должны быть комплексными и структурированными, состоящими из нескольких взаимосвязанных вопросов.

### ***Библиографический список***

1. Формирование естественнонаучной грамотности на уроках химии в контексте ФГОС. Электронный журнал Экстернат. РФ [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.629511.ext.spb.ru/> (Дата обращения 26.04.2021)
2. Проведение исследования PISA-2018 в России. Оценка естественно-научной грамотности. Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.centeroko.ru](http://www.centeroko.ru) (Дата обращения 28.04.2021)
3. Основные подходы к оценке естественнонаучной грамотности учащихся основной школы. Сетевой комплекс информационного взаимодействия субъектов Российской Федерации в проекте «Мониторинг формирования функциональной гра-

- мотности учащихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://skiv.instrao.ru/> (Дата обращения 28.04.2021)
4. Открытый банк заданий для оценки естественнонаучной грамотности. Федеральный институт педагогических измерений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fipi.ru/> (Дата обращения 28.04.2021)
  5. Открытый банк заданий ОГЭ. Федеральный институт педагогических измерений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fipi.ru/> (Дата обращения 28.04.2021)
  6. Химия для 8 класса. РЕШУ ВПР. Образовательный портал для подготовки к экзаменам [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://chem8-vpr.sdangia.ru/> (Дата обращения 28.04.2021)

**ЗАКРЕПЛЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»  
С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ  
И ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА  
CONSOLIDATION AND IMPROVING  
OF KNOWLEDGE AND SKILLS BY DIGITAL  
EDUCATIONAL RESOURCES AND EXPERIMENTING  
AT DISCIPLINE «ORGANIC CHEMISTRY»**

**Т.К. Багавиева, Г.С. Качалова, В.В. Бутаков, О.И. Просенко**

Научный руководитель **Г.С. Качалова** –  
*профессор кафедры химии  
Новосибирского государственного  
педагогического университета, г. Новосибирск*

**T.K. Bagavieva, G.S. Kachalova, V.V. Butakov, O.I. Prosenko**

Scientific adviser **G.S. Kachalova** –  
*Professor of the Department of Chemistry,  
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk*

Обучение, химия, углеводороды, эксперимент, задание, skysmart.  
*Использование новых информационных технологий повышает учебную мотивацию обучающихся. В данной работе представлено использование ресурсов интерактивной рабочей тетради Skysmart для проверки и закрепления изученного материала по органической химии перед выполнением лабораторной работы.*

Training, chemistry, hydrocarbons, experiment, task, skysmart.  
*The use of new information technologies increases the educational motivation of students. This paper presents the Skysmart Interactive Workbook resources used to check and consolidate of studied material on organic chemistry before performing of the laboratory work.*

**О**рганическая химия имеет исключительно важное научное и практическое значение в жизни общества. Характер материала органической химии позволяет проводить серьезную работу по развитию логического мышления обучающихся. Во-первых, этому способствует логическое построение (последовательность) самого курса. Во-вторых, при его изучении широко используются такие приемы познания, как индукция и дедукция, анализ и синтез, сравнение и сопоставление, умозаключения, выводы, обобщение [1].

Систематический курс органической химии изучается в средней общеобразовательной школе на старшей ступени (10-й или 11-й классы) после небольшого пропедевтического курса в основной школе (9-й класс). В школьном курсе органической химии изучаются вопросы по следующим темам: «Теория химического строения», «Химия углеводов», «Химия кислородсодержащих органических соединений», «Химия азотсодержащих органических соединений». Рассматриваются наиболее типичные и практически важные представители данных классов, их физические и химические свойства и способы получения и применения. Более глубоко органическая химия изуча-

ется в профильных классах естественнонаучных направлений, а также в высших учебных заведениях соответствующих профилей.

В процессе обучения органической химии огромную роль играет именно химический эксперимент, являющийся составной частью учебного процесса в химическом образовании. В целом он представляет собой систему, в которой используется принцип постепенного повышения самостоятельности учащихся: от демонстрации явлений через проведение опытов преподавателем и фронтальных лабораторных опытов под руководством преподавателя к самостоятельной работе при выполнении практических занятий и решении экспериментальных задач [2].

Приведем пример лабораторной работы на тему «Сравнение свойств углеводов разных классов», проводимой с обучающимися 2-го и 3-го курсов очной формы обучения Института естественных и социально-экономических наук ФГБОУ ВО «НГПУ» следующих направлений: 44.03.05 Педагогическое образование (Биология и химия), 06.03.01 Биология (Общая биология) и 05.03.06 Экология и природопользование (Экологическая экспертиза) [3, с. 37]. Работа состоит из пяти опытов:

- Опыт 1. Изучение свойств жидких алканов.
- Опыт 2. Изучение свойств жидких алкенов.
- Опыт 3. Взаимодействие бензола и толуола с бромом без катализатора.
- Опыт 4. Взаимодействие бензола и толуола с бромом в присутствии катализатора.
- Опыт 5. Взаимодействие бензола и толуола с перманганатом калия.

Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить и закрепить теоретический материал по химии углеводов, а также выполнить задания, которые служат

допуском к этой работе. Изучение данного материала целесообразно вести в модели смешанного обучения.

Смешанное обучение, являясь очень востребованной формой обучения в современных условиях, сочетает в себе традиционные формы аудиторного обучения и обучение в онлайн-формате с использованием цифровых образовательных ресурсов (ЦОР). Именно смешанный тип обучения позволяет более эффективно использовать преимущества как очного, так и электронного обучения и взаимно компенсировать недостатки каждого из них.

Одним из таких источников практических заданий на основе пособий для самостоятельной работы обучающихся, разработанных АО «Издательство «Просвещение»» к учебникам из федерального перечня мы рассматриваем интерактивную рабочую тетрадь Skysmart [4]. Электронная платформа Skysmart позволяет создавать интерактивные задания с целью закрепления материала в аудитории, для домашней работы, а также для контроля и оценки знаний. Высокая вариативность заданий позволяет сократить или даже полностью исключить списывание, а значит, повышается эффективность обучения. Сокращается время на подготовку необходимых дидактических материалов для обучающихся, облегчается проверка выполнения контрольных и домашних работ. Использование современных технологий способствует повышению мотивации обучающихся.

Для того чтобы создать практическое задание для закрепления материала «Химия углеводов» перед выполнением лабораторной работы, в интерактивной рабочей тетради Skysmart необходимо указать категорию (Школьная программа), предмет (Химия), класс (10 класс), рабочую тетрадь «Тренировочные и проверочные работы. УМК Г.Е. Рудзитиса» и перейти к выбору упражнений по приведенным темам в тренировочных работах, указанных в таблице 1.

**Примеры заданий из рабочей тетради Skysmart**

№	Название темы	Название упражнения
1	Свойства и применение метана и его гомологов	Химические свойства алканов
2	Алкены	Качественные реакции. Химические свойства алкенов
3	Арены. Бензол и его гомологи	Химические свойства аренов. Качественные реакции на углеводороды

После того как упражнения выбраны, можно добавить защиту от списывания. Далее создается само задание. Затем необходимо скопировать ссылку и отправить ее обучающимся любым удобным способом: через электронный журнал, чат во Вконтакте, Whatsapp, электронную почту. Обучающиеся выполняют задания со стационарного компьютера, ноутбука, планшета или смартфона. Нужен только Интернет. После успешной сдачи работы обучающийся может приступить к выполнению лабораторной работы.

Химический эксперимент помогает обучающимся наполнить полученные ими химические понятия определенным содержанием, способствует развитию самостоятельности, повышает интерес к химии, развивает мышление, умственную активность учащихся и т.д.

***Библиографический список***

1. Качалова Г.С. Методика формирования базисной компетентности учащихся по органической химии. Монография. Новосибирск: Изд. НГПУ, 2012. 206 с.
2. Космодемьянская С.С., Гильманшина С.И. Методика обучения химии. Учеб. пособие. Казань: ТГГПУ, 2011. 136 с.
3. Бутаков В.В., Багавиева Т.К., Просенко О.И. Упражнения и задачи по органической химии для нехимических направлений. Практикум. Минпросвещения РФ. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2021. 49 с.
4. Авторский контент Skysmart [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://edu.skysmart.ru/>

**МИНИ-ИССЛЕДОВАНИЯ  
КАК ОСНОВА ОРГАНИЗАЦИИ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
НА УРОКАХ ХИМИИ  
В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КЛАССАХ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ  
MINI-STUDIES AS A BASIS FOR ORGANIZING  
RESEARCH ACTIVITIES IN CHEMISTRY CLASSES  
IN SPECIALIZED CLASSES  
OF NATURAL SCIENCE ORIENTATION**

**И.С. Биксултанова**

*МОУ «Лицей № 1», г. Ачинск*

**I.S. Biksultanova**

*Lyceum №1, Achinsk*

Учебное исследование, мини-исследование, исследовательский метод, исследовательская деятельность, естественнонаучное направление.

*Статья раскрывает возможность эффективной организации исследовательской деятельности учащихся специализированных классов естественнонаучной направленности посредством проведения мини-исследований в рамках урока. Приведены примеры уроков с данным типом исследований, показаны результаты самостоятельного решения проблем учащимися с применением элементов этого научного исследования.*

Educational research, mini-research, research method, research activity, natural science direction.

*The article reveals the possibility of effective organization of research activities of students of specialized classes of natural science orientation by conducting mini-studies within the framework of the lesson. Examples of lessons with this type of research are given, and the results of independent problem solving by students using elements of this scientific research are shown.*

**Ф**едеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования предполагает профильное обучение в старших классах. Одним из профилей является естественнонаучное направление, ориентирован-

ное на такие сферы деятельности, как медицина и биотехнологии [1]. Естественнонаучный профиль способствует развитию исследовательского интереса, позволяет удовлетворить образовательные потребности обучающихся, связанных с изучением наук о жизни. Обучение ребят в классах естественнонаучной направленности в лицее начинается с седьмого класса и предполагает овладение навыками самостоятельной и исследовательской деятельности с учетом индивидуальных возможностей и способностей.

Учение вообще, как отмечал С.Л. Рубинштейн, есть «совместное исследование, проводимое учителем и учеником». Исследовательское обучение является одним из вариантов индивидуализации обучения [2]. Поэтому обучение навыкам исследовательской работы учащихся необходимо начинать с урока, организованного по законам проведения научного исследования. Для эффективности исследования необходимо предварительно ознакомить учащихся с методами и приёмами самостоятельного добывания знаний, с общими методами научного познания и способами обработки результатов [3].

При организации мини-исследований учащиеся делятся на пары. Каждая пара проводит исследование в рамках темы урока, выполняя своё задание, и в конце урока знакомит класс с выводами по данной теме. Все наблюдения учащиеся записывают в таблицу:

Объект исследования	Цель исследования	Оборудование и реактивы	Источники информации	Наблюдение	Выводы

Так, при проведении урока в восьмом классе по теме «Кислоты» учащимся предлагается исследование фруктовых соков по степени их кислотности. Задание для первой группы: составьте, используя различные источники информации, историческую справку об индикаторах, их разновид-

ностях и значении. Учащиеся второй и третьей групп выполняют задания по определению среды, которую имеют лимонный, яблочный, капустный и огуречный соки, с помощью индикаторной бумаги. Для четвертой и пятой групп предлагается определить среду разных кислот школьной лаборатории с помощью разных индикаторов: фенолфталеина, лакмуса, метилового оранжевого. Учащиеся шестой группы выступают в роли экспертов, к ним поступает информация в виде таблиц и исторической справки от всех пяти групп, которую они обобщают, делают вывод и выступают с результатами. По результатам исследования вводится понятие водородного показателя, и учащиеся записывают рН для кислот, используя шкалу универсальной индикаторной бумаги. Если позволит время урока, можно дать учащимся определить водородный показатель для кислот разной концентрации.

На уроке в девятом классе при выполнении исследовательского проекта «Химические элементы в клетках живых организмов» учащиеся проводят исследование по содержанию микроэлементов в продуктах питания. Одна группа составляет информационную справку о том, что такое макро- и микроэлементы и какое значение они имеют для человека. Учащиеся другой группы определяют содержание ионов иода в киви, гречневой крупе, морской капусте, яблоке, используя нитрат серебра. В третьей группе работают по определению ионов меди в винограде, яблоке и лимоне, используя раствор щелочи. Четвертая группа определяет содержание ионов железа в яблоке, винограде, огурцах. Пятая группа проводит качественные реакции на содержание данных ионов в растворах солей меди, железа, иодсодержащих соединений. И шестая по традиции группа – это группа экспертов.

Учитывая, что естественнонаучный профиль ориентирован, прежде всего, на медицину и биотехнологию, важным для учащихся десятого класса будет проведение мини-исследования «Домашняя аптека» на уроке по изучению био-

логически активных соединений. Исследование предполагает изучение и анализ состава лекарственных препаратов, наиболее часто встречающихся у каждого учащегося в домашней аптечке, с использованием знания ими качественных реакций на органические соединения. Учащиеся также работают в парах, группа теоретиков составляет справку о развитии фармакологии, об использовании природного лекарственного сырья, о многообразии лекарственных средств. Другие группы работают по определению состава пенталгина, противовирусных препаратов, антибиотиков с помощью химических реагентов. Группа экспертов исследует аннотации к данным лекарственным препаратам, сравнивает их, проанализировав результаты, составляет правила их использования.

При проведении разных исследований в роли экспертов пробуют себя все учащиеся, т.е. задания парам по степени сложности меняется, чтобы каждый из ребят мог осуществлять поиск, отбор и анализ нужной информации, экспериментировать, находить пути решения возникающих проблем.

Таким образом, данные мини-исследования, проводимые в рамках урока, позволяют учащимся специализированных классов естественнонаучной направленности и дальше развивать и совершенствовать исследовательские умения, использовать учебно-исследовательскую деятельность как в образовательном процессе, так и во внеурочное время.

### ***Библиографический список***

1. Естественнонаучный профиль обучения в школе [Электронный ресурс]. Режим доступа: [externat.foxford.ru](http://externat.foxford.ru)...  
napravleniya-i...estestvenno...
2. Дендебер С.В., Ключникова О.В. Современные технологии в процессе преподавания химии. Развивающее обучение, проблемное обучение, проектное обучение, кооперация в обучении, компьютерные технологии. М.: 5 за знания, 2007. 112 с.
3. Васильева П.Д., Кузнецова Н.Е. Обучение химии. СПб.: КАРО, 2003. 120 с.

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО  
ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА  
ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО ХИМИИ**  
DESIGN OF AN INTERACTIVE LABORATORY  
WORKSHOP ON INORGANIC CHEMISTRY TO PREPARE  
FOR THE STATE EXAMINATION

**А.А. Вольвака**

Научный руководитель **Е.И. Исаева** –  
кандидат химических наук,  
доцент кафедры неорганической химии  
Российского государственного педагогического  
университета им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург

**A.A. Volvaka**

Scientific adviser **E.I. Isaeva** –  
*PhD of Chemistry, Associate Professor  
of the Department of Inorganic Chemistry, Herzen State  
Pedagogical University of Russia, St-Petersburg*

Интерактивный химический эксперимент, ЕГЭ, неорганическая химия, дистанционное обучение, дидактический материал

*В статье рассмотрена проблема химического эксперимента в школьном курсе химии, в частности, при выполнении заданий ЕГЭ, и предложен альтернативный способ её решения с использованием интерактивного лабораторного практикума, реализация которого возможна в рамках дистанционного формата.*

Interactive laboratory workshop, state examination, inorganic chemistry, distance learning, didactic material

*The article discusses the problem of a chemical experiment in a school chemistry course and offers an alternative way to solve it using an interactive laboratory workshop, the implementation of which is possible within the framework of a remote format.*

**Л**абораторные работы являются неотъемлемой частью  
в изучении школьного курса химии. Процессы выпол-  
нения химического эксперимента формируют наглядно-

образное мышление. Знания лабораторной посуды и оборудования, методов разделения смесей и очистки веществ, признаков качественных реакций относятся к экспериментальным основам химии, которые необходимы для успешной сдачи ГИА по химии в 9 и 11 классах.

На основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2020 года было установлено, что задания, в которых описываются процессы химических превращений и сопровождающиеся признаки их протекания, нередко вызывают затруднения у выпускников с недостаточным опытом экспериментальной деятельности или с неотработанным умением преобразования информации из одной формы в другую [1].

Например, в 25 задании ЕГЭ по химии одним из проверяемых элементов является «Качественные реакции на неорганические вещества, ионы» [2]. От экзаменуемого требуется установить соответствие между парой неорганических веществ и реактивом, с помощью которого можно различить данные вещества. Процент выполнения задания №25 в Санкт-Петербурге составляет 34,95% [3], что говорит о низком уровне знаний химических свойств веществ и умении представлять протекание качественных реакций. Одной из ключевых проблем является недостаточное количество лабораторных работ или полное их отсутствие, так как в настоящее время большое количество образовательных организаций не имеет достаточного количества материальных ресурсов для проведения работ даже с минимально необходимым набором оборудования и реактивов.

Задание 26 ЕГЭ по химии содержит проверяемые элементы «Правила работы в лаборатории [4]. Лабораторная посуда и оборудование» и «Методы разделения смесей и очистки веществ», с которыми большое количество учащихся не встречалось на практических занятиях в школе.

Целью интерактивного лабораторного практикума является визуализация лабораторной посуды и оборудова-

ния, методов разделения компонентов смесей, а также качественных реакций на неорганические вещества и ионы посредством иллюстраций и видеоэксперимента (с использованием QR-кодов), реализация которого возможна в рамках дистанционного формата.

Блок «Лабораторная посуда и методы разделения компонентов смеси» позволяет ознакомить с химической посудой, используемой в лабораторной практике, и её применением. В практикуме описываются различные виды гомогенных и гетерогенных смесей с указанием основных способов разделения их в химической лаборатории. С помощью иллюстраций и видеоклипов демонстрируются конкретные примеры для формирования наглядно-образного мышления и накопления первичного опыта работы с лабораторной посудой.



Рис. 1. Вид структурного элемента «Методы разделения компонентов смеси»

Блок «Качественные реакции в неорганической химии» способствует расширению и углублению знаний по химии, а также подтверждению теоретических основ. Иллюстрации формируют навыки анализа и визуализации, а видеодемонстрация опытов посредством перехода через QR-код отражает интерактивность материала и позволяет не только увидеть тонкие особенности проведения реакций, но и повысить мотивацию к изучению данного предмета (рис. 2).



### Взаимодействие сульфата меди(II) и гидроксида натрия в водном растворе:

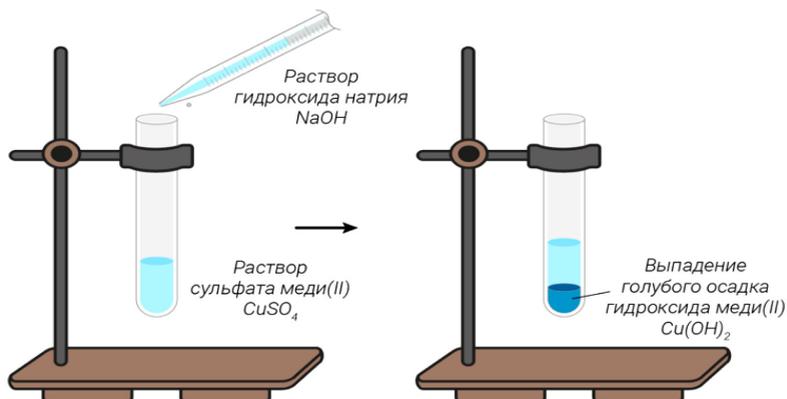
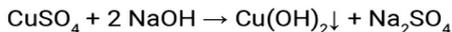


Рис. 2. Вид структурного элемента  
«Качественные реакции в неорганической химии»

Существуют компьютерные программы и мобильные приложения [5], в которых можно проводить реакции с выбранными химическими веществами и наблюдать за протекающими процессами. Недостаток их использования заключается в ограниченных бесплатных версиях, расширение возможностей которых подразумевает приобретение лицензии. А также проблемой может являться поверхностное изучение теоретических основ или отсутствие первичных навыков работы с лабораторной посудой и веществами.

Таким образом, интерактивный лабораторный практикум позволяет не только получать новые знания, но и развивать навыки визуализации. Наглядно-образное мышление помогает обучающимся устанавливать причинно-следственные связи между отдельными элементами знаний и систематизировать теоретическую составляющую изучения химии. Результатом работы с данным практикумом является способность выпускников преодолевать трудности в

решении экзаменационных заданий и повышать количество верно решённых заданий в процентном соотношении.

### ***Библиографический список***

1. Добротин Д.Ю., Снастина М.Г. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2020 года. – ФГБНУ «ФИПИ», 2020. С. 2.
2. Демонстрационный вариант контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2021 года по химии [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory> (дата обращения: 01.05.2021)
3. Левкин А.Н. Результаты единого государственного экзамена по химии в 2020 году в Санкт-Петербурге: Аналитический отчет предметной комиссии. – СПб: ГБУ ДПО «СПбЦОКОи-ИТ», 2020. С. 20–26.
4. Каверина А.А., Свириденкова Н.В., Снастина М.Г., Стаханова С.В. ЕГЭ. Химия: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов / под ред. Добротина Д.Ю. – М.: Издательство «Национальное образование», 2021. С. 285.
5. Образовательный портал Newtonew, сайт об образовании и обучении [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://newtonew.com/app/13-igr-i-prilozhenij-dlja-izuchenija-himii> (дата обращения: 01.05.2021)

## **РАБОТА С ТЕКСТОМ НА УРОКАХ ХИМИИ WORKING WITH TEXT IN CHEMISTRY LESSONS**

**В.А. Волюнкина**

*МОУ «Лицей №1», г. Ачинск*

**V. E. Volynkina**

*Lyceum №1, Achinsk*

Химия, процесс обучения, метапредметные результаты, смысловое чтение, текст.

*В статье рассматриваются приемы работы с текстом учебника на уроках химии как средство формирования универсальных учебных действий. Приводятся примеры заданий.*

Chemistry, learning process, meta-subject results, semantic reading, semantic reading, text.

*The article deals with the methods of working with the text of the textbook in chemistry lessons as a means of forming universal educational actions. Examples of tasks are given.*

**О**рганизация работы с текстом на уроках химии играет важную роль для достижения метапредметных результатов: умение создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач; смысловое чтение [1]. А сформированность данных умений в свою очередь ведет к повышению уровня предметных результатов. Но этого можно достичь только при систематическом применении заданий разного типа и уровня сложности, так как для смыслового понимания недостаточно просто прочесть текст, необходимо проанализировать информацию, выделить существенные признаки, обозначить ключевые моменты. Неоспоримую роль в формировании указанных выше результатов играет организация работы учащихся с текстами учебника.

Д.Д. Зуев отмечал: «Сегодня учебник уже не может рассматриваться как пособие, служащее только для домашней работы по закреплению материала, изученного с учителем в классе. Он обязательно должен давать материал и для самостоятельного изучения вопросов учебного курса, поиска новых знаний, их систематизации и обобщения как на уроке, так и во внеучебное время» [2].

На своих уроках постоянно организую работу учащихся с текстом учебника на различных этапах: при объяснении нового материала, закреплении и обобщении изученного материала. На последующих уроках задания формулируются так, чтобы учащиеся постоянно соотносили новый материал с уже имеющимися знаниями. Задания самые разнообразные: после прочтения текста параграфа или пункта составьте план, конспект, схему, сформулируйте вопросы к

тексту, заполните или составьте таблицу, определив самостоятельно содержание столбцов и строк, составьте сравнительную характеристику веществ и т.д.

Рассмотрим примеры конкретных заданий, используемые в работе с учениками 8, 10 естественнонаучных классов. Используется линия УМК В.В. Лунина.

Таблица 1

**Задание по тексту § 13 Типы химических реакций [3]**

Задание	Пример выполнения
1) Прочитайте текст параграфа. 2) Составьте схему классификации химических реакций. 3) Для каждого типа составьте схему, используя буквы латинского алфавита, отражающую суть данных реакций. 4) Определите признак, положенный в основу данной классификации	<p> <i>реакция соединения</i>  <math>A + B = C</math> </p> <p> <i>реакция разложения</i>  <math>C = A + D</math> </p> <p> <i>Типы химических реакций (тип и суть реакции)</i> </p> <p> <i>реакция замещения</i>  <math>A + KN = AN + K</math> </p> <p> <i>реакция обмена</i>  <math>AB + CD = AD + CB</math> </p>

Задание формирует у учащихся умение представлять информацию в виде схемы, выделять главное, преобразовывать и представлять информацию с помощью символов.

Далее, при изучении тем «Кислород. Оксиды. Валентность», «Водород. Кислоты. Соли», «Вода. Растворы. Основания» мы обращаемся к данной схеме и дополняем конкретными примерами. Учащиеся учатся определять возможность протекания реакций каждого типа.

Задание по тексту § 22. Получение водорода в лаборатории [3]:

1) прочитайте текст, запишите уравнение реакции получения водорода в лаборатории;

2) определите тип химической реакции, которая лежит в основе лабораторного способа получения водорода;

3) используя схему 2 на стр. 90 и текст параграфа, сформулируйте правило взаимодействия металлов с растворами кислот.

При изучении органической химии (10 класс) для обобщения материала о свойствах веществ используется графический прием систематизации материала – кластеры. Например, по тексту § 29 Химические свойства алкенов [4] учащимся предлагается составить кластер «Химические свойства алкенов на примере пропена». Такого рода задания требуют не просто воспроизведения готовой информации, а прежде всего осмысления материала, применения известных знаний в новой ситуации – для конкретного вещества.

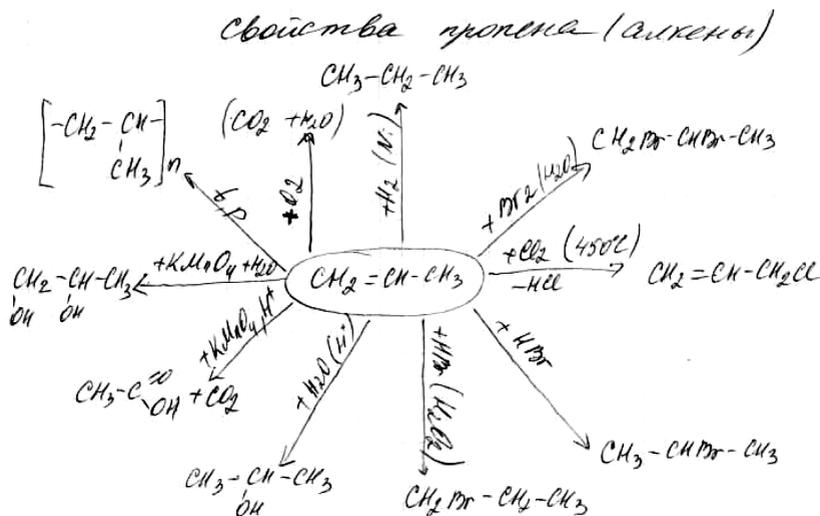


Рис. 1. Кластер «Химические свойства алкенов на примере пропена». Работа ученицы 10 РН класса

Задание составить кластер «Химические свойства альдегидов», наоборот, требует обобщения информации, при выполнении данных заданий используются общие формулы класса веществ.

Составленные кластеры по всем изученным классам органических веществ являются хорошим средством для повторения материала органической химии в 11 классе при подготовке к итоговой аттестации.

Задания по составлению таблиц позволяют систематизировать большой объем информации и представить ее в компактном виде. Если в 8 классе даются задания заполнить готовую таблицу, например, «Виды химической связи» по тексту §§50-53, то в дальнейшем учащиеся самостоятельно определяют структуру таблицы. При выполнении такого рода заданий используем следующий алгоритм: 1) прочитайте внимательно текст; 2) оформите структуру таблицы для систематизации информации из предложенного текста; 3) определите заголовки столбцов и строк таблицы; 4) заполните таблицу, используя информацию из текста в соответствии со структурой таблицы.

Простроенная таким образом работа с текстом учебника приучает учащихся к чтению учебника, формирует умение выделять главные, существенные признаки, обобщать имеющуюся информацию, представлять ее в различных видах.

Планомерная и систематическая работа с текстовой информацией позволяет добиваться высоких предметных результатов. Средний балл по результатам промежуточной аттестации в профильных 8–11 классах от 3,83 до 4,77. Средний балл учащихся по результатам ЕГЭ составляет: 2018 год – 60,5 (сдавало 12 человек), 2019 год – 62 (сдавало 19), 2020 год – 77,75 (сдавало 8 человек).

### ***Библиографический список***

1. Химия. 8–9 классы: рабочая программа к линии УМК В.В. Лунина: учебно-методическое пособие / В.В. Еремин, А.А. Дроздов, Э.Ю. Керимов. М.: Дрофа, 2017.
2. Зуев Д.Д. Школьный учебник. М.: Просвещение, 1983.
3. Еремин В.В. Химия: 8 класс: учебник/ В.В. Еремин, Н.Е. Кузьменко, А.А. Дроздов, В.В. Лунин; под ред. В.В. Лунина. 10-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2020.
4. Еремин В.В. Химия. 10 класс. Углубленный уровень: учебник/ В.В. Еремин, Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренин, А.А. Дроздов, В.В. Лунин. 4-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2018.

**ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ  
КАК МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ  
СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА  
НА УРОКАХ БИОЛОГИИ**  
CHEMICAL EXPERIMENT AS A METHOD  
FOR IMPLEMENTING THE SYSTEM-ACTIVE  
APPROACH IN BIOLOGY LESSONS

**Н.В. Гацко**

Научный руководитель **О.И. Фоминых** –  
*кандидат химических наук, старший преподаватель  
кафедры биологии, химии и экологии,  
Красноярский государственный педагогический  
университет им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**N.V. Gatsko**

Scientific adviser **O.I. Fominykh** –  
*PhD in Chemistry, Senior Lecturer, Department of Biology,  
Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical  
University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Эксперимент, фотосинтез, развивающее обучение, проблема, пигмент.  
*Статья посвящена одной из современных проблем педагогики – переходу от традиционного обучения к системно-деятельностному. Рассматривается «химический эксперимент» как метод обучения биологии. Приведен пример урока с применением химического эксперимента по теме «Фотосинтез».*

Experiment, photosynthesis, developmental learning, problem, pigment.  
*The article is devoted to one of the modern problems of pedagogy - the transition from traditional education to system-activity. The «chemical experiment» is considered as a method of teaching biology. An example of a lesson using a chemical experiment on the topic «Photosynthesis» is given.*

**Ф**едеральный государственный образовательный стандарт второго поколения предусматривает организацию обучения школьников на основе системно-деятельностного

подхода, направленного на формирование у обучающихся универсальных учебных действий, таких, как умение самостоятельно достигать поставленной цели и выбирать эффективные пути решения учебных и познавательных задач. Реализация системно-деятельностного подхода возможна в результате применения технологии развивающего обучения. Данная технология позволяет не просто формировать систему знаний обучающихся, но и заложить фундамент для развития их творческих способностей.

Сущность подхода основывается на постановке перед обучающимися какой-либо учебной проблемной задачи, к решению которой они должны прийти самостоятельно, используя различные пути решения, в том числе и экспериментальный. Данный путь решения задач наиболее актуален на уроках биологии, так как около 35% всего учебного времени отводится на выполнение лабораторно-практических работ. Кроме того, некоторые из них могут иметь в своем контексте химическую составляющую. Например, при изучении тем «Химический состав клетки», «Пищеварительная система человека: ферменты», «Круговорот веществ в природе», «Фотосинтез» нельзя обойтись без привлечения химического эксперимента.

Для активизации мышления обучающихся перед организацией химического эксперимента необходима постановка учителем проблемной задачи, решение которой будет способствовать формированию у школьников следующих умений [2]: выдвигать гипотезы, самостоятельно находить ответы на поставленные вопросы, делать правильные выводы, экспериментально подтверждать происходящие в природе явления.

Химический эксперимент в технологии развивающего обучения активизирует внимание и мышление всех обучающихся класса, так как характеризуется наибольшей наглядностью.

На современном этапе развития школьного образования необходимо сочетание традиционных биологических опытов и новых проблемно-развивающих химических экспериментов, которые будут не только иллюстрировать изучаемые явления, но и служить способом их познания.

Рассмотрим применение «химического эксперимента» на практике в процессе обучения биологии в 6 классе МБОУ Лицея №10.

Тема: Воздушное питание растений – фотосинтез.

Перед обучающимися в начале урока были поставлены две проблемные задачи: 1) выясните цвет пигментов, которые содержатся в зеленом листе; 2) определите причину изменения окраски листьев осенью. Задачи были даны обучающимся не сразу, а последовательно. После решения первой задачи учитель озвучивал вторую.

Для решения первой проблемной задачи обучающимся был предложен Опыт №1.

Оборудование и реактивы: листья герани, фарфоровая ступка, пестик, пробирки, воронка, фильтровальная бумага, 95%  $C_2H_5OH$ , бензин.

Ход работы: 1) Получить вытяжку из листьев: измельчить листья, добавить к ним 5–10 мл этилового спирта, 1 г мела и растереть в фарфоровой ступке до получения однородной зеленой массы. Прилить еще 5 мл спирта, и полученную вытяжку отфильтровать в пробирку. [1]

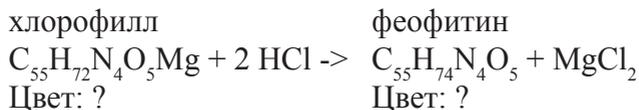
2) Определить цвет пигментов: погрузить полоску фильтровальной бумаги в пробирку с вытяжкой. Через 3–5 мин снизу появится зеленый пигмент, сверху – желтый и красный.

После проведения опыта обучающимся был дан ответ на проблемную задачу: в листе содержится зеленый пигмент, видимый невооруженным глазом, а также желтый и красный пигменты, которые можно определить только экспериментальным путем.

Для разрешения второй проблемной задачи обучающимся на карточке предлагается фрагмент текста с химическим опытом и схемой.

Осенью происходит сокращение светового дня и понижение температуры. Эти факторы способствуют накоплению в листьях соляной кислоты.

Чтобы определить, как соляная кислота действует на растение, проведите химический эксперимент: приготовьте спиртовую вытяжку хлорофилла и разлейте в 2 пробирки по 2–3 мл. Одну пробирку оставьте контрольной. Во вторую пробирку добавьте 2–3 капли соляной кислоты. Пронаблюдайте происходящие явления и допишите схему:



В результате проделанного опыта обучающиеся узнают, что цвет хлорофилла зависит от присутствия в нем Mg. Комплексносвязанный магний замещается на водород, и хлорофилл превращается в феофитин бурого цвета. Данное превращения объясняет причину изменения окраски листьев.

Таким образом, химический эксперимент на уроках биологии способствует самостоятельному подтверждению обучающимися происходящих в природе явлений, развивает их творческий потенциал и мыслительную деятельность.

#### ***Библиографический список***

1. Батурицкая Н.В., Фенчук Т.Д. Удивительные опыты с растениями: Кн. для учащихся. Мн.: Нар. света, 1991. 208 с.
2. Чудинова Е.В. Новая биология. Деятельностный подход к биологическому образованию школьников. М.: Авторский клуб, 2015. 60 с.

**МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ ХИМИИ И ЛИТЕРАТУРЫ:  
ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ**  
CHEMISTRY AND LITERATURE: PROBLEMS OF FORMING  
CONNECTIONS BETWEEN DISCIPLINES

**С.А. Гусельникова**

Научный руководитель **В.В. Тропникова** –  
*преподаватель Новосибирского медицинского колледжа,  
г. Новосибирск*

**S.A. Guselnikova**

Scientific adviser **V.V. Tropnikova** –  
*Lecturer, Novosibirsk Medical College, Novosibirsk*

Химия, межпредметные связи, мотивация, мыслительная активность  
*Изучены дидактические аспекты формирования межпредметных  
связей химии и литературы. Приведены результаты занятий. Сде-  
лан вывод о возможности углубления знаний по дисциплине химия  
студентами-фармацевтами посредством межпредметных связей с не-  
химическими дисциплинами.*

Chemistry, links with literature, motivation, mental activity  
*The didactic aspects of the relationship between chemistry and literature  
have been studied. The results of the lessons are given. It is concluded that  
it is possible to deepen knowledge in the discipline of chemistry by students-  
pharmacists through links with non-chemical disciplines.*

**П**рограммы по химии для системы СПО содержат теоре-  
тическую и практическую части. Если при изучении те-  
оретической составляющей формируются химические поня-  
тия, происходит изучение химических законов и теорий, то  
практическая составляющая изучения предмета химия свя-  
зана с демонстрацией опытов и экспериментальной частью.  
Значимыми факторами формирования познавательного ин-  
тереса, новых знаний, опыта деятельности и компетенций  
могут являться межпредметные связи, понимаемые как ис-  
пользование общих фактов, изучаемых в курсах, например,

химии и литературы, их рассмотрение с целью обобщения знаний о явлениях и процессах природы. Следует сказать, что разностороннее влияние межпредметных связей объясняется сущностной спецификой, так как они обладают обучающим, развивающим и воспитывающим аспектами. Согласимся с мнением Г.М. Чернобельской, которая утверждает, что в дидактике классификацию межпредметных связей возможно рассматривать по различным критериям, например, фактической, понятийной и теоретической связям [1]. И действительно: формируемые межпредметные связи, например, у студентов, обучающихся по направлению «Фармация», необходимы при подготовке к чемпионатам Worldskills [2]. Конкурсное движение, рассматривая основные объекты будущей профессиональной деятельности (лекарственные средства, товары аптечного ассортимента и прочее), проверяет наличие не только профессиональных, но и универсальных компетенций, в том числе знание веществ растительного происхождения и их действие на организм человека. По мнению исследователей Х.А. Османова, М.К. Муртазалиева и др., межпредметные связи развивают мыслительную активность, наблюдательность и память [3].

В связи с тем, что студенты крайне мало времени уделяют чтению литературы, о чем свидетельствует опрос студенческой аудитории (рис. 1), было выбрано формирование межпредметных связей химии и литературы.

По данным опроса, из предпочитаемых студентами видов отдыха в свободное время максимальное количество студентов, составившее

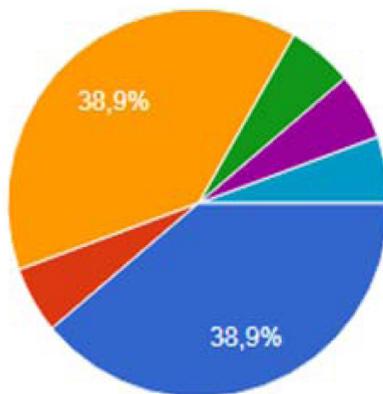


Рис. 1. Предпочтения студентов во время отдыха в свободное время

38,9%, предпочитают смотреть Интернет (инстаграм, ютуб и др.); 38,9% интересуются прогулками на свежем воздухе; остальные распределены равным отношением по 5,5% – читают, занимаются спортом, делают домашние дела и спят. То есть чтению в свободное время посвящают только 5,5% опрошенных студентов гр. ФТК-11/2. Для повышения мотивации изучения сложного предмета химия, повышения мыслительной активности и формирования межпредметных связей был взят аспект изучения нейротоксинов, поражающих нервную систему человека, на примере никотина в произведении А. Кристи «Трагедия в трех актах». Познавательным для студентов было то, что писательница имела медицинское образование и о действии ядов на организм знала, изучив химию. Данные знания помогли А. Кристи написать увлекательный детектив, в котором отравление алкалоидом расследуют Пуаро и Джонсон. Учитывая, что детективный роман был издан в 1935 г., а в 1950 г. было совершено преступление с использованием никотина, студентам было интересно узнать о действии никотина как алкалоида. Проведя аналогии с другими алкалоидами, такими, как морфин, кофеин, атропин, кокаин, студенты выделили общее у данных веществ – все были выделены из растений и проявляли свойства оснований, образуя соли при взаимодействии с кислотами, обладали выраженным физиологическим действием. Изучив соответствующие источники, студенты поняли, почему вещества объединили в один класс и почему фармацевт П. Мейснер назвал их алкалоидами. Факт того, что, например, морфин содержит азот, был интересен, так как химики считали, что вещества растительного происхождения не содержат азот. Оказалось, все алкалоиды – это азотистые основания. Большинство алкалоидов – кристаллические вещества, которые хорошо растворяются в воде и органических растворителях. Эмпирическая формула никотина  $C_{10}H_{14}N_2$  была установлена Л. Мельсеном в 1843 г., строение молекулы никотина подтвердил синтез в

1895–1905 гг., проведенный Пикте, Крепье. Студентам было интересно, почему же так вреден никотин для человека? При дальнейшем изучении алкалоида никотина студенты выяснили, что средняя летальная доза 0,5–1,0 мг/кг. Это означает, что если одна сигарета в среднем содержит 1 мг никотина, то курящий человек при среднем весе 80 кг может погибнуть, если съует и проглотит от 35 до 70 сигарет за раз. На данном примере было показано значение знаний по химии. По мнению самих студентов, после прочтения детектива они были мотивированы на дальнейшее изучение химии и понимание ее практической роли в жизни человека.

В медицинском колледже в рамках реализации программы по дисциплине «Химия» и формирования положительной мотивации к данной дисциплине было проведено занятие с целью формирования мыслительной активности за счет межпредметных связей. Студенческая аудитория на примере известного детективного романа изучила действие алкалоидов, рассмотрела эмпирические формулы, строение молекул и действие на организм человека алкалоида никотина.

### ***Библиографический список***

1. Чернобильская Г.М. Методика обучения химии в средней школе: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит.-изд. центр ВЛАДОС, 2000. 336 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://uchebnikfree.com>
2. Тропникова В.В., Штейнгольц Б.И. Мировой опыт реализации конкурсного движения Worldskills: сущность, формы, факторы // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». 2019. С. 14–21.
3. Османов Х.А., Муртазалиева М.К., Абакаргаджиева П.Р., Магомедов А.Г. Внутрипредметные и межпредметные связи химии в обучении студентов химико-биологических специальностей // Известия ДГПУ. Психолого-педагогические науки. 2018. №4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>

**ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
В КУРСЕ ХИМИИ**  
ENVIRONMENTAL ISSUES IN CHEMISTRY COURSE

**В.В. Денисова**

Научный руководитель **Ю.Г. Ромашкова** –  
*кандидат химических наук,  
доцент кафедры биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного педагогического  
университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**V.V. Denisova**

Scientific adviser **Yu.G. Romashkova** –  
*PhD of Chemistry, Associate Professor of the Department  
of Biology, Chemistry and Ecology of the KSPU  
named after V.P. Astafiev, Krasnoyarsk*

Экологическая культура, охрана окружающей среды, экологическое образование

*В условиях современного обучения большинство обучающихся не способны ориентироваться в химических аспектах экологических проблем. В связи с этим является необходимым создание условий для того, чтобы школьники понимали практическую значимость химии и ее связь с вопросами охраны окружающей среды. Целью исследования является изучение методических условий организации экологического содержания дисциплины в учебном процессе по химии. Задачи исследования: выделить виды заданий, способствующие формированию экологической культуры на уроках химии; проанализировать содержание учебных программ по химии на предмет экологического содержания. В качестве методов исследования были использованы работа с литературой, ее анализ, обобщение и сравнение.*

Environmental culture, environmental protection, environmental education

*In the conditions of modern education, most students are not able to navigate the chemical aspects of environmental problems. In this regard, it is necessary to create conditions for students to understand the practical significance of chemistry and its connection with the environmental issues. The purpose of the research is to study the methodological conditions of the organization of the*

*environmental content of the discipline in the educational process in Chemistry. Research objectives: to identify the types of tasks that contribute to the formation of environmental culture in chemistry lessons; to analyze the content of chemistry curricula for environmental content. The research methods used were working with books, their analysis, generalization and comparison.*

**В**опросы охраны окружающей среды в курсе химии тесно связаны с понятием экологического образования. Экологическое образование, как элемент общего образования, связано с изучением научных основ взаимодействия природы и общества. Цель экологического образования заключается в формировании системы знаний, взглядов и убеждений, направленных на воспитание моральной ответственности личности за состояние окружающей среды, и осознание и того, что во всех видах деятельности необходима постоянная забота о ней [1].

Роль курса химии в экологическом образовании определяется знанием законов природы, химической формы движения материи и ее значения в материальной жизни общества. Перед учителем, внедряющим вопросы охраны окружающей среды в курс химии, стоят следующие задачи:

– раскрыть единство неорганического и органического мира, влияние деятельности человека на окружающую среду и сформировать на этой основе убежденность в необходимости бережного отношения к природе;

– раскрыть двойственную роль химической промышленности в отношении окружающей среды;

– сформировать у обучающихся практические умения и навыки, которые позволят им участвовать в мероприятиях по защите и охране окружающей среды [2].

Школьный курс химии занимает ключевую роль при развитии экологического образования. Несмотря на то, что в 8 классе обучающиеся только начинают изучать основные понятия химии, важно говорить о вопросах охраны и защиты окружающей среды.

Так, в теме «Простые и сложные вещества» [3, с. 41–42], приводя конкретные примеры простого вещества кислорода, важно сказать о его аллотропной модификации – озоне, его глобальном значении для человека и животных, затронуть одну из глобальных проблем экологии – разрушение озонового слоя. А, говоря о воде как о сложном веществе, необходимо рассказать о загрязнении мирового океана, задавая обучающимся вопрос, как можно решить эту серьезную проблему. Повторяя правила техники безопасности при проведении лабораторных и практических работ, можно задавать вопросы, касающиеся формирования экологической культуры у обучающихся. Например, куда сливать реактивы после лабораторных опытов? Что будет, если реактивы слить в раковину?

При изучении темы «Металлы и неметаллы» [3, с. 25] важно обратить внимание обучающихся на производство металлов и их сплавов, а для закрепления дать обучающимся задание подготовить доклады по металлургической промышленности по темам «Железо», «Никель», «Свинец» и др. Также можно затронуть тему биологического воздействия тяжелых металлов на организм человека, например, свинца, который при попадании в организм человека способен вызывать отравление [4].

В теме «Простые вещества и их смеси» [3, с.124–129], говоря о воздухе как о смеси газов, необходимо рассмотреть одну из глобальных экологических проблем – загрязнение атмосферы. В качестве задания можно использовать задачи на выброс вредных веществ в воздух, используя актуальные источники информации, дать оценку воздействия этих выбросов [5].

Включение экологического содержания в школьный курс химии должно быть не только познавательным, но и интересным для обучающихся. Нельзя утверждать, что антропогенное влияние человека на природу оказывает исключительно отрицательное действие на экологию, есть и

другая сторона. Обучающимся важно прийти к выводу, что для понимания экологических проблем необходимо освоить школьный курс химии, чтобы впоследствии ориентироваться в экологических вопросах сохранения окружающей среды и ее охраны.

### ***Библиографический список***

1. Бим-Бад Б.М. Педагогический энциклопедический словарь. М.: Большая Российская Энциклопедия, 2002. С. 323.
2. Магеррамов А.М., Алиева Т.И., Пашаева А.А. и др. Сущность, методологические основы, принципы, задачи экологического образования и воспитания. Содержание экологических знаний в курсе химии средней школы. Пермь: Меркурий, 2011. С. 97–99. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/conf/red/archive/17/131/> (Дата обращения: 02.05.2021).
3. Новошинский И.И., Новошинская Н.С. Химия: Учебник для 8 класса общеобразовательных учреждений. М.: ООО «Русское слово», 2013. 224 с.
4. Кальная А.К., Лябин М.П. Свинец: мифы и реальность // Химия в школе. 2015. №5. С. 8–13.
5. Источники загрязнения атмосферного воздуха. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/ecology/Pages/IstochZagrVozd.aspx> (Дата обращения: 04.05.2021).

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУППОВОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ORGANIZATION OF STUDENT GROUP ACTIVITIES IN DISTANCE LEARNING**

**М.А. Жалнина**

Научный руководитель **Е.М. Антипова** –  
*доктор биологических наук, профессор,  
заведующий кафедрой биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного педагогического  
университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**M.A. Zhalnina**  
Scientific adviser **E.M. Antipova** –  
*doctor of Biological Sciences,*  
*Professor, Head of the Department of Biology,*  
*Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical*  
*University named after V.P. Astafiev, Krasnoyarsk*

Групповое обучение, дистанционное обучение, средства обучения  
*В условиях дистанционного обучения одной из наиболее актуальных проблем является организация групповой работы обучающихся по химии. Целью исследования является осуществление совместной работы обучающихся по химии. Задачами стали выбор программы для видеоконференций и подбор сервисов для выполнения совместных заданий. Методы исследования: чтение и анализ литературы, подбор и пробное использование найденных сервисов. Для эффективного решения данной проблемы нами предлагается использование программы для видеоконференций “Zoom”. Преимущество данной программы заключается в возможности создавать как общие конференции, так и отдельные каналы для коммуникации малых групп, а также привлечение сторонних сервисов, таких как Google, Bubble.us, Lucidspark.com и другие.*

Group learning, distance learning, education’s means  
*One of the most pressing problems of the organization is the group training of students in Chemistry in conditions of distance learning. The purpose of study is realization of group student lessons in Chemistry. The tasks were to select a program for video conferencing and the selection of services for performing joint work. Research methods: reading and analysis of literature, selection and trial use of the found services. We propose to use the program for video conferencing «Zoom» to effectively solve this problem. The advantage of this program is the ability to create both general conferences and separate channels for communication of small groups, as well as the involvement of third-party services. For example, Google, Bubble.us, Lucidspark.com and others services.*

**В**настоящий момент очное обучение вернулось во многие образовательные учреждения, но утверждать точно, что мы миновали пандемию, нельзя. Поэтому некоторые образовательные учреждения ещё работают удаленно. В связи с данными обстоятельствами все еще актуальна проблема организация обучения на дистанционной форме. Немало-

важный аспект касается грамотного проектирования групповой деятельности обучающихся для развития их способности к сотрудничеству, самостоятельной работе группы в целом, оценки собственных навыков и применения как таковых в совместной деятельности. Целью нашего исследования является организация групповой работы обучающихся в условиях дистанционного обучения. Задачами исследования стали выбор программы для видеоконференций и подбор сервисов, в которых можно осуществлять групповую работу. В рамках школьного предмета “Химия” необходимо использовать средства обучения. На современном этапе под средствами обучения химии понимают систему материальных и идеальных (мысленно представленных) химических объектов, используемых для достижения целей обучения химии [1].

В качестве ведущего средства в условиях дистанционного обучения рассмотрим возможности использования программы для видеоконференций “Zoom”.

Одной из главных задач использования “Zoom” становится реализация общения между участниками группы. В общей конференции обучающимся, находящимся в одной группе, сложно общаться между собой, поскольку участникам других групп тоже необходимо коммуницировать друг с другом. Для реализации общения во время выполнения группового задания подобрано несколько вариантов в рамках данной платформы:

1) создание отдельных каналов для общения групп и попеременное подключение учителя к каждой группе;

2) попросить участников не отключаться от общей конференции и воспользоваться мессенджерами WhatsApp, Вконтакте и любыми другими, где существует возможность группового вызова;

3) помимо голосового общения, также была возможность писать в чат, к примеру, гугл-документов, каналов или беседы в мессенджере.

В отдельных каналах “Zoom” участникам доступны передачи видео, звука и демонстрации экрана.

Следующей задачей становится использование других средств обучения параллельно “Zoom”, где обучающиеся непосредственно могут выполнять групповые задания. Для коллективной работы необходимы сервисы с совместным использованием, такие как:

- Google для совместной работы: google-документы, презентации, таблицы;

- Linoit.com – интерактивная доска [2];

- Bubbl.us – приложение для создания интеллект-карт [3];

- Lucidspark.com – ещё одна интерактивная доска, но есть ограничение в 3 редактируемых досках, за использование большего количества досок нужно платить [4];

- Scratchwork.io [5].

Все перечисленные сервисы в основном бесплатные, и только “Lucidspark.com”, помимо бесплатного контента, предлагает ещё и платный. Учитель заранее создает документы или доску для каждой группы и размещает ссылку для перехода на платформу. После перехода на любую из платформ участникам группы открывается рабочее место и панель с инструментами. Также следует учесть, что некоторые сервисы, к примеру, “Linoit.com”, требуют предварительной регистрации для работы.

Чтобы обучающиеся смогли презентовать свой ответ, организатору конференции необходимо включить совместный доступ клавишами “Демонстрация экрана”, а далее “Совместно”. После чего любой из участников группы может включить демонстрацию экрана и показать результаты совместной деятельности. Также следует упомянуть о возможности комментирования “Zoom”. Не переходя по ссылке документа, можно делать пометки в работе группы.

Подводя итоги, можно сказать, что подобранные сервисы помогут в организации деятельности обучающихся для вы-

полнения групповых заданий по химии при дистанционном обучении, поскольку реализуется общение между участниками, возможность работать совместно на одной платформе. Все это способствует развитию навыков самостоятельной работы обучающихся, а также их сотрудничеству в группе.

### ***Библиографический список***

1. Пак М.С. Дидактика химии: учебник для студентов вузов. Изд 2-е, перераб. и доп. СПб.: ООО «ТРИО», 2012. С. 150–153.
2. Официальный сайт “Linoit.com” [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.linoit.com>
3. Официальный сайт “Bubbl.us” [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bubbl.us>
4. Официальный сайт “Lucidspark.com” [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clck.ru/UXjSJ>
5. Официальный сайт “Scratchwork.io” [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://app.scratchwork.io>

## **ХИМИЧЕСКИЕ КОМИКСЫ КАК МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ПО ХИМИИ CHEMICAL COMICS AS A METHOD OF FORMATION OF NATURAL SCIENTIFIC LITERACY IN CHEMISTRY**

**К.В. Костин**

*МАОУ «Лицей № 1», г. Красноярск*

**K.V. Kostin**

*Lyceum № 1, Krasnoyarsk*

Естественнонаучная грамотность, ФГОС, комиксы.

*В статье рассмотрен вопрос становления такого литературного жанра, как комикс, в педагогической науке. Приведены виды химических комиксов и алгоритм их составления.*

Natural science literacy, federal state educational standards, comics.

*The article considers the issue of the formation of such a literary genre as comics in pedagogical science. The types of chemical comics and the algorithm for their compilation are given.*

В современных условиях образования всё чаще появляются результаты исследований, показывающие, что у обучающихся циклично проявляются недостатки читательской грамотности. Именно этот навык лежит в основе формирования умений работать с заданиями, отображающими уровень естественнонаучной грамотности.

Естественнонаучная грамотность – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественными науками, и его готовность интересоваться естественнонаучными идеями. Естественнонаучно грамотный человек стремится участвовать в аргументированном обсуждении проблем, относящихся к естественным наукам и технологиям, что требует от него следующих компетентностей: научно объяснять явления, оценивать и планировать научные исследования, научно интерпретировать данные и доказательства [1].

На сегодняшний день педагогами применяются различные средства и методы обучения, которые направлены на формирование и развитие естественнонаучной грамотности в различных направлениях. Важными умениями в любой научной области является работа с текстом, умение анализировать символическую информацию с последующим воспроизведением и интерпретацией. Немалая роль на уроках химии отводится умению объяснять явления, происходящие в ходе химического эксперимента.

Существует довольно широкий спектр обучающих методов и средств, направленных на грамотную работу с текстом. Например, хорошо зарекомендовавшие себя опорные схемы, кластеры, или же интеллект-карты, которые стали единым способом отображения графической информации, вобравшим в себя все достоинства ранее перечисленных методов. Но современная картина такова, что с каждым годом обучающиеся всё труднее включаются в работу с теми методами, которые им уже знакомы, поэтому возникает запрос

к учителю, который должен преподнести что-то новое в отработанный урок.

Для разрешения данной проблемы рекомендуется использовать метод «комиксов», как инновационный подход в педагогике, направленный на развитие естественнонаучной грамотности.

«Комикс» – сокращение от английских «comic» (смешной) и «strip» (полоса, картинка). Рисованные истории представляют собой интересный синтез литературы и графики.

Комикс – это серия картинок, с помощью которых ведется связное повествование. Как и в литературном произведении, здесь имеются главные и второстепенные герои, антагонисты.

Жанр впервые зародился в Америке в качестве политических карикатур XVIII века Уильяма Хогарта. «Золотым временем» комиксов в Америке называют 30–50 года XX века. В этот период среди жанров доминировали фантастика и приключения. Именно в это время появляются знаменитые на весь мир Супермен, Бэтмен, Человек-паук и др. Первые комиксы были черно-белые, и акцент ставился именно на реплике героев, но со временем начали преобладать цвета, а количество текста осталось неизменным (рис. 1).



Рис. 1. Комикс «Бэтмен против Супермена»

Во времена СССР жанр не был распространен. Небольшие комиксы на русском можно было найти в детских и юмористических журналах [2].

Современные комиксы печатаются таким образом, чтобы читатель заострял внимание не на тексте, а именно на картинке, на движении героев, на их одежде, эмоциях, то есть анализировал информацию (рис. 2)

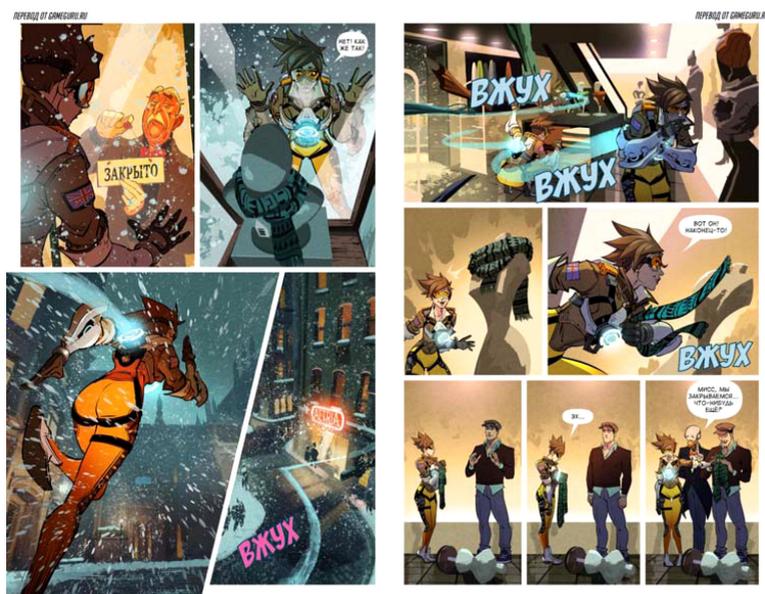


Рис. 2. Современный комикс «Overwatch»

Комикс как педагогическая единица имела огромный успех благодаря американскому карикатуристу Ларри Гоннику, выпустившему серию книг «Естественная наука в комиксах», которая была переведена на русский язык в 2005–2006 годах (рис. 3).

Именно в данной книге автор стал использовать жанр художественной литературы в качестве общедоступного обучающего контента.

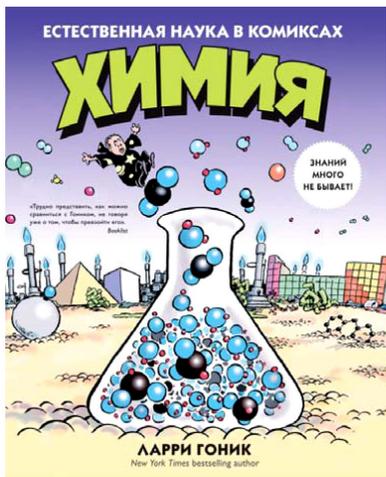


Рис. 3. Естественная наука в комиксах «Химия»

В 2014 году в сети Интернет появляется образовательный проект «Как бы выглядели химические элементы, если бы они были людьми» [3], где каждая зарисовка в шуточной форме отображала то или иное химическое свойство элемента (рис. 4).



Рис. 4. Проект «Как бы выглядели химические элементы, если бы они были людьми»

Проект был незначительный по объему, в сети Интернет можно найти карикатуры далеко не на все химические элементы, которые изучаются детьми в стенах школы. Поэтому огромное внимание педагогов по химии не только в стенах школы, но и высших учебных заведениях привлек иной проект, который ориентировочно был создан в промежутке 2015–2017 годов. Проект носит название «Комикс-проект: периодическая таблица химических элементов» [4]. Данная работа отображает в качестве комикс-героев каждый химический элемент Периодической системы. В основу персонажа вложены физические, химические свойства и области применения химических элементов (рис. 5).



Рис. 5. Комикс-персонажи «Углерод» и «Литий»

Данные зарисовки удобно использовать на уроках различного типа для отработки навыка анализа информации. Для этого достаточно показать обучающимся только персонажа, убрав название и описание свойств, и попросить не только догадаться, но и объяснить, почему обучающийся сделал конкретный выбор в пользу того или иного элемента.

Для того, чтобы составить обучающимися комикс по химии, нужно соблюдать следующий алгоритм:

1. создайте сюжет;
2. выберите героев, продумайте их образ;
3. комикс строится отдельными зарисовками, которые должны располагаться и читаться рядами слева направо;
4. обязательно используйте цвета.

Тема, выбранная для использования данного метода, может быть любой. Тема «Электролитическая диссоциация» довольно объемная, поэтому рекомендуется в рамках данной темы создавать комиксы, которые объясняли бы какое-то одно явление, например, процесс образования гидратированного иона. При этом важно отобразить правильность ориентации молекулы диполи воды (рис. 6).



Рис. 6. Комикс «Электролитическая диссоциация»

Комиксы могут создаваться не только на большие темы или химические процессы, но и в качестве узконаправ-

ленного сюжета, например, для отображения химического свойства концентрированной кислоты обучающимися МАОУ «Лицей №1» был создан комикс «Трагичная любовная история или обугливание сахара концентрированной серной кислотой» (рис. 7).

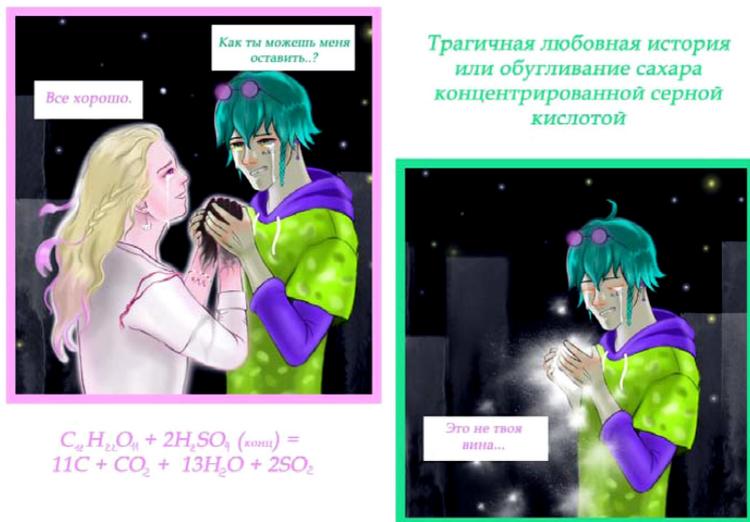


Рис. 7. Комикс «Трагичная любовная история или обугливание сахара концентрированной серной кислотой»

### **Библиографический список**

1. Школьная лига РОСНАНО [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://schoolnano.ru/node/613>
2. Краткая история комиксов: как «рисованный» жанр стал популярным и почему его любят до сих пор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kanobu.ru/articles/kratkaya-istoriya-komiksov-kak-risovannyij-zhanr-stal-populyarnyim-i-pochemu-ego-lyubyat-do-sih-por-375889/>
3. Pinterest [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pinterest.ru/pin/825988387881205704/>
4. Образовательный сайт ХимБиоз [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://химбиоз.рф/last/комикс-проект.html>

**ФОРМИРОВАНИЕ ЧИТАТЕЛЬСКОЙ ГРАМОТНОСТИ  
НА УРОКАХ ХИМИИ**  
FORMATION OF READING LITERACY  
IN CHEMISTRY LESSONS

**Н.В. Кудрявцева**

*МАОУ Гимназия №13 «Академ», г. Красноярск*

**N.V. Kudryavtseva**

*Gymnasium №13 «Akadem», Krasnoyarsk*

Функциональная грамотность, смысловое чтение, образовательные технологии

*В статье обсуждается читательская грамотность как способность обучающего понимать и использовать письменные тексты, приведены задания, формирующие функциональную грамотность на уроках химии.*

Functional literacy, semantic reading, educational technologies

*The article discusses reader literacy as the ability of a teacher to understand and use written texts, and provides tasks that form functional literacy in chemistry lessons.*

**Ч**итательская грамотность – это способность человека понимать и использовать тексты, размышлять о них и заниматься чтением для того, чтобы достигать своих целей, расширять свои знания и возможности, участвовать в социальной жизни. Развитие читательской компетентности способствует росту сознательного отношения к учению, развитию познавательных процессов, умению ими управлять, сознательно их регулировать. Почти всегда существовал стереотип: читать текст дети должны на уроках русского языка и литературы, но сегодня многие учителя-предметники понимают, что это одна из задач успешного обучения ребенка в любой области, и химия не исключение [1].

Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования от 17 декабря 2010 года

указывает на то, что метапредметные результаты освоения основной образовательной программы основного общего образования должны отражать смысловое чтение [2].

Смысловое чтение является важнейшим видом учебной деятельности, низкий уровень его развития может стать одной из основных причин неуспеваемости обучающихся как в начальной, так и в средней и старшей школе. Умения, обеспечивающие смысловое чтение текстов при изучении различных дисциплин, в совокупности должны обеспечить читательскую грамотность. Сегодня педагог учит извлекать, интерпретировать, использовать текстовую информацию. Ученик может научиться действовать только в процессе самого действия, а работа учителя на каждом уроке, и образовательные технологии, которые выбирает учитель, формируют функциональную грамотность учащихся, соответствующую их возрастной ступени. Поэтому важнейшей в профессиональном становлении современного учителя является проблема формирования его технологической компетентности, включающей в себя глубокую теоретическую подготовку и практический опыт продуктивного применения современных образовательных технологий на уроке, готовность к их адаптации и модификации с учётом индивидуальных и возрастных особенностей учащихся [3].

Для эффективного формирования функциональной естественнонаучной грамотности применимы коммуникативные, творческие и игровые методы: дискуссии, дебаты, проекты, упражнения и индивидуальные задания, алгоритмы, игровые задания. В качестве ведущего метода оценки коммуникативной сферы функциональной грамотности предложена самооценка учащимися успешности личностного опыта общения и работы с информацией, а также оценка учителем знаний и умений, составляющих когнитивную основу функциональной грамотности [4]. Важным компонентом чтения является читательская грамотность, обеспе-

чивающая способность читать учебные тексты, извлекать из них необходимую информацию, усваивать её в виде знаний, перерабатывать, структурировать изучаемый материал. Сегодняшние школьники уже не такие, какими были несколько лет назад, у них другие интересы и способы получения информации. Чтение текстов занимает далеко не лидирующие позиции, наблюдается снижение уровня смыслового восприятия и переработки текстовой информации не только на начальном этапе обучения чтению, но и в основной и даже в старшей школе. Это вызывает необходимость формирования у них мотивации к восприятию слышимого текста и к самостоятельному чтению, пониманию прочитанного и его использованию в различных ситуациях. Для того, чтобы выполнить задание, школьники должны сначала прочитать его, осознать его сущность (что дано, что требуется найти или сделать), выбрать способы его выполнения и сформулировать ответы [5].

Примером заданий на уроке с использованием смыслового чтения могут быть задания по теме «Природный газ. Алканы».

Задание: прочитать параграф «Природный газ. Алканы» и найти существенные признаки, характерные для всех алканов:

- сложные вещества;
- нерастворимые в воде;
- не обесцвечивают бромную воду;
- в состав входит водород и углерод;
- это полезные ископаемые;
- газы, жидкости и твердые вещества;

Задание: из существенных признаков – углеводороды, сложное вещество – сформулировать содержание понятия алканы. Определить родовой и видовые признаки. Ответ: алканы – сложные вещества, состоящие из углерода и водорода.

– Родовой признак – сложное вещество.

– Видовые признаки – водород и углерод.

Задание: прочитать текст параграфа, составить план в виде суждений или проблемных вопросов (вопросов-суждений).

– Алканы – газы, входящие в состав природного газа.

– Алканы являются полезными ископаемыми, входят в состав природного газа, нефти, каменного угля.

– Алканы – это важнейший вид топлива и сырья для химической промышленности.

– Алканы – экологически более чистый вид топлива по сравнению с другими.

– Каким образом алканы можно получить в лаборатории?

– Как доказать, что алканы – сложные вещества?

В процессе организации практико-ориентированного интегрированного обучения учащиеся приходят к выводу, что умение интеллектуально мыслить, учиться и работать творчески, ответственно относиться к своей жизненной цели – уникальные способности, присущие человеку труда, а наличие функциональной грамотности – фактор успешности в жизни.

### ***Библиографический список***

1. Новый взгляд на грамотность. По результатам международного исследования PISA-2000. М.: Логос, 2004. 296 с.
2. Государственный образовательный стандарт общего образования // Официальные документы в образовании. 2004. № 24–25.
3. Максимова В.Н. Межпредметные связи в учебно-воспитательном процессе современной школы. М.: Просвещение, 1986. С. 25–31.
4. Аналитический отчет «Основные результаты международного исследования «Изучение качества чтения и понимания текста» PIRLS-2006».
5. Ковель М.И. Развитие у обучаемых смыслового чтения на уроках химии: учебно-методическое пособие. Красноярск: ККИПК, 2018. 156. с.

**АНАЛИЗ АКТУАЛЬНЫХ ДАННЫХ  
О ХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ**  
ANALYSIS OF CURRENT DATA  
ON CHEMICAL EVOLUTION

**А.М. Кучеренко**

Научный руководитель **А.Н. Залого** –  
*доцент кафедры биологической химии  
с курсами медицинской, фармацевтической  
и токсикологической химии Красноярского  
государственного медицинского университета  
им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск*

**A.M. Kucherenko**

Scientific adviser **A.N. Zaloga** –  
*Associate Professor of the Department of Biological Chemistry  
with courses in Medical, Pharmaceutical and Toxicological  
Chemistry, Krasnoyarsk State Medical University  
named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk*

Абиогенез, зарождение жизни, рибозимы, РНК, химическая эволюция.  
*В настоящей статье проводится обзор актуальных исследований, по-  
свящённых ранним этапам химической эволюции до появления первых  
«живых» организмов.*

Abiogenesis, origin of life, ribozymes, RNA, chemical evolution.  
*The article reviews current research on the early stages of chemical evolution  
before the appearance of the first «living» organisms.*

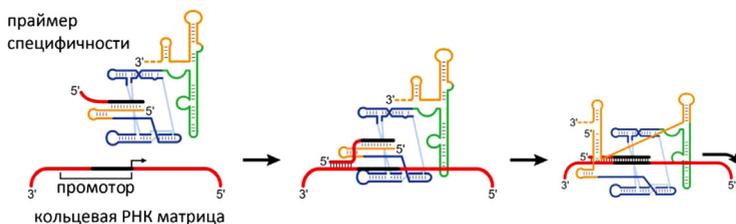
**Н**евозможно переместиться в прошлое и пронаблюдать ге-  
незис жизни во всех его аспектах. Гипотетически, ана-  
лизируя данные исследований, в которых повторяются усло-  
вия, сходные с таковыми миллиарды лет назад, мы можем  
смоделировать обстановку, возможно, приведшую к появле-  
нию ранних форм жизни. Живую материю можно определить  
как вид открытых систем, способных к воспроизведению са-  
мих себя из находящихся вокруг «строительных материалов»

(в роли которых могут выступать аминокислоты, нуклеотиды, фосфолипиды и т.д.). В таком случае первые доклеточные формы живой материи могли представлять собой множества нитей РНК [1], обладающих свойством катализировать синтез себе подобных молекул РНК из находящихся в «первичном бульоне» нуклеотидов. Однако гипотеза РНК мира имеет ряд недостатков, например, отсутствующее на данный момент представление о том, как от таких рибозимов жизнь могла перейти к клеточным формам и использованию белков. Исследования, подобные нижеописанным, в которых воссоздаются естественные для того периода времени (по мнению учёных) условия, могут свидетельствовать о *принципиальной возможности* данных процессов. В данной обзорной статье будут рассматриваться недавние работы, посвященные восполнению «белых пятен» в теории химической эволюции.

Методики исследований, посвящённых данному вопросу, разнообразны.

В 1989 году была присуждена нобелевская премия по химии за открытие каталитических свойств некоторых молекул РНК [2] (исследование опубликовано в 1986 г.). С тех пор было много попыток создания рибозимов, имевших сравнительно низкую константу Михаэлиса [3], но самой успешной можно назвать работу 2021 года [4], в которой авторы добились внесением изменений, имитирующих мутации, появления у преобразованной молекулы способности связывать аналог  $\sigma$ -фактора в виде небольшого фрагмента праймера РНК, который отвечал за специфическое присоединение к комплементарному «промоторному» участку РНК. Отбор таких рибозимов из общего пула происходил как напрямую, когда отбирались такие рибозимы, которые были способны присоединять праймер, так и через отсеивание не связывающих праймер рибозимов. Процессивность полученного РНК-катализатора объяснялась замыканием рибозима вокруг копируемой нити РНК после присоединения праймера к копи-

руемой молекуле. Таким образом, РНК-матрица не может покинуть катализатор какое-то время – до раскрытия рибозима или окончания синтеза (рис. 1). Так авторы добились большей процессивности процесса снижения константы Михаэлиса и увеличения скорости «копирования» РНК матрицы.



*Рис. 1. Механизм связывания полученного рибозима с помощью праймера к РНК матрице [4]*

В описанных выше исследованиях восполняются пробелы теории РНК мира. Принципиальная возможность процессов, описанных выше, говорит о том, что эти сходные процессы могли протекать миллиарды лет назад. На взгляд автора настоящей статьи, гипотеза РНК мира на данный момент является сильнейшей из гипотез внутри более широкой гипотезы – химической эволюции. Недавнее исследование 2021 года [4] является важным достижением по восполнению белых пятен в гипотезе РНК мира и химической эволюции в целом.

### ***Библиографический список***

1. Маракушев А.А., Маракушев С.А. Эндогенные углеродные и углеводородные предшественники живой материи // Электронное научное издание. Альманах Пространство и Время. 2012. №1.
2. Cech, T R, and B L Bass. Biological catalysis by RNA // Annual review of biochemistry. 1986. № 55. С. 599–629.
3. Lawrence M.S., Bartel D.P. Processivity of Ribozyme-Catalyzed RNA Polymerization // Biochemistry. 2003. 42. С. 8748–8755.
4. Cojocar R., Unrau P. J., Processive RNA polymerization and promoter recognition in an RNA World // Science. 2021. 371(6535). С. 1225–1232.

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПО ХИМИИ  
КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ШКОЛЕ**  
**INDEPENDENT WORK IN CHEMISTRY  
AS AN IMPORTANT COMPONENT  
OF THE EDUCATIONAL PROCESS AT SCHOOL**

**О.И. Лопатина**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук,  
профессор кафедры биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного педагогического  
университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**O.I. Lopatina**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –  
*Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department  
of Biology, Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State  
Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Самостоятельная работа, онлайн-сервисы, гениально, интерактивные изображения, обучающиеся

*Несмотря на широкий спектр средств современного интерактивного мира, учитель не всегда осознает свои возможности. А ведь использование интерактивных средств обучения как одного из видов самостоятельной работы поможет углубить и улучшить знания, а также поможет обучающимся, которые по той или иной причине отсутствовали на уроке, освоить изученный материал. В статье рассматривается один из видов самостоятельной работы – создание и использование интерактивных изображений.*

Independent work, cloud online services, genially, chemical education, educational process, interactive images, learners

*Despite the wide range of means of the modern interactive world, the teacher is not always aware of their capabilities. But the use of interactive learning tools as a type of independent work will help to deepen and improve knowledge, as well as help students who for one reason or another were absent from the lesson, not to miss the material studied. The article considers one of the types of independent work-the creation and use of interactive images.*

В рамках реализации федерального государственного общеобразовательного стандарта (далее – ФГОС) второго поколения и реформы системы образования, когда человек был провозглашен высшей ценностью общества, целью химической науки стало овладение основами химии для обеспечения условий, необходимых для интеллектуального и личностного развития. *Т.В. Rogozina* отмечает, что доминирующей целью в условиях ФГОС становится создание условий для развития навыков самостоятельной работы, творческой деятельности в рамках проблемных и образовательных результатов [3].

Изучение химии в школе, ориентированное на перспективу развития общества конкретным человеком, должно обеспечивать свободное развитие личности, способной к самообразованию. По мнению *Агуреевой С.В. и Остроумовой Е.Е.*, ученик может усвоить информацию только в собственной деятельности при заинтересованности предметом. Поэтому учителю нужно забыть о роли информатора, он должен исполнять роль организатора познавательной деятельности ученика [1].

Для создания условий, при которых обучающиеся будут активно участвовать в образовательном процессе, изучать материал, проверять уровень своих знаний и степень подготовки к уроку, подходят различные онлайн-платформы.

Например, используя *genially* и *learnis*, учитель может создать иллюстративный материал, изучая который обучающиеся самостоятельно выучат тему, если отсутствовали на уроке, или подготовятся к проверочной работе, а используя *wordwall* или *mentimeter*, учитель может оперативно проверить знания на уроке по пройденной теме.

В статье более подробно хотелось бы остановиться на такой платформе, как *genially*.

Используя данную платформу, удалось вовлечь большое количество обучающихся 8 классов в образовательный про-

цесс. Показателем стали оценки за проверочную работу по теме, которую обучающиеся закрепили в домашних условиях самостоятельно.

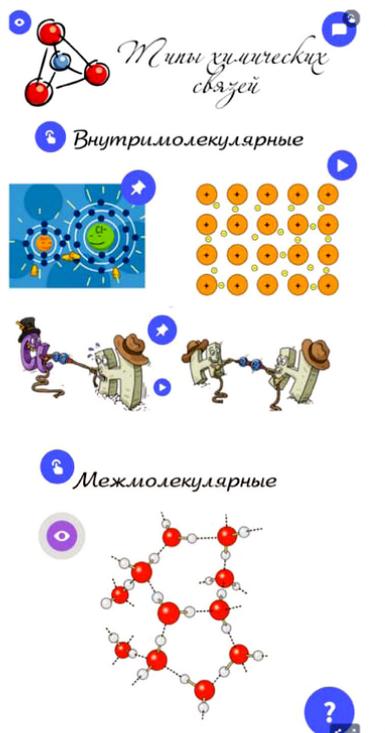


Рис. 1. Интерактивное изображение «Типы химических связей»

Было создано интерактивное изображение (рис. 1) по теме «Типы химических связей» [2] для обучающихся 8 классов МАОУ СШ №145 г. Красноярск. С помощью его обучающимся было предложено в качестве домашнего задания повторить пройденные темы и подготовиться к проверочной работе по теме «Типы химических связей».

Интерактивное изображение включает в себя набор картинок, в которых отражены основные типы химических связей, такие, как ионная, металлическая, ковалентная полярная, ковалентная неполярная и водородная. Каждый тип связи зашифрован в виде художественного рисунка.

Каждое отдельное изображение сопровождается объясняющим материалом. К примеру, «внутримолекулярная химическая связь» и «межмолекулярная химическая связь» сопровождаются всплывающими окнами с текстом, который доступен при наведении курсора мыши на значок.

Ионную химическую связь обучающиеся изучают при помощи объяснительного текста картинке, которая доступна при нажатии на иконку «Push pins»-канцелярские гвозди (рис. 2).

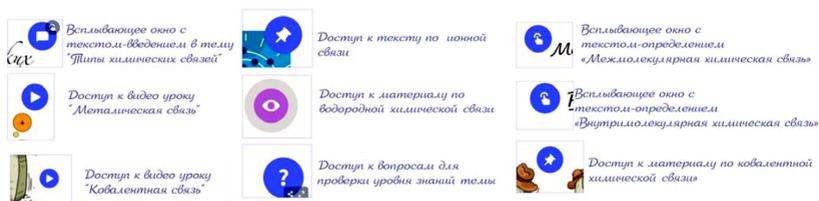


Рис. 2. Кнопки навигации по интерактивному изображению

Металлическую и ковалентную связь обучающимся предложено изучить двумя способами: первый – просмотрев видеоролок; второй – прочитав текстовое сопровождение (рис. 3).

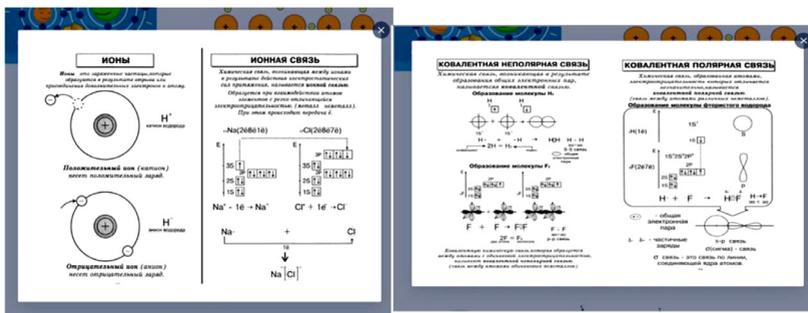


Рис. 3. Материал по теме «Ионная и ковалентная химическая связь»

После повторения материала обучающимся предлагается проверить уровень своих знаний, ответив на вопросы, которые доступны при нажатии на иконку «question mark» – Вопросительный знак (рис. 4).

Водородная химическая связь.

**Водородные связи** — это межмолекулярные химические связи, возникающие между молекулами, в которых есть сильно полярные ковалентные связи —  $\text{H-F}$ ,  $\text{H-O}$  или  $\text{H-N}$ .

Оработайте вопросы для закрепления темы:

- 1-Что такое химическая связь?
- 2-Какую связь называют ионной? Как составить схему образования ионной связи?
- 3-Что представляет собой металлическая химическая связь?
- 4- С атомами каких химических элементов атом водорода обычно образует химическую связь?
- 5-Какой заряд имеют ионы металлов?Как они называются?

Рис. 4. Материал по водородной химической связи и вопросы для повторения

Интерактивные изображения можно использовать как для подготовки к проверочным работам, так и для подготовки к изучению новой темы.

### **Библиографический список**

1. Агуреева С.В., Остроумова Е.Е. Инновационный подход к обучению химии в школе [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/32\\_PRNT\\_2013/Pedagogica/5\\_149314.doc.htm](http://www.rusnauka.com/32_PRNT_2013/Pedagogica/5_149314.doc.htm) (Дата обращения 12.04.2021).
2. Интерактивное изображение по теме «Типы химических связей» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://view.genial.ly/6074423e5bb9470dc4a391b2/interactive-image-tipy-himicheskikh-svyazey> (Дата обращения 12.04.2021).
3. Рогозина Т.В. Изменения в домашней учебной работе школьников в условиях перехода на ФГОС нового поколения: учебно-методическое пособие. СПб.: ЛОИРО, 2001. 63 с.

**МЕТОДИКА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ  
И УСТРАНЕНИЯ НЕУСПЕВАЕМОСТИ  
УЧАЩИХСЯ ПО ХИМИИ**  
METHODOLOGY OF PREVENTING  
AND ELIMINATING ACADEMIC FAILURE  
OF STUDENTS IN CHEMISTRY

**Д.С. Магдич**

Научный руководитель **О.И. Фоминых** –  
*кандидат химических наук, старший преподаватель  
кафедры биологии, химии и экологии  
КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**D.S. Magdich**

Scientific adviser **O.I. Fominykh** –  
*PhD in Chemistry, Senior Lecturer, Department of Biology,  
Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical  
University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Процесс обучения, контроль, диагностика, обучение химии  
*В статье анализируется проблема школьной неуспеваемости. Приведены предпосылки отставания учащихся, а также меры совершенствования учебно-воспитательного процесса на уроках химии с целью предупреждения и устранения неуспеваемости учеников.*

Training process, control, diagnostics, chemistry training  
*The article analyzes the problem of school failure. The prerequisites for the backlog of students are presented, as well as measures to improve the educational process in chemistry classes in order to prevent and eliminate students' failure.*

Современный мир характеризуется постоянными и бурными изменениями, стремлением человека расширить границы своих возможностей. Так образовательный процесс, определяющий уровень развития общества, требует регулярного улучшения образовательных технологий и введения новых активных форм организации учебной деятельности. Как следствие – усложнение и увеличение объема учебных программ. Но все ли могут приспособиться к запросам динамично меняющейся образовательной среды? За многолетнюю педагогическую деятельность педагоги отмечают, что в процессе школьного обучения учащиеся испытывают различные трудности. По данным многочисленных опросов, около 30% обучающихся 8–11 классов являются слабоуспевающими по химии, и потому некоторые из них относят данную учебную дисциплину к числу самых нелюбимых [1]. Перед учителем химии ставится нелегкая задача – устранить и предотвратить неуспеваемость, то есть своевременно выявить у обучающегося образовавшиеся пробелы в знаниях, навыках и умениях.

Под учебной неуспеваемостью следует понимать неспособность ребенка полноценно усвоить предметный материал и выполнить по нему задания. И для устранения неуспеваемости наиболее продуктивно исходить от анализа причин.

При анализе школьной неуспеваемости выделяют внешний и внутренний критерий. Внешние причины неуспевае-

мости включают в себя, например, снижение ценности образования, несовершенство организации учебного процесса, недостаток дидактических воздействий. К внутренним относят дефекты здоровья школьников, отсутствие мотивации, слабое развитие волевой сферы и слабое умственное развитие. Таким образом, предупреждение и устранение неуспеваемости может быть достигнуто только за счет правильно организованного обучения, основанного на принципе индивидуального подхода [2].

Контроль и диагностика результатов обучения по химии предполагают учет и методику оценивания ответов и выполненных заданий. Учитель химии обязан не только проводить контроль знаний, но и уметь диагностировать их, выявлять ошибки.

Контроль – один из важнейших компонентов процесса обучения химии [3]. Определение объема и качества химических знаний, умений играет важную значимость в повышении качества учения. Оценку уровня усвоения полученных знаний рекомендуется проводить после каждой пройденной темы. Например, чтобы проверить качество умений моделировать химические объекты, учитель проведет практический контроль. По результатам контроля к обучающимся, которые справились менее успешно, будут применены индивидуальный подход (повторный анализ Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева) и специальная система домашних заданий (выполнение однотипных заданий с символами химических элементов). Таким образом, данная педагогическая диагностика предполагает своевременное выявление пробелов учащихся в школьном курсе.

Диагностика является обязательным элементом методического исследования учителя химии. Она может обнаружить несоответствие учебного материала возрастным особенностям обучающихся. Это процесс выявления, сравнения и оценки результатов, который носит обучающую, вос-

питывающую и побуждающую функцию, что, в свою очередь, способствует стимулированию познавательной деятельности обучающихся [4].

Как мы уже упомянули, причиной плохой успеваемости обучающегося может являться отсутствие мотивации. В данном случае учитель должен увлечь его познанием, помочь осознать необходимость получения новых знаний.

В обучении очень важно знать точку развития, в которой находятся обучающиеся, а также перспективы этого развития. Выявление и профилактика школьной неуспеваемости на уроках химии – неотъемлемая часть образовательного процесса.

#### ***Библиографический список***

1. Локалова Н.П. Школьная неуспеваемость: причины, психокоррекция, психопрофилактика. СПб.: Питер, 2009. 368 с.
2. Космодемьянская С.С., Гильманшина С.И. Методика обучения химии: учебное пособие. Казань: ТГГПУ, 2011. 136 с.
3. Пак М.С. Теория и методика обучения химии: учебник для вузов. М.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. 306 с.
4. Чернобельская Г.М. Актуальные проблемы методики обучения химии в школе. Москва: Педагогический университет, 2007. 336 с.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ И ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ECOLOGICAL EDUCATION OF STUDENTS IN CHEMISTRY LESSONS AND IN EXTRACTIONAL ACTIVITIES**

**А.А. Магомедова**

Научный руководитель **О.И. Фоминых** –  
*кандидат химических наук, старший преподаватель  
кафедры биологии, химии и экологии  
КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**A.A. Magomedova**

Scientific adviser **O.I. Fominykh** –

*PhD in Chemistry, Senior Lecturer, Department of Biology,  
Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical  
University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Экологическое воспитание, процесс обучения, химия, внеурочная деятельность, анкетирование

*В статье рассмотрено экологическое воспитание в системе химического образования. Приведены формы и методы экологического воспитания школьников в процессе обучения химии и во внеурочной деятельности.*

Environmental education, learning process, chemistry, environmental education, extracurricular activities

*The article discusses environmental education in the system of chemical education. The forms and methods of ecological education of schoolchildren in the process of teaching chemistry and in extracurricular activities are presented.*

**В**оспитание – это процесс, который формирует качества личности и требует определенной системы, планомерно проводимой работы во время учебных занятий и во внеурочной деятельности.

Под экологическим воспитанием понимается воспитание сознательного отношения к окружающей среде, направленного на охрану и рациональное использование природных ресурсов [3].

На сегодняшний день важной задачей общества и образования является экологическое воспитание подрастающего поколения. В федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования (ФГОС ООО) заложены основы формирования экологического мышления и проектирования в соответствии с новой методологией стандарта – системно-деятельностным подходом, обеспечивающим переход от трансляции знаний об экологических проблемах к формированию экологического мышления и обучения экологически ориентированной деятельности [2].

Во время прохождения педагогической практики интернатуры мною проведено исследование по выявлению экологической культуры обучающихся МАОУ «Средняя Школа «Комплекс Покровский»» 8 Е класса. Для измерения уровня экологической культуры обучающихся был использован тест «Экологическая культура учащихся» Е.В. Асафовой для 7–8-х классов [1]. Данный тест ученики прошли до проведения уроков и внеурочных мероприятий и после них.

Результаты первичного анкетирования показали, что у 42% обучающихся средний уровень экологической культуры. Лишь у 9% установлен высокий уровень экологической культуры, и это довольно низкий показатель экологической культуры. Низкий уровень наблюдается у 49% обучающихся.

Совместно учителем химии и классным руководителем 8 Е класса был разработан комплекс мероприятий, направленных на повышение уровня экологической культуры и воспитания школьников.

В рамках воспитательной работы мною был проведен урок по теме «Вода», посвященный экологической проблеме, целью которого стало воспитание бережного отношения к воде, экологическое просвещение школьников и проявление заботы к окружающей среде и здоровью.

Также в качестве внеурочного мероприятия был проведен квест по этой же теме для того, чтобы продолжить формирование и углубление знаний у обучающихся о значении воды для жизнедеятельности человека и закрепления материала. Все обучающиеся, которые участвовали в квесте, отлично справились с заданиями. Можно сделать вывод, что ученики усвоили пройденный ими материал.

В качестве внеклассного мероприятия мы провели занятие «Разделяй с нами. Мир без мусора», которое знакомит школьников с историей мусорной проблемы, современными инновационными идеями, направленными на ее решение, и

предлагает, основываясь на принципе «Отходы – дело каждого», и разработать эффективный комплекс мер по устранению отходов.

После проведенных мероприятий обучающиеся повторно прошли тестирование. Результаты теста показали, что обучающихся, имеющих высокий уровень, осталось такое же количество (9%). Количество обучающихся, имеющих средний уровень экологической культуры, значительно возросло, – их стало 80%. Соответственно, количество обучающихся с низким уровнем экологической культуры снизилось до 11%, что показывает динамику в лучшую сторону и является хорошим результатом после проведенных мероприятий.

В результате проведенного исследования мы выявили положительную динамику после проведения комплекса мероприятий. Поэтому важно проводить мероприятия с экологической направленностью. Также необходимо в школьном курсе химии делать уклон на экологические проблемы, повышать уровень экологической культуры у школьников, поскольку это влияет на экологическое воспитание подрастающего поколения.

### ***Библиографический список***

1. Асафова Е.В. Воспитание и диагностика развития экологической культуры студентов // Приоритетные стратегии мониторинга качества воспитания студентов / под ред. В.И. Андреева. Казань: Центр инновац. технологий, 2003. С. 157–176.
2. Формирование экологической культуры и экологического мышления учащихся в процессе проектной деятельности на уроках химии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.единьурок.рф>.
3. Банников А.Г. Основы экологии и охрана окружающей среды / А.Г. Банников, А.А. Вакулин, А.К. Рустамов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1999. 304 с.

**ДЕЛОВАЯ ИГРА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД  
ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ**  
**BUSINESS GAME AS AN EFFECTIVE METHOD  
OF TEACHING CHEMISTRY**

**В.А. Марковская, С.П. Бояринова**  
*Сибирская пожарно-спасательная академия  
ГПС МЧС России, г. Железногорск*

**V.A. Markovskaya, S. P. Boyarinova**  
*Siberian Fire and Rescue Academy  
of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies  
of Russia, Zheleznogorsk*

Деловая игра, инновационная деятельность, инновационные технологии, студенты, метод

*В статье рассматривается деловая игра студентов как один из важнейших методов повышения качества подготовки специалистов. Рассмотрены достоинства и недостатки деловой игры. Приведены примеры использования деловых игр при изучении студентами химии.*

Business game, innovative activity, innovative technologies, students, method  
*The article considers the business game of students as one of the most important methods of improving the quality of training of specialists. The advantages and disadvantages of the business game are considered. Examples of the use of business games in the study of chemistry by students are given.*

**В**современные дни одной из важных задач, стоящих перед высшими учебными заведениями, является повышение качества подготовки специалистов, формирование личности, способной к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Достичь этого возможно, активизируя учебный процесс, применяя инновационные методы.

Понятие «инновация» в переводе с латинского языка означает «обновление, новшество или изменение». Это понятие впервые появилось в исследованиях в XIX веке и

означало введение некоторых элементов одной культуры в другую [1].

Применительно к педагогическому процессу инновация означает организацию совместной деятельности преподавателя и студента, внесение изменения в цели, содержание, методы и формы обучения.

Таким образом, педагогическая инновация – намеренное качественное или количественное изменение педагогической практики и повышение качества образовательного процесса.

Исследование инновационного опыта показывает, что большинство нововведений посвящено разработке новых технологий. Самыми продуктивными являются технологии, ориентированные на личность обучающегося, его способности, интересы.

Инновационные технологии – важное условие для формирования у обучающихся способностей разбираться в различных профессиональных ситуациях, уметь нестандартно мыслить, стремиться к постоянному обновлению знаний.

Химия относится к тем дисциплинам, которые вызывают у студентов трудности при изучении. Использование активных педагогических технологий является одним из вариантов решения этой проблемы. Одним из таких методов является деловая игра.

А.А. Вербицкий определяет деловую игру как форму воссоздания предметного и социального содержания будущей профессиональной деятельности специалиста, моделирования тех систем отношений, которые характерны для этой деятельности как целого [2].

Деловая игра – это обучение умениям и навыкам совместной деятельности.

Сущность деловой игры – это творческая деятельность участников, которым нужно научиться работать с информацией, находить способ решения возникшей проблемы.

К преимуществам деловой игры можно отнести:

- возможность сократить время накопления профессионального опыта;
- возможность экспериментировать с событием, пробовать разные стратегии решения поставленных проблем и т.д.;
- приобретение опыта принятия решений, опыта работы в команде;
- умение ориентироваться в нестандартных ситуациях.
- отработку на практике коммуникационных и профессиональных навыков.

Деловая игра также позволяет концентрировать внимание студентов на главных аспектах проблемы и устанавливать причинно-следственные связи;

К недостаткам деловой игры можно отнести:

- отсутствие стандартного алгоритма проведения мероприятия;
- сложность соотнесения игрового пространства с реалиями жизни;
- сложность при проведении объективной оценки.

Деловая игра должна содержать игровую и учебную задачи. Игровая задача – выполнение играющим определенной профессиональной деятельности. Учебная задача – овладение знаниями и умениями [3]. К игре преподаватель разрабатывает инструкции, которые включают в себя условия игры, основные вопросы по теме игры, требования к оформлению.

В качестве примера можно привести следующие игры:

### **Деловая игра «Торги»**

На торги выносятся задания по какой-либо теме, причем преподаватель заранее озвучивает студентам тему игры. В игре участвуют от 3 команд.

На доске размещаются лоты с заданиями. Первая команда выбирает задание и назначает ему цену от 1 до 10 баллов.

Если цена этой команды выше тех, что дают другие, она получает задание и выполняет его. Остальные задания должны купить другие команды. Если задание решено верно, команде начисляются баллы (или часть их снимается). Достоинства этой простой игры в том, что при выборе задачи учащиеся сравнивают все задачи и мысленно прокручивают ход их решения. Данную игру хорошо проводить в конце изучения какой-либо темы.

### **Деловая игра «Брейн-ринг»**

Эту игру можно провести на заключительных занятиях 1 курса, когда обучающимися усвоены основные понятия и изучен весь необходимый материал.

Цель занятия: повторить пройденный материал и систематизировать основные теоретические положения темы, повысить интерес студентов к изучению химии и активизировать познавательную деятельность, создавать условия для развития любознательности.

Организация игры: для игры нужно создать несколько команд от 6 до 10 человек, выбрать капитанов и придумать название командам. Игра состоит из четырех раундов:

1. Введение в общую химию.
2. Основные закономерности протекания химических процессов.
3. Химия растворов. Электрохимические процессы. Дисперсные системы.
4. Физико-химические свойства органических веществ.

В каждом раунде по 3 вопроса. Ведущий зачитывает вопросы игры, и для того, чтобы ответить на него, у каждой команды есть 1 минута. Та команда, у которой готов ответ, подает сигнал и с разрешения ведущего отвечает. Если ответ, данный командой, неверен, а минута не закончилась, у остальных команд есть возможность продолжить обсуждение и попробовать ответить правильно. Если верный ответ

так и не будет дан ни одной из команд, вопрос снимается. Каждый ответ приносит команде 1 балл. Выигрывает та команда, которая набрала большее количество баллов.

В учебном процессе при изучении дисциплин химии также можно использовать тематику деловых игр:

– мозговой штурм «Идентификация неизвестного вещества»;

– игра-викторина (по любой пройденной теме);

– игра «Вещества в твоей жизни» (титриметрический анализ);

– игра «**Третий лишний**», игра может быть использована при изучении классов органических и неорганических соединений;

– игра «**Найди пару**», в основе игры лежит умение составлять химические реакции и т.д.

Деловая игра при изучении химии позволяет найти решение сложных проблем, стимулировать творческую активность участников [4]. Таким образом, деловые игры являются одним из наиболее эффективных методов обучения, позволяющим снять противоречия между теоретическим характером учебной дисциплины и практическим характером профессиональной деятельности обучаемого.

### ***Библиографический список***

1. Ведущий образовательный портал России ИНФОУРОК [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://nsportal.ru/shkola/raznoe/library/2016/02/11/innovatsii-v-obrazovanii>
2. Вербицкий А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход: метод. пособие. М.: Высш. шк., 1991. 207 с.
3. Ведущий образовательный портал России ИНФОУРОК [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://infourok.ru/metodicheskie-ukazaniya-k-provedeniyu-delovoy-igri-472586.html>
4. Быкова Т.В. Использование деловых игр при изучении дисциплин химии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pedrazvitie.ru/servisy/publik/publ?id=23452>

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ QR-КОДОВ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ  
К ИЗУЧЕНИЮ ХИМИИ**  
USING QR-CODES TO INCREASE MOTIVATION  
TO LEARN CHEMISTRY

**Е.В. Мин**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук,  
профессор кафедры биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного педагогического  
университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**E.V. Min**

Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –  
*Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department  
of Biology, Chemistry and Ecology,  
Krasnoyarsk State Pedagogical University  
named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Мобильное обучение, QR-код, общение, дистанционное обучение, мотивация

*В статье анализируются приемы интеграции QR-кода в современный урок для повышения мотивации к изучению химии. Приведен пример использования QR-кода при разработке задания по химии в 11 классе.*

Mobile learning, QR-Code, Communication, Distance education, motivation

*The article analyzes the techniques of integrating a QR-code into a modern lesson to increase motivation to study chemistry. An example of using the QR-code when developing a chemistry assignment in grade 11 is given.*

**И**спользование QR-кодов стало обычным явлением в повседневной жизни, однако эта тенденция только начинает зарождаться в школах Красноярского края. Хотелось бы более подробно обсудить использование технологии QR-кода на уроках химии.

Что можно расшифровать? Не очень большие тексты можно легко перевести в QR-код. Например, все текстовые задания, примеры и реакции из учебника прекрасно переведены в QR-коды.

Остановимся на возможности использования технологии QR-кода на уроках химии как средства повышения мотивации учащихся [3]:

1. При организации проектной деятельности можно использовать QR-коды для представления коллекций ссылок, информационных блоков, комментариев, а затем публиковать их на страницах сайтов поддержки проекта, плакатов.

2. QR-коды, содержащие ссылки на интернет-ресурсы, могут размещаться на информационных стендах аудиторий и лабораторий в качестве видео- или мультимедийного комментария к учебному материалу.

3. Материал для учебных занятий, выполненный в виде карточек с различными вариантами заданий, может быть представлен в виде QR-кодов.

4. Одним из способов индивидуализации обучения может стать выдача домашних заданий, зашифрованных в QR-кодах – это снизит вероятность списывания и повысит интерес обучающихся.

5. На страницы учебника можно вставлять (вставлять/прикреплять) QR-коды со ссылками на сайты с видеоклипами, аннотациями тех экспериментов и реакций, которые приведены в тексте учебника.

6. Правила техники безопасности, размещенные на рабочем месте каждого обучающегося, дублирующие информацию, размещенную на стенде, также могут быть оформлены в виде QR-кода.

Урок по теме: «Соли» 11 класс, базовый уровень, закрепление нового материала):

Предметные задания: «Восстановить пропущенные элементы в определении понятия»:

Кристаллогидраты – это ..., которые содержат в кристаллической решетке



Предполагаемые ответы обучающихся: «Кристаллогидраты – это сложные вещества, которые содержат в кристаллической решетке молекулы воды».

Планируемые результаты:

– *предметные умения*: находят родовой и видовой признак «кристаллогидратов», формулируют определение данного понятия;

– *познавательные УУД*: осуществляют синтез (составление целого из частей). Осуществляют подведение под понятие (определение).

#### ***Библиографический список***

1. Артюхина М.С., Артюхин О.И., Клешнина И.И. Аппаратная составляющая интерактивных технологий образовательного назначения // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 8. С. 308–314.
2. Ковалёв А.И. QR-коды, их свойства и применение // Молодой ученый. 2016. №10. С. 56–59.
3. Логинова А.В. Использование технологии мобильного обучения в образовательном процессе // Молодой ученый. 2015. №8. С. 974–976.
4. Николаенко Г.А. Перспективы использования QR-кодировки в академической сфере / Г.А. Николаенко, Е.В. Евсикова // Социология науки и технологий. 2015. №2. С. 109–118.

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСКУРСИЙ  
ПО ХИМИИ**  
METHODOLOGY FOR CONDUCTING EXCURSIONS  
IN CHEMISTRY

**К.В. Никитина**

Научный руководитель **О.И. Фоминых** –  
*кандидат химических наук, старший преподаватель  
кафедры биологии, химии и экологии  
КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**K.V. Nikitina**

Scientific adviser **O.I. Fominykh** –  
*PhD in Chemistry, Senior Lecturer, Department of Biology,  
Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical  
University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Экскурсия, форма обучения химии, методика проведения экскурсии, авторская программа, примерная программа

*В статье показана важная роль экскурсии в образовательном процессе. Перечислены основные объекты экскурсии, представленные в примерной и авторской программах по химии для 8–9 классов. Приведен пример заданий для экскурсии на алюминиевый завод.*

Excursion, form of teaching chemistry, method of conducting an excursion, author's program, sample program

*The article shows the important role of excursions in the educational process. The main objects of the excursion are listed, presented in the exemplary and author's programs in chemistry for grades 8-9. An example of tasks for an excursion to an aluminum smelter is given.*

**О**дной из важных целей современных школ является предоставление школьникам качественного образования. Средством достижения высокого уровня образования является учебно-методическое наполнение образовательного процесса. Формы организации учебной деятельности

разнообразны и направлены на использование нестандартного и активного проведения учебных занятий. Такая деятельность способствует развитию интереса к учебному процессу и повышению познавательной активности школьников. При использовании нестандартных форм обучения происходит более качественное усвоение материала школьной программы. Новые знания по химии могут формироваться не только на уроках в школе, но и во время проведения экскурсий.

Экскурсия (от лат. *excursion* – поездка, вылазка) – посещение достопримечательных каких-либо объектов (памятники культуры, музеи, предприятия, местность и т.д.), форма и метод приобретения знаний [1]. При проведении экскурсий происходит тесное взаимодействие наглядно-чувственной, наглядно-действенной и эмоциональной сфер школьников. Большое внимание уделяется формированию универсальных учебных действий учащихся (регулятивных, познавательных, коммуникативных).

Методика проведения экскурсий представляет собой совокупность правил, требований и методических приемов.

В примерных программах основного общего образования приведен примерный перечень объектов экскурсий, но не даны конкретные рекомендации учителю [2]. Поэтому также были рассмотрены авторские программы по химии для 8–9 классов на предмет наличия тем экскурсий и включения экскурсии в тематическое планирование (таблица 1) [3–5].

Во всех авторских программах, кроме программы Г.Е. Рудзитиса и Ф.Г. Фельдмана, представлены объекты экскурсий. В авторской программе О.С. Габриеляна выделено 4 часа на учебные экскурсии в конце 8 класса при проведении уроков химии 3 часа в неделю. В авторской программе Н.Е. Кузнецовой в примерном тематическом планировании учебная экскурсия предусмотрена по теме «Растворы. Теория электролитической диссоциации» в 9 классе.

## Сравнительная характеристика авторских программ

Примерная программа по химии	Авторская программа О.С. Габриеляна	Авторская программа Г.Е. Рудзитиса и Ф.Г. Фельдмана	Авторская программа Н.Е. Кузнецовой
Представлены объекты экскурсий: музей (минералогические, краеведческие, художественные), химические лаборатории (учебные и научные), научно-исследовательские организации, экскурсии в природу	В 8 классе учебные экскурсии предусмотрены программой с учетом того, что на уроки химии выделяется 4 часа в неделю. Представлены объекты экскурсий: 1. Музеи: минералогические, краеведческие, художественные, политехнические. 2. Лаборатории: учебных заведений, агрохимлаборатории, экологические, санэпидемиологические. 3. Аптеки. 4. Производственные объекты: химические заводы, водоочистные сооружения и другие местные производства	Учебные экскурсии в программе отсутствуют. Однако могут быть предусмотрены учителем при тематическом планировании	Представлены объекты экскурсий: музей (минералогические, краеведческие, художественные), химические лаборатории, экскурсии на природу. В тематическом планировании приведен пример экскурсии в химическую лабораторию в целях ознакомления с приёмами работы с растворами в теме «Растворы. Теория электролитической диссоциации» в 9 классе

Таким образом, от учителя требуется обозначить место и сроки проведения учебной экскурсии в тематическом планировании либо вынести экскурсии во внеурочную деятельность по предмету химия.

В связи с отсутствием методических рекомендаций по проведению экскурсий по химии в примерных и авторских программах, а также современных учебных пособий, раскрывающих данный вопрос, были разработаны примеры проведения экскурсий на уроке и во внеурочной деятельности.

При организации экскурсии важно спланировать деятельность обучающихся. Так, для экскурсии на алюминиевый завод обучающихся можно разделить на микрогруппы (пары) и дать задание:

1) Сделайте фоторепортаж экскурсии на алюминиевый завод. Задание фотографу – выбрать удачные кадры. Задание репортеру – подписать фотографии (название строения, цеха, назначение). Задание режиссёру – выстроить логическую последовательность фоторепортажа. Оформить в программе Power Point.

2) Подготовить коллекцию «Алюминиевая посуда и приборы дома и в школе». Составить рассказ, из чего делают алюминиевую посуду, правила работы с алюминиевой посудой и приборами.

3) Подготовить сообщение о стадиях производства алюминия в форме кластера, буклета и пр.

4) Перечислите профессии, которые вы встретите на алюминиевом заводе, и дайте их краткую характеристику. Ответ оформите в форме коллажа из фотографий и/или рисунков с подписями.

5) Представьте химические реакции, лежащие в основе производства алюминия. Подумайте, почему алюминий получают методом электролиза.

Во время экскурсии обучающиеся накапливают материал по выданному им заданию, а также после ее посещения готовятся к конференции. Итоги экскурсии обязательно должны быть представлены в классе, что позволит обучающимся восстановить ее ход, углубить и систематизировать знания по изучаемым темам («Производство алюминия», «Электролиз», «Металлургия»).

На уроке подобную экскурсию можно провести, используя метод «Ротация станций», где на одной из станций обучающимся можно продемонстрировать видеофильм об алюминиевом заводе, на другой станции – ознакомить школьников с коллекцией алюминиевых изделий, также можно спланировать станции, где им будет предложено вспомнить материал по теме «Электролиз», а также по теме «Окислительно-восстановительные реакции».

Таким образом, экскурсия – это такая форма организации обучения, которая способствует формированию естественнонаучной грамотности, а также профориентации обучающихся.

#### ***Библиографический список***

1. Большая советская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия. 1969–1978.
2. Примерные программы основного общего образования. Химия. М.: Просвещение. 2010. 48 с. (Стандарты второго поколения).
3. Химия. Рабочие программы. Предметная линия учебников Г.Е. Рудзитиса, Ф.Г. Фельдмана. 8–9 классы: пособие для учителей общеобразоват. организации / Н.Н. Гара. – 2-е изд., доп. – М.: Просвещение, 2013. 48 с.
4. Программа курса химии для 8-11 классов общеобразовательных учреждений / О.С. Габриелян. – 8-е изд., переработанное и дополненное. – М.: Дрофа, 2012. 78 с.
5. Химия: рабочая программа: 8–9 классы / Н.Е. Кузнецова, Н.Н. Гара. М.: Вентана-Граф. 2021. 68 с.

**ФОРМИРОВАНИЕ  
ХИМИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ПРИРОДЫ  
В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ХИМИИ  
FORMATION  
OF A CHEMICAL PICTURE OF NATURE  
IN A SCHOOL CHEMISTRY COURSE**

**А.М. Петрова**

Научный руководитель **О.И. Фоминых** –  
*кандидат химических наук, старший преподаватель  
кафедры биологии, химии и экологии  
КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**A.M. Petrova**

Scientific adviser **O.I. Fominykh** –  
*PhD in Chemistry, Senior Lecturer,  
Department of Biology, Chemistry and Ecology,  
Krasnoyarsk State Pedagogical University  
named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Химическая картина природы, методика преподавания химии, школьный курс химии, мировоззрение, химия

*В статье раскрыто понятие «химическая картина природы», на котором выстроено содержание школьного курса химии. В работе представлены основные функции и категории химической картины природы. Выделены важнейшие идеи основного общего химического образования, а также алгоритм процесса изучения одной темы.*

Chemical picture of nature, methods of teaching chemistry, school chemistry course, worldview, chemistry

*The article reveals the concept of «chemical picture of nature», on which the content of the school chemistry course is built. The work presents the main functions and categories of the chemical picture of nature. The most important ideas of the basic general chemistry education, as well as the algorithm of the teaching process of one topic, are highlighted.*

Одной из главных целей химического образования является формирование у школьников представлений о химической картине природы (ХКП) [1].

Химическая картина природы лежит в основе построения в школьном курсе химии и выполняет следующие функции: синтезирующую, мировоззренческую, методологическую, эвристическую, систематизирующую, объяснительную и описательную функции наглядности.

ХКП имеет определённую структуру и включает в себя философские и естественнонаучные принципы, химические теории и законы, понятия, факты, научные проблемы и гипотезы. Центральным компонентом КС ХКП являются химические понятия (химический элемент, вещество, химическая реакция), общенаучные (система, равновесие, структура) и философские категории (материя, явление, количество, качество и т.д.).

В школьном курсе химии рассматриваются следующие важнейшие идеи:

- многообразие веществ в природе;
- единство элементного состава всех веществ на Земле;
- классификация и системная организация вещества;
- действие законов сохранения массы и энергии в химических процессах;
- взаимосвязь физических и химических явлений и процессов в природе и промышленности;
- генетическая связь между классами неорганических соединений;
- зависимость свойств веществ от их состава и строения;
- обусловленность применения веществ их свойствами;
- периодичность изменения свойств элементов и их соединений с увеличением заряда ядра атомов как следствие периодического изменения электронных структур атомов.

В методике преподавания химии можно выделить алгоритм процесса изучения одной темы [2]:

1. Изучение важнейших понятий темы и фактов, из которых можно посредством индукции вывести важную закономерность или идею.

2. Формулировка вывода, на основе изученных фактов.

3. Составление (в конце изучения темы) обобщающей схемы, демонстрирующей взаимосвязь понятий между собой, а также с важнейшими законами или теориями.

4. Формулировка ведущих идей, подтверждением которых служит материал данной темы.

5. Итоговое обобщение изученного за учебный год материала на основе ведущих идей предмета.

Таким образом, учителям важно тщательно осуществлять отбор и планирование курса химии на основе ведущих идей учебного предмета, что будет способствовать [3]:

– обобщению изученного материала на уровне фундаментальных принципов естествознания и философских категорий;

– целостному восприятию химических теорий и соотношению их с историческим контекстом их формирования;

– формированию как химических, общенаучных, так и философских понятий;

– обеспечению углублённого понимания обучающимися фактических данных, осознанному усвоению химических законов и теорий.

#### ***Библиографический список***

1. Пак М.С. Теория и методика обучения химии: учебник для вузов. СПб: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2015. 306 с.
2. Волкова Ю.М. Решение задачи формирования научного мировоззрения и химической картины природы на основе ведущих идей учебного предмета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ext.spb.ru> (Дата обращения 04.05.2021).

## **ХИМИК – ПРОФЕССИЯ, ВОСТРЕБОВАННАЯ НА ГХК** **CHEMIST IS A PROFESSION DEMANDED AT GHK**

**Н.Н. Поддубецкая, И.В. Рыженков**  
*МБОУ Школа № 98, г. Железногорск*

**N.N. Poddubetskaya, I.V. Ryzhenkov**  
*School № 98, Zheleznogorsk*

Профорентация, ГХК, социальный проект, социальный заказ  
*Авторы статьи делятся опытом работы в области профориентации для развития кадрового потенциала ГХК в рамках социального проектирования.*

Vocational guidance, GHK, social project, social order  
*Annotation: the authors of the article share their experience in the field of career guidance for the development of the personnel potential of the GHK within the framework of social design.*

28 апреля 2021 года город Железногорск отметил 10-летие уникального образовательного проекта «Школа Росатома». В прошлом году отметило 70-летие уникальное предприятие системы «Росатома» – Горно-химический комбинат. Исторически сложилось, что система образования Железногорска и «Росатом» развиваются вместе, дополняя друг друга.

Несмотря на то, что в экономике Железногорска присутствуют несколько предприятий федерального уровня: АО «Информационные спутниковые системы», ФГУП «Центр космической связи», ФГУП «Национальный оператор РАО» – прародителем Железногорска по праву считают ФГУП Горно-химический комбинат. ГХК дал толчок рождению и развитию города. Уникальность образования города подчеркивает и то, что именно Л.П. Берия подписал в 1949 году указ о начале геологических изысканий на правом берегу Енисея, ниже по течению от Красноярска на несколько десятков километров [1]. Уникальный документ – Постановление Совета Министров СССР от 26 февраля 1950 года за подписью И.В. Сталина дало

старт строительству не имеющего аналогов в мире подземного атомного комбината [1], основной задачей которого долгое время была деятельность по наработке оружейного плутония для производства ядерного оружия. В дальнейшем построенные поочередно три атомных реактора выполнили эту задачу – обеспечили ядерное сдерживание США, позволили избежать третьей мировой войны, попутно обеспечивая существование города за счет «атомной» ТЭС [2].

Сегодня «Комбинат» – лидер отрасли. Разрабатывает комплекс уникальных научных направлений, основным из которых является работа с отработанным ядерным топливом, производство «Мокс-топлива» для атомных станций, что позволяет обеспечить ядерную, энергетическую и экологическую безопасность и независимость современной России [3].

Однако, несмотря на уникальность предприятия, мощную социальную защиту работников, ГХК стал испытывать кадровый голод, потребность в омоложении состава специалистов разных специальностей. По данным кадровой службы ГХК, в ближайшей перспективе на предприятии будет ощущаться дефицит специалистов разных компетенций, в том числе в компетенции: лабораторно-химический анализ, радиохимия. Причем, нехватка сотрудников будет ощущаться не только в области инженерных, но и рабочих специальностей.

Среди выпускников школ города наблюдается низкий уровень компетентности в области знаний о востребованных специальностях на ГХК. Следовательно, профориентационная работа должна стать первым серьезным шагом к решению кадровой проблемы. Тема профориентации в настоящее время очень актуальна.

Возникло понимание: без системы ранней профориентации, организации «плотного» взаимодействия с образовательными организациями Железногорска кадровая ситуация на предприятии обречена на стагнацию. Результатом анализа данной ситуации стало развитие сотрудниче-

ства школы № 98 и ГХК, возник социальный заказ. Мы стали активными участниками в реализации дорожной карты «Rosatoma» по развитию кадрового потенциала ФГУП ГХК «Mission.Talent. Rosatom Roadmap».

Решаем проблему в том числе и через социальное проектирование, целью которого является выполнение социального заказа – профориентация не только учащихся школы № 98, но и обучающихся образовательных организаций города [4]. Наше взаимодействие стало развиваться по нескольким направлениям. Прежде всего, мы создали условия для ранней профориентации: пропедевтика, раннее изучение дисциплин естественнонаучной направленности; профтестирование школьников города с использованием программного продукта школы № 98; популяризация профессий ГХК, организация встреч с ветеранами, экскурсии в Центральную заводскую лабораторию ГХК, музей ГХК.

В школах города отсутствует возможность качественно формировать практические компетенции в области «химия» вследствие недостаточного количества практических работ в школьном курсе по химии, отсутствия условий для индивидуального эксперимента, малого количества часов (1ч) в 10 – 11 классах по федеральному базовому учебному плану общеобразовательных организаций.

Поэтому мы на базе школы № 98 реализовали не имеющий аналогов в крае проект – Межшкольная экспериментальная химическая лаборатория (МЭХЛ). В рамках данного проекта школьники 8–9 классов города, желающие изучать химию, на бесплатной основе посещают внеурочные занятия в школе № 98. В лаборатории школы для них организован индивидуальный эксперимент с привлечением специалистов ГХК, преподавателей СФУ, что компенсирует дефицит практической части по учебному плану предмета «Химия». Программа Межшкольной химической лаборатории утверждена на кафедре неорганической химии СФУ с

учетом запроса ГХК по формированию компетенции «Лаборант химического анализа». С данной программой школа № 98 заявлялась на конкурс дополнительных образовательных программ Министерства образования Красноярского края.

В целях профориентационной и ресурсной поддержки данного проекта школа № 98 принимает активное участие в грантовой деятельности. В частности, является неоднократным победителем конкурса социальных проектов ГХК ТОП-20. Тематика говорит сама за себя: «Атомщик – профессия будущего», «Химик – престижная профессия», «Межшкольная экспериментальная химическая лаборатория». Выигранные средства позволяют бесперебойно реализовывать проект лаборатории (МЭХЛ).

Итоговое мероприятие проекта «Атомщик – профессия будущего», включало защиту подпроектов учащихся, презентация которых была представлена учащимся школ города и представителям ГХК. Темы: «Как не сделать ошибку при выборе профессии» – проект о правилах выбора профессии, формуле выбора профессии. «Профессии, востребованные на ГХК» – данный проект включает перечень профессий по материалам кадровой службы ГХК, профессиограммы к ним и перечень вузов, которые готовят этих специалистов, виды вступительных испытаний. Учреждения дополнительного образования города, которые оказывают помощь в подготовке к ЕГЭ по этим предметам, «Советы для устройства на работу в ГХК» – проект, включающий в себя рекомендации кадровой службы предприятия. «Резюме и как его подготовить» – проект, основанный на литературных источниках и материалах собеседования с сотрудниками отдела кадров ГХК. В ходе сбора информации, встреч с сотрудниками и ветеранами предприятия, посещения музея ГХК, создания продуктов проекта учащиеся приобрели знания о профессиях, востребованных на предприятии, что будет способствовать их правильному профессиональному выбору.

Следующим направлением деятельности является совместный проект со средним профессиональным образованием «Профи Трэвэл (профессиональные пробы)» в рамках сетевого взаимодействия с ТИПТИС (образовательная организация краевого подчинения техникум инновационных промышленных технологий и сервиса). В рамках реализации данного проекта школьники погружаются в практическое освоение разных профессий, востребованных на ГХК, с целью выяснить свои профессиональные склонности. Ребята практически знакомятся с фрагментами разных образовательных программ.

Как подтверждение эффективности нашей деятельности в области профориентации, 9 марта 2021 года приказом Министерства образования Красноярского края школе № 98 присвоен статус региональной инновационной площадки по теме «Системный подход к организации профориентационной работы как условие профессионального самоопределения учащихся».

ЗАТО город Железногорск – уникальное поселение со всех точек зрения. Наш город, с одной стороны, – символ ушедшего 20 века, «Знак холодной войны». С другой, – лидер инновационных ядерных и космических технологий 21 века. Поэтому решение кадрового вопроса градообразующих предприятий является одной из важнейших задач, в том числе и современной школы.

### ***Библиографический список***

1. Лесков Сергей, Хасанов Дмитрий. «Атомный проект» – СЛОВОДЕЛО, 2016.
2. Репина Л.В. Путешествие по Красноярскому краю. Проект будущего сегодня. – ООО «Поликор», 2010.
3. Организация проектной деятельности в образовательном учреждении / сост. С.Г. Щербакова. – Волгоград: ИТД «Корифей», 2007. 96 с.

**ГРУППОВЫЕ ФОРМЫ ЗАНЯТИЙ  
С ОБУЧАЮЩИМИСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ**  
GROUP FORMS OF LESSONS  
WITH STUDENTS IN CHEMISTRY LESSONS

**А.В. Решетникова**

Научный руководитель **О.И. Фоминых** –  
*кандидат химических наук, старший преподаватель  
кафедры биологии, химии и экологии  
КГПУ им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**A.V. Reshetnikova**

Scientific adviser **O.I. Fominykh** –  
*PhD in Chemistry, Senior Lecturer, Department of Biology,  
Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical  
University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Групповые формы работы, уроки химии, сотрудничество, организация групповой работы, групповые технологии обучения

*В статье приводятся основные принципы организации групповой формы работы на уроках химии. Групповые технологии обучения являются одними из самых эффективных форм организации деятельности обучающихся. Методы сотрудничества позволяют активизировать каждого ученика на занятии, а значит это обеспечивает качество образования.*

Group forms of work, chemistry lessons, cooperation, group work organization, group learning technologies

*The article describes the basic principles of organizing a group form of work in chemistry lessons. Group learning technologies are one of the most effective forms of organizing student activities. Collaboration methods allow each student to be more active in the classroom, which means it ensures the quality of education.*

**У**рок – основная форма организации учебного процесса. От учителя требуется организовать деятельность обучающихся на уроке таким образом, чтобы она способ-

ствовала их познавательной активности, самостоятельности, глубине и прочности знаний [1]. По мнению психологов, лучшей формой работы на уроке является групповая деятельность [2].

Использование групповых форм работы на уроках химии оправдано тем, что такой тип занятий легко вписывается в классно-урочную систему учебного процесса; способствует развитию коммуникации, познавательной деятельности; учитывает специфику предмета, например, парную работу при выполнении лабораторных опытов.

Организация урока в групповой форме должна учитывать следующие принципы [3]:

1. Оптимальное количество участников в группе – 3–6 человек, если это не парная работа. Обучающиеся должны быть разного уровня подготовки (сильные со слабыми). Смена состава групп во время урока или через урок будет способствовать развитию коммуникативных умений.

2. В группе необходимо распределить роли. Каждый участник группы должен следить за отведенными ему функциями и выполнять их (лидер, хранитель времени, секретарь, координатор и т.д.).

3. Участника группы, который должен сделать отчет по итогам работы, может выбирать учитель, члены команды или назначаться ролью.

4. Процесс работы над заданием в группе осуществляется на основе обмена мнениями, решениями.

5. Важно оценить работу и усилия всей группы.

При выборе заданий для групповой работы следует учитывать уровень подготовленности обучающихся, подбирать такие задания, чтобы они были выполнимы только при совместной и слаженной работе всей группы. Задания должны быть интересными по содержанию, творческими, доступными, требовали применения разных знаний и умений от каждого участника.

При этом на уроках могут применяться разные формы групповой работы:

- Статичные группы (группы постоянного состава).
- Мигрирующие группы (группы, находящиеся в движении).
- Статичные пары (пары постоянного состава).
- Пары сменного состава.

На уроках химии это могут быть уроки-практикумы, лабораторные работы, лабораторные опыты, учебное исследование, учебный проект, смена станций, включающая разную деятельность (работа за компьютером/планшетом, моделирование, эксперимент, работа с текстом и т.д.).

#### ***Библиографический список***

1. Пак М.С. Теория и методика обучения химии: учебник для вузов. М.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. 306 с.
2. Ишкова Л.Н., Степанова А.А. Организация групповой работы на уроках химии. Научный альманах. 2017. №2-2(28). С. 114–117.
3. Лисина О.А. Технология сотрудничества [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nsportal.ru> (Дата обращения 04.05.2021).

## **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ FEATURES OF TEACHING CHEMISTRY IN THE SECONDARY PROFESSIONAL EDUCATION SYSTEM**

**Е.С. Юдина**

Научный руководитель **Л.М. Горностаев** –  
*доктор химических наук, п  
рофессор кафедры биологии, химии и экологии  
Красноярского государственного педагогического  
университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск*

**E.S. Yudina**  
Scientific adviser **L.M. Gornostaev** –  
*Doctor of Chemical Sciences,  
Professor of the Department of Biology,  
Chemistry and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical  
University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk*

Среднее профессиональное образование, федеральный государственный образовательный стандарт, преподавание химии  
*Статья посвящена особенностям преподавания учебного предмета химия в учреждениях среднего профессионального образования. Рассмотрена необходимость введения межпредметной интеграции между предметами общеобразовательного цикла и предметами профессионального цикла.*

Secondary vocational education, federal state educational standard, chemistry teaching  
*The article is devoted to the peculiarities of teaching the academic subject chemistry in institutions of secondary vocational education. The necessity of introducing interdisciplinary integration between subjects of the general education cycle and subjects of the professional cycle is considered.*

**Ц**елью системы среднего профессионального образования (СПО) является подготовка квалифицированных рабочих или служащих и специалистов среднего звена [1].

Система СПО, в отличие от школьной и университетской, имеет уникальную особенность, заключающуюся в освоении обучающимися содержания сразу двух образовательных стандартов: федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС СОО) и федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (ФГОС СПО). Исходя из этого, возникает необходимость в интеграции двух стандартов, а также в соблюдении принципа преемственности между предметами общеобразовательного и профессионального циклов [2].

Для достижения поставленной цели перед преподавателями общеобразовательных дисциплин встает вопрос, каким образом ориентировать обучающихся на получение профессии и заинтересовать их в изучении дисциплин школьного курса.

Решение данного вопроса лежит в установлении межпредметных связей между предметами общеобразовательного и профессионального цикла посредством включения в содержание общеобразовательных предметов содержания дисциплин профессионального цикла.

Учебный предмет «Химия» является предметом общеобразовательного цикла и является одним из основных при освоении специальностей и профессий технического профиля. Благодаря данному учебному предмету у студентов формируется понимание многих технологических процессов, которые непосредственно связаны с их будущей профессиональной деятельностью.

При разработке рабочей программы учебного предмета «Химия» учитываются следующие факторы:

1. Количество выделяемых на изучение предмета часов, которое устанавливается в календарно-тематическом плане конкретной специальности/профессии;
2. Уровень знаний будущих студентов;
3. Направление подготовки (профессии/специальности).

Построение рабочей программы осуществляется в порядке усложнения материала, т.е. знакомство студентов начинается с такого раздела, как «Общая и неорганическая химия», а лишь потом изучается «Органическая химия», в то время как в школьном курсе (программа 10–11 класса) изучение происходит в обратном порядке (рис. 1). Построение программы таким образом обусловливается тем, что большинство студентов СПО во время обучения в школе уделяли мало времени данному учебному предмету, и поэтому его изучение необходимо начинать практически с нуля [3;4].

**Основное содержание тем учебного предмета «Химия»  
СПО и базового уровня СОО в школе**

Основное содержание программы	
Технический профиль СПО	Базовый уровень СОО
<b>1. Общая и неорганическая химия</b>	<b>1. Основы органической химии (10 класс)</b>
1.1. Основные понятия и законы химии	1.1. Предмет органической химии. Теория строения органических соединений
1.2. Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева и строение атома	1.2. Углеводороды и их природные источники
1.3. Строение вещества	1.3. Кислород- и азотсодержащие органические соединения
1.4. Вода. Растворы. Электролитическая диссоциация	1.4. Органическая химия и общество
1.5. Классификация неорганических соединений и их свойства	
1.6. Химические реакции	
1.7. Металлы и неметаллы	
<b>2. Органическая химия</b>	<b>2. Теоретические основы химии (11 класс)</b>
2.1. Основные понятия органической химии и теория строения органических соединений	2.1. Строение веществ
2.2. Углеводороды и их природные источники	2.2. Химические реакции
2.3. Кислородсодержащие органические соединения	2.3. Вещества и их свойства
	<b>3. Химия и жизнь (11 класс)</b>
2.4. Азотсодержащие органические соединения. Полимеры	3.1 Химия и современное общество

Для того, чтобы знания носили практикоориентированный характер, в общие темы вносятся специализированное содержание из предметов профессионального цикла, разрабатываются темы самостоятельных и проектных работ для показания взаимосвязи учебного предмета с получаемой профессией (рис. 1, 2).

### *1.8 Основные виды металлов и сплавов*

Сплавы черные и цветные. Железоуглеродистые сплавы и способы их получения. Разновидности сплавов цветных металлов. Состав и виды твердых сплавов, минералокерамические и неметаллические конструкционные материалы.

#### ***Лабораторные опыты***

Закалка и отпуск стали.

Ознакомление со структурами серого и белого чугуна.

Распознавание руд железа.

#### ***Профильные и профессионально значимые элементы содержания***

Влияние химического состава и строения сплавов на его свариваемость. Значение легирующих компонентов. Производство чугуна и стали.

*Рис. 1. Фрагмент рабочей программы учебной дисциплины «Химия» профессии «Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))»*

### **Примерные темы научно-исследовательских работ по химии, выполняемых в форме проектов, для студентов 1 курса:**

#### ***Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))***

1. Влияние вредных примесей (серы и фосфора) на качество сварного шва.
2. Значение ацетиленового газа в проведении сварочных работ.
3. Влияние химического состава сталей на выбор способа сварки.

#### ***Наладчик станков и оборудования в механообработке***

1. Влияние химического состава масел на производительность оборудования.
2. Химические способы очистки деталей от загрязнений.

#### ***Электрические станции, сети и системы***

1. Электрохимическая реакция свинца и диоксида свинца как основа работы аккумуляторов.
2. Химические источники тока и их применение.

#### ***Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям)***

1. Белый уксус как средство удаления ржавчины.
2. Исследование химического состава тормозной жидкости.

#### ***Строительство и эксплуатация инженерных сооружений***

1. Химические элементы, входящие в состав неорганических строительных вяжущих материалов (кальций, магний, алюминий, хром, цинк, железо, углерод, сера, кремний, кислород, водород, фосфор, хлор).
2. Роль гидратации цемента в затвердевании бетона.

*Рис. 2. Примерные темы проектов учебного предмета «Химия»*

Таким образом, при изучении предметов общеобразовательного цикла в общем и учебного предмета «Химия» в частности в рамках системы СПО необходимо соблюдать принцип преемственности и межпредметной интеграции, которая предполагает принятие общей для всех уровней основной идеи, заключающейся в приоритете непрерывного образования и подготовке компетентных специалистов среднего звена.

### ***Библиографический список***

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 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>
2. Воронова О.М. Методические особенности преподавания химии в системе среднего профессионального образования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nsportal.ru>
3. Габриелян О.С. Химия. Примерные рабочие программы. Предметная линия учебников О.С. Габриеляна, И.Г. Остроумова, С.А. Сладкова. 10–11 классы. Базовый уровень. М.: Просвещение, 2021. 64 с.
4. Габриелян О.С. Примерная программа общеобразовательной учебной дисциплины «Химия» для профессиональных образовательных организаций / О.С. Габриелян, И.Г. Остроумова. М.: Издательский центр «Академия», 2015. 42 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АГАФОНОВА Ирина Владимировна – магистрант Института естественных и социально-экономических наук Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: irochka.agafonova.97@mail.ru

АЛЯКРИНСКИЙ Дмитрий Евгеньевич – обучающийся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: dima.alyakrinskiy.99@mail.ru

АНТИПОВА Екатерина Михайловна – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биологии, химии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: katusha05@bk.ru

АРТЕМЬЕВА Анна Сергеевна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: anna.artemeva.01@inbox.ru

АРТЮХОВ Кирилл Сергеевич – обучающийся Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: artyukhov2@mail.ru

БАГАВИЕВА Татьяна Камильевна – старший преподаватель кафедры химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: bagavieva.tanya@mail.ru

БЕРНАЦКИЙ Александр Евгеньевич – обучающийся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: alexanderbernatsky@gmail.com

БИКСУЛТАНОВА Ирина Станиславовна – учитель химии МОУ «Лицей №1», г. Ачинск, e-mail: irina.biksultanova@gmail.com

БОБРОВ Павел Сергеевич – аспирант кафедры органической химии и технологии органических веществ Сибирского государственного университета им. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, e-mail: pavel.bobrov96@mail.ru

БОЯРИНОВА Светлана Петровна – старший преподаватель кафедры гражданской защиты и управления в кризисных ситуациях Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, г. Железногорск, e-mail: sveta1208@mail.ru

БУТАКОВ Владимир Владимирович – старший преподаватель кафедры химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: vvbutakov@gmail.com

ВАСИЛЬЕВА Наталья Юрьевна – кандидат химических наук, доцент кафедры органической и аналитической химии Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: nvasilyeva@sfu-kras.ru

ВОЛКОВА Вероника Артемовна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: verunya.volkova.02@mail.ru

ВОЛЫНКИНА Валентина Эдуардовна – учитель химии МОУ «Лицей №1», г. Ачинска, e-mail: volynka76@mail.ru

ВОЛЬВАКА Александр Андреевич – обучающийся Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, e-mail: alexandervolvaka@icloud.com

ГАЦКО Наталья Витальевна – магистрант факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: gacko1997@mail.ru

ГЕРЦОГ Галина Евгеньевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: galinagertsog@mail.ru

ГОМАНЕЦ Анна Сергеевна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: dobriyan-anna@mail.ru

ГОМАНЕЦ Олег Романович – обучающийся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: gomanets.oleg@bk.ru

ГОРИНА Яна Валерьевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии, научный сотрудник научно-исследовательского института молекулярной медицины и патобиохимии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск, e-mail: yana\_20@bk.ru

ГОРНОСТАЕВ Леонид Михайлович – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры биологии, химии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: gornostaev@kspu.ru

ГОССМАН Алина Мовлдиевна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: alinagossman@mail.ru

ГРИГОРЬЕВА Евгения Владимировна – обучающаяся Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: zeka\_98@bk.ru

ГУСЕЛЬНИКОВА Софья Алексеевна – обучающаяся Новосибирского медицинского колледжа, г. Новосибирск, e-mail: mr\_smile\_01@mail.ru

ДАНИЛЕНКО Ольга Викторовна – учитель химии МБОУ СОШ №5, г. Дивногорск, e-mail: ngeiok8@rambler.ru

ДЕНИСОВА Валерия Васильевна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: lera.denisova20@gmail.com

ДОМАШЕНКО Марина Александровна – обучающаяся Института естественных и социально-экономических наук Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: marina.domashenko99@mail.ru

ЕМЕЛЬЯНОВА Ирина Артемовна – аспирант Института естественных и социально-экономических наук Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: airina95@mail.ru

ЖАЛНИНА Мария Андреевна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: mashazhlnina559@gmail.com

ЗАБАБУРИНА Анна Павловна – обучающаяся института естественных и социально-экономических наук Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: anuta.zababyrina@mail.ru

ЗАЛОГА Александр Николаевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии, e-mail: zaloga@yandex.ru

ЗУБОВ Иван Андреевич – магистрант кафедры органической химии и технологии органических веществ Сибирского государственного университета им. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, e-mail: zubov1998@gmail.com

ИСАЕВА Екатерина Игоревна – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической химии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, e-mail: katiavolkova@yandex.ru

КАНДАЛИНЦЕВА Наталья Валерьевна – доктор химических наук, доцент, заведующая кафедрой химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: aquarphenol@mail.ru

КАРГИНА Ольга Ивановна – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры фармации и химии Уральского государственного медицинского университета, г. Екатеринбург, e-mail: kargina-usma87@yandex.ru

КАРПОВ Денис Вадимович – магистрант Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: denikarp@mail.ru

КАЧАЛОВА Галина Семеновна – кандидат педагогических наук, доцент, профессор кафедры химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: kachalova\_gs\_met@list.ru

КИРШНЕВА Елизавета Александровна – аспирант Института химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, e-mail: eakirshneva@gmail.com

КИСЕЛЁВА Дарья Леонидовна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: kiseleva.d49@gmail.com

КОБЗЕВА Елизавета Андреевна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: lizakobzeva942@gmail.com

КОМЛЕВА Юлия Константиновна – доктор медицинских наук, доцент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии, ведущий научный сотрудник Центра коллективного пользования «Молекулярные и клеточные технологии» Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: yuliakomleva@mail.ru

КОМОГОРЦЕВА Мария Владимировна – обучающаяся Забайкальского государственного университета, г. Чита, e-mail: kns8433@mail.ru

КОСТИН Кирилл Владимирович – учитель химии МАОУ «Лицей №1», г. Красноярск, e-mail: b.mouse-sm@mail.ru

КУДРЯВЦЕВА Наталья Васильевна – учитель химии МАОУ Гимназии №13 «Академ», г. Красноярск, e-mail: knb33@mail.ru

КУЗНЕЦОВА Надежда Сергеевна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химии Забайкальского государственного университета, г. Чита, e-mail: kns2702@yandex.ru

КУТЛУАХМЕТОВА Галия Расулевна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: kutluakhmetovag@mail.ru

КУТЯКОВ Виктор Андреевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: victor-koutjakov@yandex.ru

КУЧЕРЕНКО Андрей Михайлович – обучающийся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: kucherenko01@bk.ru

ЛОГУНОВА Александра Константиновна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: klaleks4@gmail.com

ЛОПАТИНА Ольга Игоревна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: olga.stepanova245@gmail.com

ЛОПАТИНА Ольга Леонидовна – доктор биологических наук, профессор кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии, ведущий научный сотрудник Центра коллективного пользования «Молекулярные и клеточные технологии» Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск, e-mail: ol.lopatina@gmail.com

ЛЫЧКОВСКАЯ Елена Викторовна – старший преподаватель кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии, Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: lychk-elena@mail.ru

МАГДИЧ Дарья Сергеевна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: cogvus.bern@mail.ru

МАГОМЕДОВА Алина Альбертовна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: magomedovafbgx@gmail.com

МАЛИНОВСКАЯ Наталия Александровна – доктор медицинских наук, заведующая кафедрой биохимии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии, старший научный сотрудник НИИ молекулярной медицины и патобиохимии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: malinovskaya-na@mail.ru

МАМЕНКОВА Анна Сергеевна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: mamenkova@mail.ru

МАРКОВСКАЯ Валентина Александровна – старший преподаватель Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, г. Железнодорожск, e-mail: markovskaya.v@list.ru

МАТЮШЕВСКАЯ Ева Артуровна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: yeva.matyushevskaya@mail.ru

МЕЛЬЦАС Светлана Валерьевна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: smeltsas@mail.ru

МИН Евгения Васильевна – магистрант факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: surmina1410@mail.ru

МОЖЕЙКО Юрий Васильевич – обучающийся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: yura\_mozheyko@mail.ru

НАДЕИН Дмитрий Вадимович – обучающийся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: nadeindmit@yandex.ru

НИКИТИНА Кристина Витальевна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: nikitinakris1221@gmail.com

НУРЕТДИНОВА Эльвира Викторовна – аспирант факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: assel093@bk.ru

ОЛЕЙНИК Алёна Сергеевна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: oleinikaliona@gmail.com

ПАВЛИКОВ Александр Юрьевич – магистрант Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: hahanka@yandex.ru

ПАНТЕЛЕЕВА Марина Васильевна – научный сотрудник Института химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, e-mail: vp414@mail.ru

ПЕРЕВЕРТОВ Тимофей Андреевич – обучающийся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: dmchernov26@mail.ru

ПЕТРОВА Анна Михайловна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: bgc18petrovaam@kspu.ru

ПИНКО Павел Иосифович – кандидат химических наук, доцент кафедры химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: p\_pinko@mail.ru

ПОДДУБЕЦКАЯ Неонила Николаевна – учитель химии МБОУ Школа №98, г. Железногорск, e-mail: nnp98@mail.ru

ПРОСЕНКО Ольга Ивановна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: olyad1@rambler.ru

РЕШЕТНИКОВА Арина Владимировна – обучающаяся факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: arinarehs@mail.ru

РОМАШКОВА Юлия Геннадьевна – кандидат химических наук, доцент кафедры биологии, химии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: khalyavina@kspu.ru

РУДЕНКО Дарья Сергеевна – старший преподаватель кафедры биологии, химии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, ассистент кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: darya.taldykina@yandex.ru

РУКОВЕЦ Татьяна Анатольевна – аспирант факультета биологии, географии и химии, Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, старший преподаватель кафедры биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и токсикологической химии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск, e-mail: tatyana\_xim@mail.ru

РЫЖЕНКОВ Игорь Валерьевич – учитель географии МБОУ Школа №98, г. Железногорск, e-mail: sch98@k26.ru

САДАКОВ Анатолий Олегович – обучающийся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: anatolysad@mail.ru

САЙКОВА Диана Игоревна – магистрант Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: diana.saykova@mail.ru

САЙКОВА Светлана Васильевна – доктор химических наук, профессор кафедры химической и неорганической химии Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: ssai@mail.ru

САЛМИНА Алла Борисовна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела исследований мозга Научного центра неврологии, г. Москва, e-mail: allasalmina@mail.ru

САФОНОВ Андрей Владиславович – обучающийся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: asafonovv@mail.ru

СИЛКИНА Дарья Валентиновна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: daryasilkina02@mail.ru

СЛЮСАРЕВА Евгения Алексеевна – доктор физико-математических наук, доцент, профессор базовой кафедры фотоники и лазерных технологий Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: ESlyusareva@sfu-kras.ru

СЛЮСАРЕНКО Нина Викторовна – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник базовой кафедры фотоники и лазерных технологий; старший преподаватель кафедры общей физики, институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: NAbuzova@sfu-kras.ru

СОБОЛЕВА Екатерина Михайловна – обучающаяся Института естественных и социально-экономических наук Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: twilightsparkle1502@gmail.com

СТЕПАНОВА Татьяна Сергеевна – старший преподаватель кафедры химии Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: sts\_08@bk.ru

СТУНГУР Анастасия Игоревна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: nistungur@gmail.com

СУБОЧ Георгий Анатольевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии и технологии органических веществ Сибирского государственного университета им. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, e-mail: subochga@sibsau.ru

ТАРБЕЕВА Алина Сергеевна – обучающаяся Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, e-mail: a.tarbeeva2016@yandex.ru

ТРОПНИКОВА Валерия Валерьевна – преподаватель Новосибирского государственного колледжа, г. Новосибирск, e-mail: tropnikova@inbox.ru

ТРОФИМОВА Татьяна Владимировна – магистрант Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: ttv91@mail.ru

ФОМИНЫХ Ольга Игоревна – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры биологии, химии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: kripan88@gmail.com

ХАСАНОВ Руслан Ренатович – обучающийся 10 класса МБОУ СОШ №5, г. Дивногорск, e-mail: xasrus21@mail.ru

ХИМЕНКО Екатерина Валерьевна – аспирант базовой кафедры фотоники и лазерных технологий Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: katrinfly@bk.ru

ХОМЧЕНКО Алексей Сергеевич – кандидат химических наук, доцент кафедры химии, заместитель директора Института естественных и социально-экономических наук по общим вопросам и воспитательной работе Новосибирского государственного педагогического университета, г. Новосибирск, e-mail: a.homchenko@mail.ru

ЧЕРНЫХ Анатолий Игоревич – кандидат медицинских наук, врач-хирург Красноярской межрайонной клинической больницы №20 им. И.С. Берзона, г. Красноярск, e-mail: chernyh\_a@bk.ru

ЮДИНА Екатерина Сергеевна – магистрант факультета биологии, географии и химии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, e-mail: e\_yudina96@inbox.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция I. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

<i>Артюхов К.С., Сайкова С.В.</i> Контроль размера и формы наночастиц золота.....	3
<i>Бояринова С.П., Марковская В.А.</i> Активность ионов водорода (рН) как важный гидрохимический показатель для экологической оценки качества воды.....	8
<i>Гоманец А.С., Гоманец О.Р., Фоминых О.И., Горностаев Л.М.</i> Синтез и реакции 2-пропаргиламино-3-хлор-1,4-нафтохинона.....	11
<i>Домашенко М.А., Хомченко А.С., Олейник А.С.</i> Изучение антирадикальной активности 2,6-диалкил-4-((додецилтио)метил)фенолов.....	16
<i>Емельянова И.А., Забабурина А.П., Кандалицева Н.В.</i> Функционализация изоборнилфенолов азот- и серосодержащими группами .....	18
<i>Зубов И.А., Бобров П.С., Субоч Г.А.</i> Восстановление бензотиазолилзамещённого 4-нитрозопиразола.....	22
<i>Зубов И.А., Бобров П.С., Субоч Г.А.</i> Циклоконденсация 3-гидроксииминопентан-2,4-диона с 2-гидразинилбензотиазолом.....	27
<i>Каргина О.И., Горностаев Л.М.</i> Функционализация пиррольного цикла по атому азота в нафто[1,2,3- <i>cd</i> ]индол-6(2 <i>H</i> )-оне .....	31
<i>Киришева Е.А. Григорьева Е.В., Пантелеева М.В., Сайкова С.В.</i> Синтез сложных оксидных материалов на основе эрбия и железа ( $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ) с применением анионообменного осаждения и исследование их свойств.....	35
<i>Комогорцева М.В., Кузнецова Н.С.</i> ИК-спектроскопический анализ комплексных солей гидроксиаминокислот с ионами хрома .....	42
<i>Нуретдинова Э.В., Ромашкова Ю.Г., Фоминых О.И., Горностаев Л.М.</i> Реакции 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинонов с нитрующей смесью, нитрозилсерной кислотой в уксусной кислоте. Свойства 1-гидрокси- 2-алкил(арил)-1 <i>H</i> -нафто[2,3- <i>d</i> ]имидазол-4,9-дионов .....	46

<i>Павликов А.Ю., Сайкова С.В., Трофимова Т.В., Карпов Д.В.</i> Синтез гибридных наночастиц $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ .....	51
<i>Руденко Д.С., Ромашкова Ю.Г., Фоминых О.И., Горностаев Л.М.</i> Оксимирование 2-арил(алкил)амино-1,4-нафтохинонов .....	56
<i>Руковец Т.А., Горностаев Л.М.</i> Реакции 4-амино-1,2-нафтохинонов с нитрозилсерной кислотой и аминонуклеофилами.....	62
<i>Сайкова Д.И., Сайкова С.В.</i> Оптимизация условий получения наноразмерных частиц феррита никеля.....	66
<i>Соболева Е.М., Степанова Т.С., Пинко П.И.</i> Синтез несимметричных сульфидов на основе 2,4-диалкилфенолов .....	70
<i>Фоминых О.И., Горностаев Л.М.</i> Однореакторный синтез и биологическая активность 2-(3-гидрокси- 4,9-диоксо-4,9-дигидро-1 <i>H</i> -бензо[ <i>l</i> ]индол-2-ил)бензамидов.....	74

## Секция II. МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ

<i>Малиновская Н.А.</i> Преподавание биохимии в медицинском вузе с позиций -омик.....	77
<i>Комлева Ю.К., Черных А.И., Лопатина О.Л., Малиновская Н.А., Горина Я.В., Салмина А.Б.</i> Химия головного мозга – фокус на эмоции.....	83
<i>Хименко Е.В., Васильева Н.Ю., Слюсаренко Н.В., Слюсарева Е.А.</i> Свойства флуоресцентного производного арабиногалактана .....	87
<i>Артемяева А.С., Малиновская Н.А.</i> Экспрессия Pgp, JAM-A, ZO-1, CLDN5 при стрессе раннего периода жизни у крыс .....	92
<i>Бернацкий А.Е., Комлева Ю.К.</i> Биохимические маркеры заболеваний печени: альтернативные методы неинвазивного анализа .....	96
<i>Волкова В.А., Логунова А.К., Горностаев Л.М.</i> Диоксины, их образование и токсичность.....	100
<i>Госман А.М., Залого А.Н.</i> Проблема дефицита В12 как следствие вегетарианской диеты .....	104

<i>Киселёва Д.Л., Залого А.Н.</i> Синтез и биологическая активность сульфамидсодержащих карбоксиловых эфиров никотиновой кислоты .....	109
<i>Кобзева Е.А., Мельцас С.В., Силкина Д.В., Кутяков В.А.</i> Аминоспирты и их производные. Холин, ацетилхолин, мельдоний .....	113
<i>Кутлуахметова Г.Р., Малиновская Н.А.</i> Биохимические изменения и теории развития болезни Альцгеймера .....	120
<i>Маменкова А.С., Малиновская Н.А.</i> Нейропротекторная терапия при хронической ишемии головного мозга (обзор литературы) .....	124
<i>Матюшевская Е.А., Залого А.Н.</i> Воздействие фульвово́й кислоты на онкологию .....	128
<i>Можейко Ю.В., Малиновская Н.А.</i> Сходство биохимических и молекулярных особенностей развития расстройств аутистического спектра, болезни Альцгеймера и Паркинсона .....	132
<i>Надеин Д.В., Лычковская Е.В.</i> Патобиохимические аспекты повреждения нейронов на фоне ишемического инсульта .....	136
<i>Перевертов Т.А., Малиновская Н.А.</i> Применение методов исследования апоптоза в медицине .....	141
<i>Садаков А.О., Малиновская Н.А.</i> Дисфункция эндотелия и её диагностика с биохимической точки зрения .....	145
<i>Сафонов А.В., Залого А.Н.</i> CRL4 <sup>AMBRA1</sup> – главный регулятор циклинов D-типа .....	149
<i>Стунгур А.И., Залого А.Н.</i> Проблема получения витамина В12 с продуктами питания в современном мире .....	154
<i>Тарбеева А.С., Герцог Г.Е., Малиновская Н.А.</i> Метаболические особенности и патобиохимия почек .....	158
<i>Хасанов Р.Р., Даниленко О.В.</i> Сравнение химических свойств жаропонижающих средств .....	162

### Секция III. ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

<i>Агафонова И.В., Качалова Г.С.</i> Вводная диагностика экспериментальных умений по химии .....	167
<i>Алякринский Д.Е., Фоминых О.И.</i> Анализ заданий ОГЭ, ВПР, КДР, оценивающих естественнонаучную грамотность по химии.....	171
<i>Багавиева Т.К., Качалова Г.С., Бутаков В.В., Просенко О.И.</i> Закрепление и совершенствование знаний и умений по дисциплине «Органическая химия» с помощью цифровых образовательных ресурсов и выполнения эксперимента .....	177
<i>Биксултанова И.С.</i> Мини-исследования как основа организации исследовательской деятельности на уроках химии в специализированных классах естественнонаучной направленности .....	182
<i>Вольвака А.А., Исаева Е.И.</i> Разработка интерактивного лабораторного практикума по неорганической химии для подготовки к ЕГЭ по химии.....	186
<i>Волынкина В.Э.</i> Работа с текстом на уроках химии .....	190
<i>Гацко Н.В., Фоминых О.И.</i> Химический эксперимент как метод реализации системно-деятельностного подхода на уроках биологии.....	195
<i>Гусельникова С.А., Тропникова В.В.</i> Межпредметные связи химии и литературы: проблемы формирования.....	199
<i>Денисова В.В., Ромашкова Ю.Г.</i> Вопросы охраны окружающей среды в курсе химии средней школы .....	203
<i>Жалнина М.А., Антипова Е.М.</i> Организация групповой работы обучающихся в условиях дистанционного обучения .....	206
<i>Костин К.В.</i> Химические комиксы как средство развития естественнонаучной грамотности по химии .....	210

<i>Кудрявцева Н.В.</i> Формирование читательской грамотности на уроках химии .....	218
<i>Кучеренко А.М., Залого А.Н.</i> Анализ актуальных данных о химической эволюции .....	222
<i>Лопатина О.И., Горностаев Л.М.</i> Самостоятельная работа по химии как важная составляющая образовательного процесса в школе .....	225
<i>Магдич Д.С., Фоминых О.И.</i> Методика предупреждения и устранения неуспеваемости учащихся по химии .....	229
<i>Магомедова А.А., Фоминых О.И.</i> Экологическое воспитание учащихся на уроках химии и во внеурочной деятельности .....	232
<i>Марковская В.А., Бояринова С.П.</i> Целовая игра как эффективный метод обучения химии .....	236
<i>Мин Е.В., Горностаев Л.М.</i> Использование QR-кодов для повышения мотивации к изучению химии .....	241
<i>Никитина К.В., Фоминых О.И.</i> Методика проведения экскурсий по химии .....	244
<i>Петрова А.М., Фоминых О.И.</i> Формирование химической картины природы в школьном курсе химии .....	249
<i>Поддубецкая Н.А., Рыженков И.В.</i> Химик – профессия, востребованная на Горно-химическом комбинате .....	252
<i>Решетникова А.В., Фоминых О.И.</i> Групповые формы занятий с обучающимися на уроках химии .....	257
<i>Юдина Е.С., Горностаев Л.М.</i> Особенности преподавания химии в системе среднего профессионального образования .....	259
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....	265

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, 20–21 мая 2021 г.

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 12.05.21. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 17,5. Бумага офсетная.  
Тираж 100 экз. Заказ № 05-РИО-001

Отпечатано в типографии «Литера-принт»,  
т. 295-03-40