

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL
JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL
RESEARCH**

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,520

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,259

№ 7 2023

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru
The electronic version takes places on a site www.rae.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
к.м.н. *Н.Ю. Стукова*
Ответственный секретарь
к.м.н. *М.Н. Бизенкова*

EDITOR
Natalia Stukova
Senior Director and Publisher
Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) –
головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного
цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,520.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,259.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41

Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова

Техническое редактирование и верстка Е.Н. Доронкина

Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать – 31.07.2023

Дата выхода номера – 31.08.2023

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 6

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2023/7

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

СЕЛЕКЦИЯ И МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
НУТА (*CICER ARIETINUM L.*) В УСЛОВИЯХ
ЗАСУШЛИВОЙ БОГАРЫ НАГОРНОГО ШИРВАНА

Дамирова Г.С. 5

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

ГЕНДЕРНЫЕ, ПОЛОВЫЕ И ЭТИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ,
ПРИВОДЯЩИЕ К ПЕРИПРОТЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ

Плиска Н.Н. 10

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

АНАЛИЗ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАКА ПИЩЕВОДА
У БОЛЬНЫХ С ОЖИРЕНИЕМ В СИСТЕМЕ ОКАЗАНИЯ
ПЕРВИЧНОЙ МЕДИКО-САНИТАРНОЙ ПОМОЩИ

Репкина Т.В., Гатаулина О.В., Демина Е.И. 17

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬЯ

ИЗЛУЧЕНИЕ ОДНОКРАТНО ИОНИЗОВАННОГО ГЕЛИЯ
В АТМОСФЕРЕ ВОДОРОДА

Неволин В.К. 23

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ Б-ОТХОДОВ

Жолдасбай Е.Е., Аргын А.А., Курмансейтов М.Б., Тажиев Е.Б., Ичев В.А. 28

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СИНТЕЗ НАНОГРАФИТА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ТЕРМООКИСЛЕНИЯ

Сатывалдиев А., Сатывалдиева Г.Э., Бакенов Ж.Б. 34

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ ЗОЛОТА НА ОСНОВЕ
ДИАЛЬДЕГИДА ПЕКТОВОЙ КИСЛОТЫ

Серикова Л.В. 39

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ
ГЕРМАНИЯ И ОЛОВА

Арканя И.И., Силин Н.С., Алашева М-М.Х., Климова Л.Ю.,
Шумарин А.Е., Гулян М.В., Тагиров З.Т. 43

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLE

BREEDING AND MORPHOBIOLOGICAL PARAMETERS
OF CHICKPEA PLANT (*CICER ARIETINUM* L.) UNDER
RAINFED CONDITIONS OF MOUNTAINOUS SHIRVAN

Damirova G.S. 5

MEDICAL SCIENCES

ARTICLE

GENDER, SEX AND ETIOLOGICAL CAUSES LEADING
TO PERIPROSTHETIC INFECTION

Pliska N.N. 10

REVIEW

ANALYSIS OF THE RISK OF ESOPHAGEAL CANCER IN OBESE
PATIENTS IN THE PRIMARY HEALTH CARE SYSTEM

Repkina T.V., Gataulina O.V., Demina E.I. 17

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLE

RADIATION OF SINGLE IONIZED HELIUM IN THE HYDROGEN ATMOSPHERE

Nevolin V.K. 23

REVIEW

ON THE ISSUE OF CHOOSING A TECHNOLOGY FOR PROCESSING E-WASTE

Zholdasbay E.E., Argyn A.A., Kurmanseytov M.B., Tazhiev E.B., Ichev V.A. 28

CHEMICAL SCIENCES

ARTICLES

SYNTHESIS OF NANOGRAFITE BY ELEKTROSPARK DISPERSION
AND STUDY OF ITS THERMAL OXIDATION

Satyvaldiev A., Satyvaldieva G.E., Bakenov Zh.B. 34

PREPARATION OF GOLD NANOCOMPOSITES BASED ON PECTIC
ACID DIALDEHYDE

Serikova L.V. 39

REVIEW

MEDICAL ASPECTS OF THE USING GERMANIUM AND TIN COMPOUNDS

*Arkania I.I., Silin N.S., Alasheva M-M.Kh., Klimova L.Yu.,
Shumarin A.E., Gulyan M.V., Tagirov Z.T.* 43

СТАТЬЯ

УДК 635.657

**СЕЛЕКЦИЯ И МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
НУТА (*CICER ARIETINUM* L.) В УСЛОВИЯХ
ЗАСУШЛИВОЙ БОГАРЫ НАГОРНОГО ШИРВАНА**

Дамирова Г.С.

*Научно-исследовательский институт земледелия Министерства сельского хозяйства
Республики Азербайджан, Баку, e-mail: cemiyev1961@mail.ru*

В статье представлены взятые из пяти питомников 63 интродуцированных из ICARDA сортообразца нута, которые оценены по своей урожайности, структурным элементам продукции, качеству зерна, фенотипу “stay green” листьев, температуре растительного покрова в условиях засушливой богары и сравнены со взятым в качестве стандарта сортом «Султан». Исследования проводились в 2017–2018 гг. на Гобустанской региональной опытной станции НИИ земледелия, находящейся в зоне засушливой богары Нагорного Ширвана. Целью данного исследования был отбор из сортообразцов нута перспективных в условиях засушливой богары форм, отличающихся засухоустойчивостью, морфофизиологическими признаками, урожайностью и другими экономически важными показателями. В фазах цветения и налива зерна вегетационного периода значения фенотипа “stay green” листьев в сортообразцах нута варьировали в интервале 69,3–96,3 и 55,9–79,4 соответственно. Во время этого периода вегетации в сортообразцах нута в значениях фенотипа “stay green” листьев наблюдалось снижение в интервале 0,14–35,5%. Это снижение во взятом в качестве стандарта сорте «Султан» составляло 18%. Максимальные значения снижения, происходящего в фенотипах “stay green” листьев под воздействием стрессовых факторов засухи, наблюдались в основном у низкоурожайных сортообразцов. В отобранных по экономически важным признакам сортообразцах нута, взятых из различных международных питомников, показатели урожайности составляли 265–385 г/м². В этих сортообразцах средние значения урожайности были выше стандарта, и эта разница составляла 50 г/м². Здесь максимальные показатели урожайности были получены у сортообразцов F.09-304 (380 г/м²) и F.09-294 (385 г/м²). Отличающиеся урожайностью сортообразцы нута более эффективно использовали почвенную влагу в условиях засушливой богары.

Ключевые слова: нут, селекция, сортообразцы, засушливая богара, фенотип “stay green”, температура растительного покрова, урожайность, структурные элементы

**BREEDING AND MORPHOBIOLOGICAL PARAMETERS
OF CHICKPEA PLANT (*CICER ARIETINUM* L.) UNDER
RAINFED CONDITIONS OF MOUNTAINOUS SHIRVAN**

Damirova G.S.

*Azerbaijan Republic Ministry of Agriculture, Research Institute of Crop Husbandry, Baku,
e-mail: cemiyev1961@mail.ru*

The article presents 63 chickpea varieties introduced from 5 nurseries of ICARDA, where the yield, structural elements of production, grain quality, “stay green” leaf phenotype, and surface temperature in rainfed conditions were evaluated and compared with the standard “Sultan”. The research was carried out at the Gobustan Regional Experimental Station of the Research Institute of Crop Husbandry under rainfed conditions of Mountainous Shirvan in 2017–2018. This study aimed to select promising chickpea variety forms differing in drought resistance, morphological and physiological features, yield and other economically important parameters under rainfed conditions. In the flowering and grain-filling stages of the growing season, the values of the “stay green” phenotype of leaves in chickpea varieties varied in the range of 69.3–96.3 and 55.9–79.4, respectively. During this growing season, chickpea varieties’ values of the “stay green” leaf phenotype decreased in the range of 0.14–35.5%. This decrease in the st. Sultan variety was 18%. The maximum values of the decrease occurring in the “stay green” phenotypes under the impact of drought stress factors were observed mainly in low-yielding accessions. In chickpea varieties selected for economically important traits, taken from various international nurseries, yield indicators were 265–385 g/m². The average yield values of these variety accessions were above the standard; this difference was 50 g/m². Here, the maximum yields were obtained in accessions F.09-304 (380 g/m²) and F.09-294 (385 g/m²). Chickpea accessions with different yields used soil moisture more efficiently under rainfed conditions.

Keywords: chickpea, breeding, variety sample, arid conditions, phenotype, vegetation temperature, productivity, structural elements

Глобальное изменение климата и порождаемые им природно-климатические аномалии, стремительный рост населения Земли и тому подобные факторы приводят к возникновению дефицита продовольствия [1]. По этой причине выращивание засухоустойчивых сортов растений на более обширных площадях является одной из важнейших задач.

Многие ученые исследовали ряд аспектов нута. В Азербайджане также был получен ряд важных результатов по селекции и производству семян нута. Л.А. Амировым, З.И. Акперовым, Р.С. Мирзоевым и многими другими исследователями были отобраны из питомников и привлечены к селекционным работам отличающиеся устойчивостью к засухе и болезням перспективные

линии, интродуцированные из Международного селекционного центра ICARDA [2; 3]. М. Сарымурат (2018) [4] в экспериментах, проводимых с целью изучения урожайности и технологических особенностей, использовали 12 генотипов нута региона Ван, исследуя случайные блоки в трех повторностях опытов. Здесь они сообщали, что самая высокая урожайность зерна (162,83 кг/1000 м²) была получена у генотипа «Хасанбей» (162,83 кг/1000 м²), а самая низкая (111,73 кг/1000 м²) – у генотипа «Азкан» [4].

Принимая во внимание важность для страны нута как продовольственной культуры, была поставлена цель исследовательской работы, которая состояла в проведении испытания сортообразцов, интродуцированных из ICARDA, в условиях засушливой богары Нагорного Ширвана, изучение в сравнении со стандартом биометрических показателей, оценка и отбор на этом основании перспективных форм, устойчивых к засухе.

Материалы и методы исследования

С целью оценки сортообразцов нута в условиях засушливой богары Нагорного Ширвана, устойчивости к факторам биотического и абиотического стресса, урожайности и качества зерна, морфофизиологических особенностей, проводились опыты на участке Региональной опытной станции (РОС) Гобустана Научно-исследовательского института земледелия.

В качестве объекта исследования были использованы 126 сортообразцов нута, интродуцированные из пяти питомников Международного центра ICARDA – CIEN-W (международный элитный питомник нута, устойчивого к зимним условиям), CIEN-LS (питомник крупнозернового нута), CIEN-DT (международный питомник засухоустойчивого нута), CIEN-AB (международный элитный питомник нута, устойчивого к болезни аскохитозу) и CICTN (международный питомник нута, устойчивого к холодам). Фазы развития, в том числе общие сроки вегетации, были изучены у 63 сортообразцов, отобранных по признакам устойчивости к болезням и экономической ценности, и сравнивались со взятым в качестве стандарта сортом нута «Султан». Опыты ставились в трех повторностях, и площадь каждой грядки составляла 1 м². Проводилось сравнительное изучение морфологических признаков, урожайности и структурных элементов сортообразцов.

Температуру растительного покрова образцов определяли два раза в день (в 11⁰⁰ и 15⁰⁰) посредством передвижного термометра, снабженного термальным инфракрас-

ной камерой. Фенотип “stay green” листьев измерялся посредством прибора SPAD-502.

Результаты исследования и их обсуждение

В годы исследования показатели урожайности и ее структурных элементов у сортообразцов нута варьировались в широком диапазоне. Так, число бобов у изучаемых сортообразцов нута составляло 93,0–155 ед., масса зерна 22,4–56,1 г, число продуктивных междоузлий варьируется в интервале 22–46 ед. Ширина бобов у сортообразцов нута варьирует в диапазоне 1,0–1,5 см, длина – 2,0–3,2 см, число зерен в одном бобе составляет 1–3 ед. в зависимости от размеров бобов и размеров зерен в бобе.

В различные годы вегетации в ходе исследования сортообразцов нута было определено, что высота растений составляла 40–62 см, а высота от корневой шейки до первого боба изменялась в интервале 18–28 см. У сорта нута «Султан» средние величины этих показателей были ниже на 3 и 13%. Большая высота первого боба от земли облегчает механический сбор и снижает потери урожая [1]. Таким образом, выращивание такого типа сортов представляет большое практическое значение для механического сбора урожая. В сортообразцах нута, включенных в испытания, в условиях засушливой богары экономического района Нагорного Ширвана урожайность зерна варьировалась в широком диапазоне 150–385 г/м². Показатели высокой урожайности были отмечены у сортообразца F.09-304 (380 г/м²) из питомника CIEN-W, F.07-280 (340 г/м²), F.09-219 (345 г/м²) и ILC 487 (340 г/м²) из питомника CIEN-LS, а низкие показатели – у F.09-127 (175 г/м²) из питомника CIEN-W и F.09-70 (220 г/м²) из питомника CIEN-W. Здесь показатели максимальной высоты растений наблюдались у сортообразцов F.09-304 (51 см) из питомника CIEN-W, F.09-219 (54 см) и ILC 487 (53 см) из питомника CIEN-LS. По расстоянию от корневой шейки до первого боба максимальное значение было получено у сортообразца F.08-49 (28 см) из питомника CIEN-W, а для показателя массы 100 зерен минимальное значение получено у сортообразца F.09-137 (280 г) из питомника CIEN-W (табл. 1).

В сортообразцах нута, отобранных из питомника CICTN по своим экономически важным признакам, показатели урожайности варьируются в интервале 300–335 г/м², из питомника CIEN-W – в интервале 300–380 г/м², из питомника CIEN-LS – в интервале 265–345 г/м², из питомника CIABN – в интервале 345–385 г/м².

Таблица 1

Агробиологические показатели сортообразцов нута, отобранных из питомников, интродуцированных из ICARDA

№	Названия сортообразцов	Высота растения, см	Масса 100 зерен, г	Высота размещения нижнего боба, см	Число боковых веток, ед.	Число побегов, ед.	Урожайность зерна, г/м ²	Длина и ширина боба, см	Масса зерна у одного растения, г	Число бобов одного растения, ед.
CIEN-W										
1	F.09-137	50	28,9	22	3	27	320	2,4–1,5	40,1	96
2	F.09-304	51	33,4	26	4	29	380	3,2–2,0	45,1	136
CIEN-LS										
3	F.07-280	53	30,8	26	5	29	340	3,0–1,6	46,5	121
4	F.09-219	54	30,6	25	4	29	345	3,1–1,5	47,2	128
5	ILC 487	53	31,3	24	4	28	340	2,6–1,7	46,5	129
CICTN										
6	F.07-100	57	35,0	24	4	29	335	2,9–1,9	33,0	122
7	F.09-194	56	35,0	25	4	23	325	2,6–2,0	32,3	120
8	F.07-246	56	32,8	26	4	25	320	2,7–2,0	33,9	124
CIEN DT										
9	F.07-292	57	39,6	25	4	26	335	3,0–1,9	46,7	142
CIABN										
10	F.09-294	62	40,8	26	5	28	385	3,2–2,0	45,6	111
	Султан	49	28,0	20	3	26	305	2,3–1,9	40,9	98

В сортообразце F.07-292, отобранном из питомника CIEN DT, урожайность составляла 335 г/м². В отобранных сортообразцах средние показатели урожайности были выше стандарта, и эта разница составляла 50 г/м². Здесь максимальные показатели урожайности были получены у сортообразцов F.09-304 (380 г/м²) и F.09-294 (385 г/м²). Отличающиеся своей урожайностью сортообразцы нута в условиях засушливой богары более эффективно использовали влажность почвы (табл. 1).

Была изучена зависимость агробиологических показателей исследованных сортообразцов нута от метеорологических условий года вегетации. Резкое повышение температуры в конце июня и начале июля 2019 г., когда проводились исследования, стало причиной более низкого роста растений в сравнении с другими годами и в результате снижения урожайности зерна.

Сортообразцы нута F.07-100 (57 см), F.09-194 (56 см), F.05-36 (54 см), F.08-103 (55 см), F.07-246 (56 см) из питомни-

ка CICTN, F.07-292 (57 см) из питомника CIEN-DT, F.09-294 (62 см), F.09-2 (60 см), F.03-53 (60 см) из питомника CIABN были включены в группы высокорослых сортов, а сортообразец F.07-31 (40,0 см) из питомника CIEN-LS был включен в группы низкорослых. По числу бобов на одном растении (142 ед.) и массе зерна (46,7 г) наиболее отличался сортообразец F.07-292 из питомника CIEN-DT, а по расстоянию от корневой шейки до первого боба – сортообразцы F.07-292 (26 см) из питомника CIEN-DT и F.09-294 (26 см) из питомника CIABN. В исследованных сортообразцах нута масса 1000 зерен варьировалась в интервале 28,0–40,8 г. С этой точки зрения самый высокий показатель отмечен у сортообразца F.09-294 (40,8 г) из питомника CIABN, а самый низкий показатель – у сортообразца F.09-137 (28,0 г) из питомника CIEN-W (табл. 1).

Фотосинтез, являясь уникальным биологическим процессом, играет важную роль в формировании урожайности растений [5].

Таблица 2

Агробиологические и физиологические показатели отобранных сортообразцов нута

Название сортообразцов	Фенотип “stay green” листьев			Температура растительного покрова в фазе цветения		Период вегетации, день	Урожайность зерна, г/м ²
	В фазе цветения	В фазе налива зерна	снижение, %	Время измерения и температура воздуха			
				11 ⁰⁰ – 31,7°C	15 ⁰⁰ – 32,4°C		
CIEN-W							
F.09-301	96,3	62,3	35,3	21,5	23,1	207	300
F.09-304	81,0	72,4	10,6	21,9	23,3	207	380
CIEN-LS							
F.07-280	86,7	76,3	12,0	20,8	21,7	210	340
F.09-219	86,7	55,9	35,5	20,2	23,1	209	345
İLС 487	79,7	77,4	2,90	23,1	23,5	209	340
CICTN							
F.07-100	77,7	73,1	6,00	20,4	22,4	208	335
F.08-03	84,5	73,4	13,1	20,8	23,5	209	305
F.07-246	73,2	68,9	5,90	20,1	23,1	209	320
CIEN-DT							
F.07-292	74,3	69,7	6,20	20,9	21,9	207	335
CIABN							
F.09-294	73,0	72,9	0,14	21,9	23,7	207	385
Султан	90,1	73,9	18,0	20,9	24,3	208	305

Теоретические расчеты показывают, что путем оптимизации на различных уровнях работы фотосинтетического аппарата возможно увеличение урожайности зерна в интервале 10–60%. С этой точки зрения обнаружение в условиях засушливой богары в листьях растений фенотипа “stay green” и использование его в качестве экспресс-метода представляет большое практическое значение.

Принимая во внимание важность вышеизложенного, в отобранных сортообразцах нута был изучен фенотип “stay green” листьев растений. Измерения проводились с помощью аппарата SPAD-502 в средней части листа в фазе цветения и налива зерна вегетационного периода. Фенотип “stay green” у листьев сортообразцов в вышеперечисленных фазах развития варьировал в интервале 69,3–96,3 и 55,9–79,4 соответственно. В течение этого периода вегетации в исследованных сортообразцах нута в значениях фенотипа “stay green” листьев наблюдалось снижение в интервале 0,14–35,5%. Эти показатели у взятого как стандартный сорта «Султан» в соответствии с фазами развития составляли 90,1 и 73,9, что указывало на снижение на 18%. В этот период вегетации максимальное снижение в фе-

нотипе “stay green” листьев из-за воздействия засухи наблюдалось у сортообразцов F.08-105 (35,3%) из питомника CIEN-W, F.06-158 (35,5%) из питомника CIEN-LS, а минимальное снижение – у сортообразцов F.09-2 (0,9%) и F.09-294 (0,14%) из питомника CIABN. Вообще, у сортообразцов, отличающихся минимальным снижением фенотипа “stay green” листьев в условиях засухи, показатели урожайности, как правило, были высоки (табл. 2).

С этой точки зрения у сортообразца F.09-294 из питомника CIABN, отличающегося высоким показателем урожайности (385 г/м²), разница в фенотипе “stay green” листьев между фазами цветения и налива зерна периода вегетации была минимальной (0,14%).

Выводы

1. Показатели урожайности в сортообразцах нута, отобранных по экономически важным признакам из различных международных питомников, составляли 265–385 г/м². Средние значения в этих сортообразцах были выше стандарта, и эта разница составляла 50 г/м². Здесь максимальные показатели урожайности были получены у сортообразцов F.09-304 (380 г/м²)

и F.09-294 (385 г/м²). Сортообразцы нута, отличающиеся высокой урожайностью, более эффективно использовали почвенную влагу в условиях засушливой богары. Эти засухоустойчивые сортообразцы нута были признаны перспективными и включены в испытания на последующих этапах селекционных работ.

2. Показатели фенотипа “stay green” листьев у сортообразцов нута в фазе цветения и фазе налива зерна вегетационного периода варьировались в интервале 69,3–96,3 и 55,90–79,4 соответственно. Во время этого периода вегетации в сортообразцах нута наблюдалось снижение показателей фенотипа “stay green” листьев в интервале 0,14–35,5%. Это снижение в сорте «Султан», взятом в качестве стандарта, составляло 18%. Максимальное снижение показателей фенотипа “stay green” листьев под влиянием засухи наблюдалось в основном у низкоурожайных сортообразцов.

Список литературы

1. Merga B., Haji J. Economic importance of chickpea: Production, value and world trade // *Cogent Food and Agriculture*. 2019. № 5 (1). P. 1–12.
2. Sushilendra Veerangouda M., Anantachar M., Prakash K.V., Desai B.K., Vasudevan S.N. Effect of blade type, cutting velocity and stalk cross sectional area of chickpea stalks on cutting energy, cutting force and specific energy // *International Journal of Agriculture Sciences*. 2016. № 8 (53). P. 2658–2662.
3. Мирзоев Р.С., Амиров Л.А., Джухангиров А.А. Изучение устойчивости к засухе продовольственных бобовых // *Сборник научных трудов Научно-исследовательского института земледелия*. Баку: Муаллим, 2014. Т. XXV. С. 152–155.
4. Amirian F., Shahbazi F., Garavand A.T. Effects of moisture content and stem region on the bending characteristics of chickpea stem *Agricultural Engineering International // CIGR Journal*. 2018. № 20 (2). С. 190–196.
5. Lancelot Maphosa, Mark F. Richards, Sally L. Norton, Giao N. Nguyen. Breeding for Abiotic Stress Adaptation in Chickpea (*Cicer arietinum* L.): A Comprehensive Review . *Crop Breed Genet Genom*. August 2020. № 2 (4). P. 1–39. [Электронный ресурс]. URL: https://cbgg.hapres.com/htmls/CBGG_1293_Detail.html (дата обращения: 19.07.2023).

СТАТЬЯ

УДК 616-089.168.1-06:616-02-053-055

**ГЕНДЕРНЫЕ, ПОЛОВЫЕ И ЭТИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ,
ПРИВОДЯЩИЕ К ПЕРИПРОТЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ****Плиска Н.Н.***Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д.
Министерства здравоохранения Республики Казахстан, Астана, e-mail: Pliska6363@mail.ru*

Проблеме перипротезной инфекции в ортопедии уделяется с каждым годом все большее внимание. Это обусловлено ростом числа операций артропластики как во многих странах мира дальнего и ближнего зарубежья, так и в Казахстане. Не снижается частота подобных осложнений, что связано с множеством сопутствующих факторов и причин. Развитие гнойно-воспалительного процесса в области эндопротезированного сустава требует длительного, сложного, дорогостоящего лечения пациента в стационаре, вызывает у пациента неопороспособность оперированного сустава с выраженным болевым синдромом и естественным ограничением качества жизни, увеличивает степень и длительность инвалидизации, выключая лиц трудоспособного возраста из профессиональной деятельности, что в целом наносит значительный экономический ущерб государству. Целью послужило исследование взрослых пациентов с перипротезной инфекцией для выявления гендерных и половых особенностей, а также выяснения этиологии воспалительного процесса. Методологическая основа представлена методом сбора статистических данных о пациентах, биоматериал которых был исследован бактериологическим методом. По результатам исследования выявлены группы риска по гендерным и возрастным признакам: характерным является преобладание группы больных перимплантной инфекцией пожилого возраста, 60–74 года, а также то, что при распределении больных по половому признаку чаще страдают лица женского пола в трех возрастных группах (кроме молодого возраста 18–44 года), в 1,8–3,3 раз чаще мужчин. Также установлено, что наиболее частые возбудители – *Staphylococcus spp.* и НГОБ.

Ключевые слова: перипротезные инфекции этиология перипротезных инфекций**GENDER, SEX AND ETIOLOGICAL CAUSES LEADING
TO PERIPROSTHETIC INFECTION****Pliska N.N.***National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician N.D. Batpenov
Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Astana, e-mail: Pliska6363@mail.ru*

Every year more and more attention is paid to the problem of periprosthetic infection in orthopedics. This is due to an increase in the number of arthroplasty operations both in many countries of the world near and far abroad, and in Kazakhstan. The non-decreasing frequency of such complications, which is associated with many concomitant factors and causes. The development of a purulent-inflammatory process in the area of the arthroplasty joint requires a long, complex, expensive treatment of a patient in a hospital, causes the patient to be unable to support the operated joint, with severe pain and a natural limitation in the quality of life, increases the degree and duration of disability, excluding people of working age from professional activities, which in general causes significant economic damage to the state. The aim was to study patients with periprosthetic infection in adults to identify the gender and sex characteristics of patients, as well as to determine the etiology of the inflammatory process. The methodological basis is presented by the method of collecting statistical data on patients whose biomaterial was examined by the bacteriological method. According to the results of the study, risk groups were identified by gender and age, where it is characteristic that the group of patients with peri-implant infection predominates, belonging to the elderly age of 60–74 years, as well as the fact that when distributing patients by gender, females are more likely to suffer in three age groups (except for the young age of 18–44 years) 1.8–3.3 times more often than men. It has also been established that the most frequently detected pathogens are: *Staphylococcus spp.* and NGOB.

Keywords: periprosthetic infections etiology of periprosthetic infections

Артропластика и эндопротезирование является одним из эффективных методов решения проблем травматологии и ортопедии [1–3]. На сегодняшний день данный метод лечения имеет тенденцию к увеличению числа своего применения, подтверждением этому являются более 100 тыс. операций, проводимых за год в России [4]. Артропластика различных суставов, являясь сегодня достаточно обычным вмешательством в специализированных стационарах, дает максимально высокий результат лечения. Наряду с этим нарастает число осложнений, что определяет необходимость разработки

эффективных мер профилактики. Важно направить фокус внимания на предупреждение возникновения осложнений [5, 6].

Проблеме перипротезной инфекции в ортопедии уделяется с каждым годом все большее внимание. Это обусловлено ростом числа операций артропластики как во многих странах мира дальнего и ближнего зарубежья, так и в Казахстане [7]. Не снижающаяся частота подобных осложнений связана с множеством сопутствующих факторов и причин: материалы, из которых изготовлены протезы, гендерные различия, пол пациентов, условия проведения вмешательств,

сопутствующие заболевания пациентов и особенности патогенной флоры. Развитие гнойно-воспалительного процесса в области эндопротезированного сустава требует длительного, сложного, дорогостоящего лечения пациента в стационаре, вызывает неопороспособность оперированного сустава с выраженным болевым синдромом и естественным ограничением качества жизни больного, увеличивает степень и длительность инвалидизации, выключая лиц трудоспособного возраста из профессиональной деятельности, что в целом наносит значительный экономический ущерб государству [8]. Актуальность проблемы возникновения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, обусловлена появлением так называемых госпитальных (как правило, полирезистентных к антибиотикам и химиопрепаратам) штаммов стафилококков, ацинетобактеров, синегнойной палочки и других возбудителей [9]. Они легко распространяются среди ослабленных оперативным вмешательством пациентов, особенно пожилых, у которых снижена иммунологическая реактивность, они представляют собой так называемую группу риска [10].

Вызывает тревогу, что лидирующие по частоте выявления патогенные микроорганизмы нашего исследования: *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* и *Staphylococcus epidermidis* – согласно исследованиям *in vitro* могут легко образовывать биопленки на ортопедических винтах из нержавеющей стали и титана и обладают высокой степенью адгезии к инородным телам, что имеет особое значение для стойкого выживания в организме (даже в условиях антибиотикотерапии) [11]. Также они обладают вирулентностью, устойчивостью, поэтому трудно лечить из-за способности приобретать устойчивость к нескольким классам антибиотиков. Известно, что ортопедические биоматериалы – это инородные тела, которые обеспечивают поверхность для прилипания бактерий и последующего образования биопленок [12].

Многочисленные факторы, способствующие распространению инфекции: наличие большого количества сопутствующих заболеваний, которые далеко не всегда лечат вовремя пациенты, возраст (чем старше, тем большее количество таких заболеваний), гендерные различия по возрасту часто отвечают за активную жизнь: туризм, спорт, дела в быту; вредные привычки. Существуют факторы, связанные с оказанием медицинской помощи: отсутствие строгого зонирования отделения, некачественно обработанный инструментарий, инфицированные имплан-

таты, руки медперсонала при нарушении использования антисептиков, недостаточное соблюдение личной гигиены сотрудниками, нерегулярная смена СИЗов, при этом пока не выявлено влияние внешнего фактора, способствующего развитию инфекции в зависимости от вида эндопротеза и места его анатомического установления [13, 14].

Целью послужило исследование взрослых пациентов с перипротезными инфекциями для выявления гендерных и половых особенностей пациентов, а также выяснения этиологии воспалительного процесса.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено с соблюдением Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации по этическим принципам проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта (принята 59-й Генеральной Ассамблеей ВМА Сеул, октябрь 2008 г.).

Идея исследования заключалась в осуществлении возможности выявления способствующих факторов перипротезных инфекций (ППИ) и этиологии воспалительного процесса. Для исследования в работе были использованы пунктаты (в дооперационном периоде), биоптаты из очага воспаления, а также во время основного этапа оперативного вмешательства), раневое отделяемое из дренажей (в послеоперационном периоде). Забор материала из свищевых ходов не производился. Исследовались все пациенты, поступившие с перипротезными инфекциями в РГП на ПХВ «Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д.» МЗ РК г. Астана («ННЦТО») за 2020–2022 гг., которые обращались из всех регионов Казахстана.

Биоматериал исследовался специальным методом для выявления перипротезных инфекций, обязательно его подвергали количественному бактериологическому исследованию. Первичный посев биоматериала проводили на различные питательные среды, окраску мазков по Граму и идентификацию выделенных микроорганизмов проводили классическим бактериологическим методом по изучению морфологических, культуральных и биохимических свойств. Затем на пятые и десятые сутки биоматериал пересевали после инкубации в тиогликолевой среде на кровяной агар и агар Шадлера. Агар Шадлера инкубировали с повышенной концентрацией углекислого газа. Антибиотикочувствительность выделенных штаммов определяли методом стандартных дисков в соответствии с клиническими рекомендациями [15]. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных автором в течение трех лет исследований у пациентов с подозрением на перипротезную инфекцию были получены следующие данные, на основании которых попытаемся определить особенности перипротезной инфекции у пациентов проходивших лечение в «ННЦТО» за изучаемый период.

На рис. 1 наблюдаем пациентов четырех возрастных групп в динамике суммарно за три года по количеству перипротезных инфекций лидирует возрастная группа от 60 до 74 лет, таких лиц было 43%, следующая возрастная группа – пациенты 45–59 лет,

их было 33,7%, далее возраст 18–44 года, таких пациентов было 15,2%, что в 2,2 раза меньше предыдущей группы, и последняя группа самого старшего возраста 75–90 лет их было 8,1%, что почти в 2 раза меньше предыдущей, самой молодой группы. Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что осложнения чаще возникают у людей более преклонного возраста, что связано с проблемой снижения иммунного статуса пациентов, на рисунке отчетливо видно, что чем старше возраст, тем больше осложнений. Самый старший возраст имел бы такую динамику тоже, но, к сожалению, средний возраст казахстанцев 70–73 года и до 90 лет, скорее всего, они не доживают.

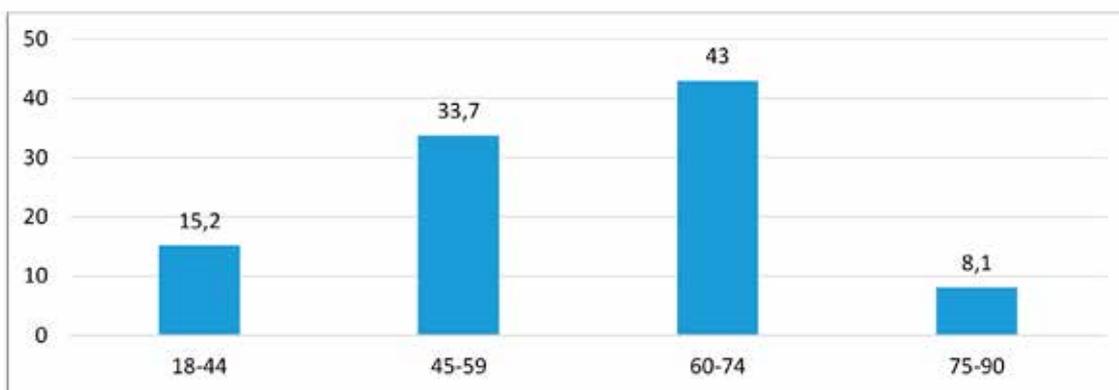


Рис. 1. Эпидемиологические особенности доминирования осложнений по возрасту перипротезной инфекции за 2020–2022 гг.

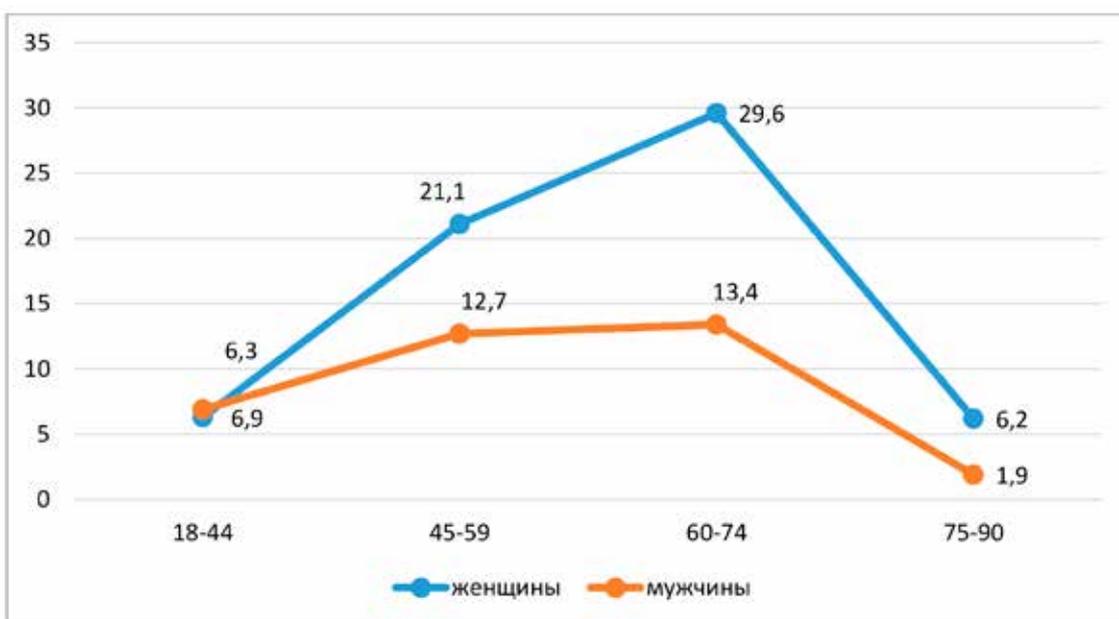


Рис. 2. Эпидемиологические особенности доминирования осложнений по полу и возрасту перипротезной инфекции за 2020–2022 гг.

Таблица 1

Проведенные бактериологические исследования пациентов с перипротезной инфекцией за 2020–2022 гг.

Возраст	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Всего
	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	
18–44	12	15	10	17	11	14	79
45–59	27	21	51	21	32	24	176
60–74	44	22	44	22	66	26	224
75–90	11	2	7	2	14	6	42
всего	94	60	112	62	123	70	
Итого	154		174		193		521

На рис. 2 представлены больные с эндопротезирующим оперативным вмешательством по полу и возрасту, осложненным перипротезной инфекцией за анализируемый период. Определяя относительное влияние данных гендерных отличий на развитие перипротезной инфекции суставов, автором установлено следующее количество лиц: 182 мужчин, 329 женщин.

В данной таблице приведены данные от пациентов, у которых было проведено бактериологическое исследование при подозрении на перипротезную инфекцию. Согласно приведенным данным можно сделать заключение, что мужчины в 1,8 раз реже страдали данной инфекцией, чем женщины. В самом молодом возрасте (18–44 года) и мужчины, и женщины имели данное осложнение почти одинаково редко: женщины 6,3% мужчины 6,9%, что, возможно, свидетельствует о том, что этот возраст реже других возрастных групп подвергается оперативным вмешательствам по замене суставов. Следующие три возрастные группы имеют различия и осложнения выше в женской популяции больных. Так в возрасте 45–59 лет у мужчин 12,7% осложнений перипротезной инфекции, а у женщин 21,1%, что в 1,7 раза выше, чем у мужчин. Более взрослая группа 60–74 года – у мужчин осложнения встречаются в 13,4% у женщин в 29,6%, что превышает показатели мужчин в 2,2 раза. Последняя группа возраст пациентов 75–90 лет – у мужчин показатель осложнений перипротезной инфекции 1,9% у женщин 6,2%, что в 3,3 раза больше показателя мужчин данного возраста.

Таким образом, можно отметить наличие связи влияния гендерных отличий на развитие перипротезной инфекции суставов, что, возможно, является фактором риска развития осложнения ($p = 0,339$). По данным проведенных бактериологических исследований пациентов с перипротезной

инфекцией за 2020–2022 гг. (табл. 1) эпидемиологические особенности возрастного состава больных перипротезной инфекцией за 2020–2022 гг. в абсолютных числах анализа автора распределились следующим образом: по возрасту: 1) 18–44 – молодой возраст – 79 лиц (15,2%), 2) 45–59 – средний возраст – 176 лиц (33,7%), 3) 60–74 – пожилой возраст – 224 лица (43%), 4) 75–90 – старческий – 42 лица (8,1%). Для отражения эпидемиологических особенностей возрастного состава больных перипротезной инфекцией автором использована «Возрастная классификация Всемирной организации здравоохранения», согласно которой отмечается значительная разница между группами, составляющими молодой и средний возраст, и доминирование группы пожилого возраста. Таким образом, характерным является то, что в основном преобладает группа больных перипротезной инфекцией, относящаяся к пожилому возрасту (43%), и наблюдается динамика нарастания осложнений перипротезной инфекции со II по IV группы в популяции женщин 1,7; 2,2 и 3,3 раз.

Эпидемиологические особенности возрастного состава пациентов перипротезной инфекции в 2020 г. рассмотрим на рис. 3. Группа 1. 18–44 – молодой возраст – женщины 7,8%, мужчины 9,7%; 2 группа 45–59 – средний возраст – женщины 17,5%, мужчины 13,6%; 3 группа 60–74 – пожилой возраст – женщины 28,6%, мужчины 14,3%; 4 группа 75–90 – старческий – женщины 7,1%, мужчины 1,3%.

Эпидемиологические особенности возрастного состава пациентов перипротезной инфекции в 2021 году: 1. 18–44 – молодой возраст – женщины 5,7%, мужчины 9,7%, 2. 45–59 – средний возраст – женщины 29,3%, мужчины 12%, 3. 60–74 – пожилой возраст – женщины 44%, мужчины 12,6%, 4. 75–90 – старческий – женщины 4%, мужчины 1,1% (рис. 4).



Рис. 3. Эпидемиологические особенности возрастного состава пациентов 2020 г. с перипрозрачной инфекцией в процентах



Рис. 4. Эпидемиологические особенности возрастного состава пациентов 2021 г. с перипрозрачной инфекцией в процентах



Рис. 5. Эпидемиологические особенности возрастного состава пациентов 2022 г. с перипрозрачной инфекцией в процентах

Эпидемиологические особенности возрастного состава пациентов с перипрозрачной инфекцией в 2022 г.:

- 1) 18–44 – молодой возраст – женщины 5,7%, мужчины 7,2%,
- 2) 45–59 – средний возраст – женщины 16,6%, мужчины 12,4%,
- 3) 60–74 – пожилой возраст – женщины 66%, мужчины 13,4%,

4) 75–90 – старческий – женщины 7,2%, мужчины 3,1% (рис. 5).

При рассмотрении возрастного состава больных перипрозрачной инфекцией по годам (рис. 3–5) установлена та же тенденция, свидетельствующая, что представители пожилого возраста являются преобладающим потребителем в области эндопротезирования.

Таблица 2

Динамика основных видов и семейств, выделяемых при перипротезных инфекциях, за 2020–2022 гг.

Наименование микроорганизмов	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
<i>Staphylococcus aureus</i>	51	19,8	98	27,8	110	32,3	259	27,3
<i>Staphylococcus spp.</i>	108	42	147	41,7	128	37,5	383	40,3
НГОБ	43	16,7	33	9,4	58	17	134	14,1
Enterobacteriaceae	33	12,8	49	14	27	7,9	109	11,5
Др. микроорганизмы	22	8,7	25	7,1	18	5,3	65	6,8
Итого	257		352		341		950	

Учитывая преобладание больных перипротезной инфекции возрастной группы – пожилого возраста, для определения взаимосвязи влияния возраста на возникновение патогенных микроорганизмов был использован критерий Стьюдента для независимых выборок, по результатам которого установлена статистическая значимость ($t = 0,027$). Что подтверждает влияние возраста на частоту выявленных инфекционных осложнений.

Проведенные автором бактериологические исследования на перипротезную инфекцию в 2020–2022 гг. позволило установить следующие особенности: в 2020 г. проведено 257 исследований, выявлено 128 (49,8%) отрицательных результатов, в 2021 г. – исследований 479 и 37,8% отрицательных результатов, в 2022 г. 500 исследований и 35,4% отрицательных результатов.

За три года у пациентов эпидемиологическая характеристика микробного профиля биоматериала больных было идентифицировано 27 видов микроорганизмов, которые автор сгруппировал в 5 основных групп: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus spp.*, семейство Enterobacteriaceae, НГОБ – неферментирующие грамотрицательные бактерии и другие микроорганизмы, всего за три года было исследовано 1236 биопроб на перипротезную инфекцию. Были выявлены в единичных случаях микст-инфекции т.е. результаты обычно были представлены в моноварианте, выделенных микроорганизмов, что представлено в табл. 2.

В 2/3 от общего количества всех идентифицированных микроорганизмов были выделены стафилококки, их было 67,6%. На втором месте идентифицированы НГОБ – *Pseudomonas spp.* и *Acinetobacter spp.*, которых 14,1%, случаев группы Enterobacteriaceae – 11,5%, другие микроорганизмы 6,8%.

В заключение хочется подчеркнуть, что инфекция, возникающая после протезирования суставов, чаще поражает людей пожилого возраста и микроорганизмы, вызывающие эту инфекцию, – это стафилококки. Поэтому необходимо продолжать все действия по предупреждению инфекций, вызванных оказанием медицинской помощи.

Выводы

1. Характерно, что преобладает группа больных перипротезной инфекцией, относящаяся к пожилому возрасту, 60–74 года, а также то, что при распределении больных по половому признаку установлено преобладание лиц женского пола: женщины страдают чаще мужчин в трех возрастных группах (кроме молодого возраста 18–44 года) в 1,8–3,3 раз, возможно, это связано с большим числом обязанностей по дому, когда женщины не придерживаются режима труда и отдыха.

2. Исходя из вышеизложенного исследованный биоматериал при подозрении на перипротезные инфекции в 35,4–49,8% случаев был стерильным. В 2/3 от общего количества всех идентифицированных микроорганизмов были выделены стафилококки и 14,1% НГОБ те микроорганизмы, которые чаще других образуют пленки на поверхности имплантата.

Список литературы

1. Niemeläinen M.J., Mäkelä K.T., Robertsson O., W-Dahl A., M Furnes A., B Pedersen A., M Schroder H., Huhtala H., and Eskelinen A. Different incidences of knee arthroplasty in the Nordic countries: a population-based study from the Nordic Arthroplasty Register Association // Acta Orthop. 2017. Vol. 88, № 2. P. 173–178.
2. Colas S., Allalou A., Poichotte A. Exchangeable femoral neck (dual-modular) THA prostheses have poorer survivorship than other designs: a nationwide cohort of 324,108 patients // Clin. Orthop. Relat. Res. 2017. Vol. 475, № 8. P. 2046–2059.

3. Bigger J.W. Treatment of Staphylococcal infections with penicillin by intermittent sterilisation // *American Journal microbiological Research*. 2016. Vol. 4, № 1. P. 1–15.
4. Ахтямов И.Ф., Куропаткин Г.В., Гатина Э.Б., Кильметов Т.А., Еремин И.К., Курмангалиев Е.Д. Костный цемент и локальная антибиотикотерапия в гнойной остеологии // *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова*. 2014. № 3. С. 81–87.
5. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Николаев Н.С., Григоричева Л.Г., Овсянкин А.В., Черный А.Ж., Дроздова П.В., Денисов А.В., Вебер Е.В., Кузьмина И.В. Эпидемиология первичного эндопротезирования тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики РНИИТО им. Р.Р. Вредена // *Травматология и ортопедия России*. 2017. № 2. С. 81–101. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101.
6. Afzal I., Radha S., Smoljanović T., Stafford G.H., Twyman R., Field R.E. Validation of revision data for total hip and knee replacements undertaken at a high volume orthopaedic centre against data held on the National Joint Registry // *J. Orthop Surg Res*. 2019. Vol. 14 (1). P. 318. DOI: 10.1186/s13018-019-1304-1309.
7. Чистякова М. Внутрибольничная инфекция (ВБИ) и профилактика ИСМП в Казахстане: [Электронный ресурс]. URL: <https://med.mcfk.kz/article/711-profilaktika-ismpr-vbi>. (дата обращения: 03.04.2023).
8. Материалы Второй международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции / Пер. с англ.; под общ. ред. Р.М. Тихилова, С.А. Божковой, И.И. Шубнякова. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2019. 314 с.
9. Тихилов М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н. Факторы риска развития перипротезной инфекции после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава // *Травматология и ортопедия России*. 2014. № 2. С. 5–13.
10. Мурылев В.Ю., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Иваненко Л.Р., Сорокина Г.Л., Рукин Я.А., Алексеев С.С., Германов В.Г. Алгоритм первого этапа лечения поздней глубокой перипротезной инфекции тазобедренного сустава // *Травматология и ортопедия России*. 2018. № 4. С. 95–104.
11. Osmon D.R., Berbari E.F., Berendt A.R., Lew D., Zimmerli W., Steckelberg J.M., Rau N., Hanssen F., Wilson W.R. Executive summary: diagnosis and management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America // *Clin Infect Dis*. 2013. Vol. 56. P. 1–10. DOI: 10.1093/cid/cis966.
12. Pabinger C., Lothaller H., Portner N., Geissler A. Projections of hip arthroplasty in OECD countries up to 2050 // *Hip Int*. 2018. № 28 (5). P. 498–506. DOI: 10.1177/1120700018757940.
13. Triantafyllopoulos G.K., Soranoglou V.G., Memtsoudis S.G., Sculco T.P., Poultsides L.A. Rate and Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection Among 36,494 Primary Total Hip Arthroplasties // *J Arthroplasty*. 2018. Vol. 33 (4). P. 1166–1170. DOI: 10.1016/j.arth.2017.11.040.
14. Pedersen A.B., Svendsen J.E., Johnsen S.P., Riis A., Overgaard S. Risk factors for revision due to infection after primary total hip arthroplasty. A population-based study of 80,756 primary procedures in the Danish Hip Arthroplasty Registry // *Acta Orthop*. 2010. Vol. 81 (5). P. 542–547. DOI: 10.3109/17453674.2010.519908.
15. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам // *Клинические рекомендации Министерства здравоохранения РФ*. М., 2018.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 616-056.527:616.3-006-036-07-08

**АНАЛИЗ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАКА ПИЩЕВОДА
У БОЛЬНЫХ С ОЖИРЕНИЕМ В СИСТЕМЕ ОКАЗАНИЯ
ПЕРВИЧНОЙ МЕДИКО-САНИТАРНОЙ ПОМОЩИ**

^{1,2}Репкина Т.В., ¹Гатаулина О.В., ¹Демина Е.И.

¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Барнаул, e-mail: olga9113@bk.ru;

²КГБУЗ «Краевой Центр общественного здоровья и медицинской профилактики», Барнаул

Цель исследования: изучить риск возникновения рака пищевода у больных с ожирением в системе оказания первичной медико-санитарной помощи. Объектом исследования являлись пациенты с ожирением и раком пищевода. Выполнен анализ данных литературы из модуля поиска «Российская Академия Естественных наук», eLIBRARY.RU, Pub Med. Период анализа составил 10 лет. Первичная медико-санитарная помощь является основой системы оказания медицинской помощи. Результаты некоторых исследований демонстрируют гендерные различия в значимости ожирения как фактора риска развития рака пищевода. Известно, что риск онкологического заболевания коррелирует с длительностью ожирения. Ожирение – это не только хроническое рецидивирующее заболевание, но и фактор риска развития целого ряда заболеваний, в том числе гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, которая является фактором риска развития рака пищевода. Таким образом, эволюционно возможно рассмотреть ожирение как фактор риска рака пищевода. При оказании первичной медико-санитарной помощи необходимо как можно раньше выявлять как факторы риска ожирения, так и наличие избыточной массы тела (преожирение), проводить работу с ожирением как с фактором риска гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, предотвращая развитие рака пищевода. Подход к профилактике возникновения рака пищевода предполагает комплексные мероприятия по коррекции факторов риска ожирения с достижением целевых показателей индекса массы тела и объема талии, регулярный скрининг в рамках диспансеризации и первичную профилактику, диспансерное наблюдение пациентов с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью и пищеводом Барретта для снижения риска возникновения или ранней диагностики этой онкопатологии. Таким образом, прерывая эволюционный путь ожирения в структуре факторов риска рака пищевода, возможно способствовать снижению статистики этой онкопатологии и сокращению необходимости применения мероприятий паллиативной помощи.

Ключевые слова: ожирение, рак пищевода, аденокарцинома, факторы риска

**ANALYSIS OF THE RISK OF ESOPHAGEAL CANCER
IN OBESE PATIENTS IN THE PRIMARY HEALTH CARE SYSTEM**

^{1,2}Repkina T.V., ¹Gataulina O.V., ¹Demina E.I.

¹Altai State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Barnaul, e-mail: olga9113@bk.ru

²RSBHI «Regional Center of public health and medical prevention», Barnaul

To study the risk of esophageal cancer in obese patients in the primary health care system. The object of the study was patients with obesity and esophageal cancer. The analysis of literature data from the search module «Russian Academy of Natural Sciences», eLibrary.RU, Pub Med. The search analysis was 10 years. Primary medical-sanitarian care is the basis of the system of medical care. The results of some studies demonstrate gender differences in the importance of obesity as a risk factor for esophageal cancer. It is known that the risk of cancer correlates with the duration of obesity. Obesity is not only a chronic recurrent disease, but also a risk factor for the development of a number of diseases, including gastroesophageal reflux disease, which is a risk factor for esophageal cancer. Thus, it is evolutionarily possible to consider obesity as a risk factor for esophageal cancer. When providing primary health care, it is necessary to identify both risk factors for obesity and the presence of overweight (obesity) as early as possible, to work with obesity as a risk factor for gastroesophageal reflux disease, preventing the development of esophageal cancer. The approach to the prevention of esophageal cancer involves comprehensive measures to correct risk factors for obesity, with the achievement of targets for body mass index and waist size, regular screening as part of medical examination and primary prevention, dispensary observation of patients with gastroesophageal reflux disease and Barrett's esophagus to reduce the risk of occurrence or early diagnosis of this cancer pathology. Thus, interrupting the evolutionary path of obesity in the structure of risk factors for esophageal cancer, it is possible to reduce the statistics of this oncopathology and reduce the need for palliative care measures.

Keywords: obesity, esophageal cancer, adenocarcinoma, risk factors

Рак пищевода – это злокачественная опухоль, исходящая из слизистой оболочки пищевода. Это заболевание является одним из самых агрессивных злокачественных новообразований и занимает восьмое место в структуре смертности в мире [1]. В его развитии играет роль цилиндроклеточная метаплазия. По данным Международного агентства по из-

учению рака (International Agency for research on Cancer, IARC), на 2014 год заболеваемость составила 50,1 случая на 100 тыс. населения в год, смертность – 34,3. В России в 2018 году было диагностировано 7750 новых случаев, из которых III и IV составили 33,6 и 30,9% соответственно, а 1-годовая летальность – 59% [2]. Распространенность метаплазии

пищевода в США и Канаде колеблется от 1,6 до 6,8%, по данным разных источников. В Европе распространенность этого состояния варьирует от 1,6 до 4,9% [3]. По статистическим данным, заболеваемость злокачественными новообразованиями пищевода у россиян за период с 2002 по 2012 годы возросла с 4,99 до 5,1 случая на 100 тыс. населения [3]. Наиболее частой морфологической формой в России является плоскоклеточный рак, реже – аденокарцинома [1]. По данным Организации сотрудничества и развития (ОЭСД), США занимает первое место в структуре статистики ожирения. Этот диагноз верифицирован у 38,2% американцев старше 15 лет. К 2030 году прогнозируется превышение показателя до уровня 45% [4]. За последние 40 лет наблюдается заметный рост заболеваемости аденокарциномой пищевода. Данные по США демонстрируют увеличение заболеваемости аденокарциномой пищевода на фоне увеличения распространенности ожирения во всем мире в период с 1975 по 2014 годы в 3,6 раза для мужчин и в 2,3 раза для женщин [5]. По данным Американского канцер регистра, с 1980 по 1990 годы заболеваемость аденокарциномой пищевода удвоилась. К 2025 году прогнозируется рост распространенности ожирения во всем мире до 18% среди мужчин и более 21% среди женщин [6]. В Российской Федерации с проблемами ожирения сталкиваются 19,6% россиян. В 2020 году в России отмечился регресс статистики ожирения.

Цель исследования – изучить риск возникновения рака пищевода у больных с ожирением в системе оказания первичной медико-санитарной помощи.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись пациенты с ожирением и раком пищевода. Выполнен анализ данных литературы из модуля поиска «Российская Академия Естественных наук», eLIBRARY.RU, Pub Med. Период поиска составил 10 лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Первичная медико-санитарная помощь является основой системы оказания медицинской помощи [7]. Основными задачами поликлиники являются проведение профилактических мероприятий по предупреждению и снижению заболеваемости, выявление ранних и скрытых форм заболеваний, социально значимых заболеваний и факторов риска. Также поликлиника организует и оказывает паллиативную помощь больным, в том числе больным онкологическими заболеваниями. Поэтому в штате поликлиники предусмотрен врач-онколог или врач-специалист, прошедший подготовку по онкологии. Стандарты медицинской помощи взрослым при раке пищевода и кардии регламентируют как первичный, так и диспансерный прием у врача-онколога [8].

Результаты некоторых исследований демонстрируют гендерные различия в значимости ожирения как фактора риска рака пищевода [9] (рис. 1, 2).

В представленном исследовании ожирение можно рассматривать как фактор риска рака пищевода преимущественно у женщин, тогда как у мужчин не наблюдается триггерной значимости ожирения при данной патологии. Практически во всех регионах мира отмечается вариабельность рака по полу [10].



Рис. 1. Ожирение как фактор риска онкопатологии у женщин

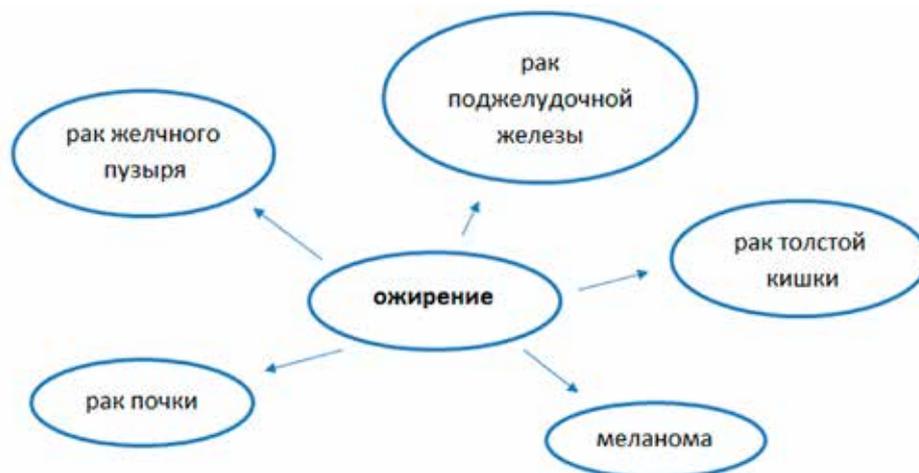


Рис. 2. Ожирение как фактор риска онкопатологии у мужчин

Известно, что риск онкологического заболевания коррелирует с длительностью ожирения. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 2,8 млн людей ежегодно умирают от коморбидности ожирения и зависимых хронических неинфекционных заболеваний. В России в 2020 году зарегистрировано на 300 тыс. меньше пациентов с ожирением, чем годом ранее. Ранний возраст возникновения ожирения играет роль при коморбидности ожирения и онкопатологии, являясь фактором риска целого ряда заболеваний, в том числе рака пищевода. Раннее возникновение коморбидности заболеваний может привести к сокращению продолжительности жизни. Проблемы онкопатологии актуальны и для нашего региона. Алтайский край входит в число регионов с максимальным количеством пациентов с первично-множественными опухолями на конец 2021 года – 8,3% [11]. Существуют данные, что ожирение ухудшает прогноз онкопатологии [12, 13], а как объект воздействия способно улучшить прогноз [14] и снизить риск возникновения этих заболеваний [9]. Таким образом, последующая своевременная постковидная (углубленная) диспансеризация позволяет рано диагностировать ухудшение состояния пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями, онкопатологией, в том числе с раком пищевода. В этиологии рака пищевода придается значение постоянному химическому, механическому или термическому раздражению слизистой оболочки пищевода, приводящему к развитию интраэпителиальной неоплазии (дисплазии эпителия). К непосредственным факторам риска относится постоянное употребление слишком горячей пищи и напитков. Курение табака и употребление алкоголя являются

независимыми факторами риска развития рака пищевода. У пациентов с аутосомнодоминантным заболеванием, характеризующимся гиперкератозом ладоней и стоп, риск развития рака пищевода составляет 37%. Отдельно выделяют заболевание «пищевод Барретта», при котором метаплазированный кишечный эпителий появляется в дистальных отделах пищевода. Риск возникновения рака пищевода у таких пациентов примерно в 30 раз выше, чем в популяции. Развитие пищевода Барретта связано с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью и является ее осложнением. Важным аспектом профилактики возникновения рака пищевода служит диспансерное наблюдение пациентов с гастроэзофагеальным рефлюксом с эзофагитом и пищеводом Барретта [15]. Кульминацией гастроэзофагеальной рефлюксной болезни (ГЭРБ) является цилиндрическая метаплазия с последующим формированием аденокарциномы пищевода [16]. При гастроэзофагеальном рефлюксе устанавливается минимальная длительность диспансерного наблюдения не реже одного раза в полгода. Пациентам с пищеводом Барретта проводится диспансерное наблюдение пожизненно с минимальной периодичностью диспансерного наблюдения: не реже одного раза в 12 месяцев. Так данный регламент диспансерного наблюдения позволяет обеспечить качественную профилактику и раннюю диагностику рака пищевода.

Первичной онкопатологией пищевода являются плоскоклеточный рак и аденокарцинома (с различной этиологией и уровнем роста факторов в ткани, на которой развиваются) [17, 18]. Прогнозирование исхода рака пищевода считается неблагоприятным [19] за счет снижения дифференцировки и роста вовлеченности региональных лимфоузлов.

Особую роль в изучении течения онкологических заболеваний и эффективности терапии в современных условиях играют доклинические испытания на животных [20]. Ожирение и ассоциированные с ним метаболические нарушения являются актуальной проблемой современной медицины, поскольку приводят к развитию целого ряда тяжелых заболеваний [4, 21]. Наиболее значимыми из них являются сахарный диабет, сердечно-сосудистые и онкологические заболевания. Ожирение – это хроническое заболевание, характеризующееся избыточным накоплением жировой ткани в организме, представляющим угрозу здоровью, и являющееся основным фактором риска ряда других хронических заболеваний, включая сахарный диабет 2-го типа и сердечно-сосудистые заболевания [22]. Высококалорийное питание и малоподвижный образ жизни занимают важнейшее место среди причин развития ожирения. Это многофакторное заболевание, в формировании которого, помимо дисбаланса между потреблением и расходом энергии, участвуют различные нейрогуморальные механизмы и факторы внешней среды. Высококалорийная диета, увеличение размеров порций, нарушенный суточный ритм приема

пищи, малоподвижный образ жизни, хронический стресс, а также все более часто диагностируемые расстройства пищевого поведения являются основными факторами, способствующими развитию ожирения [23]. Ожирение служит одной из ведущих причин инвалидности и смертности во всем мире и затрагивает не только взрослых, но и детей и подростков. По данным ВОЗ, в 2016 году более 1,9 млрд взрослых (возрастом от 18 лет и старше) имели избыточный вес. Из них более 650 млн страдали ожирением. Распространенность ожирения среди мужчин составляла 11%, среди женщин – 15%. В Российской Федерации на 2016 год доля лиц с избыточной массой тела составила 62,0%, с ожирением – 26,2%. По прогнозам, к 2030 году 60% населения мира (то есть 3,3 млрд человек) могут иметь избыточный вес (2,2 млрд) или ожирение (1,1 млрд), если тенденции заболеваемости ожирением сохранятся. Ожирение также относится к факторам риска целого ряда заболеваний, в том числе ГЭРБ, которая является фактором риска развития рака пищевода. Таким образом, эволюционно возможно рассмотреть ожирение как фактор риска развития рака пищевода [4, 24] (рис. 3).



Рис. 3. Эволюция ожирения как фактора риска развития рака пищевода



Рис. 4. Ожирение как многогранный фактор риска

При оказании первичной медико-санитарной помощи необходимо как можно раньше выявлять как факторы риска ожирения, так и наличие избыточной массы тела (преожирение), а также важно соблюдать меры по предотвращению проблем со здоровьем, связанных с ожирением [4] (рис. 4).

Также следует учитывать факторы, способствующие формированию ожирения. Это наследственная предрасположенность, расстройства пищевого поведения, которые могут провоцироваться хроническим стрессом, приводящим к нарушению суточного приема пищи с увеличением размера порций и калорийности. Фактор гиподинамии играет особую роль в реализации ожирения. Поэтому необходимо уделять достаточное время для формирования приверженности пациентов к ведению здорового образа жизни, системе здорового питания и физической нагрузки [25] при углубленном консультировании в рамках диспансеризации определенных групп взрослого населения [26], так как наибольшее число ассоциаций между болезнями и модифицируемыми факторами риска демонстрируют поведенческие факторы риска и ожирение [27]. Это позволит снизить значение ожирения в структуре факторов риска развития рака пищевода, обеспечив своевременную профилактику возникновения данной патологии [28]. Проведение третьей волны скрининга ЭССЕ-РФ, одним из аспектов исследования которого являлось ожирение, позволяет наметить тактику профилактики зависимых хронических неинфекционных заболеваний, в том числе и рака пищевода, учитывая региональный компонент [29].

Таким образом, прерывая эволюционный путь ожирения в структуре факторов риска рака пищевода, возможно способствовать снижению статистики этой онкопатологии и сокращению необходимости применения мероприятий паллиативной помощи [30].

Заключение

Подход к профилактике возникновения рака пищевода предполагает комплексные мероприятия по коррекции факторов риска ожирения с достижением целевых показателей индекса массы тела и объема талии, регулярный скрининг в рамках диспансеризации и первичную профилактику, диспансерное наблюдение пациентов с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью и пищеводом Барретта для снижения риска возникновения или ранней диагностики этой онкопатологии.

Список литературы

1. Клинические Рекомендации Минздрава России «Рак пищевода и кардии». 2021г. [Электронный ресурс]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/clin_recomend (дата обращения: 19.03.2023).
2. Состояние онкологической помощи населению России в 2018 году / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2019. 236 с.
3. Василевский Д.И., Баландов С.Г., Давлетбаева Л.И., Тарбаев И.С. Пищевод Барретта и аденокарцинома пищевода. Существует ли проблема? // Российские биомедицинские исследования. 2018. Т. 3, № 2. С. 28-35.
4. Драпкина О.М., Самородская И.В., Старинская М.А., Ким О.Т., Неймарк А.Е. Ожирение: оценка и тактика ведения пациентов. М.: ФГБОУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России; ООО «Силица – Полиграф», 2021. 174 с.
5. Then E.O., Lopez M., Saleem S., Gayam V., Sankara T., Culliford A., Gaduputi V. Esophageal cancer: an updated surveillance epidemiology and end results database analysis // World J. Oncol. 2020. Vol. 11. P. 55-64. DOI: 10.14740/wjon1254.
6. Trends in adult body – mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population – based measurement studies with 19.2 million participants // Lancet. 2016. Vol. 387. P. 1377-1396. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30054-X.
7. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 15 мая 2012 года №543н «Об утверждении положения об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению» (ред. от 21.02.2020). [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=367954> (дата обращения: 24.06.2023).
8. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 февраля 2021 года №125н «Об утверждении стандартов медицинской помощи взрослым при раке пищевода и кардии». [Электронный ресурс]. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202103180025> (дата обращения: 24.06.2023).
9. Салухов В.В., Кадин Д.В. Ожирение как фактор онкологического риска. Обзор литературы // Медицинский совет. 2019. №4. С. 94-102. DOI: 10.21518/2079-701X-2019-4-94-102.
10. Макимбетов Э.К., Салихар Р.И., Туманбаев А.М., Токтаналиева А.Н., Керимов А.Д. Эпидемиология рака в мире // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29718> (дата обращения: 24.06.2023).
11. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году / Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Шахзадовой А.О. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2022. 239 с.
12. Андреева Е.Н., Шереметьева Е.В., Фурсенко В.А. Ожирение – угроза репродуктивного потенциала России // Ожирение и метаболизм. 2019. Т. 16 (3). С. 20-28. DOI: 10.14341/omet10340.
13. Ожорбаев М.Т. Роль ожирения в течении рака молочной железы // Современные проблемы науки и образования 2021. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30627> (дата обращения: 05.07.2023).
14. Берштейн Л.М. Эпидемия «нестероидной триады» (ожирение, диабет, метаболический синдром) и рак молочной железы // Злокачественные опухоли. 2018. № 3s1. С. 5–8.
15. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15. 03. 2022 года №168н «Об утверждении порядка проведения диспансерного наблюдения за взрослыми» [Электронный ресурс]. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204210027> (дата обращения: 01.07.2023).
16. Ивашкин В.Т., Маев И.В., Трухманов А.С., Лапина Т.Л., Сторонова О.А., Зайратьянц О.В., Дронова О.Б., Кучерявый Ю.А., Пирогов С.С., Сайфутдинов Р.Г., Успенский Ю.П., Шептулин А.А., Андреев Д.Н., Румянцева Д.Е.

- Рекомендации Российской гастроэнтерологической ассоциации по диагностике и лечению гастроэзофагеальной рефлюксной болезни // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2020. Т. 30(4). С. 70-97. DOI: 10/22416/1382-4376-2020-30-4-70-97.
17. Кит О.И., Колесников Е.Н., Максимов А.Ю., Протасова Т.П., Гончарова А.С., Лукбанова Е.А. Методы создания ортопических моделей рака пищевода и их применение в доклинических исследованиях // Современные проблемы науки и образования. 2019. №2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28606> (дата обращения: 21.06.2023).
18. Кит О.И., Францианц Е.М., Колесников Е.Н., Черярина Н.Д., Козлова Л.С., Погорелова Ю.А., Розенко Л.Я. Факторы роста в ткани рака пищевода различного гистогенеза // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24160> (дата обращения: 21.06.2023).
19. Арутюнян К.В., Кузнецов И.М., Ильин К.С., Тер-Ованесов М.Д., Шостка К.Г., Роман Л.Д. Хирургия рака пищевода: прошлое, настоящее, будущее (научный обзор) // Профилактика и клиническая медицина. 2018. № 1. С. 70-77.
20. Shi Y., Zhang F., Bai Z., Wang J., Qiu L., Li Y., Meng Y., Valji K., Yang, Orthotopic Esophageal Cancers: Intraesophageal Hyperthermia – enhanced Direct Chemotherapy in Rats // Radiology. 2017. Vol. 282(1). P. 103-112. DOI: 10.1148/radiol.2016152281.
21. Бабушкин И.Е., Гатаулина О.В., Демина Е.И. Проблемы ожирения в практике врача – участкового терапевта // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31374> (дата обращения: 24.06.2023).
22. Клинические Рекомендации Минздрава России «Ожирение» 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/clin_recomend (дата обращения: 19.06.2023).
23. Драпкина О.М., Карамнова Н.С., Концевая А.В., Горный Б.Э., Дадаева В.А., Дроздова Л.Ю., Еганян Р.А., Елиашевич С.О., Измайлова О.В., Лавренова Е.А., Лищенко О.В., Скрипникова И.А., Швабская О.Б., Шишкова В.Н. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний (РОПНИЗ). Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Методические рекомендации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021. Т. 20(5). P. 2952. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-2952.
24. Гатаулина О.В., Демина Е.И., Шиялева М.В. Гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь как фактор риска рака пищевода // Актуальные вопросы в онкологии: материалы Российской научно – практической конференции с международным участием (г. Барнаул, 23-24 августа 2017 г.). Барнаул: Азбука, 2017. С. 213-214.
25. Драпкина О.М., Шепель Р.Н., Дроздова Л.Ю., Орлов Д.О. Профилактический континуум: оценка профилактических аспектов сердечно-сосудистых заболеваний по данным медико-социологического опроса врачей // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021. Т. 20(8). С. 3090. DOI: 10/15829/1728-8800-2021-3090.
26. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 27 апреля 2021 года №404н «Об утверждении Порядка профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения». [Электронный ресурс]. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/view/0001202106300043> (дата обращения 28.06.2023).
27. Клинические рекомендации «Коморбидная патология в клинической практике. Алгоритмы диагностики и лечения» // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019. Т. 18(1). С. 5-66. DOI: 10.15829/1728-88000-2019-1-5-66.
28. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 29.10.2020 № 1177н «Об утверждении Порядка организации и осуществления профилактики неинфекционных заболеваний и проведения мероприятий по формированию здорового образа жизни в медицинских организациях» (Зарегистрирован 03.12.2020 № 61245). [Электронный ресурс]. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/view/0001202012030043> (дата обращения: 28.06.2023).
29. Драпкина О.М., Шальнова С.А., Имаева А.Э., Баланова Ю.А., Максимов С.А., Муромцева Г.А., Куценко В.А., Карамнова Н.С., Евстифеева С.Е., Капустина А.В., Яровая Е.Б., Митинская О.А., Покровская М.С., Ефимов И.А., Борисова А.Л., Долудин Ю.В., Концевая А.В. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации. Третье исследование (ЭСЦЕ-РФ-3). Обоснование и дизайн исследования // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022. Т. 21(5). С. 3246. DOI: 10.15829/1728-8800-2022-3246.
30. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации, Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31.05.2019 № 345н/372н «Об утверждении Положения об организации оказания паллиативной медицинской помощи, включая порядок взаимодействия медицинских организаций, организаций социального обслуживания и общественных объединений иных некоммерческих организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере охраны здоровья». [Электронный ресурс]. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201906270031> (дата обращения: 01.07.2023).

СТАТЬЯ

УДК 530.1:[546.291+546.11]

**ИЗЛУЧЕНИЕ ОДНОКРАТНО ИОНИЗОВАННОГО ГЕЛИЯ
В АТМОСФЕРЕ ВОДОРОДА****Неволин В.К.***Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: vkn@miee.ru*

Предсказано уширение линий рекомбинационного излучения однократно ионизованного гелия в атмосфере водорода. Предполагается, что гелий-водородная система возбуждается оптическим излучением, в результате которого, помимо ионизации гелия, происходит генерация субатомов водорода. Рекомбинационное излучение субатомов водорода является спутанным для линий однократно ионизованного гелия. Имеет место редкое совпадение спектров с точностью до поправок Ридберга, что может приводить к усилению интенсивности характерных линий ультрафиолетового излучения. Субатомы водорода – необычная форма водорода. Они могут возникать при размещении протона в центре области локализации электрона. Область локализации электрона определяется соотношением де Бройля. В связи с этим характерный размер области локализации субатомов водорода меньше характерных размеров классического водорода. Электронный «каркас» субатомов водорода обладает энергией 500 кэВ и является весьма прочным. В связи с этим субатомы водорода проявляются как «тяжелые» электроны и могут доставлять протоны достаточно близко к ядрам других элементов, существенно увеличивая вероятность ядерных реакций. Уширение линий излучения однократно ионизованного гелия будет свидетельствовать в пользу существования субатомов водорода. В природных условиях такой эффект под действием солнечного излучения вероятно возможно наблюдать в атмосфере планеты Уран, которая состоит в основном из гелия и водорода.

Ключевые слова: субатомы водорода, однократно ионизованные атомы гелия, рекомбинационное излучение

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки в рамках государственного задания FSMR-2023-0002.

**RADIATION OF SINGLE IONIZED HELIUM
IN THE HYDROGEN ATMOSPHERE****Nevolin V.K.***National Research University «MIET», Moscow, e-mail: vkn@miee.ru*

The broadening of the recombination radiation lines of once ionized helium in a hydrogen atmosphere is predicted. It is assumed that the helium-hydrogen system is excited by optical radiation, as a result of which, in addition to helium ionization, hydrogen subatoms are generated. Recombination radiation of hydrogen subatoms is satellite radiation for lines of singly ionized helium. There is a rare coincidence of the spectra with accuracy up to Rydberg corrections, which can lead to an increase in the intensity of characteristic lines of ultraviolet radiation. Hydrogen subatoms are an unusual form of hydrogen. They can occur when a proton is placed in the center of the electron localization region. The electron localization region is determined by the de Broglie relation. In this regard, the characteristic size of the localization region of hydrogen subatoms is smaller than the characteristic size of classical hydrogen. The electronic «framework» of hydrogen subatoms has an energy of 500 keV and is very strong. In this regard, hydrogen subatoms manifest as «heavy» electrons and can deliver protons close enough to the nuclei of other elements, significantly increasing the likelihood of nuclear reactions. The broadening of the radiation lines of once ionized helium will testify in favor of the existence of hydrogen subatoms. Under natural conditions, such an effect under the influence of solar radiation is probably possible to observe in the atmosphere of the planet Uranus, which consists mainly of helium and hydrogen.

Keywords: hydrogen subatoms, single ionized helium atoms, recombination radiation

The work was supported by the Ministry of Education and Science under the state task FSMR-2023-0002.

Гелий-водородная газовая смесь, помимо прикладного значения, представляет уникальную возможность для экспериментального изучения рекомбинационных спектров излучения, поскольку теория оптических переходов позволяет проводить точные расчеты. Интенсивность линии рекомбинационного излучения однократно ионизованного гелия в смеси с водородом необъяснимо выше предсказываемой теоретически при оптическом возбуждении газовой смеси. У классического водорода нет соответствующей спутанной линии, которая бы увеличивала интенсивность линии

излучения. Зато такая линия есть у водорода в субатомном состоянии.

При рекомбинации ионов водорода на поверхности проводящих тел возможно с некоторой вероятностью образование атомов водорода в субатомных состояниях. Субатом водорода, как показывают расчеты, представляется следующим образом. Во внутреннюю область пространственной локализации электрона с энергией образования 500 кэВ может проникнуть протон и образовать субатом водорода. Протон, защищенный электронным «щитом», может доставляться достаточно близко к ядрам дру-

гих элементов и вступать с ними в ядерные реакции. В ряде экспериментов ранее было установлено, что субатомы водорода излучают свойственное им характерное ультрафиолетовое излучение с длиной волны 206 нм при фотосинтезе растений, наблюдается предсказанное ранее надфоновое гамма-излучение при метаболизме дрожжей, а также при электролизе никеля в растворе серной кислоты, наблюдается изменение изотопного состава пленок никеля, нанесенных магнетронным методом в атмосфере водорода [1, с. 91, 98, 103, 107, 112, 126, 136, 142]. Во всех этих экспериментах механизм образования субатомов водорода был «поверхностный». Для образования субатома водорода необходимо было, чтобы тепловой ион водорода столкнулся со слабосвязанным на поверхности тела электроном и проник во внутреннюю область пространственной локализации электрона. Вероятность таких процессов невелика. Требуется специальные условия для создания слабосвязанных электронов с поверхностью тела. В частности, требуется, чтобы внешние электрические поля были незначительными.

По-видимому, впервые новое возможное состояние водорода предсказал Ю.Л. Ратис, используя диаграммную технику. Он назвал это состояние атома водорода с конечным временем жизни «нейтроний». Однако использованный подход не позволил исследовать подробные детали этого состояния [2].

Теория субатомных состояний водорода изложена в книге [1, с. 80].

Цель исследования – показать возможность излучения субатомов водорода в ультрафиолетовом диапазоне, совпадающую с рекомбинационным излучением однократно ионизованных атомов гелия, с точностью до поправок Ридберга. Повышенная интенсивность излучения однократно ионизованных атомов гелия в атмосфере водорода предполагает возможность существования субатомов водорода.

Постановка задачи. Результаты

Теория субатомов водорода заключается в следующем. Как показывают многолетние исследования, квантовые частицы с отличной от нуля массой должны обладать собственной квантовой энергией движения. Если средняя поступательная энергия движения равна нулю, то частица локализована около вероятностного центра и имеет энергию:

$$mc^2 = \hbar\omega = E. \quad (1)$$

Смысл этой формулы, которую на заре создания квантовой механики рассчитал Луи де Бройль, заключается в том, что элементарная частица с массой покоя m представляет собой «сгусток» энергии, который движется по законам квантовой механики. Это уравнение релятивистски инвариантно, т.е. справедливо при любых скоростях квантовых частиц. В силу формулы (1) энергия связи электрона в субатоме водорода находится из решения уравнения Шредингера в следующем виде [1, с. 80] (при этом надо учесть, что вероятностные центры локализации электрона и протона совпадают):

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(\vec{r}) - \frac{e^2 \Psi(\vec{r})}{|\vec{r}|} = (mc^2 - \varepsilon_a) \Psi(\vec{r}), \quad (2)$$

решение которого имеет вид:

$$\Psi_a(r, \theta, \varphi) = C (r/r_0)^{1/2} \exp(-r\alpha/r_0) \cos \frac{\varphi}{2} \sin^{1/2} \theta. \quad (3)$$

Здесь $\alpha = 2e^2 / 3c \hbar$, $r_0 = \hbar / mc$ – комптоновская длина волны, $a = \hbar^2 / m e^2$ – борковский радиус. Сравним волновую функцию субатома водорода с волновой функцией классического водорода в основном состоянии из [3, с. 130]:

$$\Psi_{100} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{a} \right) \exp(-r/a). \quad (4)$$

Если плотность вероятности классического водорода в основном состоянии является сферически симметричной с характерной областью локализации, равной борковскому радиусу, то радиальный экстремум области локализации плотности вероятности субатома водорода с осью симметрии Z модулирован в пространстве с нулевыми значениями на оси.

$$\rho(r, \theta, \varphi) = C(r/r_0) \exp(-2r\alpha/r_0) \sin \theta (\cos(\varphi/2))^2.$$

Пространственное распределение плотности вероятности электрона представляет электронный «щит», за которым находится протон. Наибольший характерный радиус распределения плотности вероятности в субатоме водорода превышает боровский радиус классического водорода в 1,6 раза с координатами $\varphi = 0, \theta = \pi / 2$. Естественно, плотность вероятности электрона в субатоме водорода совпадает с зависимостью от угловых переменных плотности вероятности свободного электрона. Однако главное не характерные размеры атомов, а то, что электронный «щит» субатома водорода имеет энергию 500 кэВ.

Энергия электрона в субатоме водорода имеет вид:

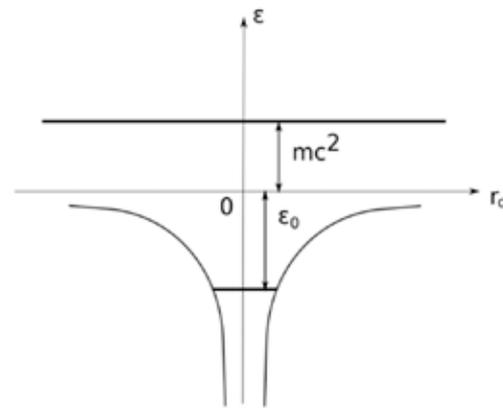
$$\varepsilon_a = m c^2 + \frac{2e^2}{9a}, \quad (5)$$

Эта энергия состоит из собственной энергии электрона mc^2 и кулоновской энергии связи электрона с протоном $\varepsilon_0 = \frac{2e^2}{9a}$.

Это соответствует энергии 6,02 эВ.

Поскольку в исходных уравнениях и окончательных формулах фигурирует масса электрона, то развитая теория и полученные формулы справедливы для атомов дейтерия.

Энергетическая диаграмма электрона в субатоме водорода имеет необычный вид (рисунок).



Энергетическая диаграмма субатома водорода

Однако основное состояние субатома водорода является метастабильным, поскольку классический водород в основном состоянии имеет энергию связи 13,56 эВ. Действительно, под влиянием внешних возмущений возможны переходы в более устойчивое состояние. Вычислим матричные элементы дипольных переходов. Если волновая функция атома водорода в основном состоянии имеет вид (4), тогда:

$$H^z_{a100} = e \int \Psi_a \Psi_{100} r^3 dr \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta d\varphi = 0, \quad (6)$$

$$H^x_{a100} = e \int \Psi_a \Psi_{100} r^3 dr \sin^2 \vartheta d\vartheta \sin \varphi d\varphi \neq 0, \quad (7)$$

$$H^y_{a100} = e \int \Psi_a \Psi_{100} r^3 dr \sin^2 \vartheta d\vartheta \cos \varphi d\varphi = 0. \quad (8)$$

Можно видеть, что возможна «утечка» субатомов водорода по направлению x в основном состоянии атома водорода. При этом должны излучаться кванты с энергией 7,53 эВ.

Для подавления канала утечки субатомов водорода за счет перехода в основное состояние водорода необходимо, чтобы электрическое поле излучения было параллельно оси симметрии субатомов водорода за счет спиновой ориентации последних в магнитом поле. В связи с метастабильными состояниями субатомов водорода для увеличения интенсивности рекомбинационного излучения необходимо повышать давление водорода в камере.

Одна из проблем низкотемпературных ядерных реакций и негативное отношение к ним в течение многих лет связаны с не-

удачными подтверждающими экспериментами [1, с. 100]. В частности, при попытках воспроизвести опыты М. Флейшмана и С. Понса никто не догадался, что электролиз с палладиевыми электродами в тяжелой воде желательно проводить в темноте. В этом случае уменьшается «утечка» субатомов водорода (дейтерия), повышается вероятность радиации и возможное ее уверенное измерение.

Рассмотрим энергию связи электрона в однократно ионизованном атоме гелия, который находится в возбужденном состоянии [3, с. 284]:

$$E_+^{He} = \frac{Z^2 m e^4}{2\hbar^2 (n + \Delta_1)^2}. \quad (9)$$

Для иона гелия в возбужденном состоянии $n = 3$, $Z = 2$, Δ_l – поправка Ридберга, обусловленная тем, что первый электрон искажает кулоновское поле ядра. Эта поправка зависит в основном от орбитального числа l и спина атома гелия. В книге [3, с. 284] приведены значения поправок Δ для однократно ионизованного атома гелия. При $n = 3$ и $l = 2$ $\Delta = -(0,0022; 0,0029)$. Получается, что эти поправки невелики и сдвиг уровней между субатомом водорода в основном состоянии и однократно ионизованном атоме гелия в возбужденном состоянии можно представить в виде:

$$\delta E \approx \frac{Z^2 m e^4}{2 \hbar^2 n^2} \frac{2 \Delta_l}{n}.$$

$$\text{При } n = 3, Z = 2 \quad \delta E \approx \varepsilon_0 \frac{2 \Delta_l}{3}.$$

В нашем случае длина волны линии излучения субатома водорода имеет значение $\lambda = 206$ нм и конкретная величина сдвига может достигать $\delta \lambda \approx 0,4$ нм. Такое уширение линии излучения возможно наблюдать в спектрометрах с нанометровым разрешением.

При $n = 3$ и $l = 1$ $\Delta = (0,012 ; 0,068)$ и $\delta \lambda \approx 1,6$ нм, при $n=3$ и $l=0$ $\Delta = -(0,140 ; 0, -295)$ и $\delta \lambda \approx 19,2$ нм. Главное, что линия излучения субатомов водорода всегда будет превосходить линии излучения однократно ионизованных ионов гелия. Важно, что в субатомное состояние атомы водорода можно переводить с помощью оптического излучения. При этом в спектре оптического излучения должны быть кванты с энергией 7,53 эВ.

Влияние оптического излучения на ядерную трансформацию элементов в водородной среде рассмотрел в своих работах А.Г. Пархомов и обозначил в связи с этим новый подход к созданию низкоэнергетических ядерных теплогенераторов [4, 5]. В его экспериментах галогенная лампа накаливания (220 В, 300 Вт) находилась в кварцевой трубе, через которую прокачивался 10%-ный водный раствор KN O_3 . Водород, необходимый для осуществления ядерных реакций, получался путем разложения воды оптическим излучением. Циркулирующий раствор охлаждался, проходя через теплообменник. Реактор работал 20 часов при потребляемой мощности 450 Вт. Мощность тепловыделения, определенная по скорости нагрева раствора, составляла около 500 Вт. Усредненная температура вольфрамовой нити составляла около 2400°C. Были представлены результаты анализа изменений

элементного и изотопного состава в веществе вокруг ламп накаливания разных типов. Наличие таких изменений наряду с обнаруженным избыточным тепловыделением доказывает, что раскаленные металлы излучают агент, инициирующий ядерные трансформации в окружающем веществе – кванты излучения, необходимые для образования субатомов водорода.

В этих работах и предыдущих работах других авторов обозначен эмпирический экспериментальный подход, повышающий эффективность реакторов. Однако оптимальный вариант воздействия оптического излучения пока не найден. Для объяснения ядерной трансмутации элементов в цитированных работах используется гипотетическая модель с участием нейтрино низких энергий.

В природе существуют газовые устойчивые гелий-водородные системы на ряде планет Солнечной системы. Например, атмосфера планеты Уран состоит в основном из гелия и водорода, излучение которой наблюдают [6]. Под действием солнечной радиации в плотной атмосфере Урана возможно образование атомов водорода из молекулярного водорода. За счет проникающей космической пыли и солнечной радиации могут происходить процессы образования и излучения субатомов водорода и однократно ионизованных атомов гелия. Этому способствует относительно низкая температура атмосферы. По данным Википедии, температура составляет 49 К, что способствует низкой подвижности водорода. Излучение атмосферы планеты Уран возможно наблюдать в сверхчувствительных спектрометрах в ультрафиолетовом диапазоне [7]. В гамма-диапазоне атмосфера планеты должна мерцать от вспышек ядерных реакций на космической пыли.

Заключение

Таким образом, уширение линии излучения и увеличения интенсивности излучения однократно ионизованных возбужденных атомов гелия за счет излучения субатомов водорода в районе 206 нм может свидетельствовать в пользу существования субатомов водорода. В свою очередь, субатомы водорода могут являться инициаторами низкотемпературных ядерных реакций. В природе уширение линии рекомбинационного излучения однократно ионизованного гелия вероятно можно наблюдать в гелий-водородной атмосфере планеты Уран.

Список литературы

1. Неволин В.К. Субатомы водорода в экспериментах. М.: Техносфера, 2021. 150 с.
2. Ратис Ю.Л. О возможности существования долгоживущего экзотома «нетроний» // Журнал формирующихся направлений науки. 2013. Т. 1, №2. С. 27-42.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М.: Государственное издательство Физико-математического лица, 1963. 571 с.
4. Пархомов А.Г., Карабанов Р.В. Исследование элементных и изотопных изменений в веществе около ламп накаливания // Журнал формирующихся направлений науки. 2020. Т. 8, № 27. С.58.
5. Пархомов А.Г. Новый подход к созданию LENR-реакторов // Журнал формирующихся направлений науки. 2020. Т. 8, № 27. С. 63.
6. Irwin P.G., Teanby N.A., Davis G.R. Latitudinal Variations in Uranus' Vertical Cloud Structure from UKIRT UIST Observations // The American Astronomical Society. 2007. Vol. 665 (1). P. 6652007. DOI:10.1086/521189.
7. Боярчук А.А., Шусутов Б.М., Саванов И.С., Сачков М.Е. Научные задачи космического проекта «Спектр-УФ» // Астрономический журнал. 2016. Т. 93, №1. С. 1-42.

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ Е-ОТХОДОВ****¹Жолдасбай Е.Е., ²Аргын А.А., ²Курмансейтов М.Б., ²Тажиев Е.Б., ¹Ичев В.А.**¹*Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, Жезказган;*²*Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: argynaidar@gmail.com*

В работе рассмотрены современные подходы к переработке электронных отходов (Е-отходов). Показаны пути переработки Е-отходов с использованием пиро-, гидро- и биометаллургических технологий, успешно применяемых на практике. Освещены принципиальные достоинства и недостатки известных в научной литературе технологий. На основании сравнительного анализа технологий, применяемых в зарубежных странах и в России для переработки Е-отходов, показано, что подходы к переработке имеют общий характер и в основном направлены на извлечение золота. На основании анализа проблем технологического и экологического характера показано, что в широко распространенных пирометаллургических процессах не уделяется должного внимания вопросам полноты обезвреживания опасных токсичных и вредных веществ при переработке Е-отходов. Слабо решены вопросы комплексного извлечения ценных металлов, в частности редких и редкоземельных металлов. В условиях нарастания жестких требований, предъявляемых к защите окружающей среды, действующие предприятия по переработке Е-отходов должны существенно модернизироваться либо прекратить свое существование. Показано, что при разработке новых технологий во главу угла должны ставиться вопросы охраны окружающей среды и безопасное обеспечение здоровья людей. Необходимо предусматривать мероприятия, направленные на экологизацию технологий. В рассматриваемом ракурсе изыскание новых решений в направлении совершенствования существующих и создания новых технологий для переработки Е-отходов приобретает особую значимость. Важность расширения научных исследований усиливается значительным ростом объемов Е-отходов, накопление которых может нанести колоссальный экологический ущерб.

Ключевые слова: Е-отходы, переработка, экология, технология, драгоценные металлы, комплексное извлечение, вредные вещества, окружающая среда

Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2023–2025 гг. по приоритетному направлению «Рациональное использование водных ресурсов, животного и растительного мира, экология» проекта AP19576638 «Разработка инновационной технологии утилизации накопленных отходов Е-лома с получением чистого золота и цветных металлов».

**ON THE ISSUE OF CHOOSING A TECHNOLOGY
FOR PROCESSING E-WASTE****¹Zholdasbay E.E., ²Argyn A.A., ²Kurmanseytov M.B., ²Tazhiev E.B., ¹Ichev V.A.**¹*Zhezkazgan University named after O.A. Baykonurov, Zhezkazgan;*²*Satbaev University, Almaty, e-mail: argynaidar@gmail.com*

The paper considers modern approaches to the processing of electronic waste (E-waste). The ways of processing E-waste using pyro-, hydro- and biometallurgical technologies successfully applied in practice are shown. The principal advantages and disadvantages of the technologies known in the scientific literature are highlighted. Based on a comparative analysis of technologies used in foreign countries and in Russia for the processing of E-waste, it is shown that the approaches to processing are of a general nature and are mainly aimed at extracting gold. Based on the analysis of technological and environmental problems, it is shown that in widespread pyrometallurgical processes, due attention is not paid to the issues of completeness of neutralization of dangerous toxic and harmful substances during the processing of E-waste. The issues of complex extraction of valuable metals, in particular, rare and rare earth metals, have been poorly resolved. In the conditions of increasing stringent requirements imposed on the environment, existing E-waste processing enterprises must be significantly modernized or cease to exist. It is shown that when developing new technologies, the issues of environmental protection and safe provision of human health should be put at the forefront. It is necessary to provide for measures aimed at the greening of technologies. In this perspective, the search for new solutions in the direction of improving existing and creating new technologies for the processing of E-waste are of particular importance. The importance of expanding scientific research is reinforced by a significant increase in the volume of E-waste, the accumulation of which can cause enormous environmental damage.

Keywords: E-waste, recycling, ecology, technology, precious metals, complex extraction, harmful substances, environment

The research was carried out within the framework of grant funding from the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for 2023–2025, in the priority area “Rational use of water resources, flora and fauna, ecology” of the project AP19576638 “Development of an innovative technology for the disposal of accumulated E-scrap waste to produce pure gold and non-ferrous metals.”

Объемы образования электронных отходов (Е-отходы), представляющие собой отработавшее электротехническое и электронное оборудование (ЭЭО), увеличиваются тревожными темпами. За последние пять лет их объем увеличился на 21%. По результатам Глобального мониторинга электронных отходов, проведенного в 2017 г., было собрано и переработано всего лишь 17,4% [1, с. 14–24].

Экспертами подсчитано [2, 3], что каждый житель планеты ежегодно генерирует в среднем около 7 кг электронного лома. По прогнозам, к 2030 г. масса накопленных Е-отходов в мире увеличится и достигнет почти 75 млн. т [4].

Е-отходы включают широкий спектр выброшенных электронных продуктов, включая компьютеры, мобильные телефоны, видеоплееры, принтеры, микроволновые печи, холодильники и морозильники. Электронные отходы составляют почти 2% от общего количества твердых отходов и содержат 70% токсичных материалов [2], включая Be, Cd и Pb, которые попадают на свалки. При неправильной утилизации (сжигании) Е-отходов в окружающую среду выделяются пары тяжелых металлов и токсичные газы. С другой стороны, Е-отходы содержат значительное количество драгоценных металлов, в частности золота. Содержание золота в мобильных телефонах может достигать 300–350 г/т и 200–250 г/т в компьютерных платах, что намного превышает его содержание в большинстве первичных золотосодержащих руд [3]. Переработка Е-отходов может стать важным источником для извлечения и цветных металлов: Cu, Zn, Ag, Pb и др. [5, 6]. Несмотря на этот потенциал, около 80% Е-отходов напрямую выбрасывается на свалки, поскольку применяемые методы их переработки недостаточно эффективны и сопровождаются большими затратами.

Учитывая обширный материал, имеющийся в научной литературе по состоянию сбора и предотвращения накопления Е-отходов и их влияния на окружающую среду, не вдаваясь в подробности статистики, в настоящей статье хотелось бы акцентировать внимание на проблемах утилизации Е-отходов, которая сегодня становится неизбежной и пока нерешаемой.

Цель работы – проведение литературного анализа способов переработки Е-отходов в мире и России.

Технологии переработки Е-отходов

Для переработки Е-отходов применяются *пиро-, гидро- и биогидрометаллургические* технологии. Перечисленные техно-

логии обычно включают проведение операций дробления и измельчения отходов до частиц размером 100–300 мкм с просеиванием и последующим физическим разделением пластмасс, когда это возможно. Однако последнее не всегда возможно, потому что металлические части заделаны в пластик в гораздо меньшем масштабе (несколько мкм).

В *пирометаллургических* технологиях измельченные отходы, содержащие золото, загружаются непосредственно при повышенных температурах для выгорания органических компонентов в плавильную печь на ванну жидкой меди. В результате все тяжелые металлы (Cu, Pb, Bi, Sb и др.), включая драгоценные металлы (Au, Ag и Pt), коллектируются в жидкой фазе расплавленной меди. Все остальные металлы переходят в шлак. Восстановление драгоценных металлов происходит при рафинировании меди с помощью электролиза [7, 8]. Пирометаллургические технологии имеют два преимущества: (1) все драгоценные металлы в конечном итоге извлекаются максимально, даже если их содержание составляет всего 1 ppm, и (2) не требуется специальной подготовки Е-отходов для плавки. Однако для организации пирометаллургической технологии переработки Е-отходов требуется завод по плавке металлов, обычно медеплавильный, реже свинцовый завод. Это сдерживает возможность организации такого производства: оно может создаваться в немногих местах. При этом электротехническое оборудование для Е-отходов должно собираться и транспортироваться на очень большие расстояния. С учетом того, что более 99,9% электронных отходов имеют низкую коммерческую ценность, стоимость извлечения золота с использованием пирометаллургической технологии достаточно высока.

Гидрометаллургические технологии [2, 7, 9] основаны на последовательности процедур кислотного и основного выщелачивания для отделения золота от других металлов с проведением последующих процедур разделения и очистки. Гидрометаллургические технологии получили широкое развитие во всем мире. Ввиду большой эффективности значительная часть золота извлекается этим методом. К недостаткам технологии можно отнести использование больших количеств опасных химических веществ, таких как цианид или тиомочевина. Есть две основные причины, которые сдерживают применение гидрометаллургии для извлечения золота из Е-отходов: (1) гидрометаллургические процессы сильно оптимизированы для определенного типа

Е-отходов. При этом извлечение золота из Е-отходов, где его содержание в них варьируется, сильно зависит от типа предварительной обработки и часто требует очень тонкого помола (< 100 мкм). В результате степень извлечения золота меняется от партии к партии; (2) в результате гидрометаллургических процессов образуются огромные количества высокотоксичных жидких отходов. Растущие требования к переработке отходов делают конкурентоспособными только очень крупные гидрометаллургические заводы, в результате чего затраты на сбор и транспортировку отходов становятся очень значительными, подобно пирометаллургическим методам.

Биогидрометаллургия основана на биокислении и биосорбции, основанных на протекании реакций с участием бактерий. Обычно технология используется для руд с большим содержанием сульфидов («упорных» руд), непригодных для цианида или тиомочевины. Технология имеет относительно низкую стоимость и сводит к минимуму количество химического или биологического осадка [9]. Однако процессы биогидрометаллургии плохо приспособлены для обработки Е-отходов, так как в электронных отходах золото представлено в основном в форме сплавов и в виде поверхностных покрытий. Из таких материалов бактерии не могут эффективно перевести золото в жидкую фазу.

В мировой практике для переработки Е-отходов широкое применение получают пирометаллургические технологии. В настоящее время основной формой, которую принимают металлы в современной электронике и бытовой технике, являются печатные платы (printed circuit boards, PCB). Печатные платы обеспечивают электрическое соединение между отдельными компонентами монтируемых модулей и находят применение почти во всех электронных и электрических приборах. Это могут быть как материнские платы, сетевые платы, звуковые платы для персональных компьютеров, так и платы управления бытовой техникой. Лом печатных плат (wasted printed circuit boards, WPCB, scrap PCB) является основной формой вторичных металлов, которые содержатся в электронике и бытовой технике, утратившей свои потребительские свойства. Лом печатных плат является крупным источником сырья для пирометаллургической их переработки на таких европейских и японских медеплавильных заводах, как Hoboken (входит в группу Umicore), Ronskar (входит в группу Boliden), Lunen (входит в группу Aurubis, Болгария), Kosaka (входит в группу Dowa) [10]. Кроме этого,

существует огромный неформальный сектор пирометаллургической переработки лома печатных плат в КНР (г. Гуйю) и республике Гана.

Переработка Е-отходов в России

В России ежегодно образуется около 1,5 млн т электронного лома, что составляет около 5% от общемировых объемов. Основная масса «утилизируется» на мусорных свалках, что приводит к неизбежному загрязнению окружающей среды. На полигонах с ЭО фиксируют высокие значения соединений брома, фталатов, пластификаторов, очень опасны соединения ртути, особенно легко проникающей в почву и грунтовые воды [11].

У людей и животных из неблагоприятных районов могут развиваться злокачественные новообразования, патологии легких, сердечно-сосудистые заболевания. Ртуть способна повредить нервную систему [11].

Вред здоровью причиняет прямой контакт со свинцом, кадмием, хромом, бромированными огнестойкими добавками, полихлорированными дифенилами (ПХД), вдыхание ядовитых паров, а также накопление химических веществ в воде и продуктах питания [11].

В Федеральном классификационном каталоге отходов (ФККО) электронный лом представлен в четвертом блоке, в разделе «Отходы машин и прочего оборудования».

Е-отходы дифференцированы на две группы с учетом принадлежности к классу оборудования: (1) компьютерная техника, электронные компоненты, периферийное оборудование, устройства для измерений и навигации, медицинская техника, оптика, фотоаппараты, аудио- и видеоаппаратура, игровые приставки, телефоны, антенны, носители информации, банкоматы, и т.д. и (2) электрическое оборудование: электродвигатели, аккумуляторы, кабели, бытовая техника, кондиционеры, холодильники, прочие устройства [11].

Основная масса отходов электроники и электротехнического оборудования относится к малоопасному 4 классу опасности для окружающей среды. Исключение – некоторые виды картриджей, мобильные телефоны, таможенные устройства (3 класс – умеренно опасные), источники бесперебойного питания – 2 класс (высокоопасные) [11].

В России, как и в большинстве зарубежных стран, предпочтение отдано пирометаллургическим технологиям переработки Е-отходов. Критический анализ по состоянию Е-отходов и их переработке приведен в работах [12–14].

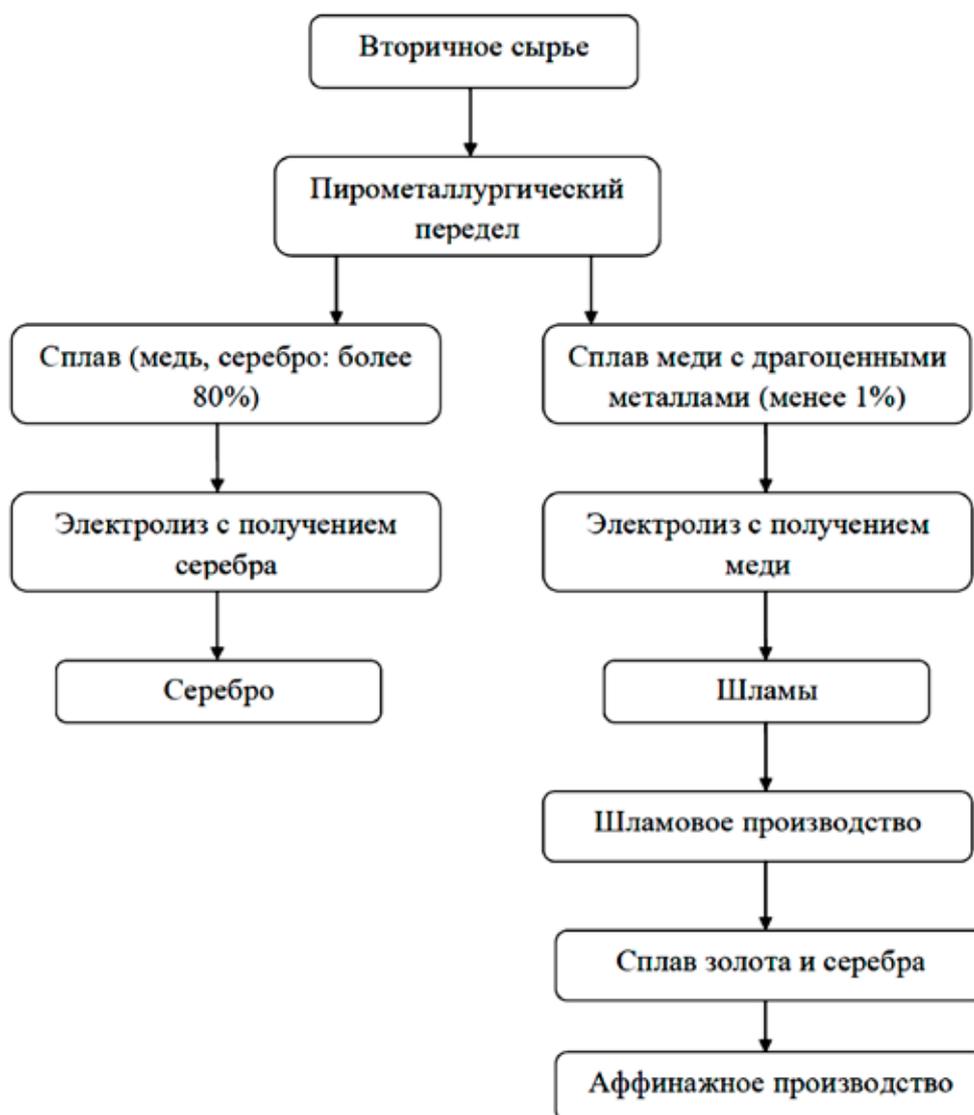
Пирометаллургический передел, распространенный в России, включает элек-

тродуговую и анодную плавки либо отражательную и шахтную плавку с последующим конвертированием и огневым рафинированием. Наиболее приемлемый способ переработки определяют в зависимости от типа электронных отходов и их вещественного состава. Переработка вторичного сырья в РФ в большинстве своем ориентирована на медеплавильные комбинаты и сводится к преобразованию электронного лома, содержащего благородные металлы, в сплав с медью. Далее черновая медь подвергается электролитическому растворению анодов, в процессе которого образуется анодный шлак, обогащенный драгоценными металлами [14].

Принципиальная схема переработки E-отходов в России для действующих

предприятий не различается по своей сути и в общем виде выглядит, как показано на рисунке.

Россия на сегодняшний день генерирует всего лишь 3,75% мирового объема электронных отходов, но эта сфера постепенно развивается и становится выгодной. Внедрение эффективных технологий в России сдерживается тем, что крупные металлургические предприятия цветной металлургии нацелены на получение исключительно драгметаллов. Для улучшения экономических показателей предприятий и получения ими максимальной прибыли необходимо внедрять технологии комплексной переработки, направленные на извлечение не только благородных металлов, но и широкого спектра других ценных металлов [11].



Принципиальная схема переработки электронного лома в России [14]

Из приведенного анализа следует, что ни одна из рассмотренных технологий, направленных на переработку E-отходов, не решает в полной мере как технологические, так и экологические проблемы. Технологии построены так, что в основном направлены на извлечение золота. Причем для извлечения золота необходимо проведение последовательных сложных операций, от деятельности которых наносится большой вред окружающей среде.

Ни в одной из используемых технологий, как в зарубежных странах, так и в России не рассматриваются и даже не ставятся вопросы полноты обезвреживания опасных для здоровья и окружающей среды токсичных веществ и вредных металлов. За исключением извлечения драгоценных металлов не уделяется должного внимания и комплексному извлечению других ценных металлов, например редких и редкоземельных. В условиях жестких требований к экологии существующие технологии должны быть серьезно модифицированы или прекратить свою деятельность. Это требует изыскания новых научных подходов, разработки инновационных технологий для переработки E-отходов, которые уже в ближайшее время могут стать стабильным дополнительным вторичным сырьем для производства драгоценных и других сопутствующих ценных металлов. При этом любая новая технология должна обеспечивать минимальный выброс токсичных и вредных веществ в окружающую среду.

Экономические показатели производства по переработке E-отходов в целом определяются рядом факторов, в частности: эффективностью применяемых технологий на всех стадиях технологического цикла переработки; качеством сортировки лома по группам; рациональной загрузкой основного и вспомогательного технологического оборудования и т.д. Лишь при оптимальном сочетании указанных факторов может быть реализовано экономически эффективное производство [14].

Заключение

На территории Казахстана, к сожалению, технологии по переработке E-отходов отсутствуют, хотя накопленные их объемы за последние годы очень значительны и продолжают нарастать. Актуальность и значимость сбора и переработки E-отходов усиливается с фактом отсутствия национальной технологии их переработки. Многие ценные, технологически возвращаемые металлы безвозвратно теряются. E-отходы представляют собой сложный конгломерат сплавов ценных металлов, свойства ко-

торых зависят от вида их использования, конструкции электротоваров (электронные платы, смартфоны) и многих других факторов. Это определяет необходимость проведения комплексных исследований состава и свойств E-отходов с целью использования их в качестве дополнительного источника сырья для извлечения золота и ценных металлов в виде товарных продуктов.

Авторами настоящей работы ведутся системные исследования по разработке новой технологии для переработки различного по типу и составу E-отходов, в корне отличающейся от существующих технологий. Ключевым ядром технологии является полное обезвреживание опасных веществ и вредных металлов на начальной стадии технологии и обеспечение комплексной переработки исходного сырья. Предусмотренная по технологии предварительная качественная оценка исходных материалов обеспечивает выбор и оперативный контроль оптимальных параметров последующих операций, составляющих общую концепцию технологии.

Предварительные положительные результаты, полученные применительно к переработке различных E-отходов (компьютерные платы, ноутбуки, смартфоны), показали высокие значения по извлечению золота, меди и ряда других драгоценных металлов в товарные продукты. Полные данные проведенных исследований будут опубликованы в ближайшее время в научных изданиях после защиты интеллектуальной собственности.

Список литературы

1. Балде К.П., Форти В., Грей В., Кюп Р., Стергманн П. Глобальный мониторинг электронных отходов. Университет Организации Объединенных Наций (УООН), Международный союз электросвязи (МСЭ) и Международная ассоциация по твердым отходам (МАТО). Бонн – Женева – Вена, 2017. 109 с.
2. Gadekar J. Extraction of Gold and other Precious Metals from e-waste // *International Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Research*. 2017. Vol. 1. P. 24–34.
3. Hagelken C. and Corti C. Recycling of gold from electronics: Cost-effective use through 'Design for Recycling' // *Gold Bulletin*. 2010. Vol. 43 (3). P. 209–220.
4. Blake V., Farrelly T., Hannon J. "Is Voluntary Product Stewardship for E-Waste" Working in New Zealand? A Whangarei Case Study" // *Sustainability (Switzerland)*. 2019. Vol. 11. P. 1–26. DOI: 10.3390/su11113063.
5. Kaya M. Recovery of Metals from Electronic Waste by Physical and Chemical Recycling Processes // *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*. 2016. Vol.10 (2). P. 259–270.
6. Khaliq A. et al. Metal Extraction Processes for Electronic Waste and Existing Industrial Routes: A Review and Australian Perspective // *Resources*. 2014. Vol. 3. P. 152–179.
7. Al Balushi M., Kaithari D.K. Recovery of Gold from e-waste // *International Journal of Students' Research In Technology & Management*. 2016. Vol. 4 (3). P. 44–48.

8. Cui J., Zhang L. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review // *Journal of Hazardous Materials*. 2008. Vol. 158. P. 228–256.
9. Kim Y., Seo H., Roh Y. Metal Recovery from the Mobile Phone Waste by Chemical and Biological Treatments // *Minerals*. 2018. Vol. 8 (8). P. 1–10.
10. Shengen Zhang, Yunji Ding, BoLiu, De'anPan, Chein-chiChang, Volinsky A.A. Challenges in legislation, recycling system and technical system of waste electrical and electronic equipment in China // *Waste Management*. 2015. № 45. С. 361–373.
11. Электронные отходы: проблемы для окружающей среды и способы утилизации [Электронный ресурс]. URL: <https://recycle.net/othody/vidy/elektronnye-problemy-dlya-okruzhayushhej-sredy-i-sposoby-utilizatsii> (дата обращения: 20.06.2023).
12. Максимова М.А. Анализ состояния переработки электронного лома в России // *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН*. 2016. № 3 (56). С. 102–111.
13. Леонтьев Л.И., Шешуков О.Ю., Некрасов И.В. Анализ? переработка и использование техногенных отходов металлургического производства // *Комплексное использование минерального сырья*. 2014. № 4. С. 8–25.
14. Лолейт С.И. Разработка экологически чистых технологий комплексного извлечения благородных и цветных металлов из электронного лома: спец. 05.16.02 «Металлургия черных и цветных металлов»; дис. ... докт. техн. наук. Нац. исслед. технолог. ун-т «МИСиС». Москва, 2010. 245 с.

СИНТЕЗ НАНОГРАФИТА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ТЕРМООКИСЛЕНИЯ

Сатывалдиев А., Сатывалдиева Г.Э., Бакенов Ж.Б.

*Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева, Бишкек,
e-mail satyvaldiev1948@mail.ru*

В работе приведены результаты изучения возможности получения наноразмерного графита методом электроискрового диспергирования. Образование наногрфита при электроискровом диспергировании графита марки ЭУЗ-3 в среде дистиллированной воды и 95%-ного этилового спирта подтверждено методами порошковой рентгенографии и просвечивающей электронной микроскопии. Дифрактограммы наногрфита, полученного в воде и спирте, идентичны, и на них имеются рефлексы-линии, которые относятся к графиту. Наногрфит имеет одинаковое значение межплоскостного расстояния и параметра решетки. Значение параметра решетки наногрфита указывает на то, что в условиях электроискрового диспергирования графит не изменяет структуру и синтезированный наногрфит характеризуется гексагональной кристаллической решеткой. Результаты расчета размера области когерентного рассеяния и определение среднего диаметра частиц из ПЭМ-фотографий подтверждают образование наногрфита. В воде образуется более высокодисперсный ($d_{\text{окр}} = 6,5$ нм, $d_{\text{ср.}} = 6 \pm 1$ нм) наногрфит, чем в спирте ($d_{\text{окр}} = 9,8$ нм, $d_{\text{ср.}} = 10 \pm 2$ нм). При анализе дериватограмм установлена зависимость изменения кривых ТГ и ДТА дериватограмм от свойства жидкой среды, где синтезирован наногрфит. Окисление наногрфита, полученного в воде, происходит в три стадии в температурном интервале 200–700 °С. При нагревании этого наногрфита до 1000 °С в атмосфере воздуха уменьшение массы образца, за счет окисления графита, составляет 92,0%. На дериватограмме окисление наногрфита, синтезированного в спирте, характеризуется интенсивным дублетом экзотермического эффекта, охватывающим температурный интервал 400–700 °С, и уменьшение массы образца составляет 95,75%.

Ключевые слова: наногрфит, электроискровое диспергирование, вода, спирт, параметры решетки, размеры частиц, термическое окисление

SYNTHESIS OF NANOGRAFITE BY ELEKTROSPARK DISPERSION AND STUDY OF ITS THERMAL OXIDATION

Satyvaldiev A., Satyvaldieva G.E., Bakenov Zh.B

Arabaev Kyrgyz State University, Bishkek, e-mail: satyvaldiev1948@mail.ru

The paper presents the results of studying the possibility of obtaining nanosized graphite by the method of electrospark dispersion. The formation of nanographite during electrospark dispersion of EUZ-3 grade graphite in distilled water and 95% ethanol was confirmed by powder X-ray diffraction and transmission electron microscopy. The diffraction patterns of nanographites obtained in water and alcohol are identical, and they have line reflexes that belong to graphite. The nanographites have the same interplanar spacing and lattice parameter. The value of the lattice parameter of nanographites indicates that graphite does not change its structure under the conditions of electrospark dispersion, and nanographites are characterized by a hexagonal crystal lattice. The results of calculating the size of the coherent scattering region and determining the average diameter of particles from TEM photographs confirm the formation of nanographite. More highly dispersed ($d_{\text{CSR}} = 6.5$ nm, $d_{\text{av.}} = 6 \pm 1$ nm) nanographite is formed in water than in alcohol ($d_{\text{CSR}} = 9.8$ nm, $d_{\text{av.}} = 10 \pm 2$ nm). When analyzing the derivatograms, the dependence of the change in the TG and DTA curves of the derivatograms on the properties of the liquid medium where nanographite was synthesized was established. An analysis of the derivatograms of nanographites shows that the course of the TG and DTA curves of the derivatograms depends on the nature of the liquid medium in which the nanographite was obtained. Oxidation of nanographite obtained in water occurs in three stages in the temperature range of 200–700 °C. When this nanographite is heated to 1000 °C in air, the decrease in the mass of the sample, due to the oxidation of carbon in the form of graphite, is 92.0%. On the derivatogram, the oxidation of nanographite synthesized in alcohol is characterized by an intense doublet of exothermic effects covering the temperature range of 400–700 °C and the decrease in the mass of the sample is 95.75%.

Keywords: nanographite, electrospark dispersion, water, alcohol, lattice parameters, particle sizes, thermal oxidation

Наногрфит относится к перспективным материалам нанотехнологии, так как он характеризуется особыми физико-химическими свойствами, и поэтому проводятся активные исследования по синтезу и изучению его свойств [1, 2]. Широкое применение в технике и промышленности наноразмерных материалов, в том числе наногрфита, зависит от способа их синтеза. По мнению авторов [3], метод электроискрового диспергирования относится

к перспективным методам синтеза наноматериалов. В условиях электроискрового диспергирования под воздействием энергии искрового разряда на микроучасток диспергируемого материала возникает высокая температура (до 10000 °С), и при этой температуре многие материалы расплавляются и даже закипают. Искровой разряд также сопровождается появлением высокого давления, что способствует распространению расплава в виде мелких капель в окружаю-

щую среду. Капли расплава с температурой несколько тысяч градусов, попадая в жидкую среду с температурой 40–50 °С, подвергаются высокоскоростному охлаждению. В результате создается термодинамическое условие для синтеза нанодисперсных материалов, в том числе графита [4].

Целью данного исследования является синтез графита методом электроискрового диспергирования и изучение его термоокисления.

Материалы и методы исследования

Синтез графита осуществлялся методом электроискрового диспергирования (ЭИД) при воздействии искрового разряда на электроды, изготовленные из графита марки ЭУЗ-3. В качестве жидкой среды использованы дистиллированная вода и 95%-ный этиловый спирт. Энергия единичного искрового разряда составляла 0,05 Дж.

Для установления фазового состава и дисперсности синтезированного графита применены методы порошковой рентгенографии и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Дифрактограммы и ПЭМ-фотографии графита снимались соответственно на дифрактометре RINT-2500 HV на отфильтрованном излучении и на просвечивающем электронном микроскопе JEOL-2000FX.

Дифракционные данные графита из картотеки ASTM (карточка № 23-62) использовали для идентификации фаз.

Для оценки размеров частиц графита рассчитан размер области их когерентного рассеяния ($d_{\text{ОКР}}$) на основе уширения рефлексного сигнала графита 002 на дериватограмме с использованием уравнения Шеррера [5]. Средний размер частиц графита определен в результате обработки его ПЭМ-фотографии с использованием программы ImageJ.

Термоокислительные свойства графита изучены методом дериватографии с использованием дериватографа Q-1000/D. Дериватограмма графита снималась в атмосфере воздуха нагреванием образца до 1000 °С со скоростью 10 град/мин относительно прокаленного Al_2O_3 . Масса образца составила 50 мг при чувствительности весов 50 мг.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены результаты рентгенофазового анализа (дифрактограммы) графита, полученного в воде и спирте. Видно, что фазовые составы графита, полученного в разной жидкой среде, идентичны. На дифрактограммах имеются рефлексы линии, которые относятся к графиту.

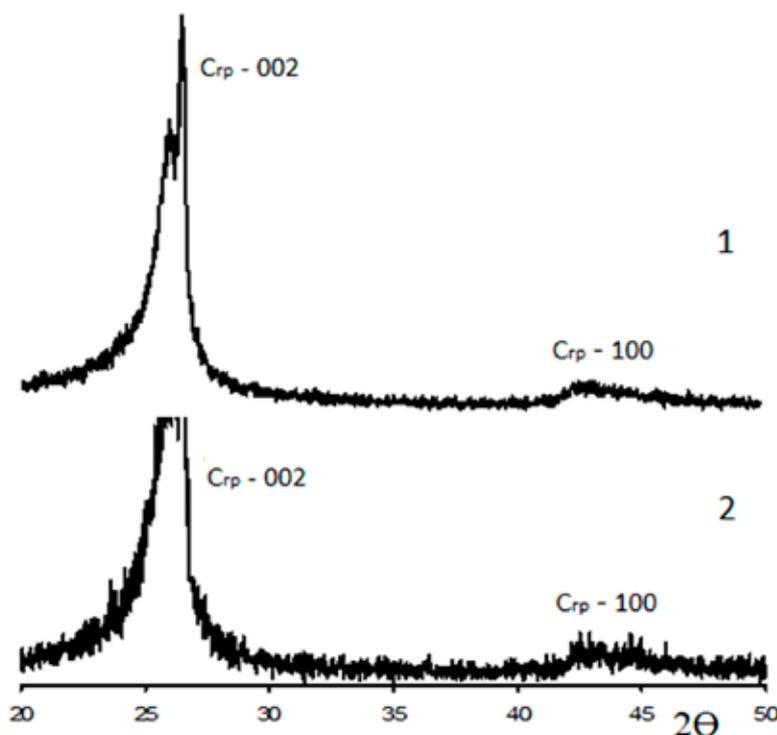


Рис. 1. Фазовый состав графита, полученного методом ЭИД в воде (1) и спирте (2)

Таблица 1

Параметр решетки (c), размер ОКР ($d_{\text{ОКР}}$) и средний диаметр ($d_{\text{ср.}}$) нанографита, синтезированного в воде и спирте

№	Жидкая среда	I	2θ	$d, \text{Å}$	hkl	Параметр решетки $c, \text{Å}$	$d_{\text{ОКР}}, \text{нм}$	$d_{\text{ср.}}, \text{нм}$
1	Вода	100	26,52	3,3609	002	6,722	6,5	6 ± 1
2	Спирт	100	26,52	3,3609	002	6,722	9,8	10 ± 2

Дифракционные данные [углы (2θ), относительные интенсивности (I) линий, индексы плоскостей кристаллической решетки (hkl)], соответствующие рентгеновским линиям основной плоскости графита (002) и рассчитанные на их основе межплоскостные расстояния (d), параметры решетки (c) нанографита приведены в табл. 1.

Нанографиты, синтезированные и в воде, и в спирте, имеют одинаковые значения межплоскостного расстояния и, соответственно, параметра решетки. Значение параметра решетки нанографита достаточно близко к значению параметра решетки графита ($c = 6,736 \text{ Å}$). Это указывает на то, что в условиях электроискрового диспергирования графит не изменяет структуру и синтезированный нанографит имеет гексагональную кристаллическую решетку.

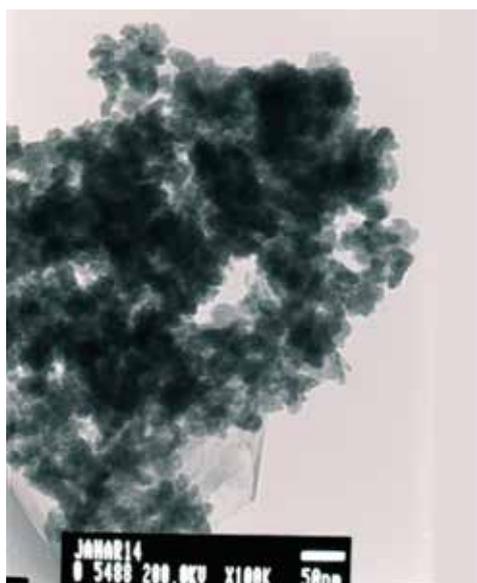
Результаты расчета размера области когерентного рассеяния (ОКР) ($d_{\text{ОКР}}$) показывают, что в воде образуется более высокодисперсный нанографит, чем в спирте.

ПЭМ-фотографии нанографита и распределение его частиц по размерам представлены на рис. 2, 3.

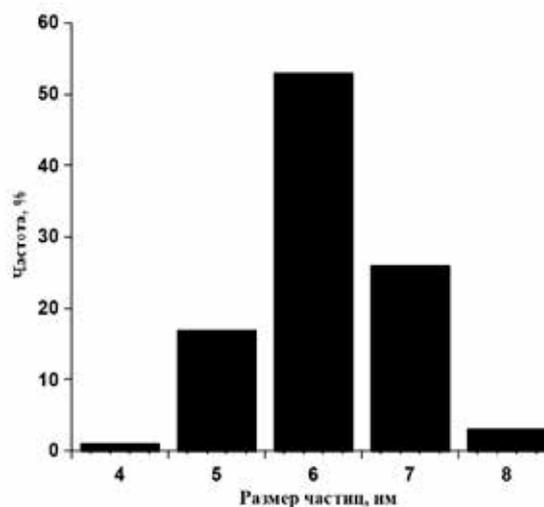
Распределение частиц нанографита по размерам показывает, что его дисперсность зависит от состава жидкой среды, где было проведено электроискровое диспергирование графита. В воде до 96% частиц синтезированного порошка графита находятся в размерном интервале 5–7 нм и средний диаметр частиц составляет 6 ± 1 нм. Синтезированный в этиловом спирте нанографит характеризуется более низкой дисперсностью и относительно широким распределением по размерам его частиц. Поэтому до 92% его частиц находятся в размерном интервале 8–12 нм, средний диаметр частиц составляет 10 ± 2 нм.

Таким образом, определение среднего диаметра частиц нанографита, полученного в воде и спирте, методом просвечивающей электронной микроскопии и размер ОКР кристаллитов позволяют делать вывод о возможности синтеза нанографита методом ЭИД.

На рис. 4 приведены результаты дифференциально-термического анализа (дерииваграммы) нанографита.



1



2

Рис. 2. ПЭМ-фотография (1) и распределение частиц по размерам (2) нанографита, полученного в воде

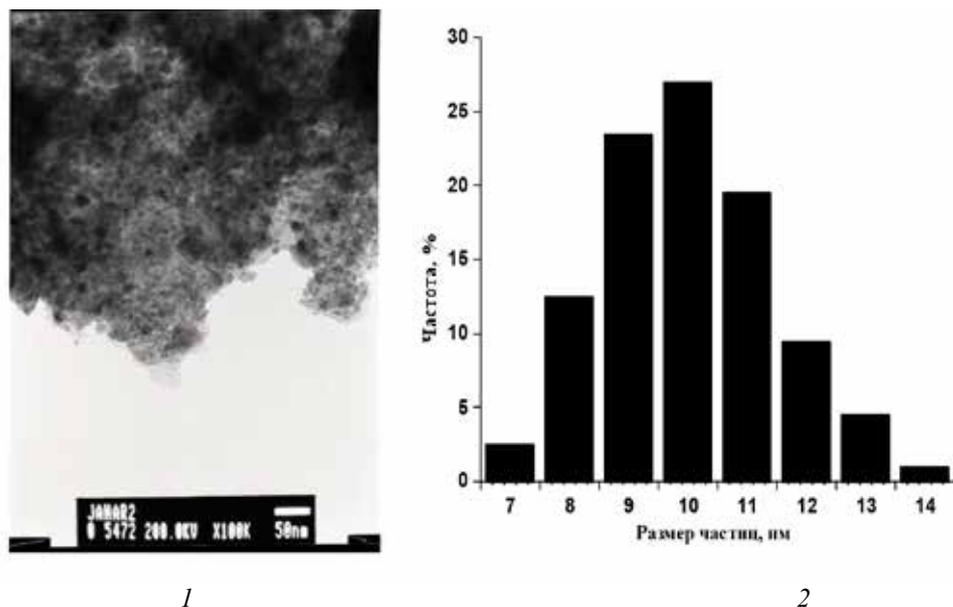


Рис. 3. ПЭМ-фотография (1) и распределение частиц по размерам (2) наногرافита, полученного в спирте

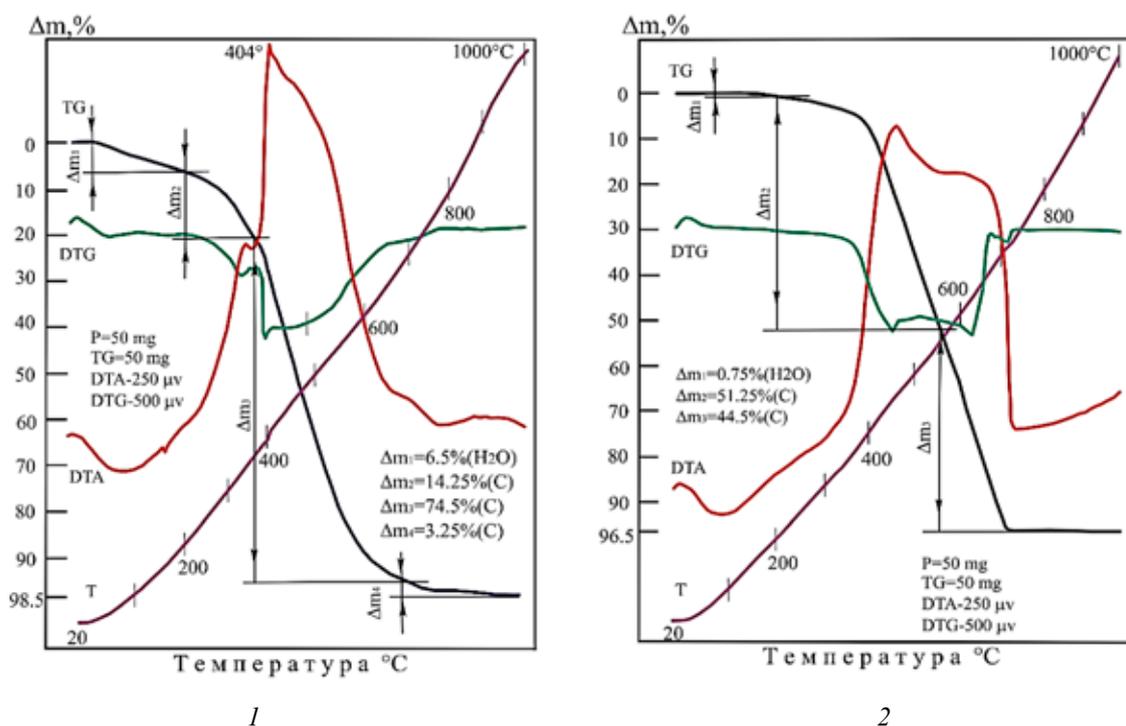


Рис. 4. Дериватограммы наногرافита, полученного в воде (1) и спирте (2)

Из дериватограмм видно, что термическое окисление наногرافита с кислородом воздуха характеризуется интенсивными широкими экзотермическими эффектами, так как этот процесс связан с выделением тепла (рис. 4).

Закономерности изменения кривых TG и DTA дериватограммы наногرافита, син-

тезированного в воде, отличаются от хода соответствующих кривых дериватограммы наногرافита, полученного в спирте. На дериватограмме наногرافита, полученного в воде, имеется эндотермический эффект при 90 °С, который характеризует десорбцию воды, адсорбированной частицами наногرافита (табл. 2).

Таблица 2

Процессы, протекающие при термическом окислении нанографита кислородом воздуха

№	Жидкая среда	Термоэффекты			Процессы	Δm образца, %	Продукты термолiza
		Тип	Интенсив.	t макс., °C			
1	Вода	Эндо	Сред.	90	Десорбция H ₂ O	-6,50	Пары H ₂ O
		Экзо	Сильн.	370	Окисление нанографита	-14,25	CO ₂
		Экзо	Сильн.	404	Окисление нанографита	-74,50	CO ₂
		Экзо	Слаб.	680	Окисление нанографита	-3,25	CO ₂
2	Спирт	Эндо	Слаб.	90	Десорбция спирта	-0,75	Пары спирта
		Экзо	Сильн.	460 600	Окисление нанографита	-51,25 -44,50	CO ₂ CO ₂

При нагревании нанографита, полученного в воде, в атмосфере воздуха до 1000 °C его окисление происходит в три стадии (рис. 4–1). Первая стадия протекает в интервале температур 200–380 °C и характеризуется интенсивным экзоэффектом при 340 °C. На этой стадии масса образца уменьшается на 14,25%. Вторая стадия окисления нанографита, полученного в воде, сопровождается сильным экзотермическим эффектом при 404 °C и резким уменьшением массы образца на 74,5%. Слабый экзотермический эффект при 680 °C соответствует третьей стадии окисления нанографита, и при этом масса образца уменьшается еще на 3,25% (табл. 2). Окисление нанографита, полученного в воде, в три стадии, возможно, связана с протеканием процессов агрегации наночастиц графита при нагревании и, соответственно, происходит их окисление в зависимости от размера при различных температурах. При нагревании нанографита, синтезированного в воде, до 1000 °C в атмосфере воздуха общее уменьшение массы образца составляет 98,5%, из них 6,5% соответствует десорбции влаги и 92,0% – окислению углерода в виде графита. Зольность нанографита, синтезированного в воде, составляет 1,5%.

На дериватограмме нанографита, синтезированного в спирте, имеются слабый эндотермический и интенсивный дублет экзотермических эффектов (рис. 4–2, табл. 2). Эндотермический эффект при 90 °C соответствует десорбции молекул спирта, и при этом уменьшение массы образца составляет 0,75%. Сильные экзотермические эффекты термического окисления нанографита, полученного в спирте, охватывают области температур от 400 до 700 °C и при этом масса образца уменьшается на 95,75%.

При нагревании нанографита, синтезированного в спирте, до 1000 °C в атмосфере воздуха масса образца уменьшается на 96,5% и зольность данного наногра-

фита составляет 3,5%. Согласно ГОСТ 10274-79 у графита марки ЭУЗ-3 зольность должна быть не более 7%. При электроискровом диспергировании этого графита в воде и спирте часть примесных компонентов переходят в жидкую среду, в результате зольность нанографита снижается в 4,5 и 2 раза соответственно.

Таким образом, результаты изучения термического окисления нанографита, синтезированного методом ЭИД в воде и спирте, показывают, что на механизм его окисления кислородом воздуха определенное влияние оказывает состав жидкой среды.

Заключение

Образование нанографита в условиях электроискрового диспергирования подтверждено методами порошковой рентгенографии и просвечивающей электронной микроскопии. Нанографит со средним диаметром 6–10 нм характеризуется гексагональной кристаллической решеткой. Термическое окисление нанографита с кислородом происходит в температурном интервале 200–700 °C.

Список литературы

1. Беликов А.В., Скрипник А.В., Зулина Н.А. Лазерный синтез наноразмерных углеродных структур и их свойства // Известия вузов. Приборостроение. 2013. № 9. С. 50–56.
2. Неустроев Е.П., Прокопьев А.Р. Механизм проводимости нанографита, образованного осаждением в плазме метана и последующей термообработкой // РЭНСИТ. 2019. № 11 (3). С. 315–320. DOI: 10.17725/rensit.2019.11.315.
3. Лопатько К.Г., Олишевский В.В., Маринин А.И., Афтандиянц Е.Г. Образование наноразмерной фракции металлов при электроискровой обработке гранул // Электронная обработка материалов. 2013. № 49 (6). С. 80–85.
4. Niu Y., Omurzak E., Cai R., Syrgakbek kyzy D., Zhasnakunov Z., Satyvaldiev A., Palmer R.E. Eco-Friendly Synthesis of Silver Nanoparticles Using Pulsed Plasma in Liquid: Effect of Surfactants Surfaces. 2022. №. 5. P. 202–208. DOI: 10.3390/surfaces5010013.
5. Авчинникова Е.А., Воробьева С.А. Синтез и свойства наночастиц меди, стабилизированных полиэтиленгликолем // Вестник БГУ. 2013. № 3. С. 12–16.

УДК 544:546.59

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ ЗОЛОТА НА ОСНОВЕ ДИАЛЬДЕГИДА ПЕКТОВОЙ КИСЛОТЫ

Серикова Л.В.

*Институт химии и фитотехнологий Национальной академии наук Кыргызской Республики,
Бишкек, e-mail: luda-0729@mail.ru*

Синтезированы нанокomпозиты с наночастицами золота на основе диальдегида пектовой кислоты. Диальдегид пектовой кислоты – специфический носитель, полученный путем модификации свекловичного пектина. Образцы новых multifункциональных нанокomпозитов с наночастицами золота исследованы методами УФ-, ИК-спектроскопии. Изучение ИК-спектров полученных препаратов нанокomпозитов показало, что при данных условиях синтеза диальдегид пектовой кислоты сохраняется без каких-либо значительных изменений, вследствие этого сохраняются большинство физико-химических свойств и биологическая активность. Рассмотрено влияние pH среды на процесс восстановления ионов Au⁺. Наиболее оптимальным для получения нанометаллической фазы оказался диапазон pH 10–11. Появление наночастиц золота подтверждается изменением цвета растворов. Путем использования метода сканирующей электронной микроскопии определены размеры частиц. Определено, что полученные нанокomпозиты золота содержат наночастицы сферической формы с узкодисперсными размерами. Полученные образцы нанокomпозита с наночастицами золота проявляли стабильность в течение длительного отрезка времени, так как в их спектрах поглощения отсутствуют какие-либо значимые изменения. Так, использование диальдегида пектовой кислоты как восстановителя позволяет получать наночастицы металлов, обладающие определенным химическим составом, размерами и формами, однородностью и стабильностью.

Ключевые слова: нанокomпозиты, наночастицы, золото, диальдегид пектовой кислоты

PREPARATION OF GOLD NANOCOMPOSITES BASED ON PECTIC ACID DIALDEHYDE

Serikova L.V.

*Institute of Chemistry and Phytotechnologies of the National Academy of Sciences
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: luda-0729@mail.ru*

Nanocomposites with gold nanoparticles based on pectic acid dialdehyde have been synthesized. Pectic acid dialdehyde is a specific carrier obtained by modifying beet pectin. Samples of new multifunctional nanocomposites with gold nanoparticles were studied by UV and IR spectroscopy. The study of IR spectra of the obtained nanobiocomposites shows that under these conditions of synthesis the pectic acid dialdehyde is preserved without any significant transformations; consequently, most of the physicochemical properties and biological activity are preserved as well. The influence of the pH of the medium on the reduction of Au⁺ ions is shown. The pH range of 10–11 turned out to be the most optimal for obtaining a nanometallic phase. The appearance of gold nanoparticles is confirmed by a change in the color of solutions. The particle sizes were determined using the scanning electron microscopy method. It is determined that the obtained gold nanocomposites contain spherical nanoparticles with narrowly dispersed sizes. Thus, the use of pectic acid dialdehyde as a reducing agent makes it possible to obtain metal nanoparticles with a certain chemical composition, sizes and shapes, uniformity and stability.

Keywords: nanocomposites, nanoparticles, gold, pectic acid dialdehyde

Наночастицы благородных и переходных металлов представляют огромный интерес для исследователей в современном мире. Также весьма актуальны в настоящее время получение и изучение металлосодержащих полисахаридных нанобиокomпозитов, что способствует созданию новых наноразмерных материалов, обладающих особой уникальностью и широким спектром действия, которые находят все большее практическое применение. В частности, наночастицы золота имеют большое распространение среди других металлических наночастиц из-за своих уникальных оптических и биологических свойств. Наночастицы золота хорошо поглощают и рассеивают свет, не обладают токсичностью, химически более стабильны, чем наночастицы других металлов, имеют способность к самосборке.

При получении наночастиц большей частью используются химические восстановители и стабилизирующие вещества, которые весьма токсичны и агрессивны. Их негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека, а также часто их дороговизна сильно уменьшают привлекательность таких методов [1, 2]. Наиболее перспективным является направление нанохимии, связанное с синтезом наночастиц в полимерных матрицах, в частности в водных растворах природных полимеров. К таким веществам относятся пектин и его производные.

Поскольку пектиновые вещества – растительные полисахариды, можно предположить, что значительный потенциал в качестве наностабилизирующей матрицы будет иметь диальдегид пектовой кислоты, обладающий уникальным комплексом био-

логических свойств. И, как следствие, наноконкомпозиты золота на основе диальдегида пектовой кислоты также будут иметь ряд ценных биологических свойств, характерных для данного класса веществ: бактерицидные, кровоостанавливающие, иммуномоделирующие и др. [3].

Целью данной работы было изучение возможности использования диальдегида пектовой кислоты для синтеза и последующей стабилизации наночастиц золота.

Материалы и методы исследования

В качестве металлического прекурсора использовали HAuCl_4 , диальдегид пектовой кислоты, стандартизированные растворы гидроксида натрия, этанол.

Получение диальдегида пектовой кислоты. В круглодонную колбу, снабженную мешалкой, помещали 1 г пектовой кислоты и 0,3 г йодной кислоты в буферной смеси: 0,05М бура и 0,05М янтарной кислоты (рН 4,0). Смесь перемешивали в течение 10–15 часов при 25°C в темноте. Реакцию останавливали добавлением 5%-ного раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Полученный продукт (диальдегид пектовой кислоты) осаждали из раствора холодным изопропиловым спиртом. Осадок отфильтровывали и промывали изопропиловым спиртом.

Синтез наноконкомпозита золота. К 8,0 мл 25%-ного раствора диальдегида пектовой

кислоты в дистиллированной воде приливали 2,0 мл водного раствора, содержащего 0,018–0,34 г (0,06–1,03 моль) HAuCl_4 , выдерживали 30 минут при комнатной температуре, добавляли 30% гидроксид натрия до рН 10 реакционной среды, раствор перемешивали при комнатной температуре 5–6 часов. Выделение и очистку конечного продукта проводили двукратным промыванием этанолом, сушку проводили в вакууме над CaCl_2 . Выход полученного наноконкомпозита золота составил 0,956 г, содержание в нем металла 2,3%.

Концентрация наночастиц $\text{Au}(0)$ определялась методом атомно-адсорбционной спектроскопии на спектрофотометре СФ-46 в области длин волн 250–800 нм.

ИК спектры снимали на спектрофотометре UR-10, полученные образцы прессовали вместе с KBr в таблетки.

Распределение наночастиц по размерам изучено методом сканирующей микроскопии.

Результаты исследования и их обсуждение

Специфическим окислителем гликольных группировок является йодная кислота. Периодатное окисление пектовой кислоты до диальдегида происходит по схеме 1.

Ионы золота восстанавливаются до нульвалентного состояния за счет альдегидных групп ДАПК (схема 2).

Схема 1

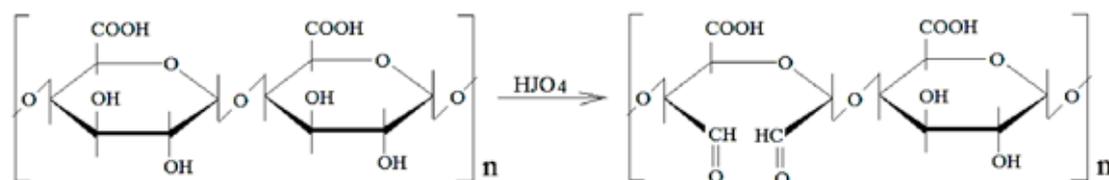
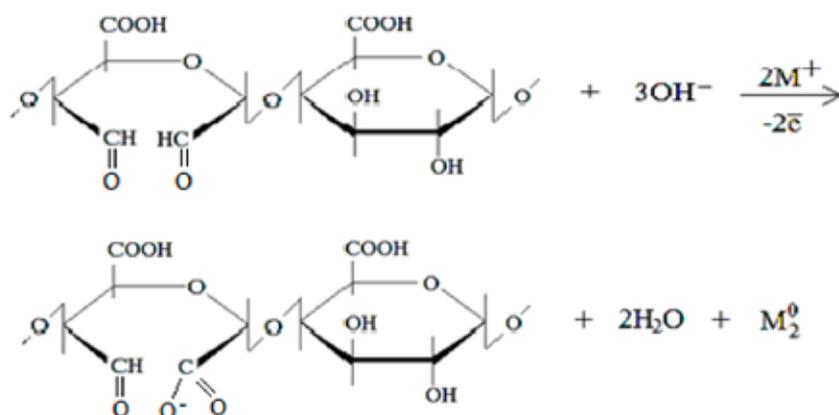


Схема 2



Au(III) начинает взаимодействовать с диальдегидом пектовой кислоты в кислой среде pH 2–4, о чем свидетельствовало окрашивание реакционной смеси сразу же после смешивания реагентов в растворе. При этом выход Au(0) в данных условиях невысок, а в растворе присутствует значительная часть непрореагировавших ионов. При pH > 5 наблюдался выход устойчивым нанокompозитом нульвалентного золота с пектовой кислотой, образовавшейся при восстановлении Au(III), которые были устойчивы длительное время при комнатной температуре.

Ионы золота вступают во взаимодействие с диальдегидом пектовой кислоты, при этом в зависимости от условий реакции образуются водорастворимые золото-содержащие соединения с различным содержанием металла в них. Количество металла может изменяться от 1 до 58%. Зависимость процесса от pH позволяет предположить для процесса взаимодействия диальдегида и ионов золота двухстадийный механизм, когда сначала происходит щелочная деструкция макромолекулы альдегида пектовой кислоты, а затем следует стадия восстановления металла с формированием наночастиц. Распад полисахарида в щелочной среде происходит путем постепенного отщепления моносахаридных звеньев, при этом образуются дополнительные альдегидные группы [4].

Полученные образцы соединений диальдегида пектовой кислоты и Au(0) имеют различное молекулярно-массовое распределение, характеризуются бимодальностью и появлением пика в области низких молекулярных масс (рис. 1).

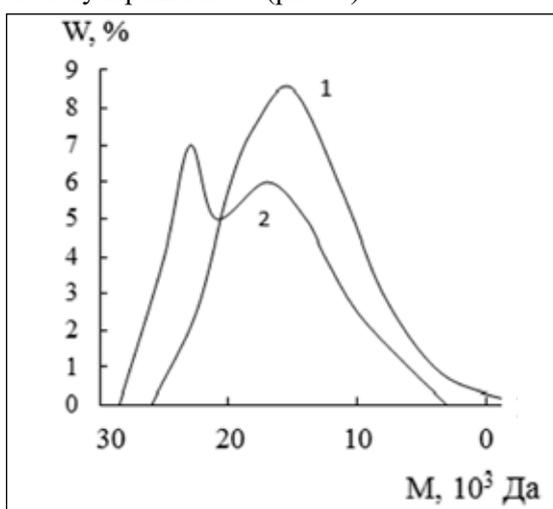


Рис. 1. Кривые молекулярно-массового распределения: 1 – диальдегид пектовой кислоты; 2 – диальдегид пектовой кислоты после окисления Au(III); W – массовая доля

Смещение данной полосы в область низких молекулярных масс может объясняться некоторой деструкцией макромолекулы пектовой кислоты при окислении ее до диальдегид производной.

При условиях pH 7–10 и комнатной температуре водорастворимые композиты Au(0)-ПК могут образовываться в широкой области соотношений Au(III)/ДАПК до $1 \cdot 10^{-3}$ моль/1 г ДАПК и не имеют четкого предела по стабильности частиц (таблица). Содержание металла в составе полученных образцов варьируется от 1,0 до 16,2%.

Состав и выход нанокompозитов Au(0)-ПК в зависимости от соотношения Au(III)/ДАПК

№	Количество Au(III), ммоль на 1 г ДАПК	Содержание Au(0), %	Выход, %
1	0,06	1,0	95
2	0,15	2,6	88
3	0,27	4,5	88
4	0,68	11,3	91
5	1,0	16,2	98

На рисунке 2 представлены диаграммы распределения частиц по размерам, видно, что полученные нанокompозиты золота состоят в основном из наночастиц размерами 15–17 и 22–24 нм.

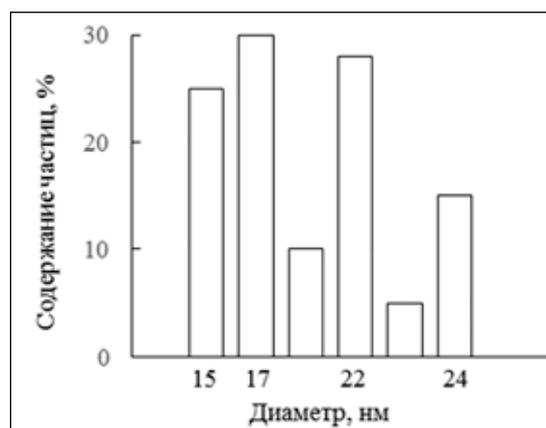


Рис. 2. Распределение частиц по размерам

Были изучены ИК-спектры синтезированных соединений. При процессе образования наноразмерных частиц Au(0) pH раствора является решающим фактором. При pH 5,0–9,5 раствор окрашивается в синий цвет, при 600–800 нм появляется широкая полоса поглощения (рис. 3).

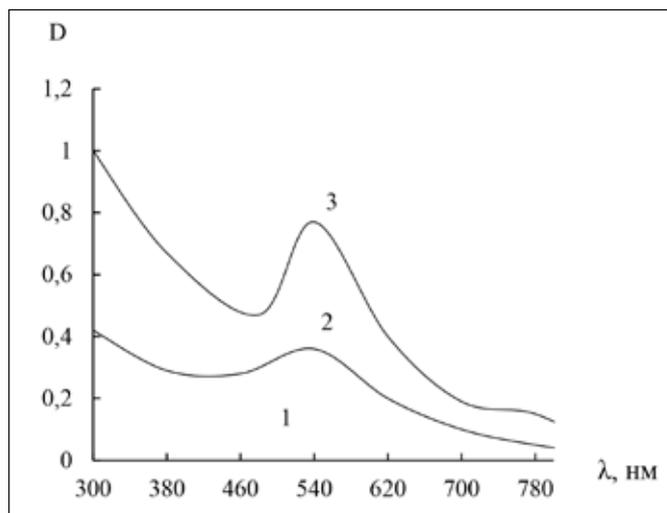


Рис. 3. Спектры поглощения нанокompозитов золота на основе диальдегида пектовой кислоты, рН 1 – 5,0–8,9; 2 – 9,7; 3 – 9,8

Появление этой полосы свидетельствует об образовании глобул восстановленного металла, так как известно, что дисперсии Au(0), в которых расстояние между наночастицами значительно меньше их среднего диаметра, имеют синюю окраску. Полоса плазмонного поглощения, возникающая при рН > 9,7 свидетельствует об образовании устойчивых наночастиц. Положение полосы плазмонного поглощения зависит от характеристик индивидуальных частиц и диэлектрических свойств реакционной смеси. Параметры полосы плазмонного поглощения отражают степень распределения частиц по размерам. Поэтому наблюдаемые различия в ширине пика и интенсивности поглощения говорят о различиях в составе образующихся композитов. Кроме того, в видимой области спектра наблюдалась полоса поглощения с $\lambda_{\text{max}} = 540$ нм. При дальнейшем повышении рН раствора наблюдался рост интенсивности максимума, что свидетельствует об увеличении числа частиц. Наиболее оптимальными условиями для получения наночастиц оказался диапазон рН 10–11, когда предельные значения оптической плотности при данных выбранных концентрациях достигались в течение 40 минут [5]. С увеличением размера наночастиц наблюдается заметное смещение полосы плазмонного поглощения в область длинных волн.

Заключение

Изучение оптических свойств растворов позволило подтвердить образование наночастиц Au(0) при окислительно-восста-

новительном взаимодействии диальдегида пектовой кислоты с ионами металла. Образование наночастиц золота в сильной степени зависит от рН раствора. Интенсивность и ширина плазмонного поглощения зависят от соотношений Au(III)/ДАПК. При увеличении соотношений реагентов реализуется процесс агрегации частиц, а значит, снижается их монодисперсность.

Таким образом, на основе диальдегида пектовой кислоты получены нанокompозиты золота с равномерным распределением наночастиц по размерам. Пектовая кислота, которая образуется при восстановлении золота до нульвалентного состояния, служит стабилизирующей матрицей для наночастиц.

Список литературы

1. Дыкман Л.А., Хлебцов Н.Г. Методы химического синтеза коллоидного золота // Успехи химии. 2019. Т. 88, № 3. С. 229-247.
2. Саломатина Е.В., Смирнова Л.А., Мочалова А.Е., Кузьмичева Т.А., Грачева Т.А. Влияние природы полимера-стабилизатора на размерные характеристики наночастиц золота // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2013. № 2 (1). С. 107-112.
3. Серикова Л.В. Получение и характеристика нанокompозита на основе пектина // Известия НАН КР. №4. Бишкек. 2017. С. 37-41.
4. Грищенко Л.А., Медведева С.А., Александрова Г.П., Феоктистова Л.П., Сапожников А.Н., Сухов Б.Г., Трофимов Б.А. Окислительно-восстановительные реакции арабиногалактана с ионами серебра и формирование нанокompозитов // ЖОХ. 2006. Т. 76, № 7. С. 1159-1165.
5. Оленин А.Ю. Химически модифицированные наночастицы золота и серебра в спектрофотметрическом анализе // Журнал аналитической химии. 2019. Т. 74. № 4. С. 254-278.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 547.1:615

**МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ
СОЕДИНЕНИЙ ГЕРМАНИЯ И ОЛОВА**

**Аркиания И.И., Силин Н.С., Алашева М-М.Х.,
Климова Л.Ю., Шумарин А.Е., Гулян М.В., Тагиров З.Т.**

*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону,
e-mail: nikit.silin2014@yandex.ru*

Элементы главной подгруппы IV группы периодической системы химических элементов могут иметь переменную степень окисления и обладают способностью образовывать донорно-акцепторные/ координационные связи с атомами азота, серы, кислорода в составе различных органических соединений. Особый интерес в медицинском аспекте их применения вызывают соединения германия и олова. Для германия наиболее подробно исследованы его полупроводниковые свойства, и основное применение соединений германия связано с конструированием новой приборной панели для различных областей медицины, например биодатчиков и улавливаемых оптических зондов. В качестве фармацевтических агентов соединения германия изучены как иммуномодулирующие, противовирусные, противовоспалительные и противоопухолевые субстанции. На основании приведенных исследований российскими авторами начат поиск соединений германия в некоторых лекарственных растениях с целью разработки на их основе новых отечественных лекарственных средств. Органические соединения олова изучены более подробно. Широкое применение органических соединений олова в качестве пестицидов, фунгицидов и добавок в противообрастающие краски дало толчок к изучению данной группы соединений в качестве фармакологических агентов в эксперименте. Для широкого спектра оловоорганических соединений установлена противоопухолевая и/или антиметастатическая активность на стандартных и альтернативных опухолевых моделях в исследованиях *in vitro* и *in vivo*. Наибольшую перспективность в доклинических исследованиях показали соединения, в состав которых входят природные органические лиганды. Аналогичным электронным строением атомов германия и олова обусловлены схожие механизмы воздействия их соединений на метаболизм клетки. Изменение окислительно-восстановительного потенциала клетки с активацией свободнорадикального окисления, митохондриальная дисфункция, прямое повреждение ДНК и запуск апоптотического пути под действием органических соединений германия и олова являются основными путями реализации их метаболического и цитотоксического действия. Производные германия и олова являются перспективным классом соединений для конструирования инновационных лекарственных средств с различной биологической активностью.

Ключевые слова: германий, олово, противоопухолевая активность, апоптоз, германий- и оловосодержащие лекарственные средства

**MEDICAL ASPECTS OF THE USING GERMANIUM
AND TIN COMPOUNDS**

**Arkania I.I., Silin N.S., Alasheva M-M.Kh.,
Klimova L.Yu., Shumarin A.E., Gulyan M.V., Tagirov Z.T.**

*Rostov State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation,
Rostov-on-Don, e-mail: nikit.silin2014@yandex.ru*

Elements of the main subgroup of group IV of the chemical elements periodic table can have a variable degree of oxidation and have the ability to form donor-acceptor/coordination bonds with nitrogen, sulfur, oxygen atoms in various organic compounds. Germanium and tin compounds are of special interest in the medical aspect of their use. For germanium, its semiconductor properties have been studied in the most detail; the main application of germanium compounds is associated with the design of a new dashboard for various medicine spheres, for example, bio-sensors and captured optical probes. Germanium compounds have been studied as immunomodulatory, antiviral, anti-inflammatory and antitumor pharmaceutical agents. On the basis of the above studies, the Russian authors have begun the search for germanium compounds in some medicinal plants in order to develop new national medicines based on them. Organic compounds of tin have been studied in more detail. The widespread use of organic tin compounds as pesticides, fungicides and additives in antifouling paints marked the beginning of the using this group of compounds as pharmacological agents in the experiment. Antitumor and/or antimetastatic activity has been established for a wide range of organotin compounds on standard and alternative tumor models in *in vitro* and *in vivo* studies. Compounds containing natural organic ligands have shown the greatest prospect in preclinical studies. The similar mechanisms of the germanium and tin compounds effect on cell metabolism are due to their analog electronic structure. A change in the redox potential of the cell with the activation of free radical oxidation, mitochondrial dysfunction, direct DNA damage and the launch of the apoptotic pathway under the action of organic compounds of germanium and tin are the main ways of realization their metabolic and cytotoxic effects. Germanium and tin derivatives are a promising class of compounds for the design of innovative medicines with different biological activity.

Keywords: germanium, tin, antitumor activity, apoptosis, germanium- and tin-containing drugs

Металлы играют жизненно важную роль в клеточном метаболизме. Соединения, содержащие металл, можно классифицировать как неорганические и элементоорганические, но все они могут быть охарактеризованы термином «металлопрепараты». В настоящее время описаны различные металлопрепараты с очень интересной биологической активностью, такой как противомаларийная, антибактериальная, нейропротекторная и др. Свойства ионов металлов позволяют обогащать стратегии создания новых лекарств, регулируя физико-химические и стереохимические свойства [1]. Элементы главной подгруппы IV группы периодической системы химических элементов могут иметь переменную степень окисления и обладают способностью образовывать донорно-акцепторные/ координационные связи с атомами азота, серы, кислорода в составе различных органических соединений. Особый интерес в медицинском аспекте их применения вызывают соединения германия и олова [2]. Германий (Ge) и олово (Sn) имеют однотипное электронное строение с конфигурацией $(n-1)d^{10}ns^2np^2$, от Ge к Sn происходит усиление металлических свойств. Биологическая роль германия и олова в организме до конца не ясна [1, 3].

Для германия наиболее подробно исследованы его полупроводниковые свойства, и основное применение соединений германия связано с конструированием новой приборной панели для различных областей медицины, например биодатчиков [4, 5] и улавливаемых оптических зондов [6]. Германий особенно подходит для разработки биосенсоров белков на основе FTIR (Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье, также известная как FTIR-анализ или FTIR-спектроскопия), которая представляет собой аналитический метод, используемый для идентификации органических, полимерных и, в некоторых случаях, неорганических материалов. Метод анализа FTIR использует инфракрасный свет для сканирования тестовых образцов и наблюдения за химическими свойствами. Биоматериалы на основе гидроксипатита и Ge могут быть потенциальным биоматериалом для культивирования клеток млекопитающих с целью восстановления и регенерации минерализованных тканей. По сравнению со всеми композитными биоматериалами, максимальное высвобождение лекарственного средства было получено с биоматериалами Ge [7].

Одной из важнейших характеристик перспективного кандидата в лекарственные средства является токсичность. Под «ток-

сичностью» в широком понимании понимают способность вещества обуславливать нарушения физиологических функций организма. В токсикологии «токсичность» – более узкое понятие: величина, обратно пропорциональная LD_{50} .

Токсикологические исследования острой пероральной токсичности оксида германия на крысах линии Wistar показали высокий уровень безопасности применения и позволили рассматривать соединения на его основе в качестве перспективных кандидатов в лекарственные средства широкого спектра действия [8]. Было показано, что диоксид германия и цитрат лактата германия (неорганический германий) вызывают почечную токсичность, тогда как полуторный оксид германия (органический германий) имеет более благоприятный профиль безопасности, не было выявлено признаков мутагенности в тесте на обратную бактериальную мутацию или в тесте на хромосомные аберрации млекопитающих *in vitro*. Генотоксическая активность не наблюдалась в микроядерном тесте *in vivo* на млекопитающих при концентрациях вплоть до предельной дозы 2000 мг/кг массы тела/сутки. В 90-дневном исследовании оральной токсичности, при внутрижелудочном введении в дозах 0, 500, 1000 и 2000 мг/кг массы тела в день, не было смертей. Уровень отсутствия наблюдаемых побочных эффектов (NOAEL) был определен как 2000 мг/кг/день [7, 8].

Первыми соединениями германия, проявившими иммуномодулирующее и противовирусное действие, были германаты сесквиоксанового типа. К настоящему времени синтезировано и активно изучается более десятка соединений, содержащих германий. К ним относятся карбоксилаты и цитраты германия, комплексы германия с резвератролом, дафнетином, мангиферином, хризинном, кверцетином, аскорбиновой и никотиновой кислотами, аминокислотами, гамма-лактонами, германий-содержащей спиролиной, дрожжами и др. Соединения на основе германия показали способность влиять на репликацию различных ДНК/РНК-вирусов, стимулировать естественную резистентность организма, предотвращать развитие метаболических интоксикаций различного генеза, повышать эффективность вакцин, препятствовать развитию избыточного накопления реактивных видов кислорода, который играет решающую роль в развитии воспалительной реакции, вызванной вирусной инфекцией [9]. В комплексе с янтарной кислотой, усиливающей метаболические свойства, при-

менение германийсодержащих соединений, приводит к реструктуризации дермы, что, в свою очередь, способствует укреплению каркаса кожи и предотвращению процессов старения [10]. Прямое влияние на митохондриальную дисфункцию у мышей СВА/J выявлено при введении диоксида германия (GeO_2) в комплексе с таурином и коэнзимом Q10 [11, 12]. Добавление диоксида германия (GeO_2) у мышей СВА/J приводило к дегенерации сосудистой полоски и спирального ганглия, которые были связаны с подавлением генов, связанных с митохондриальной дыхательной цепью, и активацией генов, связанных с апоптозом, в улитке. Добавка с таурином, коэнзимом Q₁₀ или богатой водородом водой ослабляла дегенерацию улитки внутреннего уха, вызванную GeO_2 [11].

Ge-132 был разработан японскими учеными и показал множество фармакологических эффектов, включая противораковый, антивирусный, индуцирующий выработку интерферона (включая индукцию образования гамма-интерферона), радиопротекцию, антимуtagenное действие, гепатопротекцию. В частности, при пероральном введении Ge-132 мышам наблюдалось заметное повышение активности Т-клеток (киллеров) и активация макрофагов, что указывает на выраженный противовирусный эффект препарата (тестировалось несколько различных штаммов, включая вирусы гриппа). В то же время прямого ингибирующего действия германия на активность вирусов не наблюдалось; все эффекты были опосредованы усилением иммунного ответа организма [13].

Изменения клеточного метаболизма в ответ на повышение уровня активных форм кислорода (АФК) очень сложны и зависят от множества факторов, включая типы, уровни, локализацию и стойкость АФК, а также происхождение, среды и стадии развития опухолевого процесса. Это растущее понимание сложности АФК при злокачественных новообразованиях открывает широкие перспективы для раскрытия потенциала металлов с переменной степенью окисления для лечения злокачественных новообразований.

В последнее время появились работы, посвященные цитотоксической активности германийсодержащих соединений: антибактериальной, противогрибковой и противоопухолевой. Новые фолатные комплексы галлия (III), германия (IV) и гафния (IV) ингибировали рост четырех бактериальных и двух грибковых патогенов (*Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*,

Pseudomonas aeruginosa, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus flavus* и *Candida albicans*). Экспериментальные данные IC₅₀ комплекса германия (IV) *in vitro* показали готовность комплекса Ge (IV) к использованию в качестве антигепатоцеллюлярного противоракового препарата [14]. Ge оказывает ингибирующее действие на воспаление при экспериментальном мастите мышей, защищает ткани молочной железы, снижая экспрессию TNF- α , IL-1 β и IL-6. Гистопатологические изменения показали, что Ge оказывает защитное действие на ткани молочной железы при мастите [15].

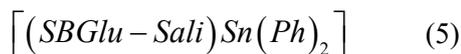
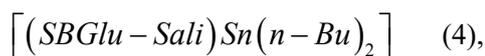
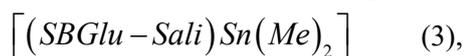
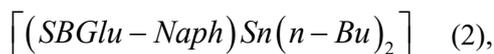
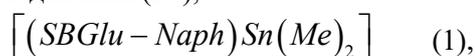
В исследованиях *in vitro* четыре комплекса германия (IV), содержащих ацетилацетонатполиганд $[\text{GeIV}(\text{acac})_3]$, проявили высокий цитотоксический эффект и селективность. Противораковая активность комплексов в отношении панели линий раковых клеток выявлена при значениях IC₅₀ в субмикромольном диапазоне (9–15 мкМ). Помимо многообещающей противоопухолевой активности, соединения проявляют высокую комплексную стабильность в биологических средах. Реализация биологической активности происходит за счет остановки митотического цикла в фазе G1, накопления активных форм кислорода (АФК) и деполяризации мембран митохондрий в злокачественных клетках. Кроме того, соединения значительно индуцируют апоптоз [16].

Достоверно показано, что германий содержится в большем количестве лекарственных растений. Наибольшее содержание германия наблюдается в корнях одуванчика (г. Анапа) и корнях дягиля лекарственного (Калужская область). На основании приведенных исследований российскими авторами начат поиск соединений германия в некоторых лекарственных растениях с целью разработки на их основе новых отечественных лекарственных средств [17].

Соединения олова изучены более подробно. Как известно из литературных источников, неорганические производные олова (Sn) нетоксичны из-за их плохого всасывания в желудочно-кишечном тракте. Биологическая активность оловоорганических производных резко отличается от действия свободного олова и его неорганических соединений. Они обладают различным токсичным действием, которое определяется природой и числом органических групп. Систематические исследования инсектицидной активности оловоорганических соединений начались с работы Blum с соавт. в 1957 г. Было показано, что триэ-

тилоловогидроксид $(C_2H_5)_3SnOH$ и некоторые его соли являются очень высокотоксичными соединениями при топикальном нанесении на комнатных мух *Musca domestica*. LD_{50} для этих соединений была несколько выше у устойчивых к ДДТ мух, чем у чувствительных, соответственно для триэтиловогидроксида – 0,4 по сравнению с 0,31 мкг/особь. Широкое применение органических соединений олова в качестве пестицидов, фунгицидов и добавок в противообрастающие краски [18] положило начало изучению данной группы соединений в качестве цитотоксических агентов [19, 20], причем модификация токсичности возможна путем выбора соответствующего лиганда [21]. Наименее токсичные для млекопитающих из низкомолекулярных оловоорганических соединений – трибутиловопроизводные (хлорид, ацетат и оксид) и трифенилоловоацетат [18].

Для широкого спектра оловоорганических соединений установлена противоопухолевая и/или антимагистатическая активность на стандартных и альтернативных опухолевых моделях в исследованиях *in vitro* и *in vivo*. Наибольшую перспективность в доклинических исследованиях показали соединения, в состав которых входят природные органические лиганды. Так конъюгированные с глутамином оловоорганические соединения (IV),



проявили высокую цитотоксическую активность в отношении двух линий опухолевых клеток человека: РС-3 (простата) и Мг-63 (остеосаркома) [22]. Высокий терапевтический потенциал порфирина, присоединенного к оловоорганическим (IV) соединениям, выявили при определении их цитотоксической активности в отношении клеток рака молочной железы человека (MCF-7) и фибробластов здорового человека (FS 20–68). Выявлена интересная закономерность: тестируемые соединения являются более мощными противоопухолевыми препаратами, чем смесь их отдельных компонентов (порфирин золота и эталонные комплексы олова). Следовательно, ковалентная связь оловоорганических комплексов

с порфирином вызывает синергический цитотоксический эффект [23].

Принимая во внимание высокую токсичность оловоорганических соединений, были предприняты попытки создания гибридных молекул тризамещенных органических производных олова, которые содержат протекторные фрагменты, для снижения общей токсикологической нагрузки на организм. Однако создание комбинации с остатком салициловой кислоты, 5-хлор-2-меркаптобензотиазолом, 2-меркаптотионовой кислоты и др. не оказало желаемого эффекта по уменьшению токсичности.

При попытке модификации структуры молекулы с целью снижения общей токсичности наиболее эффективными агентами оказались фрагменты пространственно-затрудненных фенолов. Введение в молекулу органического производного олова антиоксидантного фрагмента 2,6-ди-трет-бутилфенола достоверно снижает токсичность исходного соединения с сохранением противоопухолевой и антимагистатической активности [24, 25]. Важно отметить, что во всех случаях для тестируемых субстанций, содержащих антиоксидантную 2,6-ди-трет-бутилфенольную группу, значения LD_{50} на порядок выше, чем для соответствующих исходных оловоорганических соединений. А при наличии двух фенольных групп в молекуле токсичность снижается на два порядка [21].

С целью повышения эффективности химиотерапии и преодоления резистентности при повторном курсовом и метронном режиме лечения злокачественных новообразований, успешно применяется подход комбинированного использования уже известных противоопухолевых лекарственных средств, а также новых перспективных кандидатов в лекарственные средства на этапе их изучения. В комбинированном введении с цисплатином оловоорганических соединений при классической пятикратной внутривенной методике изучения показано синергическое влияние на рост и развитие опухолевого процесса, а также увеличение эффективности по сравнению с результатами влияния тестируемых соединений в монорежимах [26].

Основным механизмом действия оловоорганических соединений является прямое повреждение ДНК и белка, а также изменение про/антиоксидантного статуса клетки, что влияет на выработку АТФ, нарушение проницаемости биологических мембран, увеличение ионного тока (Ca^{2+}) через клеточную стенку в цитоплазму [27]. Для многих органических соединений олова по-

казано, что они вызывают запрограммированную гибель клетки. Апоптоз вызывается либо за счет влияния на редокс-сигнальные пути клеток (накопление активных метаболитов кислорода (АМК) и ингибируется антиоксидантная система организма), либо нарушением проницаемости мембран митохондрий, активации каспаз или ввиду взаимодействия с ДНК, уменьшением выработки антиапоптотического белка Bcl-2 [28]. Соединения тестировали на их цитотоксичность *in vitro* в отношении клеток аденокарциномы молочной железы человека (MCF-7) и шейки матки человека (HeLa), а также против нормальных клеток фибробластов легких плода человека (MRC-5). Механизм действия обусловлен взаимодействием с сульфгидрильными группами белка тубулина, играющего ключевую роль в формировании микротрубочек и клеточной пролиферации. В результате нарушается процесс копирования и считывания ДНК, что приводит к задержке клеточного роста и деления и в конечном итоге к апоптозу [29, 30].

Заключение

Аналоговым электронным строением атомов германия и олова обусловлены схожие механизмы воздействия их соединений на метаболизм клетки. Изменение окислительно-восстановительного потенциала клетки с активацией свободнорадикального окисления, митохондриальная дисфункция, прямое повреждение ДНК и запуск апоптотического пути под действием органических соединений германия и олова являются основными путями реализации их метаболического и цитотоксического действия. Производные германия и олова являются перспективным классом соединений для конструирования инновационных лекарственных средств с различной биологической активностью.

Список литературы

1. Алхусейн-Кулягинова М.С., Николаенко А.М., Котиева В.М., Гулян М.В., Додохова М.А., Котиева И.М. Разработка лекарственных препаратов на основе соединений олова (Обзор) // Микроэлементы в медицине. 2023. Т. 24, № 1. С. 3–9.
2. Agarwal A., Bose S.K. Bonding Relationship between Silicon and Germanium with Group 13 and Heavier Elements of Groups 14–16 // Chem. Asian J. 2020. Vol. 15, Is. 22. P. 3784–3806.
3. Пагиева А.Х., Тебоев Г.З. Незаменимость кремния и германия // Школа Науки. 2020. № 11 (36). С. 12–13.
4. Blond P., Bevernaegie R., Troian-Gautier L., Lagrost C., Hubert J., Reniers F., Raussens V., Jabin I. Ready-to-Use Germanium Surfaces for the Development of FTIR-Based Biosensors for Proteins // Langmuir. 2020. Vol. 36, Is. 40. P. 12068–12076.
5. Laumier S., Farrow T., van Zalinge H., Seravalli L., Bosi M., Sandall I. Selection and Functionalization of Germa-

nium Nanowires for Bio-Sensing // ACS Omega. 2022. Vol. 7, Is. 23. P. 35288–35296.

6. Sudhakar S., Rajendran P., Schäffer E. Synthesis of Germanium Nanospheres as High-Precision Optical Tweezers Probes // Methods Mol Biol. 2022. № 1. P. 25–35.

7. Elango J., Bushin R., Lijnev A., De Aza P., Martínez C., Marín J., Hernandez A., Olmo L., The Effect of Germanium-Loaded Hydroxyapatite Biomaterials on Bone Marrow // Mesenchymal Stem Cells Growth. Cells. 2022. No. 19. P. 2993.

8. Reddeman R.A., Glávits R., Endres J.R., Murbach T.S., Hirka G., Vértési A., Béres E., Szakonyiné I.P. A Toxicological Evaluation of Germanium Sesquioxide (Organic Germanium) // Toxicol. 2020. P. 6275625. DOI: 10.1155/2020/6275625.

9. Narokha V., Nizhenkovska I., Kuznetsova O. Potential of germanium-based compounds in coronavirus infection // Acta Pharm 2021. Vol. 72, Is. 2. P. 245–258.

10. Уколова Н.Ю., Коган Е.А., Матело С.К., Исаев А.Д., Амбросов И.В., Дирш А.В., Жарков Н.В., Косткина Е.А. Программа биореструктуризации кожи с применением препарата, содержащего германий-органический хелатный комплекс // Клиническая дерматология и венерология. 2020. Т. 19, № 5. С. 763–768.

11. Kashio A., Yamada C., Yasuhara K., Kamogashira T., Someya S., Yamasoba T. Taurine, Coenzyme Q₁₀, and Hydrogen Water Prevents Germanium Dioxide-Induced Mitochondrial Dysfunction and Associated Sensorineural Hearing Loss in mouse // Hear Res 428:108678. DOI: 10.1016/j.heares.2022.108678.

12. Тройнич Я.Н., Лебединская О.В., Ахматова Н.К., Прокудин В.П. Изменения в тканях легких у мышей при комбинированном введении противогриппозной вакцины с препаратом «германий» в качестве адьюванта // Морфология. 2018. Т. 153, № 3. С. 274–275.

13. Амбросов И.В., Алешин С.В., Алимбарова Л.М., Матело С.К., Шохин И.Е./ Использование органических соединений германия в медицине // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2015. № 2. С. 144–152.

14. El-Habeeb AA. Novel Gallium (III), Germanium (IV), and Hafnium (IV) Folate Complexes and Their Spectroscopic, Thermal Decomposition, Morphological, and Biological Characteristics // Bioinorg Chem Appl. 2020. DOI: 10.1155/2020/6678688.

15. Wang Y., Teng G., Zhou H., Dong C. Germanium Reduces Inflammatory Damage in Mammary Glands During Lipopolysaccharide-Induced Mastitis in Mice // Biol Trace Elem Res. 2020. Vol. 198, Is. 2. P. 617–626.

16. Mertens R., Parkin S., Awuah S. Exploring six-coordinate germanium(IV)-diketonate complexes as anticancer agents // Inorganica Chim Acta. 2020. Vol. 503, Is. 1.

17. Комаров Б.А., Погорельская Л.В., Албулов А.И. Об элементе германий и его содержании в некоторых лекарственных растениях // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. № 2. С. 58–61.

18. Ширяев В.И. Оловоорганические соединения как инсектоакарициды //Агрохимия. 2010. № 3. С. 83–94.

19. Милаева Е.Р., Додохова М.А., Шпаковский Д.Б., Антоненко Т.А., Сафроненко А.В., Котиева И.М., Комарова Е.Ф., Ганцгорн Е.В., Алхусейн-Кулягинова М.С. Механизмы цитотоксического действия оловоорганических соединений // Биомедицина. 2020. Т. 17, № 2. С. 88–99.

20. Додохова М.А., Сафроненко А.В., Котиева И.М., Сухорукова Н.В., Ганцгорн Е.В., Алхусейн-Кулягинова М.С., Комарова Е.Ф., Шпаковский Д.Б., Милаева Е.Р. Оценка фармакотерапевтического потенциала оловоорганических соединений *in vivo* // Биофармацевтический журнал. 2021. Т. 13, № 3. С. 30–34.

21. Додохова М.А., Сафроненко А.В., Котиева И.М., Комарова Е.Ф., Трпель В.Г., Алхусейн-Кулягинова М.С., Шпаковский Д.Б., Милаева Е.Р. Исследование острой пероральной токсичности оловоорганических соединений, со-

держаших фрагмент 2,6-ди-трет-бутилфенола // Уральский медицинский журнал. 2021. Т. 20, № 3. С. 73–77.

22. Dodokhova M.A., Safronenko A.V., Kotieva I.M., Alkhuseyn-Kulyaginova M.S., Shpakovsky D.B., Milaeva E.R. Evaluation of the pharmacological activity of hybrid organotin compounds in a B16 melanoma model in the classical and metronomic administration modes. // *Research Results in Pharmacology*. 2022. Т. 8, № 1. С. 85–94.

23. Nguyen C., Toubia I., Diring S., Hadj-Kaddour K., Gary-Bobo M., Kobeissi M., Odobel F. Synergetic anticancer activity of gold porphyrin appended to phenyl tin malonate organometallic complexes // *Dalton Trans.* 2021. Vol. 50, Is. 13. P. 4583–4592.

24. Dodokhova M.A., Safronenko A.V., Kotieva I.M., Alkhuseyn-Kulyaginova M.S., Shpakovsky D.B., Milaeva E.R. Impact of organotin compounds on the growth of epidermoid Lewis carcinoma // *Research Results in Pharmacology*. 2022. Т. 7, № 4. С. 81–88.

25. Додохова М.А., Котиева И.М., Сафроненко А.В., Алхусейн-Кулягинова М.С., Милаева Е.Р., Шпаковский Д.Б., Терехов А.Ю., Сергеева Е.О. Влияние гибридных оловоорганических соединений в максимально эффективной дозе на рост и активность метастазирования меланомы в16 у мышей линии C57Bl/6 // *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины*. 2021. Т. 11, № 3. С. 12–17.

26. Додохова М.А., Алхусейн-Кулягинова М.С., Сафроненко А.В., Котиева И.М., Шпаковский Д.Б., Милаева Е.Р.

Влияние цисплатина и гибридного оловоорганического соединения в малых дозах на рост и метастазирование эпидермоидной карциномы Lewis в эксперименте // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2021. Т. 84, № 8. С. 32–35.

27. Alama A., Tasso B., Novelli F., Sparatore F. Organometallic compounds in oncology: Implications of novel organotin as antitumor agents // *Drug Discov.* 2009. № 14. С. 500–508. DOI: 10.1016/j.drudis.2009.02.002.

28. Zhang Y.Y., Zhang R.F., Zhang S.L., Cheng S., Li Q.L., Ma C.L. Syntheses, structures and anti-tumor activity of four new organotin(IV) carboxylates based on 2-thienylselenoacetic acid // *Dalton Trans.* 2017. № 45. С. 8412–8421. DOI: 10.1039/c6dt00532b.

29. Додохова М.А., Сафроненко А.В., Котиева И.М., Милаева Е.Р., Шпаковский Д.Б., Трпель В.Г., Алхусейн-Кулягинова М.С., Котиева В.М. Вторичная митохондриальная дисфункция как механизм противоопухолевого и антиметастатического действия гибридных оловоорганических соединений // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2021. Т. 24, № 11. С. 28–33.

30. Shpakovsky D.B., Banti C.N., Mukhatova E.M., Gracheva Yu A., Osipova V.P., Berberova N.T., Albov D.V., Antonenko T.A., Aslanov L.A., Milaeva E.R., Hadjikakou S.K. Synthesis, antiradical activity and in vitro cytotoxicity of novel organotin complexes based on 2,6-di-tert-butyl-4-mercaptophenol // *Dalton Trans.* 2014. Vol. 43, Is. 18. P. 6880–6890.