



# ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ

## XXI Международная научная конференция **ПРОБЛЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА** студентов и аспирантов, посвященная 300-летию РАН

Адаптация  
к условиям  
жизни на Севере

Включенность Севера  
в геополитическую  
ситуацию

Экология  
Севера

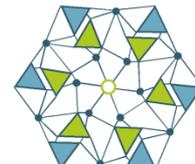
Арктическая  
гидробиология  
и ихтиология

Мурманск - Апатиты  
2024

Полярный геофизический институт  
Мурманский арктический университет  
Мурманский морской биологический институт РАН  
Федеральный исследовательский центр  
«Кольский научный центр Российской академии наук»



МУРМАНСКИЙ  
АРКТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



**XXI Международная научная  
конференция студентов и аспирантов**

# **ПРОБЛЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА**

Мурманск, 15–16 мая 2024 года

## **ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

Мурманск — Апатиты  
2024

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0  
УДК [31 + 33 + 37 + 501 + 502 + 504](98)  
ББК Д890(881)я431(0), Е085(881)я431(0), С.я431  
П68

**Проблемы Арктического региона: труды XXI Международной научной конференции студентов и аспирантов**  
(Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. 71 с.

ISBN 978-5-91137-530-0

В сборнике представлены научные статьи по материалам XXI Международной научной конференции студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона». В книгу вошли результаты научной работы студентов и аспирантов различных вузов, научных организаций и их филиалов. Представленные доклады включают исследования, связанные с физическими, химическими, биологическими, медицинскими, экологическими и техническими проблемами, также затронуты вопросы педагогики, экономики и социологии Арктического региона. Материалы печатаются в авторской редакции.

#### **Программный комитет конференции:**

<b>Матишов Г. Г.</b>	председатель, академик РАН, профессор, д.г.н., ММБИ РАН, ЮНЦ РАН, Мурманск
<b>Мингалев И. В.</b>	заместитель председателя, д.ф.-м.н., ПГИ, Мурманск
<b>Брейтен Д.</b>	профессор, Канзасский университет, Лоренс, США
<b>Демидов В. И.</b>	профессор, Университет Западной Вирджинии, Моргантаун, США
<b>Жиров В. К.</b>	чл.-корр. РАН, профессор, д.б.н., НИЦ МБП КНЦ РАН, Апатиты
<b>Козлов Н. Е.</b>	профессор, д.г.-м.н., ГИ КНЦ РАН, Апатиты
<b>Кривовичев С. В.</b>	академик РАН, профессор, д.г.-м.н., ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты
<b>Ларичкин Ф. Д.</b>	профессор, д.э.н., ИЭП КНЦ РАН, Апатиты
<b>Макаров М. В.</b>	профессор, д.б.н., ММБИ РАН, Мурманск
<b>Маслобоев В. А.</b>	профессор, д.т.н., ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты
<b>Оттесен О. Н.</b>	профессор, Университет губернии Нурланд, г. Будё, Норвегия
<b>Шадрина И. М.</b>	доцент, д.пед.н., МАУ, Мурманск

#### **Редакция:**

С. М. Черняков  
Ю. А. Шаповалова

#### **Адрес оргкомитета конференции:**

Полярный геофизический институт,  
183010, Россия, Мурманск, ул. Халтурина, 15  
E-mail: [issc@pgi.ru](mailto:issc@pgi.ru)  
Тел: (8152) 253958  
Факс: (8152) 253559

<http://pgia.ru/lang/ru/international-problems-of-the-arctic-region/>

Научное издание  
Технический редактор: Е. П. Шинкарук  
Подписано к печати 29.11.2024. Формат бумаги 60×84 1/8.  
Усл. печ. л. 8,25. Заказ № 55. Тираж 300 экз.  
ФГБУН КНЦ РАН  
184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14

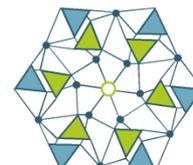
ISBN 978-5-91137-530-0

© Полярный геофизический институт, 2024

Polar Geophysical Institute  
Murmansk Arctic University  
Murmansk Marine Biological Institute of Russian Academy of Sciences  
Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences



МУРМАНСКИЙ  
АРКТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



**XXI International Scientific Conference  
for Students and Postgraduates**

# **PROBLEMS OF THE ARCTIC REGION**

**15–16 May 2024, Murmansk, Russia**

## **PROCEEDINGS**

Murmansk — Apatity  
2024

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0  
UDC [31 + 33 + 37 + 501 + 502 + 504](98)

**Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. 71 p.**

ISBN 978-5-91137-530-0

The publication presents abstracts of the reports submitted for the XXI International Scientific Conference for Students and Post-graduates "Problems of the Arctic Region". Among the authors are students and post-graduate students of different institutions of higher education, scientific organizations and their branches. The subjects of the presented scientific works include studies related to chemical, biological, medical, environmental, technical problems, as well as studies on the pedagogy, economics and sociology of the Arctic region. Published in the author's edition.

#### **Steering Committee**

Matishov G. G.	chairman, academician RAS, professor, D. Sc., MMBI RAS, SSC RAS, Murmansk, Russia
Mingalev I. V.	deputy of the chairman, D. Sc., PGI, Murmansk, Russia
Braaten D.	professor, PhD, KU, Lawrence, USA
Demidov V. I.	research professor, PhD, WVU, Morgantown, USA
Kozlov N. E.	professor, D. Sc., GI KSC RAS, Apatity, Russia
Krivovichev S. V.	academician RAS, professor, D. Sc., KSC RAS, Apatity, Russia
Larichkin F. D.	professor, D. Sc., IEP KSC RAS, Apatity, Russia
Makarov M. V.	professor, D. Sc., MMBI RAS, Murmansk, Russia
Masloboev V. A.	professor, D. Sc., KSC RAS, Apatity, Russia
Ottesen O.	professor, PhD, UIN, Bodø, Norway
Shadrina I. M.	professor, D. Sc., MAU, Murmansk, Russia
Zhirov V. K.	member-correspondent RAS, professor, D. Sc., KSC RAS, Apatity, Russia

<b>The editors:</b>	<b>Address of the Steering Committee:</b>
S. M. Cherniakov	Polar Geophysical Institute
Yu. A. Shapovalova	15 Khalturina St., Murmansk, 183010 Russia
	E-mail: <a href="mailto:issc@pgi.ru">issc@pgi.ru</a>
	Tel.: +7 8152 253958

<http://pgia.ru/lang/en/international-problems-of-the-arctic-region/>

ISBN 978-5-91137-530-0

© Polar Geophysical Institute, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

Басангова Д. Д., Харламова М. Н.	К вопросу о биологии птиц северных городов (на примере Мурманска и Полярного)	9
-------------------------------------	---	---

### БИОРЕСУРСЫ И АКВАКУЛЬТУРА

Абрашкин А. В., Абрашкина А. В., Шерстюк Е. С., Тюкина О. С., Кравец П. П.	Проект рыбоводного хозяйства по выращиванию африканского клариевого сома ( <i>Clarias gariepinus</i> ) на примере Мурманской области	15
Боровинская Е. В., Колотова Д. С., Бордиян В. В.	Получение и свойства альгината натрия из бурых водорослей	19

### ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Жукова Л. А., Иванчук Н. В.	Изучение свойств степенной функции в средней школе с помощью интерактивных моделей	25
Лазутина В. С., Иванчук Н. В.	Некоторые аспекты создания и использования учебных динамических моделей в обучении математике	30

### ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Бордиян В. В., Воронько Н. Г., Деркач С. Р., Кучина Ю. А., Колотова Д. С.	Реологические свойства гидрогелей рыбного желатина, модифицированных хитозаном	35
Савкина К. Н., Шокина Ю. В.	Разработка нового мучного изделия «Хлебцы ржаные», обогащенного йодом пищевой ламинарии	41

### ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Алексиков С. С., Юзофатов Е. В.	Исследование интерпретаций линии Губо	46
Штепа А. П.	Версия восстановления дальнего радиовещания	50

Ефимова Н. Б. Версия комбинированного использования ТВ-антенны 56

Косарев И. Ю. Версия плоской антенны для гигагерцового диапазона 61

### **ЭКОЛОГИЯ СЕВЕРА**

Басангова Д. Д.,  
Харламова М. Н.,  
Новиков М. А. Гранулометрический состав и содержание органического вещества в донных отложениях Баренцева и Карского морей 65

**Авторский указатель** 71

## CONTENT

### BIOLOGY AND MEDICINE

- Basangova D. D.,  
Kharlamova M. N. To the question of the biology of northern cities birds (on the example of Murmansk and Polarny) 9

### BIORESOURCES AND AQUACULTURE

- Abrashkin A. V.,  
Abrashkina A. V.,  
Sherstyuk E. S.,  
Tyukina O. S.,  
Kravets P. P. African clarias catfish (*Clarias gariepinus*) farming project on the examples of the Murmansk region 15
- Borovinskaya E. V.,  
Kolotova D. S.,  
Bordiyan V. V. Extraction and properties of sodium alginate from brown algae 19

### EDUCATION IN THE ARCTIC REGION

- Zhukova L. A.,  
Ivanchuk N. V. Studying the properties of a power function in secondary school using interactive models 25
- Lazutina V. S.,  
Ivanchuk N. V. Some aspects of creating and using educational dynamic models in mathematics lessons 30

### CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

- Bordiyan V. V.,  
Voronko N. G.,  
Derkach S. R.,  
Kuchina Yu. A.,  
Kolotova D. S. The rheology of fish gelatin hydrogels modified by chitosan 35
- Savkina K. N.,  
Shokina Yu. V. Development of a new flour product "Rye crispbread" enriched with iodine of kelp 41

### PHYSICAL STUDIES

- Aleksikov S.S.,  
Yuzofatov E.V. The study of interpretations of the Gubo line 46
- Shtepa A. P. Long-distance radio broadcasting recovery version 50

Efimova N. B.                      Version of combined use of TV antenna                      56

Kosarev I. Y.                      Gigahertz version of flat antenna                      61

**ECOLOGY OF THE NORTH**

Basangova D. D.,  
Kharlamova M. N.,  
Novikov M. A.                      Granulometric composition and organic matter content in bottom sediments of the Barents and Kara Seas                      65

**Author index**                      71

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 9–14.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 9–14.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.001

УДК 598.2 (470.21)

**Д. Д. Басангова, М. Н. Харламова**

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

*dbasangova78@gmail.com, mnkharlamova@yandex.ru*

## К ВОПРОСУ О БИОЛОГИИ ПТИЦ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКА И ПОЛЯРНОГО)

### Аннотация

Проведен сравнительный анализ биоразнообразия авифауны в городах Мурманск и Полярный. Определены доминирующие виды (*Anas platyrhynchos*, *Aythya fuligula*, *Somateria mollissima* и др.) и экологические (лимнофильная) и таксономические (Passeriformes) группировки. Приведены данные по гнездованию *Turdus pilaris*.

### Ключевые слова:

видовое разнообразие, лимнофильная авифауна, рябинник, Мурманская область.

**D. D. Basangova, M. N. Kharlamova**

Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

*dbasangova78@gmail.com, mnkharlamova@yandex.ru*

## TO THE QUESTION OF THE BIOLOGY OF NORTHERN CITIES BIRDS (ON THE EXAMPLES OF MURMANSK AND POLARNY)

### Abstract

A comparative analysis of the biodiversity of the avifauna in the cities of Murmansk and Polyarny was conducted. Dominant species (*Anas platyrhynchos*, *Aythya fuligula*, *Somateria mollissima* et al.) and ecological (limnophilic) and taxonomic (Passeriformes) groups were determined. Data on the nesting of *Turdus pilaris* are provided.

### Key words:

species diversity, limnophilic avifauna, the fieldfares, Murmansk region.

### Введение

Систематическое изучение орнитофауны Мурманска было начато еще с середины 90-х годов прошлого столетия. Наблюдения за птицами в Полярном и его окрестностях (бухта Кислая и др.) стали проводить с 2022 года. Целью нашей работы было изучение, прежде всего, видового разнообразия птиц и их биологии и экологии. В задачи исследований входило: 1) установление статуса пребывания птиц в г. Полярный; 2) определение доминирующих видов и преобладающих экологических и таксономических группировок; 3) изучение биологии размножения отдельных видов в городской среде.

### Методы исследования

Основными методами исследований был маршрутный метод и визуальные наблюдения с помощью 10-ти и 24-х кратных биноклей. Протяженность маршрута в г. Мурманск была 47,3 км, в Полярном – 15,5 км (рис. 1). Визуализация маршрутов и пространственный анализ приуроченности птиц к определенным биотопам был выполнен в среде общедоступного ГИС-приложения Google Earth; проводилась фотосъемка птиц, их гнезд и птенцов. Для определения птиц вне зоны видимости, по голосовым сигналам использовалось мобильное приложение Bird NET.

Были проведены промеры гнезд рябинников, использовалась стандартная методика [Михеев, 1996]. Оценка доминирования видов определялась по А. Д. Нумерову и др. [Нумеров и др., 2010]. Названия и систематика птиц приведены в соответствии со Списком птиц Российской Федерации [Коблик и др., 2006]. Используются архивные первичные данные М. Н. Харламовой по авифауне г. Мурманск.

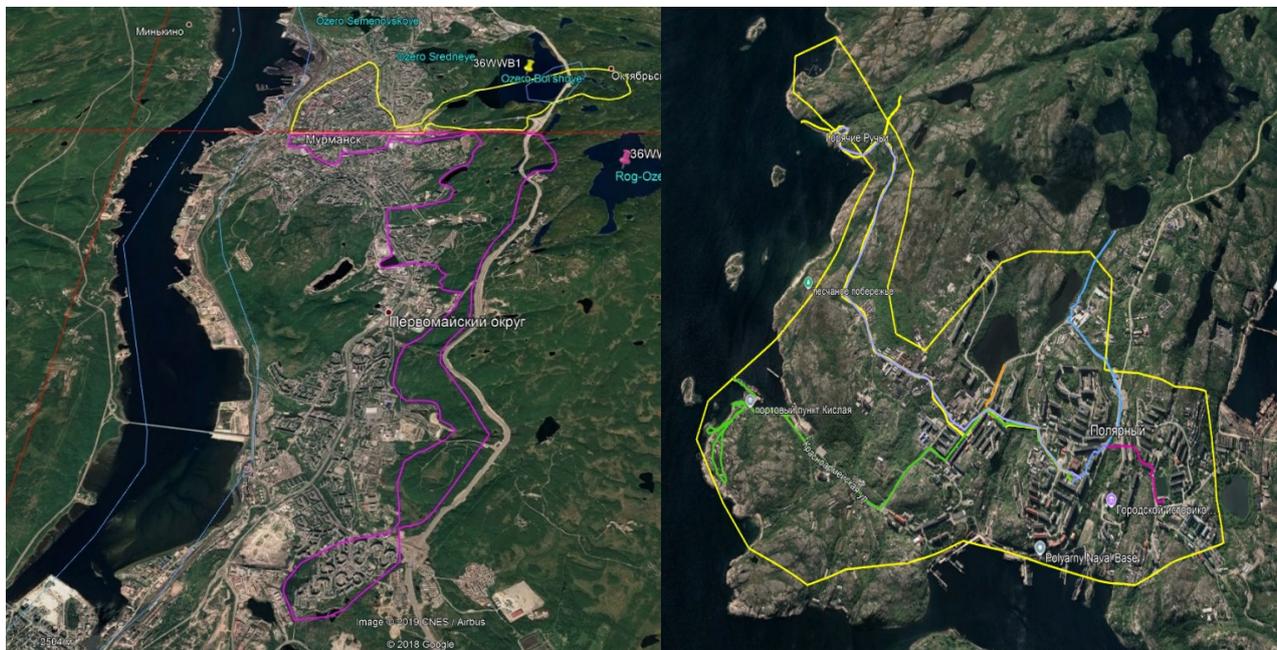


Рис. 1. Карты маршрутов-наблюдений в Мурманске (слева) и Полярном (справа)

Fig. 1. Maps of observation routes in Murmansk (left) and Polyarny (right)

## Результаты и обсуждение

В Мурманске насчитывается более 100 видов птиц: 45 % из них – гнездящиеся, 32 % – мигрирующие, 9 % имеют неопределенный статус, 6 % – оседлые, 5 % – залетные. По данным проведенных наблюдений в Полярном – 38 видов, из них 38 % – это гнездящиеся птицы. Для остальных видов статус пребывания нуждается в уточнении.

Среди экологических группировок в Мурманске по видовому составу преобладает так называемая лимнофильная авифауна. Она объединяет птиц, которые, так или иначе связывают свою жизнедеятельность с водоемами. Данная группа составляет значительную часть общей фауны птиц Мурманской области. В одной из первых систематических сводках состояния орнитофауны Кольского п-ва Ф. Д. Плеске (1887) в районе, охватывающем нижнее течение рек Кола и Тулома, Кольскую губу (залив) и населенный пункт Кола, упомянуты 30 видов птиц, отнесенных нами к лимнофауне [Харламова, Ряжских, 2002; Харламова, Новиков, 2009]. В настоящее время в Мурманске около 45 видов птиц относится к этой экологической группировке, в Полярном и его окрестностях лимнофильная авифауна представлена 17 видами. Это, главным образом, представители 3 отрядов: Ржанкообразные, Гусеобразные и Гагарообразные.

Согласно А. П. Кузякину [Кузякин, 1962], доминантами по обилию считаются виды, участие которых в суммарном орнитонаселении составляет 10 % и более. В Мурманске на протяжении многих лет наблюдений кряква *Anas platyrhynchos* была доминирующим видом на большинстве городских водоемов, и только в последние годы доминировать стал другой

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 9–14.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 9–14.

представитель гусеобразных – хохлатая чернеть *Aythya fuligula*. В Полярном доминирующими видами на оз. Боковое была хохлатая чернеть, в губе Кислой – обыкновенная гага *Somateria mollissima* (рис. 2). Кроме гусеобразных, доминирующими видами данных биотопов Полярного были серебристая, сизая и озерная чайки (*Larus argentatus*, *L. canus*, *L. ridibundus*).



Рис. 2. Обыкновенная гага *Somateria mollissima* с птенцами (фото Д. Д. Басанговой)

Fig. 2. Common Eider *Somateria mollissima* with chicks (photo by D. D. Basangova)

В обоих городах отмечали морскую чернеть *Aythya marila*. Первый раз в Мурманске ее наблюдали 16.08.2001 г. на оз. Планерное в количестве 6 особей: 2 самки и 4 самца [Харламова, Новиков, 2001; Харламова, Ряжских, 2002]. В 2020-х годах морскую чернеть на водоемах города встречали более регулярно. В Полярном это гнездящийся вид. Обычно сроки размножения в городах растянуты, и у чернети пуховичков (возраст птенцов 2-3 дня) наблюдали 11.08.2022 г. Места встреч выводков гусеобразных и других представителей лимнофауны Полярного были отмечены на карте с помощью ГИС-приложения Google Earth (рис. 3).

Наиболее многочисленным отрядом авифауны Мурманска остаются Воробьинообразные: на их долю приходится более 34 видов, обитающих в основном в зеленой зоне города. В Полярном они представлены 19 видами. В обоих городах обычны береговая ласточка *Riparia riparia*, желтая *Motacilla flava* и белая трясогузки *M. alba*, свиристель *Bombicilla garrulus*, пеночка-весничка *Phylloscopus trochilus*, рябинник *Turdus pilaris*, большая синица *Parus major*, вьюрок *Fringilla montifringilla*, обыкновенные зеленушка *Chloris chloris* и чечетка *Acanthis flammea* и др.

В Мурманске и Полярном активно гнездятся дрозды рябинники *T. pilaris*. Обычно рябинник населяет городской ландшафт в тех местах, где сохранены участки, подобные лесным биотопам, однако в городе его гнезда могут быть найдены и на субстратах антропогенного происхождения: зданиях, балках внутри строений и др. В центральной части г. Мурманск в 2022 г. было обнаружено 65 его гнезд. Диаграмма размещения гнезд рябинников на разных видах деревьев и иных субстратах представлена на рисунке 4. Плотность гнездования составила 16 гнезд/км<sup>2</sup>. В предыдущие годы исследований в этой же части Мурманска обнаруживали от 75 до 113 гнезд рябинников [Харламова, Матвиенко, 2008].

Секция «БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 9–14.  
 Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 9–14.

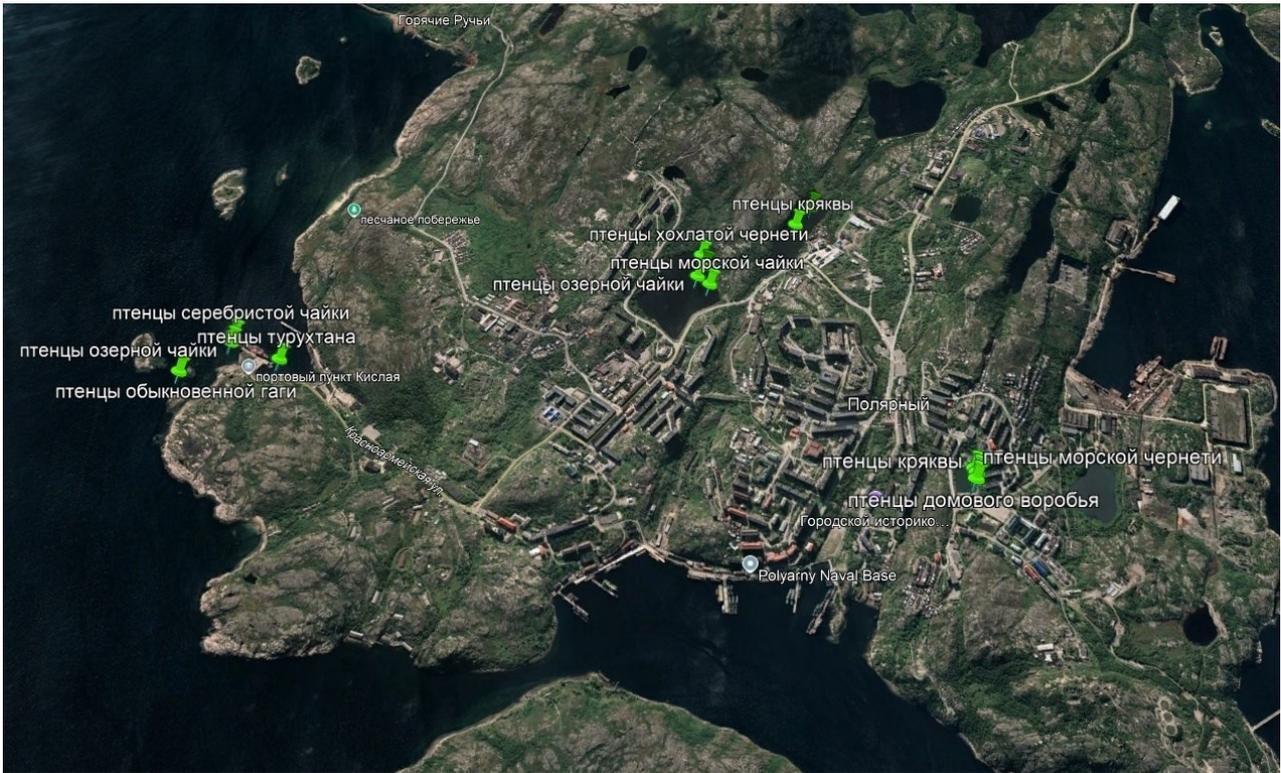


Рис. 3. Район исследований в Полярном (нанесенными метками указаны встреченные птицы и их птенцы)  
 Fig. 3. Research area in the Polyarny town (the marked marks indicate the birds encountered and their chicks)

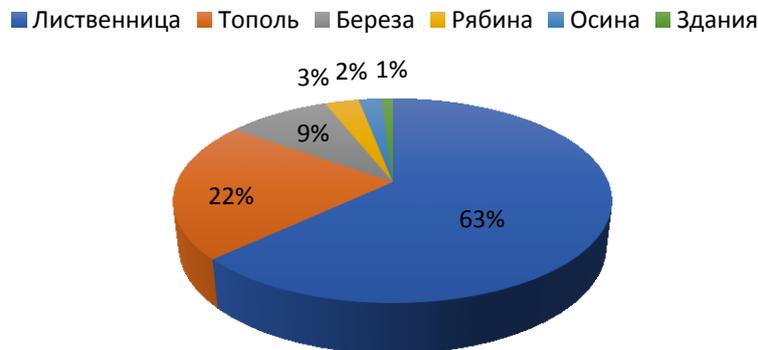


Рис. 3. Размещение гнезд *T. pilaris* на разных видах деревьев и иных субстратах  
 Fig. 3. Nest placement of *T. pilaris* on different tree species and other substrates

В таблице приведены результаты промеров нескольких гнезд рябинника. Полученные данные вполне согласуются с литературными [Мухеев, 1996]. В Полярном доступных для измерения гнезд *T. pilaris* не было.

В Полярном в этом же году было найдено 12 гнезд рябинника, 6 из которых располагались на различных постройках: зданиях, фонарях и др. Обычно такое гнездование на антропогенных субстратах составляет всего 1-2 % [Харламова, Матвиенко, 2008].

Таблица. Результаты промеров гнезд *T. pilaris* в г. Мурманск в 2022 г., см

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 9–14.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 9–14.

Table. Results of measurements of *T. pilaris* nests in Murmansk in 2022, cm

№	Наружный диаметр	Диаметр лотка	Высота гнезда	Глубина лотка
1	14,5	11,4	8,0	5,0
2	15,7	11,5	9,0	6,4
3	14,3	10,9	10,0	5,0
4	11,4	8,5	6,5	5,0
5	12,5	10,0	7,0	5,5

## Выводы

По результатам работы были сделаны следующие выводы: 1. Видовое разнообразие авифауны г. Полярного пока уступает разнообразию птиц Мурманска и представлено 38 видами. 2. Из экологических группировок в обоих городах преобладает лимнофильная орнитофауна. Доминирующими видами данной группы в г. Полярном были: обыкновенная гага, хохлатая чернеть, серебристая, сизая и озерная чайки. Аналогичные виды-доминанты, за исключением гаги, отмечены и в Мурманске. 3. Самый многочисленный отряд – Воробьинообразные. В Полярном – 19 видов, в Мурманске – более 34. 4. В г. Полярном гнездится 14 видов птиц. Для большинства видов статус их пребывания уточняется. 5. Плотность гнездования рябинников в 2022 г. в Мурманске составила 16 гнезд/км<sup>2</sup>. Большинство (63 %) их гнезд располагались на лиственнице.

## Список источников

- Коблик Е. А., Редькин Я. А., Архипов В. Ю. Список птиц Российской Федерации. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 256 с.
- Кузякин А. П. Зоогеография СССР // Биогеография. Учен. зап. МОПИ им Н. К. Крупской. М., 1962. Т. 109. С. 3–82.
- Михеев А. В. Биология птиц. Полевой определитель птичьих гнезд. М.: Топикал, 1996. 406 с.
- Нумеров А. Д., Климов А. С., Труфанова Е. И. Полевые исследования наземных позвоночных. Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2010. 301 с.
- Харламова М. Н., Новиков М. А. Орнитофауна города Мурманска и его окрестностей // Биоразнообразие Европейского Севера (теоретические основы изучения, социально-правовые аспекты использования и охраны): Тез. докл. междунар. конф. Петрозаводск, 2001. С. 184–185.
- Харламова М. Н., Ряжских О. Л. Комплексные экологические исследования в рамках практики студентов на примере экосистемы Планерного поля г. Мурманска // Ученые записки МГПИ. Биологические и географические науки. Мурманск: МГПИ, 2002. Вып. 1. С. 74–78.
- Харламова М. Н., Матвиенко О. С. Особенности гнездования дроздов в г. Мурманске // Флора и фауна северных городов: Сборник статей междунар. научно-практич. конф. (24–26 апреля 2008 г., г. Мурманск) / Науч. ред. М.Ю. Меньшакова. Мурманск: МГПУ, 2008. С. 121–127.
- Харламова М. Н., Новиков М. А. Авифауна г. Мурманска // Флора и фауна городов Мурманской области и Северной Норвегии: Межв. сборник научных статей. Мурманск: МГПУ, 2009. С. 92–102.

## References

- Koblik E. A., Red'kin Ya. A., Arkhipov V. Yu. Spisok ptits Rossijskoj Federacii [Register of the Birds in Russian Federation]. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. 2006. 256 p. (In Russ.).
- Kuziakin A. P. Zoogeography of the USSR // Biogeography. Scientific notes of MOPI named after N. K. Krupskaya. M., 1962. Vol. 109. pp. 3–82. (In Russ.).
- Mikheev A. V. Biologiya ptits. Polevoj opredelitel' ptich'ikh gnezd [Biology of birds. Field guide to bird nests]. M.: Topikal, 1996. 406 p. (In Russ.).
- Numerov A. D., Klimov A. S., Trufanova E. I. Polevye issledovaniya nazemnykh pozvonochnykh [Field studies of terrestrial vertebrates]. Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr VGU, 2010. 301 p. (In Russ.).

## Секция «БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 9–14.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 9–14.

*Kharlamova M. N., Novikov M. A.* Ornitofauna goroda Murmanska i ego okrestnostej [Ornithologic fauna of the city of Murmansk and its surroundings] // Bioraznoobrazie Evropejskogo Severa: teoreticheskie osnovy izucheniya, social'no-pravovye aspekty ispol'zovaniya i ohrany: Tez. dokl. mezhd. konf. [Abstracts of international conference «Biodiversity of the European North: theoretical foundations of the study, socio-legal aspects of use and protection»]. Petrozavodsk, 2001. pp. 184–185. (In Russ.).

*Kharlamova M. N., Ryazhskikh O. L.* Kompleksnyye ekologicheskie issledovaniya v ramkakh praktiki studentov na primere ekosistemy Planernogo polya g. Murmanska [Complex ecological research within the framework of students' practice on the example of the ecosystem of the Planernoye field in Murmansk] // Uchenye zapiski MGPI. Biologicheskie i geograficheskie nauki. Murmansk: MGPI, 2002. Vol. 1. pp. 74–78. (In Russ.).

*Kharlamova M. N., Matvienko O. S.* Osobennosti gnezdovaniya drozdov v g. Murmanske [Features of blackbird nesting in the Murmansk city] // Flora i fauna severnykh gorodov: Sbornik statej mezhd. nauchno-praktich. konf. [Collection of articles international scientific-practical conference «Flora and fauna northern cities»] (24–26 April 2008, Murmansk) / Nauch. red. M. Yu. Men'shakova. Murmansk: MGPI, 2008. pp. 121–127. (In Russ.).

*Kharlamova M. N., Novikov M. A.* Avifauna g. Murmanska [Avifauna of the Murmansk city] // Flora i fauna gorodov Murmanskoj oblasti i Severnoj Norvegii: Mezhev. sbornik nauchnykh statej [Interdepartmental collection of scientific articles «Flora and fauna of the cities of the Murmansk region and northern Norway»]. Murmansk: MGPI, 2009. pp. 92–102. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 12.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 12.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 15–18.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 15–18.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.002

УДК 639.371.7

**А. В. Абрашкин, А. В. Абрашкина, Е. С. Шерстюк, О. С. Тюкина, П. П. Кравец**

Мурманский арктический университет (МАУ), г. Мурманск, Россия

*ruscar51@mail.ru, sascha\_s1996@mail.ru*

## **ПРОЕКТ РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПО ВЫРАЩИВАНИЮ АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА (CLARIAS GARIEPINUS) НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **Аннотация**

В статье рассматривается возможность выращивания африканского клариевого сома в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) на базе Мурманского арктического университета. Данный вид сомов является высокорентабельным объектом промышленного рыбоводства. В статье представлены типовые экономические характеристики проекта.

### **Ключевые слова:**

клариевый сом, установка замкнутого водоснабжения (УЗВ), расчёт.

**A. V. Abrashkin, A. V. Abrashkina, E. S. Sherstyuk, O. S. Tyukina, P. P. Kravets**

Murmansk Arctic University (MAU), Murmansk, Russia

*ruscar51@mail.ru, sascha\_s1996@mail.ru,*

## **AFRICAN CLARIAS CATFISH (CLARIAS GARIEPINUS) FARMING PROJECT ON THE EXAMPLE OF THE MURMANSK REGION**

### **Abstract**

The article considers the possibility of growing *Clarias gariepinus* in a closed water supply unit at the Murmansk Arctic University. This species of catfish is a highly profitable object of industrial fish farming. The article presents typical economic characteristics of the project.

### **Keywords:**

Clarium catfish, closed water supply unit (CWSU), calculation.

### **Введение**

Клариевый сом – это рыба, которая имеет высокую пищевую ценность и является важным источником белка для человека. В последнее время всё больше людей начинают интересоваться выращиванием клариевого сома, как перспективного объекта промышленной аквакультуры [Мовсесова и Жигин, 2008; Старикова, 2022].

Одним из преимуществ выращивания сомов в замкнутых системах водоснабжения (УЗВ) является возможность контролировать все параметры среды, что позволяет получать высококачественный продукт. Кроме того, УЗВ позволяет значительно снизить затраты на содержание рыбы, т.к. не требуется большое количество воды и корма.

Клариевый сом является рыбой, которая быстро растёт и достигает крупных размеров. Это делает его привлекательным для коммерческого выращивания, в т.ч. в Мурманской области. Однако для успешного выращивания клариевых сомов в УЗВ в регионе необходима адаптация существующих биотехнологий. В обновленной биотехнологии необходимо учесть критически важные факторы, такие как: фотопериодизм, качество воды, специфика кормления, контроль за здоровьем и т.д. Также необходимо учитывать нормы законодательства и правила,

регулирующие выращивание рыб в УЗВ, для последующей коммерческой реализации [Мовсесова и Жигин, 2008; Старикова, 2022].

Таким образом, выращивание клариевого сома в УЗВ является актуальным направлением в развитии тепловодной аквакультуры для Мурманской области.

**Цель работы:** создание проекта рыбоводного хозяйства по выращиванию африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в установках с замкнутым водоснабжением в Мурманской области.

#### Материалы и методы:

Для разработки проекта хозяйства был консолидирован суммарный опыт из более 30 источников, расположенных в открытом доступе.

При разработке проекта рыбоводного хозяйства рассчитывались следующие показатели: биологический расчет; расчет резерва производителей; расчет количества корма; расчет количества оборудования; затраты на посадочный материал; расчет издержек на выращивание; расчет выхода продукции; расчет себестоимости продукции; расчет финансового результата. В рыбоводных расчетах были использованы формулы по Серпунину Г. Г, Барулину Н. В. и Усовой О. В. [Барулин и Усова, 2016; Серпунин, 2010].

#### Результаты и обсуждения

Основанием для расчета рыбоводных показателей является наличие в Мурманском арктическом университете (МАУ) установки замкнутого водоснабжения. МАУ обладает необходимым оборудованием и коммуникациями. Местонахождение в центре города выглядит перспективным с точки зрения реализации готовой продукции конечным потребителям.

Проведенные рыбоводные расчеты показали, что в установке допустимо выращивание сома общей биомассой 4,5 т товарной продукции. Данный объем товарной рыбы возможно получить при соблюдении максимальной плотности посадки 500 кг/м<sup>3</sup> в 3-х бассейнах общим объемом 9 м<sup>3</sup> (3 бассейна по 3 м<sup>3</sup>).

Для запуска УЗВ потребуется 5 882 шт. малька с начальной массой 20 г. Допустимо закупка малька меньшей массы от 8 г. Кормление рыб планируется осуществлять кормами отечественного производства, используя гранулы 2, 4 и 6 мм. Количество корма для получения товарной рыбы составят 4 585 кг. Подробные рыбоводные расчеты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Рыбоводный расчет для хозяйства по выращиванию *Clarias gariepinus*

Table 1. Pisciculture of valuation for *Clarias gariepinus* farming

Показатели	Результаты
Товарный объем	4,5 т
Емкость 1 модуля УЗВ	3 м <sup>3</sup>
Количество бассейнов	3 шт.
Необходимое количество малька 20г	5882 шт.
Общая биомасса малька	0,117 т
Плотность посадки (max)	500 кг/м <sup>3</sup>
Количество корма на расчётную партию (рост до 1кг)	4,585 кг
Расчётный кормовой коэффициент	1

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 15-18.  
 Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 15–18.

Для экономического обоснования принята последовательность по примеру календарного графика. Заключение договора на закупку и доставку посадочного материала планируется проводить в течении 1 месяца после создания юридического лица, также в это период планируются технические работы (подготовка УЗВ к запуску). Закупка малька проводится независимо от времени года, на территории России инкубацию клариевых сомов производители проводят по мере необходимости.

Результаты экономических расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Экономические характеристики проекта

Table 2. Economic characteristics of the project

Затраты на приобретение малька	315 280 руб.
Транспортные расходы на доставку малька и корма	100 000 руб.
Затраты на коммунальные услуги УЗВ	94 428 руб.
Затраты на заработную плату	430 000 руб.
Затраты на закупку корма	621 750 руб.
Расчётная себестоимость 1кг	330 руб.
Расчётная цена реализации 1кг	750 руб.
Оборачиваемость	3 года

Проект рыбоводного хозяйства по выращиванию африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на примере Мурманской области демонстрирует хорошую оборачиваемость благодаря быстрому росту сома. Этот вид способен достигать товарной массы в 1кг в сжатые сроки (8–9 месяцев), это значительно сокращает время оборота средств, что позволяет предприятию быстрее получать прибыль от своих инвестиций и вкладывать средства в дальнейшее развитие бизнеса. Низкая себестоимость делает продукцию конкурентоспособной по сравнению с другими видами рыб. Спрос на клариевого сома постоянно растет, особенно в ресторанном секторе, где ценится его вкус и качество [Рекомендации ... , 2022]. Это позволит в перспективе устанавливать высокие цены на свою продукцию и получать значительную прибыль. Кроме того, многие операции на аквакомплексе могут быть автоматизированы, что снижает трудозатраты и увеличивает производительность. Дополнительно повысить рентабельность можно за счет перехода на полноциклическое воспроизводство и расширение в перспективе числа торговых точек для реализации продукта.

Показателями актуальности и качественной проработки проекта является поддержка со стороны представителей бизнеса и правительства Мурманской области. Проект по выращиванию *Clarias gariepinus* был представлен в ноябре 2023 г. на конкурсе грантов по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК»). По результатам конкурса проект поддержан Фондом содействия инновациям. В рамках договора в Мурманской области будет проведено исследование оптимальных условий содержания клариевого сома в УЗВ, а также разработка состава корма с использованием биоресурсов Баренцева моря. Разрабатываемый корм будет способствовать сокращению затрат на выращивание сома в Мурманской области.

## Заключение

Выращивание клариевого сома в УЗВ системах – это сложный с биологической точки зрения и насыщенный с технологической точки зрения процесс, в котором выращиваемые организмы находятся в полностью искусственных условиях содержания. Современные

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 15–18.  
Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 15–18.

комбикорма позволяют достаточно успешно выращивать в таких системах товарную рыбу. Проект выращивания африканского сома на базе аквакомплекса МАУ может показать, что аквакультурный бизнес может быть, как крупным, так и малым, при этом показывая высокие показатели рентабельности при минимальных затратах. Однако, следует учитывать, что используя рыбоводные установки с замкнутым циклом водообеспечения, необходимо строго соблюдать биотехнику искусственного воспроизводства и выращивания рыбы.

#### **Список источников**

- Барулин Н. В., Усова О. В.* Товарное рыбоводство: методические указания по выполнению курсовой работы / Горки : БГСХА, 2016. 192 с
- Мовсесова Н. В., Жигин А. В.* Некоторые показатели экономической эффективности товарного выращивания рыб в установке с замкнутым водоиспользованием // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2008, № 5. С. 50–52.
- Серпунин Г. Г.* Искусственное воспроизводство рыб: учебное пособие / М: КОЛОС, 2010. 35 с.
- Старикова Т. С.* Экосистемный подход в повышении эффективности промышленной технологии получения экологически чистой продукции в аквакультуре : специальность 06.04.01 "Рыбное хозяйство и аквакультура" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Старикова Татьяна Сергеевна, 2022. 146 с.
- Рекомендации по повышению эффективности воспроизводства клариевого сома (Clarias gariepinus) в условиях промышленной аквакультуры / В. В. Ярмош, А. В. Козырь, Е. В. Таразевич. – Пинск: Пинская региональная типография, 2022. 48 с.: ил.*

#### **References**

- Barulin N. V., Usova O. V.* Tovarnoe rybovodstvo: metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu kursovoj raboty [Commercial fish farming: methodological instructions for the course work]. Gorki : BGSKHA, 2016. 192 p. (In Russ.).
- Movsesova N.V., Zhigin A.B.* Nekotorye pokazateli ekonomicheskoy effektivnosti tovarnogo vyrashchivaniya ryb v ustanovke s zamknutym vodoispolzovaniem // Rybovodstvo i rybnoe khozyajstvo [Fish breeding and fisheries]. 2008. No5. pp. 50–52. (In Russ.).
- Serpunin G. G.* Iskusstvennoe vosproizvodstvo ryb: uchebnoe posobie M: KOLOS, 2010. 35 p. (In Russ.).
- Starikova T. S.* Ekosistemnyj podkhod v povyshenii effektivnosti industrialnoj tekhnologii polucheniya ekologicheskoi chistoi produktsii v akvakulture : spetsialnost 06.04.01 "Rybnoe khozyajstvo i akvakultura" : dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata selskokhozyajstvennykh nauk / Starikova Tatyana Sergeevna, 2022. 146 p. (In Russ.).
- Rekomendatsii po povysheniyu effektivnosti vosproizvodstva klarievogo soma (Clarias gariepinus) v usloviyakh industrialnoj akvakultury / V. V. Yarmosh, A. V. Kozyr, E. V. Tarazevich. Pinsk: Pinskaya regionalnaya tipografiya, 2022. 48 p.: il. (In Russ.).*

Статья поступила в редакцию 14.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.  
The article was submitted 14.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 19–24.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 19–24.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.003

УДК 663.052

**Е. В. Боровинская, Д. С. Колотова, В. В. Бордиян**

ФГБАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

shibekoev2@mstu.edu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3982-2372>

kolotovads@mstu.edu.ru

bordianvv@mstu.edu.ru

## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА АЛЬГИНАТА НАТРИЯ ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

### Аннотация

В работе исследовали зависимость выхода, молекулярной массы, физико-химических и реологических характеристик альгината натрия от условий получения полисахарида из бурых водорослей *Fucus vesiculosus*. Также было определено содержание токсичных элементов в полученном продукте для подтверждения возможности его применения в качестве пищевой добавки. Были исследованы ключевые параметры, такие как температура (25, 60 и 80 °С), время (1 и 5 часов) экстракции и тип осадителя (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH и HCl).

### Ключевые слова:

*Fucus vesiculosus*, бурые водоросли, альгинат натрия, реология, ИК-Фурье спектроскопия.

**E. V. Borovinskaya, D. S. Kolotova, V. V. Bordiyan**

Murmansk Arctic University», Murmansk, Russia

shibekoev2@mstu.edu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-3982-2372>

kolotovads@mstu.edu.ru

bordianvv@mstu.edu.ru

## EXTRACTION AND PROPERTIES OF SODIUM ALGINATE FROM BROWN ALGAE

### Abstract

The aim of the work was studying the dependence of the yield, molecular weight, physical-chemical and rheological characteristics of sodium alginate on the conditions for extracting polysaccharide from brown algae *Fucus vesiculosus*. Also the content of toxic elements in the resulting product to confirm the possibility of its use as a food additive was determined. Main parameters such as temperature (25, 60 and 80 °C), extraction time (1 and 5 hours) and type of precipitator (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH and HCl) were investigated.

### Keywords:

*Fucus vesiculosus*, brown seaweed, sodium alginate, rheology, FTIR spectroscopy.

### Введение

Альгинат натрия – соль альгиновой кислоты, которая представляет собой линейный сополимер, состоящий из (1-4) связанных остатков β-D маннуриновой кислоты и α-L гулуриновой кислоты, случайным образом распределенных вдоль углеводных цепей [Abka-Khajouei et al., 2022]. Уроновые кислоты образуют однородные блоки гулуриновой кислоты или маннуриновой, а также цепи с чередующимися блоками этих же кислот [Makarova et al., 2023]. Морские бурые водоросли являются единственным промышленным источником альгината натрия, который является основным структурным компонентом клеточных стенок и межклеточного матрикса бурых водорослей, обеспечивающий механическую прочность и гибкость, которая необходима для сопротивления воздействию моря [Labowska et al., 2019].

Альгинат натрия является биоразлагаемым, биосовместимым и нетоксичным полимером, который обладает гелеобразующими, эмульгирующими, загущающими,

стабилизирующими и другими биологическими и технологическими характеристиками [Vennacef et al., 2022]. Благодаря своим свойствам альгинат натрия находит широкое применение в таких отраслях, как фармацевтическая, косметическая, текстильная, пищевая, промышленность, а также тканевая инженерия, 3D печать и медицина. [Cattelan et al., 2020].

В разных странах производство альгинатов совершается по собственным технологиям, но основные стадии технологического процесса, такие как предварительная обработка водорослей, экстракция альгината, осаждение альгиновой кислоты и получение из нее необходимых солей натрия, остаются без изменений. [Чмыхалова, 2011]

Целью работы является исследование влияния условий экстракции и осаждения альгината натрия из бурых водорослей *Fucus vesiculosus*, произрастающих на побережье Кольского полуострова, на выход, молекулярно-массовые и реологические характеристики полисахарида, а также исследование безопасности полученного продукта для применения его в качестве пищевой добавки.

### Экспериментальная часть

Для получения альгината натрия использовали бурые водоросли *Fucus vesiculosus*, также известные как фукус пузырчатый, собранные на побережье губы Малая Питкуля (Мурманская область, Кандалакшский район) 25.06.2023. Водоросли очищали от песка и примесей путем многократной промывки проточной водой, сушили на воздухе при комнатной температуре в течение трех суток. Высушенные водоросли измельчали в порошок. Содержание влаги в водорослях составило  $12,4 \pm 0,5\%$ , золы –  $1,3 \pm 0,1\%$ , альгиновой кислоты –  $35,4 \pm 1,8\%$ .

Содержание альгиновой кислоты в водорослях от 20 до 40 % от сухой массы является основным критерием возможности их использования для получения альгината натрия [Подкорытова и Рощина, 2021]. Содержание альгиновой кислоты в используемом сырье составляет 35,4 %, что свидетельствует о целесообразности использования данного сырья для получения альгината натрия.

Альгинат натрия получали по методике [Hernandez-Carmona et al., 1999] с некоторыми модификациями. Высушенные и измельченные водоросли обрабатывали слабым раствором формальдегида в течение 24 часов при комнатной температуре с целью удаления темного пигмента и фенольных соединений. Обработанные водоросли промывали дистиллированной водой, после чего воду отделяли центрифугированием. Далее проводили обработку слабым раствором HCl при постоянном помешивании в течение 2 часов при 25 °С. Обработанные водоросли промывали дистиллированной водой, после чего воду отделяли центрифугированием.

После центрифугирования водоросли смешивали со слабым раствором  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и проводили экстракцию при различных условиях. Для изучения влияния времени получения альгината натрия на выход и свойства продукта проводили экстракцию в течение 1 и 5 часов при температуре 25 °С. Для изучения влияния температуры экстракцию проводили в течение 1 часа при различных температурах: 25, 60 и 80 °С при постоянном перемешивании. После завершения экстракции полученную смесь фильтровали через слой марлевой ткани, осадок от фильтрации утилизировали, а полученный раствор центрифугировали.

Далее проводили осаждение альгината натрия из полученного раствора с использованием HCl и  $\text{NaHCO}_3$  (1), и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (2).

(1) К фильтрату добавляли раствор HCl до сильно-кислой реакции, в результате чего наблюдалось образование неоднородного геля. Полученный гель фильтровали через слой капроновой ткани после чего его нейтрализовали сухим  $\text{NaHCO}_3$ . Полученный раствор сушили

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 19–24.  
 Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 19–24.

в лиофильной сушилке FreeZone («Labconco», США) при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  и остаточном давлении 2,4–2,6 Па.

(2) К фильтрату добавляли раствор  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  при постоянном перемешивании. Полученный альгинат натрия отфильтровывали через слой капроновой ткани, после чего сушили в лиофильной сушилке FreeZone («Labconco», США) при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  и остаточном давлении 2,4–2,6 Па.

Для сокращения длительности технологического процесса стадию центрифугирования водорослей после обесцвечивания заменили на промывание водорослей дистиллированной водой в количестве 5 раз.

Содержание влаги и золы в полученных образцах альгината натрия определяли в соответствии с ГОСТ 33331-2015. Средне-вязкостную молекулярную массу определяли методом капиллярной вискозиметрии с использованием уравнения Марка-Куна-Хаувинка. Идентификацию образцов полисахарида проводили методом инфракрасной Фурье-спектроскопии с использованием инфракрасного спектрометра (Shimadzu, Япония). Содержание токсичных элементов в водорослях и альгинате натрия определяли с использованием масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Elan-9000 DRC-e (Perkin Elmer Inc., США). Реологические свойства водных растворов альгината натрия исследовали с использованием модульного компактного реометра MCR 302 (Anton Paar, Австрия). В качестве образца сравнения использовали коммерческий альгинат натрия из бурых водорослей A2033 (Sigma, Великобритания) со среднемассовой молекулярной массой 507 кДа.

### Обсуждение результатов

В технологии альгината натрия основной целью является получение очищенного продукта без цвета и запаха с высокими значениями молекулярной массы и вязкости водных растворов [Akbar et al., 2023]. Для изучения влияния условий экстракции на физико-химические свойства и выход альгината натрия были получены образцы полисахарида при различных значениях времени (1 и 5 часов) и температуры (25, 60 и  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) экстракции, а также типа осадителя ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и  $\text{HCl}$ ). Условное обозначение образцов приведено в табл. 1.

Таблица 1. Обозначение образцов альгината натрия в зависимости от условий экстракции  
 Table 1. Designation of sodium alginate samples depending on extraction conditions

Образец	Условия экстракции		
	Время, ч	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Осадитель
AlNa-1-25Et1	1	25	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
AlNa -1-25Et	1	25	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
AlNa -5-25Et	5	25	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
AlNa -1-60Et	1	60	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
AlNa -1-80Et	1	80	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
AlNa -1-25Ac	1	25	$\text{HCl}$
AlNa -5-25Ac	5	25	$\text{HCl}$

Внешний вид полученных образцов альгината натрия представлен на рис. 1. Образцы, полученные при температуре и времени экстракции  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и 1 час соответственно (осадитель -  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), отвечают требованиям, предъявляемым к пищевым альгинатам, и наиболее приближены по цвету к коммерческому образцу. Увеличение времени с 1 до 5 ч и температуры экстракции от  $25$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  приводит к ухудшению органолептических характеристик альгината

## Секция «БИОРЕСУРСЫ И АКВАКУЛЬТУРА»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 19–24.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 19–24.

натрия и увеличению интенсивности цвета от светло-бежевого до коричневого. Использование в качестве осадителя соляной кислоты также способствует ухудшению органолептических показателей.

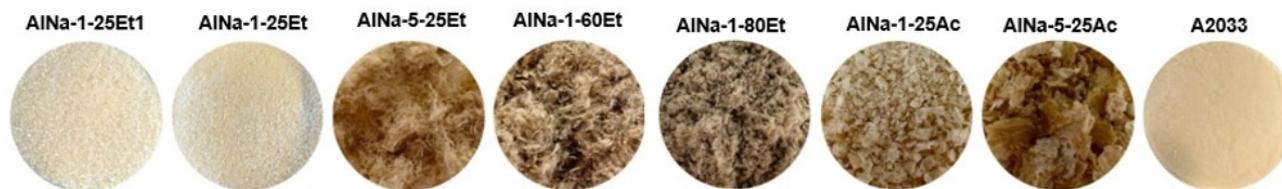


Рис. 1. Внешний вид образцов альгината натрия после сушки

Fig. 1. Appearance of sodium alginate samples after drying

Исследованы физико-химические свойства полученных образцов альгината натрия (табл. 2). Показано, что при увеличении температуры экстракции от 25 до 80 °С выход и молекулярная масса увеличиваются с 3,7 до 19,7 % и со 129 до 212 кДа, соответственно. Увеличение времени экстракции от 1 до 5 ч не приводит к росту выхода продукта, однако значение молекулярной массы незначительно увеличивается с 129 до 167 кДа. Содержание золы и влаги в образцах, для осаждения которых применялся этанол, примерно одинаково и составляет примерно 30 %. Использование в качестве осадителя HCl приводит к существенному снижению молекулярной массы образцов и росту минеральной составляющей, что может быть связано с разрушением полимерной цепи под действием кислоты и образованием солей в процессе осаждения.

Таблица 2. Физико-химические свойства образцов альгината натрия

Table 2. Physico-chemical properties of sodium alginate samples

Образец	Показатель			
	Выход, %	Влага, %	Зола, %	Средневязкостная молекулярная масса, кДа
AlNa-1-25Et1	7,5±0,6	14,5±0,5	33,3±0,1	592±9
AlNa -1-25Et	3,7±0,5	15,8±0,4	29,3±0,1	129±7
AlNa -5-25Et	3,6±0,7	15,9±0,7	27,1±0,2	167±6
AlNa -1-60Et	8,5±0,5	13,0±0,5	29,8±0,1	176±8
AlNa -1-80Et	19,7±0,6	9,3±0,6	30,3±0,1	212±6
AlNa -1-25Ac	8,0±0,4	16,4±0,4	69,6±0,2	31±9
AlNa -5-25Ac	3,6±0,5	12,4±0,5	52,2±0,1	57±5

Получены инфракрасные спектры для образцов альгината натрия (рис. 2). Спектры полученных образцов альгината натрия соответствуют спектру коммерческого образца Sigma A2033.

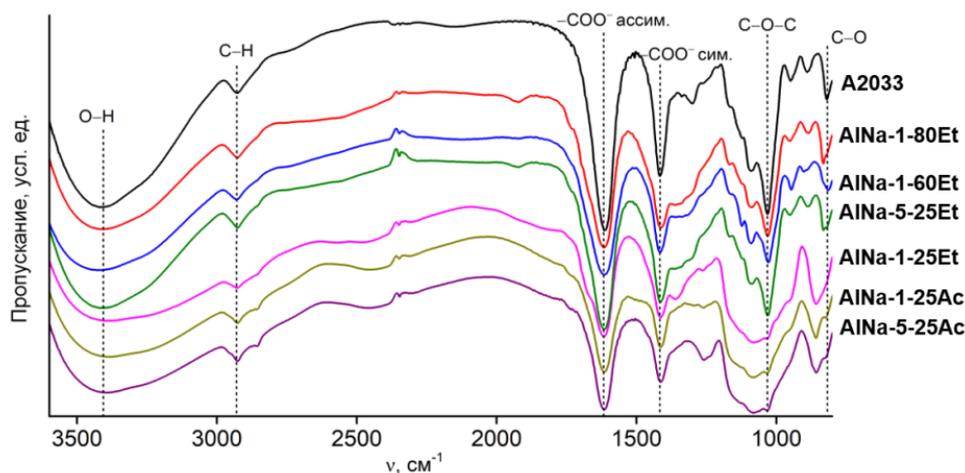


Рис. 2. Инфракрасные спектры образцов альгината натрия  
Fig. 2. Infrared spectra of sodium alginate samples

Было показано, что наибольшие значения выхода продукта и молекулярной массы могут быть получены при температуре экстракции 80 °С (осадитель –  $C_2H_5OH$ ), однако при этом ухудшаются органолептические свойства, что сокращает области применения альгината натрия. Наиболее близким по физико-химическим и реологическим свойствам к коммерческому образцу является образец AlNa -1-25Et, полученный при 25 °С в течение 1 часа.

Также было показано, что увеличение числа промывок с 3 до 5, а также замена стадии центрифугирования водорослей на фильтрацию после обработки на этапе обесцвечивания приводит к значительному увеличению молекулярной массы альгината натрия (592 кДа), а также к увеличению выхода с 3,7 до 7,5 % (образец AlNa-1-25Et1, табл. 2). При этом внешний вид продукта сопоставим с коммерческим образцом (рис. 2). Таким образом, данный образец является наиболее перспективным для применения в области пищевых технологий.

## Заключение

В работе исследовано влияние условий экстракции и осаждения альгината натрия из бурых водорослей *Fucus vesiculosus* на выход, молекулярно-массовые и реологические характеристики полисахарида. Образец SA-1-25Et1, полученный при температуре и времени экстракции 25 °С и 1 ч соответственно и пятикратной промывке, характеризуется наиболее высокими значениями молекулярной массы (592 кДа) и вязкости. В тоже время по технологическим характеристикам полученный образец сопоставим с коммерческим. Альгинат натрия может применяться в качестве пищевой добавки, поскольку содержание токсичных элементов не превышает установленных ПДК. Таким образом, альгинат натрия SA-1-25Et1 может применяться в пищевой промышленности в качестве структурообразователя, загустителя и стабилизатора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 23-73-01233, <https://rscf.ru/project/23-73-01233/>).

## Библиографический список

- Akbar M., Yaqoob A., Ahmad A., Luque R. Sodium alginate: an overview // Sodium Alginate-Based Nanomaterials for Wastewater Treatment. 2023. pp. 1-17. DOI: 10.1016/B978-0-12-823551-5.00012-4.  
Bennacef C. et al. Optimization of core-shell capsules properties (Olive oil/alginate) obtained by dripping coextrusion process // LWT. 2022. Vol. 167. pp. 113879.

*Cattelan G. et al.* Alginate formulations: current developments in the race for hydrogel-based cardiac regeneration // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020. Vol. 8. pp. 414.

*Hernandez-Carmona G., J. McHugh D., López-Gutiérrez F.* Pilot plant scale extraction of alginates from *Macrocystis pyrifera*. 2. Studies on extraction conditions and methods of separating the alkaline-insoluble residue // *Journal of Applied Phycology*. 1999. Vol. 11. pp. 493–502. <https://doi.org/10.1023/A:1008114709681>.

*Łabowska M. B., Michalak I., Detyna J.* Methods of extraction, physicochemical properties of alginates and their applications in biomedical field – a review. *Open Chem* 17 (1): 738–762. 2019.

*Makarova A. O., Derkach S. R., Khair T., Kazantseva M. A., Zuev Y. F., Zueva O. S.* Ion-induced polysaccharide gelation: Peculiarities of alginate egg-box association with different divalent cations // *Polymers*. 2023. Vol. 15, No. 5. pp. 1243. <https://doi.org/10.3390/polym15051243>.

*Подкорытова А. В., Рощина А. Н.* Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения // Тр. ВНИРО. 2021. Т. 186. № 4. С. 156–172.

*Чмыхалова В. Б.* Совершенствование технологии получения альгината натрия из Камчатской бурой водоросли *F. evanescens* // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та. 2011. № 15. С. 72–77.

## References

*Akbar M., Yaqoob A., Ahmad A., Luque R.* Sodium alginate: an overview // *Sodium Alginate-Based Nanomaterials for Wastewater Treatment*. 2023. pp. 1-17. DOI: 10.1016/B978-0-12-823551-5.00012-4.

*Bennacef C. et al.* Optimization of core-shell capsules properties (Olive oil/alginate) obtained by dripping coextrusion process // *LWT*. 2022. Vol. 167. pp. 113879.

*Cattelan G. et al.* Alginate formulations: current developments in the race for hydrogel-based cardiac regeneration // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020. Vol. 8. pp. 414.

*Hernandez-Carmona G., J. McHugh D., López-Gutiérrez F.* Pilot plant scale extraction of alginates from *Macrocystis pyrifera*. 2. Studies on extraction conditions and methods of separating the alkaline-insoluble residue // *Journal of Applied Phycology*. 1999. Vol. 11. pp. 493–502. <https://doi.org/10.1023/A:1008114709681>.

*Łabowska M. B., Michalak I., Detyna J.* Methods of extraction, physicochemical properties of alginates and their applications in biomedical field – a review. *Open Chem* 17 (1): 738–762. 2019.

*Makarova A. O., Derkach S. R., Khair T., Kazantseva M. A., Zuev Y. F., Zueva O. S.* Ion-induced polysaccharide gelation: Peculiarities of alginate egg-box association with different divalent cations // *Polymers*. 2023. Vol. 15, No. 5. pp. 1243. <https://doi.org/10.3390/polym15051243>.

*Podkorytova A. V., Roshchina A. N.* Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения [Marine brown algae – perspective source of BAS for medical, pharmaceutical and food use] // Тр. ВНИРО [Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»)]. 2021. V. 186, № 4. pp. 156–172. (In Russ.).

*Chmyhalova V. B.* Совершенствование технологии получения альгината натрия из Камчатской бурой водоросли *F. evanescens* [Development of sodium alginate production technology using Kamchatka brown algae *F. evanescens*] // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та [Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Russia]. 2011. № 15. pp. 72–77. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 14.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 14.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 25–29.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 25–29.

DOI: 10.37614/978.5.91137.530.0.004

УДК 372.851

**Л. А. Жукова, Н. В. Иванчук**

Мурманский арктический университет (МАУ), Мурманск, Россия

*zhukova-ludmila2001@yandex.ru, natv-iv@yandex.ru*

## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СТЕПЕННОЙ ФУНКЦИИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРАКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

### Аннотация

В статье рассматриваются возможности использования прикладной интерактивной математической программы GeoGebra для создания компьютерных дидактических материалов по теме «Степенная функция с рациональным показателем». Показывается значение темы в учебном процессе и приводятся примеры разработанных обучающих материалов для проведения уроков математики и организации самостоятельной поисково-исследовательской деятельности учеников.

### Ключевые слова:

обучение математике, степенная функция, свойства функции, компьютерные учебные материалы, программа GeoGebra.

**L. A. Zhukova, N. V. Ivanchuk**

Murmansk Arctic University (MAU), Murmansk, Russia

*zhukova-ludmila2001@yandex.ru, natv-iv@yandex.ru*

## STUDYING THE PROPERTIES OF A POWER FUNCTION IN SECONDARY SCHOOL USING INTERACTIVE MODELS

### Abstract

The article shows the opportunities of using the applied interactive mathematical program GeoGebra for creating computer educational materials on the topic «Power function with a rational exponent». The importance of the topic in the educational process is shown, examples of developed teaching materials for conducting mathematics lessons and organizing independent research activities of students are given.

### Keywords:

teaching mathematics, power function, function properties, computer training materials, GeoGebra program.

В школьном курсе математики тема «Функции, их свойства и графики» является одной из самых важных, так как

→связана со всеми основными содержательными линиями школьного курса математики;

→изучение ее продолжается на протяжении пяти лет – с 7-го по 11-ый классы включительно;

→имеет большое прикладное и практическое значение;

→задания по этой теме присутствуют в основном государственном и в едином государственном экзаменах, как в первой, так и во второй (повышенной сложности) их частях.

В то же время данная тема представляет собой одну из наиболее сложных тем школьного курса математики.

Проведенные нами в течение двух лет (с ноября 2022 г. по май 2024 г.) исследования были направлены на

→выявление возможных пробелов в знаниях и умениях учеников восьмых–девятых классов средней школы по теме «Функции и их свойства»;

→установление причин затруднений при изучении этой темы;

→разработке таких средств обучения, при помощи которых обучающиеся смогут не пассивно воспринимать новый материал и формально заучивать необходимые теоретические факты, а самостоятельно открывать новые знания и осознано их применять при решении различных практических задач.

Для решения задач исследования и достижения его цели – создание учебных и методических материалов для изучения и актуализации основных свойств функций с помощью динамических компьютерных средств обучения на уроках математики и при самостоятельной учебной деятельности школьников – нами в четырёх классах двух школ города Мурманска был проведён констатирующий эксперимент, который позволил выявить затруднения обучающихся при решении задач по теме «Функция и её свойства». Всего в эксперименте приняло участие 79 учеников. Было установлено, что обучающимся с трудом даётся распознавание вида графика функции по заданным формулам, а также установление формулы, задающей функцию, по представленному графику.

Для разрешения вышеуказанных трудностей у обучающихся и развития самостоятельной поисковой деятельности школьников на уроках математики в ходе формирующего эксперимента были разработаны с помощью прикладной интерактивной математической программы GeoGebra [GeoGebra Classic, 2024] и апробированы компьютерные дидактические материалы по теме «Степенная функция с рациональным показателем».

«Использование программы GeoGebra в учебном процессе освобождает учителя от рутинной работы по созданию качественных дидактических материалов к урокам, красочных демонстрационных пособий. Позволяет работать с учениками в режиме творческой дискуссии, проводить учебные исследования, организовывать самостоятельную деятельность учащихся с подлежащим усвоению материалом, т.к. файлы, созданные в программе, дают возможность не только созерцать, но и преобразовывать содержащуюся в них информацию» [Иванчук, 2011, с. 26].

Созданные нами в программе GeoGebra разработки и методические рекомендации к ним призваны помочь:

–актуализировать знания обучающихся по всем изученным ранее функциям: линейной, дробно-рациональной, квадратичной и другим;

–изучить и/или повторить их свойства, графики, преобразования графиков в зависимости от входящих в формулу, задающую функцию, параметров;

–углубить и расширить знания обучающихся по теме «Функции»;

–более тщательно ученикам подготовиться к экзаменам;

–повысить уровень функциональной культуры школьников седьмых-девятых классов средней школы;

–организовать самостоятельную поисковую деятельность школьников на уроках математики и во внеурочное время;

–развивать у обучающихся навыки исследовательской деятельности;

Показатель степени в формуле степенной функции может принимать различные значения, мы создали обучающие материалы для рационального показателя и при изменении его он может быть: натуральным и чётным, натуральным и нечётным; целым, отрицательным и нечётным; целым, отрицательным и чётным, а также может быть представлен дробным числом.

При изменении рационального показателя функция изменяется качественно: меняется вид её графика, свойства, название кривой. Поэтому представляется целесообразным уделить внимание каждому случаю в отдельности.

Рассмотрим первый случай – показатель степени натуральный и чётный. Перед началом работы с динамическим чертежом с учениками следует обсудить, как задаётся чётное число в показателе степени, то есть вспомнить формулу чётного числа. При получении ответа от обучающихся, появляется соответствующая формула  $n = 2k$ , где  $k$  – натуральное число, и устанавливается первый «флажок» (проставление галочки в пустом квадратике напротив слов « $n$  – натуральный и чётный»). На интерактивной модели появится график соответствующей функции и формула, задающая её (рис. 1).

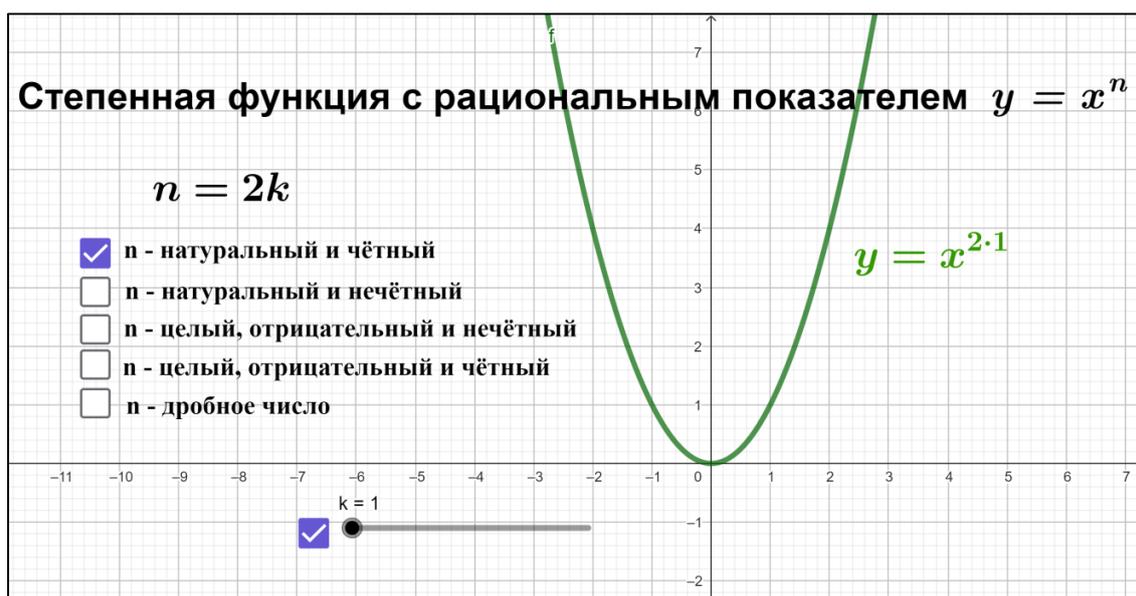


Рис. 1. Показатель степени натуральный и чётный

Fig. 1. The exponent is natural and even

При данном  $k$  график функции – парабола, и при увеличении коэффициента (с помощью инструмента «ползунок») график растягивается вдоль оси  $Oy$ . После рассмотрения данного показателя первый флажок следует «снять», то есть убрать галочку напротив первого случая.

После чего следует перейти ко второму возможному показателю, натуральному и нечётному. При установлении следующего флажка появляется кубическая парабола и формула, задающая данную функцию. Также, как и в предыдущем случае, график растягивается вдоль оси  $Oy$  при увеличении  $k$ .

Затем следует рассмотреть целый отрицательный и нечётный показатель степени. Если установить соответствующий флажок, то на чертеже появится график обратной пропорциональности. При увеличении коэффициента  $k$  можно проследить, как преобразуется график, выяснить как изменяются значения функции, установить область определения и множество значений функции, указать асимптоты графика, промежутки монотонности и так далее.

При целом, отрицательном и чётном/нечётном показателе степени в формуле функции ученики уже могут сами предположить, как будет видоизменяться график соответствующей функции и перечислить свойства данной функции (рис. 2).

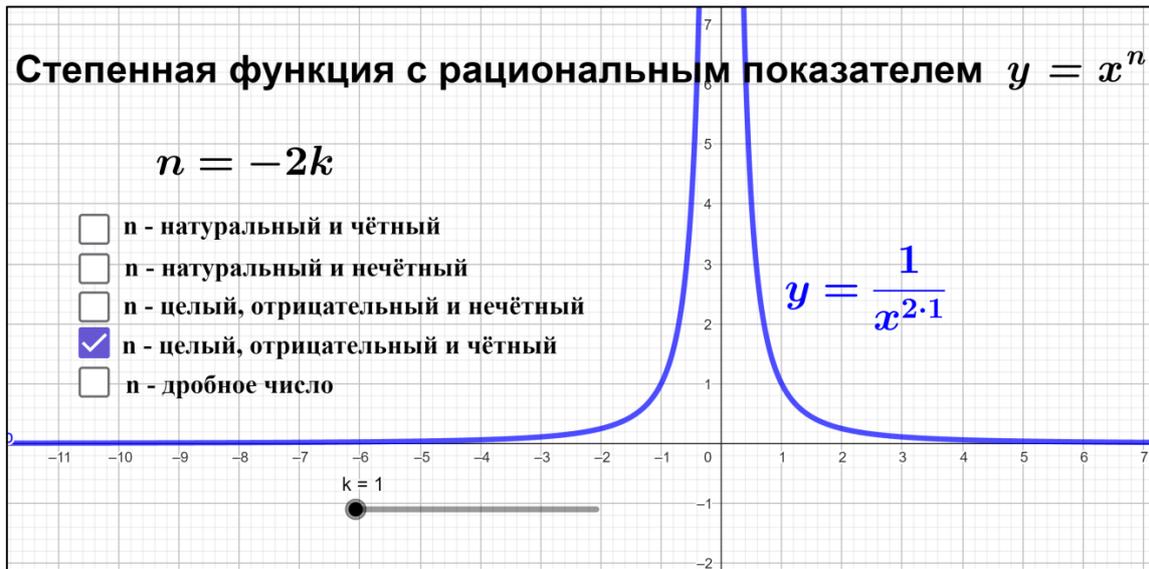


Рис. 2. Показатель степени целый, отрицательный и чётный  
 Fig. 2. The exponent is integer, negative and even

При рассмотрении функции с дробным числом в показателе степени появляются два различных случая: знаменатель дроби чётный и нечётный. Более подробно функцию с данным показателем степени следует исследовать в классах с углублённым изучением математики с обучающимися, проявляющими повышенный интерес к предмету, во время внеурочной деятельности.

Установив соответствующий флажок « $n$  – дробное число», на чертеже появятся ещё два флажка. Выбрав первый из них, возникнет новый ползунок, с помощью которого можно изменять значения в числителе дроби и изучать свойства задаваемой функции, преобразования ее графика (рис. 3).

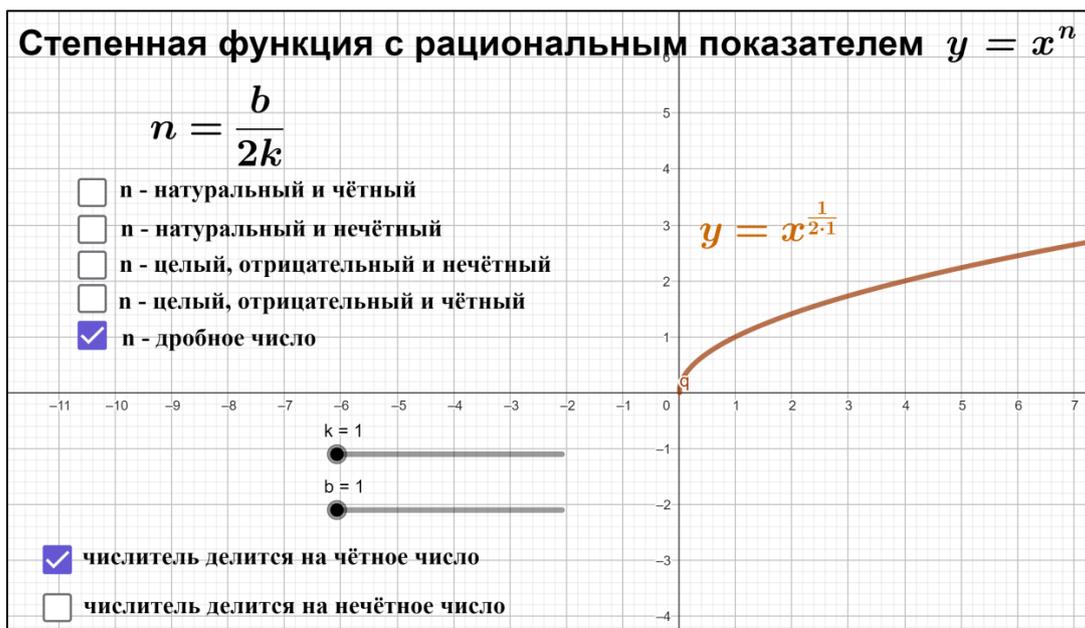


Рис. 3. Показатель степени дробное число с чётным знаменателем  
 Fig. 3. The exponent is a fractional number with an even denominator

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 25–29.  
Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 25–29.

Сначала изменяя только значения ползунка  $k$ , можно исследовать свойства заданной функции, после чего перейти к значениям ползунка с названием  $b$ . При каждом увеличении данного коэффициента получаются разные графики. На уроке перед тем, как установить новое значение в числителе дроби, можно обсудить с учениками возможные изменения графика функции и ее свойства.

Если же установить флажок с названием «числитель делится на нечётное число», то также как и в предыдущем примере появляется новый ползунок с именем  $c$ , отвечающий за изменения в числителе дроби показателя степени.

Использование разработанных материалов на уроках математики позволяет устранить пробелы в знаниях и умениях учеников; способствовать лучшему усвоению свойств степенной функции; повысить уровень функциональной культуры школьников; поддерживать интерес учеников к изучаемой теме и мотивировать их на самостоятельную исследовательскую деятельность. Все разработанные нами компьютерные материалы сопровождаются подробными методическими рекомендациями для учителя и пошаговыми инструкциями для обучающихся [Жукова и Иванчук, 2023], что позволяет эффективно использовать данные материалы в учебном процессе средней школы.

#### Список источников

*GeoGebra Classic*: сайт // Официальный сайт. URL: <https://www.geogebra.org/classic> (дата обращения 29.07.2024).

Жукова Л. А., Иванчук Н. В. Разработка учебно-методических материалов для изучения основных свойств функций в средней школе // Путь в науку: материалы региональной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и естественные науки», 24–29 апреля 2023 г. Мурманск: МАГУ, 2023. С. 28–35.

Иванчук Н. В. Из опыта использования компьютерной программы GeoGebra в учебном процессе школы и вуза // Опыт использования бесплатного программного обеспечения в учебном процессе школы и вуза: материалы научно-практического семинара, 22–23 ноября 2010 г. Мурманск: МГТУ, 2011. С. 22–26.

#### References

*GeoGebra Classic*: sajt [Official website]. URL: <https://www.geogebra.org/classic> (accessed 29.07.2024).

Zhukova L. A., Ivanchuk N. V. Razrabotka uchebno-metodicheskikh materialov dlya izucheniya osnovnykh svoystv funktsij v srednej shkole // Put v nauku: materialy regionalnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye informatsionnye tekhnologii i estestvennye nauki», 24–29 apr. 2023, Murmansk: MASU, 2023. pp. 28–35. (In Russ.).

Ivanchuk N. V. Iz opyta ispolzovaniya kompyuternoj programmy GeoGebra v uchebnom protsesse shkoly i vuza // Opyt ispolzovaniya besplatnogo programmnogo obespecheniya v uchebnom protsesse shkoly i vuza: materialy nauchno-prakticheskogo seminar, 22–23 nov. 2010, Murmansk: MSTU, 2011. pp. 22–26. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 30.07.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.  
The article was submitted 30.07.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

**В. С. Лазутина, Н. В. Иванчук**

Мурманский арктический университет (МАУ), Мурманск, Россия

*lazutinika@yandex.ru, natv-iv@yandex.ru*

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ**

### **Аннотация**

В статье обосновывается необходимость разработки и использования обучающих компьютерных динамических моделей при обучении геометрии в средней школе. Приводится пример созданных авторами в программе GeoGebra интерактивных материалов к изучению свойств медианы треугольника, методическое сопровождение разработанных моделей и комментарии по их созданию и применению в учебном процессе средней школы.

### **Ключевые слова:**

свойства медианы треугольника, обучение геометрии в средней школе, программа GeoGebra, замечательные точки треугольника.

**V. S. Lazutina, N. V. Ivanchuk**

Мурманский арктический университет (МАУ), Мурманск, Россия

*lazutinika@yandex.ru, natv-iv@yandex.ru*

## **SOME ASPECTS OF CREATING AND USING EDUCATIONAL DYNAMIC MODELS IN MATHEMATICS LESSONS**

### **Abstract**

The article substantiates the need to develop and use educational computer dynamic models when teaching geometry in high school. An example of interactive materials created by the authors in the GeoGebra program for studying the properties of the median of a triangle, methodological support for the developed models and comments on their creation and application in the educational process of secondary school are given.

### **Keywords:**

properties of the median of a triangle, teaching geometry in high school, GeoGebra program, remarkable points of a triangle

На протяжении нескольких последних лет в нашей стране интерес к математике у обучающихся средних школ стремительно падал; число классов с математическим профилем обучения сокращалось; количество учащихся, выбирающих профильную математику для сдачи единого государственного экзамена, с каждым годом уменьшалось; уровень математической подготовки выпускников школ неуклонно снижался. На наш взгляд, эта проблема многогранна и требует целого комплекса мер по преодолению вышеуказанных проблем образования.

Многие школьники воспринимают математику как абстрактную, сложную и не имеющую практического применения в повседневной жизни науку. Отсутствие ярких примеров, демонстрирующих красоту и практическую ценность математических знаний, делает ее скучной и непонятной для таких учащихся. Часто уроки математики сводятся к механическому заучиванию формул и алгоритмов, без глубокого погружения в суть и раскрытия интересных математических идей. Данная проблема имеет комплексный характер и требует системного подхода к решению.

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 30–34.  
Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 30–34.

В рамках нашего исследования мы уделили внимание только некоторым её аспектам, а именно, повышению мотивации учащихся к изучению математики и использованию в этих целях компьютерных учебных динамических моделей при рассмотрении наиболее сложных тем курса геометрии средней школы.

Для создания таких моделей и использования их в образовательном процессе нами выбран учебный материал углубленного курса изучения математики в восьмых-девятых классах средней школы.

В результате проведенного теоретического исследования и непосредственной педагогической деятельности в образовательных организациях города, были выявлены темы школьного курса геометрии, которые наиболее трудны для восприятия, понимания и усвоения школьниками. По некоторым из этих тем нами в компьютерной программе GeoGebra разработаны учебные интерактивные материалы для использования на уроках математики в средней школе и методические комментарии по созданию и использованию динамических моделей в учебном процессе.

GeoGebra [GeoGebra, 2024] – бесплатная, общедоступная динамическая математическая компьютерная программа, связывающая геометрию, алгебру и вычисления. С помощью данной программы можно создавать интерактивные учебные пособия для использования на уроках математики, динамичные «живые» чертежи позволяют визуализировать качественные изменения, происходящие с математическими объектами при изменении их параметров, исследовать их и делать соответствующие выводы и обобщения.

«Неоспоримые достоинства GeoGebra заключаются в том, что она доступна и бесплатна. Ее создатель принципиально считает, что образование должно быть именно таким – бесплатным и доступным для всех. Еще одним из преимуществ программы является ее поразительная простота в использовании» [Иванчук и др., 2008, с. 4].

Разработанные компьютерные материалы позволяют не только использовать их на уроках при объяснении нового учебного материала, но и организовывать самостоятельную деятельность учащихся по проведению компьютерных экспериментов с математическими объектами и процессами, подлежащими усвоению. Создавая динамические чертежи и анимируя их, а затем на основе наблюдений за происходящими изменениями учащиеся учатся формулировать свои догадки, выстраивать и проверять выдвинутые гипотезы, обосновывать и обобщать выводы. Таким образом ученики, проводя самостоятельно или под руководством учителя учебные исследования, усваивают новые знания достаточно прочно и качественно.

Продемонстрируем в качестве примера одну из созданных нами в компьютерной программе GeoGebra интерактивных обучающих моделей по теме «Замечательные точки треугольника» курса геометрии восьмого класса средней школы. К изучению и доказательству теоремы о точке пересечения медиан треугольника разработаны:

- соответствующая компьютерная модель,
- методические пояснения к её созданию,
- подробные комментарии к применению динамической модели в учебном процессе средней школы.

Доказательство этой теоремы в действующем учебнике геометрии [Математика, 2023] не приводится, но на основе теоремы Чевы [Геометрия, 1996, с. 92] она доказывается довольно просто и «изящно», поэтому для нашей разработки было выбрано именно это доказательство.

Перед тем как приступить к изучению новой темы, учащимся необходимо вспомнить определение медианы треугольника, на модели на первом шаге появляется треугольник и строятся сначала две медианы. Уже на этом шаге ученики могут увидеть, что они пересеклись в одной точке, и выдвинуть предположение о том, что и третья медиана тоже пересечётся с

остальными в этой же точке. Когда появится третья медиана, учитель может задать вопрос: «Может все медианы пересеклись в одной точке только в данном конкретном случае, то есть так по-особенному построен именно этот треугольник?». Потянув мышью любую точку – вершину треугольника и изменив вид треугольника, учащиеся убедятся, что каким бы ни был построенный треугольник, медианы всё равно пересекаются в одной точке.

В результате наблюдения и обобщения ученики сами приходят к важнейшему математическому утверждению. Но геометрическая иллюстрация не может служить доказательством математических фактов. И наше предположение теперь должно быть строго доказано аналитически.

Формулировка определения медианы, самой теоремы и текст её доказательства будут появляться в компьютерной модели при перемещении «ползунок», расположенного в правом нижнем углу (Рис. 1).

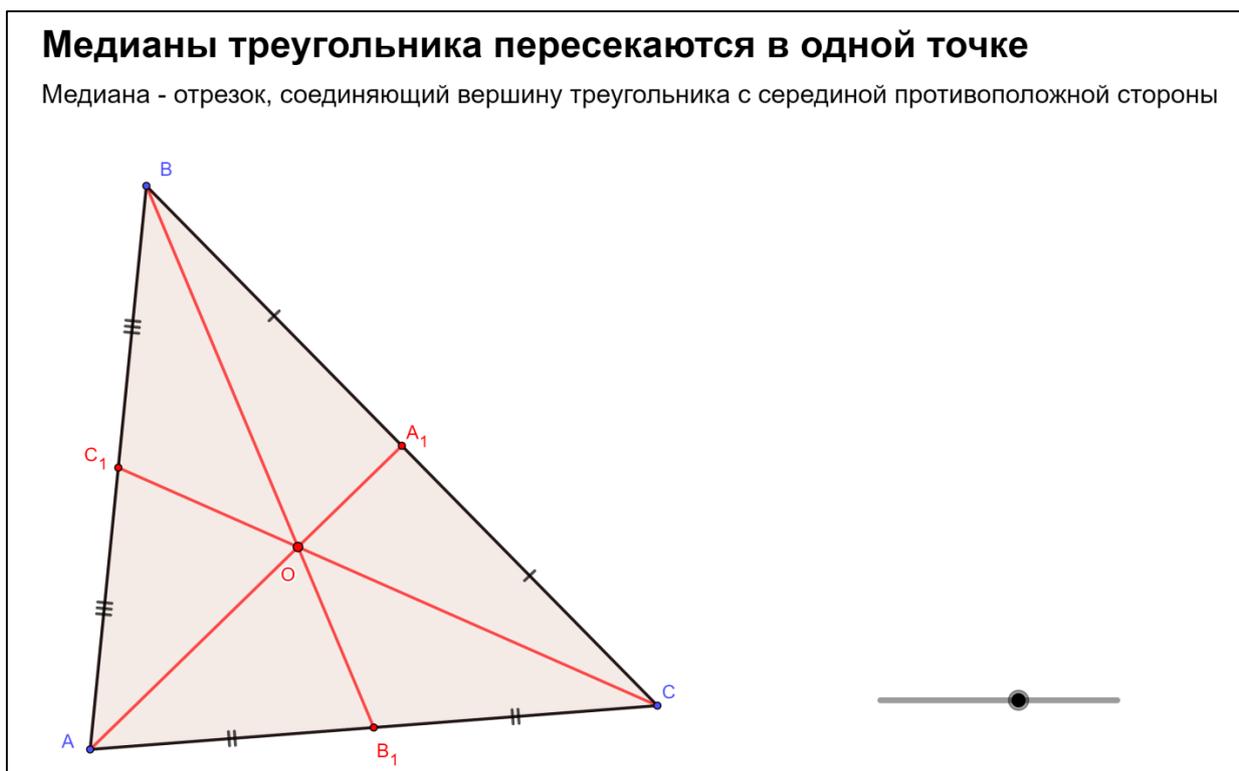


Рис. 1. Первоначальный вид созданной модели

Fig. 1. Initial view of the created model

Таким образом этапы доказательства теоремы и её оформление будут появляться поступательно. Темп доказательства учитель может выбирать самостоятельно в зависимости от уровня подготовки учащихся конкретного класса, останавливаясь при необходимости на определенном шаге, задавая наводящие вопросы своим ученикам или комментируя появляющийся текст.

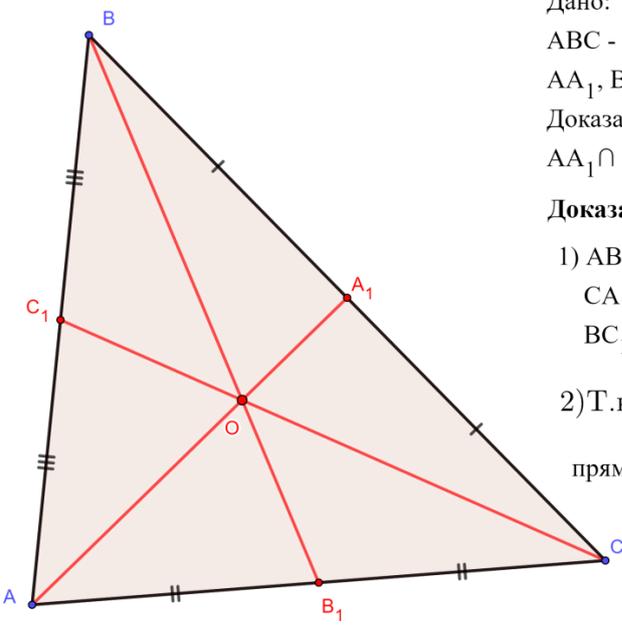
Постепенное воспроизведение доказательства теоремы позволит ученикам не переписывать его бездумно, чтобы успеть всё записать, пока не убрали с доски, а вникать в процесс логического следования, участвовать самим в поиск доказательства.

Необходимо предварительно также дать возможность школьникам вспомнить теорему Чевы [Геометрия, 1996, с. 87], и тогда доказательство теоремы о медианах учащиеся смогут вывести самостоятельно, а учитель, передвигая ползунок, позволит им провести самопроверку

выдвинутых утверждений и формул, так как на модели появится правильный ответ на вопрос или соответствующее равенство (Рис. 2).

### Медианы треугольника пересекаются в одной точке

Медиана - отрезок, соединяющий вершину треугольника с серединой противоположной стороны



Дано:  
 ABC - треугольник  
 AA<sub>1</sub>, BB<sub>1</sub>, CC<sub>1</sub> - медианы

Доказать:  
 AA<sub>1</sub> ∩ BB<sub>1</sub> ∩ CC<sub>1</sub> = O

**Доказательство:**

1)  $AB_1 = B_1C$   
 $CA_1 = A_1B$   
 $BC_1 = C_1A$       $\Rightarrow$       $\frac{AB_1}{B_1C} = \frac{CA_1}{A_1B} = \frac{BC_1}{C_1A} = 1$

2) Т.к.  $\frac{AB_1}{B_1C} \cdot \frac{CA_1}{A_1B} \cdot \frac{BC_1}{C_1A} = 1$ , то по теореме Чевы  
 прямые AA<sub>1</sub>, BB<sub>1</sub>, CC<sub>1</sub> пересекаются в одной точке

Рис. 2. Итоговый вид созданной модели  
 Fig. 2. The final appearance of the created model

Также на основе данной теоремы, используя предлагаемую компьютерную модель, учитель с учениками может доказать, что если точку пересечения медиан соединить с вершинами, то треугольник разобьётся на три треугольника, равных по площади; теорему о том, что точка пересечения медиан делит каждую из них в отношении 2:1, считая от вершины треугольника, и другие утверждения.

Благодаря своей интерактивности, многофункциональности и вариативности, созданная модель может многократно использоваться не только при доказательстве теорем, но и при решении различных задач, в том числе повышенной сложности.

Просмотреть все шаги конструирования компьютерной модели и при необходимости изменить их можно, выведя на экран протокол построения. Для получения его необходимо выбрать в Меню строку «Вид» и затем нажать в выпадающем окне «Протокол» – Construction Protocol, или вывести его с помощью одновременного нажатия кнопок Ctrl+Shift+L.

Знания свойств замечательных точек и линий треугольника, умения применять эти свойства при решении практических задач и доказательствах теорем способствуют более рациональному и эффективному решению задач; развивают мышление и творческую активность учащихся. Изучение данной темы помогает и более глубоко подготовиться к олимпиадам, а также основному государственному и единому государственному экзаменам.

Таким образом созданные учебные компьютерные материалы позволят учителю обогатить свои уроки яркими, динамическими, информационно насыщенными и в то же время простыми в использовании средствами обучения, а ученикам – повысить интерес к

## Секция «ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 30–34.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 30–34.

математической науке, побудить к открытию и изучению нового, к установлению закономерностей, выявлению взаимосвязей между объектами, их исследованию, нахождению практических применений своим знаниям и умениям, желанию поделиться с другими своими открытиями, углублению математических знаний и совершенствованию практических навыков.

### Список источников

*GeoGebra Classic* [Официальный сайт]. URL: <https://www.geogebra.org/classic> (дата обращения: 29.07.2024).

*Геометрия*: Доп. главы к шк. учеб. 8 кл.: Учеб. пособие для учащихся шк. и классов с углубл. изуч. математики / Л. С. Атанасян, В. Ф. Бутузов, С. Б. Кадомцев и др. М.: Просвещение, 1996. 205 с.: ил.

*Иванчук Н.В., Эйкен О.В., Мартынова Е.В., Самылова Ю.В., Данько О.Е.* Использование компьютерной программы GeoGebra на уроках математики в 7-11 классах: Учебно-методическое пособие / Н. В. Иванчук, О. В. Эйкен, Е. В. Мартынова [и др.]. Мурманск: МГПУ, 2008. 36 с.

*Математика. Геометрия: 7–9 классы: базовый уровень: учебник* / Л. С. Атанасян, В. Ф. Бутузов, С. Б. Кадомцев [и др.]. 14-е изд., перераб. Москва: Просвещение, 2023. 416 с.

### References

*GeoGebra Classic* [Official website]. URL: <https://www.geogebra.org/classic> (accessed 29.07.2024).

*Geometriya*: Dop. glavy k shk. ucheb. 8 kl.: Ucheb. posobie dlya uchashchikhsya shk. i klassov s uglubl. izuch. matematiki / L. S. Atanasyan, V. F. Butuzov, S. B. Kadomtsev i dr. M.: Prosveshchenie, 1996. 205 s.: il. (In Russ.).

*Ivanchuk N.V., Ejken O.V., Martynova E.V., Samylova YU.V., Danko O.E.* Ispolzovanie kompyuternoj programmy GeoGebra na urokakh matematiki v 7-11 klassakh: Uchebno-metodicheskoe posobie / N. V. Ivanchuk, O. V. Ejken, E. V. Martynova [i dr.]. Murmansk: MGPU, 2008. 36 p. (In Russ.).

*Matematika. Geometriya: 7–9 klassy: bazovyy uroven: uchebnyk* / L. S. Atanasyan, V. F. Butuzov, S. B. Kadomtsev [i dr.]. 14-e izd., pererab. Moskva: Prosveshchenie, 2023. 416 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 09.08.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 09.08.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 35–40.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 35–40.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.006

УДК 544.773.432

**В. В. Бордиян, Н. Г. Воронько, С. Р. Деркач, Ю. А. Кучина, Д. С. Колотова**

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

*bordiyannv@mstu.edu.ru, voronkong@mstu.edu.ru, derkachsr@mstu.edu.ru, kuchinayua@mstu.edu.ru,*

*kolotovads@mstu.edu.ru*

## **РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОГЕЛЕЙ РЫБНОГО ЖЕЛАТИНА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ХИТОЗАНОМ**

### **Аннотация**

В статье описаны результаты исследований совместного использования рыбного желатина и хитозана. Увеличение содержания полисахарида привело к повышению эластичных свойств и жесткости. Гидрогели хитозан-рыбный желатин продемонстрировали значительное увеличение предела текучести с увеличением содержания полисахарида. Увеличение содержания хитозана привело к повышению температуры плавления и температуры гелеобразования.

### **Ключевые слова:**

хитозан; рыбный желатин; реологические свойства; вязкоупругость; инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье

**V. V. Bordiyan, N. G. Voronko, S. R. Derkach, Yu. A. Kuchina, D. S. Kolotova**

Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

*bordiyannv@mstu.edu.ru, voronkong@mstu.edu.ru, derkachsr@mstu.edu.ru, kuchinayua@mstu.edu.ru,*

*kolotovads@mstu.edu.ru*

## **THE RHEOLOGY OF FISH GELATIN HYDROGELS MODIFIED BY CHITOSAN**

### **Abstract**

The article describes the results of studies on the complex use of fish gelatin and chitosan. An increase in the polysaccharide content led to an increase in elastic properties and stiffness. Chitosan-fish gelatin hydrogels have demonstrated a significant increase in yield strength with an increase in polysaccharide content. An increase in the chitosan content led to a raising of melting point and gelation point.

### **Keywords:**

Chitosan; Fish gelatin; Rheological properties; Visco-elasticity; FTIR spectroscopy

### **Введение**

В настоящее время биополимер желатин имеет широкое применение. Соединение используется в пищевой [Yang et al. 2022] и фармацевтической промышленности, а также в медицине и биотехнологии [Lv et al., 2019]. Большим спросом пользуется желатин животного происхождения из костей и шкур млекопитающих. Но подобное сырье имеет вероятность передачи инфекций, вызывающих различные прионные заболевания [Nurilmala et al., 2022].

Рыбный желатин, полученный особенно из холодноводных видов рыб, имеет низкое содержание *Pro* и *Hyp* и, таким образом, является менее качественным желирующим агентом, чем желатин животного происхождения. Рыбный желатин уступает в таких характеристиках, как скорость и температура гелеобразования. Такое сырьё образует менее прочные гели по сравнению с желатином животного происхождения при тех же концентрациях [Huang et al., 2020; Sowa et al., 2019]. Поэтому вопрос улучшения прочностных свойств рыбного желатина является актуальным.

Особый интерес проявляется к полисахаридам. Полисахариды могут влиять на процесс гелеобразования, поэтому их используют как добавки к желатину с целью повышения качества конечного продукта [Chassenieux and Nicolai, 2024]. Один из таких полисахаридов – хитозан (Ch). Хитозан – частично или полностью дезацетилированное производное природного полисахарида хитина. Хитозан обладает не только уникальными свойствами, но и способностью образовывать с другими полиэлектролитами нековалентные комплексы, что расширяет область его практического применения.

Чтобы использовать гели полисахарид-рыбный желатин в промышленном масштабе необходимо знать их структурно-механические свойства, такие как вязкость, пластичность, упругость, т.е. реологические свойства, которые связаны с их строением.

Целью данной работы является исследование вязкоупругих свойств гидрогелей, полученных из водных смесей рыбного желатина с хитозаном при различных массовых соотношениях полисахарид-желатин.

### Материалы и методика исследований

Объектами исследования являлись:

- Рыбный желатин (FG) из кожи холодноводной рыбы типа А (Sigma–Aldrich, Канада).
- Хитозан (Ch), полученный из панцирей креветок (Sigma–Aldrich, Исландия), был использован без дополнительной очистки. Степень деацетилирования составила 76,2 %.
- Гидрогели рыбного желатина (C=10 %) с добавлением хитозана с массовым соотношением  $Z$  ( $\Gamma_{\text{хит}}/\Gamma_{\text{жел}}$ ) от 0,03 до 0,15. рН исследуемых систем: 3,2–3,9.

В работе использованы следующие методы исследования:

- Реологические измерения гидрогелей из рыбного желатина и гидрогелей рыбный желатин-хитозан проводили с использованием реометра Physica MCR 302 (Anton Paar, Австрия) с измерительной системой конус-плоскость (диаметр пластины 50 мм, угол наклона 1°, зазор 0,100 мм). Экспериментальные исследования, требующие постоянной температуры, были выполнены при температуре  $4,00 \pm 0,03$  °С.

- ИК-спектры поглощения образцов гидрогелей были получены с использованием ИК-спектрометра Shimadzu IR Tracer-100 (Shimadzu Corp., Япония) в диапазоне волновых чисел от  $1200 \text{ см}^{-1}$  до  $1800 \text{ см}^{-1}$ .

- Данные были представлены в виде средних значений  $\pm$  стандартное отклонение. Для контроля воспроизводимости измерений каждое измерение проводилось трижды. Значения стандартного отклонения данных всех измерений были меньше 10 %.

### Результаты и их обсуждение

Упругие свойства гелей изучали при изменении модуля накоплений (упругости)  $G'$  и модуля потерь  $G''$  в широком амплитудном диапазоне. Модуль упругости  $G'$  характеризует упругие свойства, а модуль потерь  $G''$  – вязкие свойства образца.

Амплитудные зависимости модуля накопления (упругости) и модуля потерь для всех исследованных систем состоят из двух частей – линейной и нелинейной области (рис. 1 А). Линейная область довольно продолжительна. Линейность сохраняется в диапазоне колебаний от 0,01 до 100 %. В данной области модуль накопления расположен выше модуля потерь. Это свидетельствует о том, что гель в исследуемых системах образуется.

На рис. 1 В представлены частотные зависимости значений модуля накопления (упругости) и модуля потерь гелей рыбного желатина и комплексов хитозана с рыбным желатином. Значения модуля упругости незначительно увеличиваются (рис. 1 В) и  $G' > G''$ . Подтверждается твердообразное поведение исследуемых систем при низких деформациях.

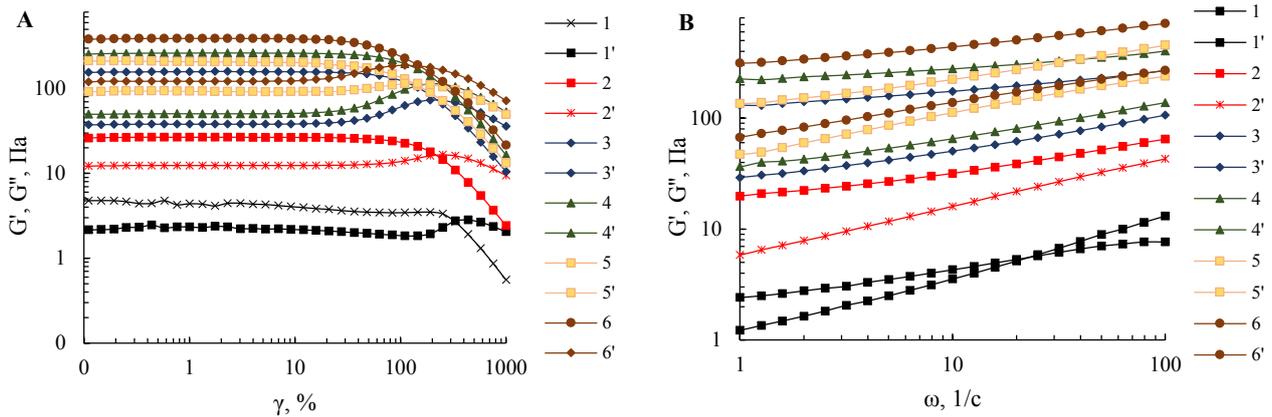


Рис. 1 А - Амплитудные зависимости модуля накопления ( $G'$ : 1, 2, 3, 4, 5, 6) и модуля потерь ( $G''$ : 1', 2', 3', 4', 5', 6') 1 – для рыбного желатина ( $C_{FG} = 10\%$ ); в присутствии хитозана при массовом соотношении  $Z$  ( $\Gamma_{\text{хит}}/\Gamma_{\text{жел}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15;

В - Частотные зависимости модуля накопления ( $G'$ : 1, 2, 3, 4, 5, 6) и модуля потерь ( $G''$ : 1', 2', 3', 4', 5', 6') 1 – для рыбного желатина ( $C_{FG} = 10\%$ ); в присутствии хитозана при массовом соотношении  $Z$  ( $\Gamma_{\text{хит}}/\Gamma_{\text{жел}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15.

Fig. 1 А -Amplitude dependencies of the storage modulus ( $G'$ : 1, 2, 3, 4, 5, 6) and the loss modulus ( $G''$ : 1', 2', 3', 4', 5', 6') 1 – fish gelatin ( $C_{FG} = 10\text{ wt } \%$ ); in the presence of chitosan at a mass ratio  $Z$  ( $g_{\text{Ch}}/g_{\text{FG}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15;

В - Frequency dependencies of the storage modulus ( $G'$ : 1, 2, 3, 4, 5, 6) and the loss modulus ( $G''$ : 1', 2', 3', 4', 5', 6') 1 - fish gelatin ( $C_{FG} = 10\text{ wt } \%$ ); in the presence of chitosan at a mass ratio  $Z$  ( $g_{\text{Ch}}/g_{\text{FG}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15.

Одними из главных реологических характеристик являются кривые течения и вязкости. В данной работе были определены зависимости эффективной вязкости  $\eta$  от скорости сдвига  $\dot{\gamma}$  и напряжение сдвига  $\sigma$  от скорости сдвига  $\dot{\gamma}$ . Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

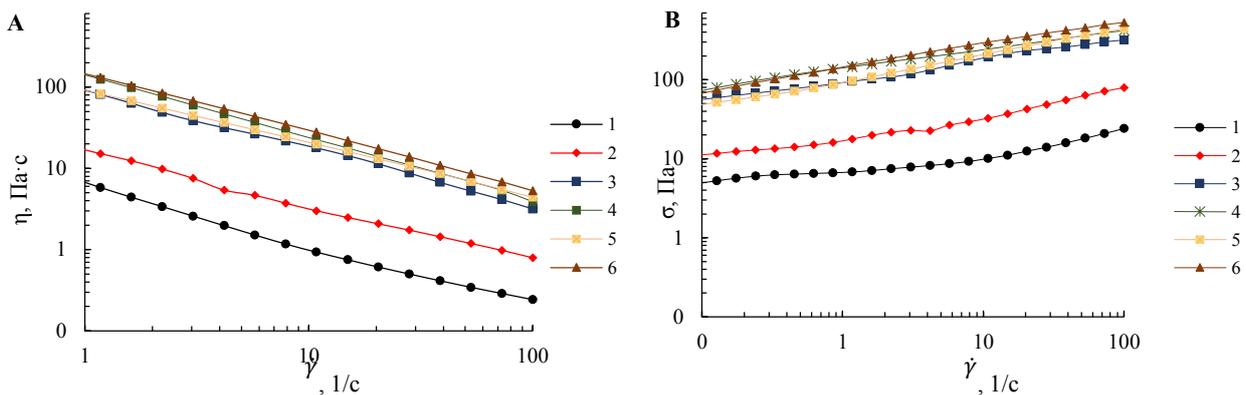


Рис. 2. А – кривые вязкости. 1 – для рыбного желатина ( $C_{ж}=10\%$ ), в присутствии хитозана при массовом соотношении  $Z$  ( $\Gamma_{\text{хит}}/\Gamma_{\text{жел}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15.

В – кривые течения. 1 – для рыбного желатина ( $C_{ж}=10\%$ ), в присутствии хитозана при массовом соотношении  $Z$  ( $\Gamma_{\text{хит}}/\Gamma_{\text{жел}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15.

Fig. 2. А - viscosity curves. 1 - fish gelatin ( $C_{FG} = 10\text{ wt } \%$ ), in the presence of chitosan at a mass ratio  $Z$  ( $g_{\text{Ch}}/g_{\text{FG}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15.

В – flow curves. 1 - fish gelatin ( $C_{FG} = 10\text{ wt } \%$ ), in the presence of chitosan at a mass ratio  $Z$  ( $g_{\text{Ch}}/g_{\text{FG}}$ ): 2 – 0,03, 3 – 0,06, 4 – 0,09, 5 – 0,12, 6 – 0,15.

При увеличении концентрации хитозана в гелях хитозан-рыбный желатин вязкость увеличивается (рис. 2 А), происходит улучшение прочностных свойств гелей. Все экспериментальные кривые течения аппроксимировались уравнениями Кэссона и Гершеля-Балкли. По данным аппроксимации получены данные предела текучести, которые очень близки между собой. Введение в систему катионного полисахарида вызывает упрочнение пространственной сетки гелей за счет дополнительных электростатических связей.

ИК-спектры поглощения рыбного желатина, хитозана и комплексов FG-Ch, снятые в диапазоне волновых чисел  $1200\text{--}1800\text{ см}^{-1}$ , показаны на рис. 3. ИК-спектры FG и хитозана продемонстрировали характерные пики поглощения (полоса Амид I, Амид II, Амид III).

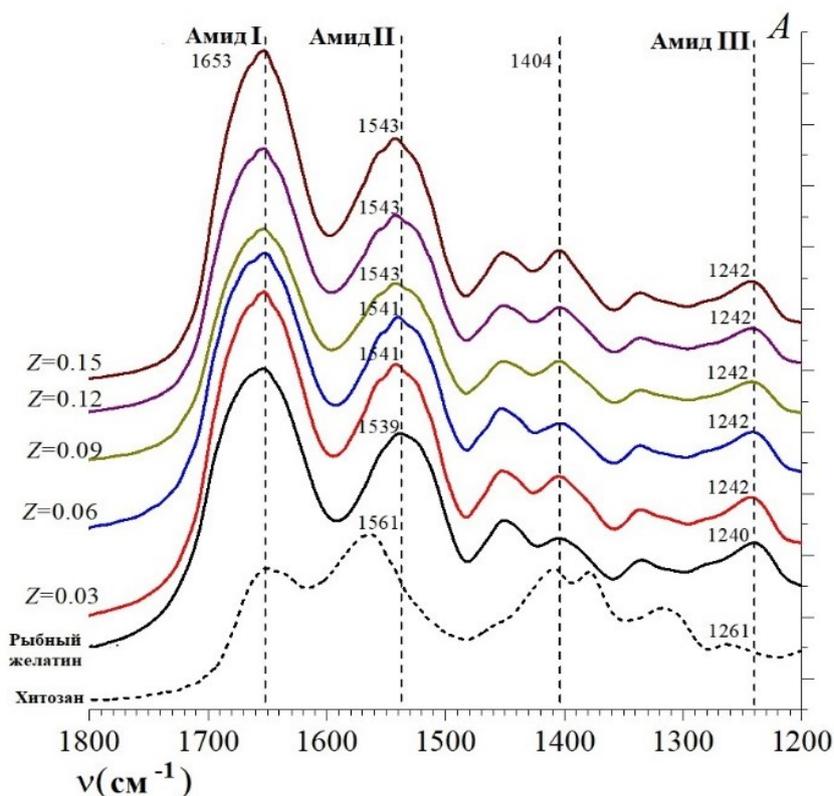


Рис. 3. ИК-спектры рыбного желатина, хитозана и комплексов хитозан-рыбный желатин при различных массовых соотношениях хитозана и желатина  $Z$  ( $\Gamma_{\text{Ch}}/\Gamma_{\text{FG}}$ ).

Fig. 3. FTIR spectra for fish gelatin, chitosan and complexes of chitosan-fish gelatin at different chitosan-to-gelatin mass ratio  $Z$  ( $g_{\text{Ch}}/g_{\text{FG}}$ ).

На рис. 3 показано, что положение полосы Амид I не претерпевает изменений как для отдельных биополимеров, так и для их смесей. Полосы Амид II и Амид III FG под воздействием хитозана смещаются в сторону более высоких волновых чисел в спектрах смесей.

Температуры плавления и гелеобразования исследуемых систем определяли путем пересечения модуля упругости и модуля потерь на графиках температурных зависимостей.

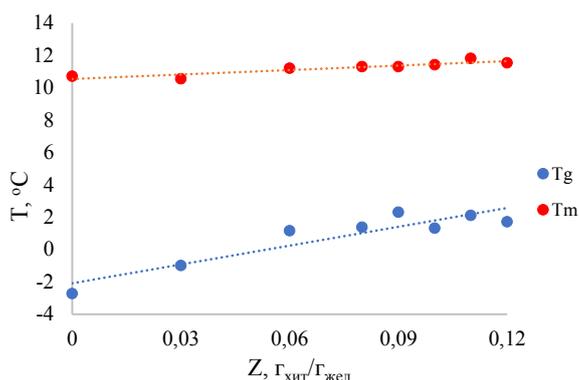


Рис. 4. Зависимости температуры плавления  $T_m$  и температуры гелеобразования  $T_g$  систем хитозан-рыбный желатин от массового соотношения хитозана и желатина  $Z$  ( $\Gamma_{\text{хит}}/\Gamma_{\text{жел}}$ );  $C_{FG} = 10\%$ .

Fig. 4. Dependencies of the melt point  $T_m$  and the gelation point  $T_g$  of complexes chitosan-fish gelatin on the chitosan-to-gelatin mass ratio  $Z$  ( $g_{\text{Ch}}/g_{\text{FG}}$ );  $C_{FG} = 10\text{ wt}\%$ .

При добавлении хитозана до массового соотношения 0,12 температурные характеристики улучшаются. Положительно заряженные ионы полисахарида взаимодействуют с отрицательно заряженными ионами рыбного желатина, за счет этого происходит упрочнение структуры гелей.

## Выводы

Совместное использование хитозана и рыбного желатина оказывает положительное влияние на реологические характеристики комплексных гелей. Показано, что с увеличением массового соотношения хитозан/рыбный желатин уменьшается порог перехода от твердообразного состояния исследуемых комплексных систем к жидкообразному. С увеличением массового соотношения биополимеров возрастает модуль накопления комплексных гелей. Отмечено, что увеличение массового соотношения вызывает рост пределов текучести комплексных гелей, рассчитанных по моделям Кэссона и Гершеля-Балкли.

Установлена область массовых соотношений хитозан/рыбный желатин, в которой температуры плавления и гелеобразования комплексных гелей принимают более высокие значения по сравнению с гелем желатины.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что смесь хитозана с рыбным желатином может быть использована в качестве желирующего агента в технологии продуктов питания.

## Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда проект № 23-64-10020, в рамках Договора № 114/02-03/29-24/223.

## Список источников

### References

- Chassenieux C., Nicolai T. Mechanical properties and microstructure of (emul)gels formed by mixtures of proteins and polysaccharides // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2024. 70:101781. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2023.101781>
- Huang T., Tu Z., Shanguan X., Wang H., Zhang L., Bansal N. Characteristics of fish gelatin-anionic polysaccharide complexes and their applications in yoghurt: Rheology and tribology // *Food Chem* 2020. 343:128413. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128413>

**Секция «ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»**

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 35–40.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 35–40.

*Ly L., Huang Q., Ding W., Xiao X., Zhang H., Xiong L.* Fish gelatin: The novel potential application. *J Funct Foods*. 2019. 63:103581. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103581>

*Nurilmala M., Suryamarevita H., Hizbullah H.H., Agoes M.J., Yoshihiro O.* Fish skin as a biomaterial for halal collagen and gelatin // *Saudi J Biol Sci*. 2022. 29:1100–1110. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.056>

*Sowa L. C., Tan S. J., Yang H.* Rheological properties and structure modification in liquid and gel of tilapia skin gelatin by the addition of low acyl gellan // *Food Hydrocoll*. 2019. 90:9–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.006>

*Yang H., Wang H., Huang M., Cao G., Tao F., Shen Q., Zhou G., Yang H.* Repurposing fish waste into gelatin as a potential alternative for mammalian sources: A review // *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2022. 21:942–963. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12920>

Статья поступила в редакцию 15.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 15.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 41–45.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 41–45.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.007

УДК 664.681

**К. Н. Савкина, Ю. В. Шокина**

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

savkinakn2@mstu.edu.ru, shokinayuv@mstu.edu.ru

## **РАЗРАБОТКА НОВОГО МУЧНОГО ИЗДЕЛИЯ «ХЛЕБЦЫ РЖАНЫЕ», ОБОГАЩЕННОГО ЙОДОМ ПИЩЕВОЙ ЛАМИНАРИИ**

### **Аннотация**

В данной статье представлены результаты исследования по разработке нового обогащенного йодом ламинарии продукта «Хлебцы ржаные». Приведены данные о разработке рецептуры с помощью компьютерной программы автоматизированного проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов MatLab. Также представлен химический состав и энергетическая ценность разработанного продукта. Сделан вывод о возможности использования ламинарии для производства обогащенных продуктов питания.

### **Ключевые слова:**

обогащенные продукты питания, ламинария, мучные изделия, йододефицит.

**K. N. Savkina, Yu. V. Shokina**

Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

savkinakn2@mstu.edu.ru, shokinayuv@mstu.edu.ru

## **DEVELOPMENT OF A NEW FLOUR PRODUCT "RYE CRISPBREAD" ENRICHED WITH IODINE OF KELP**

### **Abstract**

This article presents the results of a study on the development of a new iodine-enriched laminaria Belomorskaya product "Rye crispbread". The data on the formulation development using the computer program for computer-aided design of formulations of multicomponent food products MatLab are presented. The chemical composition and energy value of the developed product are also presented. The conclusion is made about the possibility of using kelp for the production of fortified foods.

### **Keywords:**

fortified foods, kelp, flour products, iodine deficiency.

### **Введение**

Йод – это микроэлемент, необходимый для выработки гормонов щитовидной железы. Адекватное потребление йода особенно важно во время беременности и в раннем возрасте, когда развитие мозга зависит от гормонов щитовидной железы. Рекомендации по потреблению йода различаются в разных странах мира, но большинство рекомендаций в целом отражают возросшие потребности во время беременности и лактации, хотя адекватное потребление йода до беременности также важно. За последние 30 лет был достигнут огромный прогресс в улучшении потребления йода во всем мире, в основном за счет программ йодирования соли. Однако в странах без эффективных программ обогащения йодом возникла необходимость в том, чтобы организации здравоохранения и правительства обеспечивали потребление адекватного количества йода у населения [Vidyashree et al., 2024].

Бурые водоросли считаются одним из ресурсов, которые могут способствовать преобразованию глобальной продовольственной системы путем продвижения более здорового питания и снижения воздействия на окружающую среду. Бурые водоросли состоят из 16 отрядов с приблизительно 285 родами и 1800 видами [Vidyashree et al., 2024]. Они являются самыми крупными и быстрорастущими из всех морских водорослей. Водоросли, пригодные

для употребления в пищу человеком, включены в списки съедобных водорослей, которые широко употребляются в пищу в азиатских странах. В Китае употребляют водоросли в качестве традиционного лекарственного средства. В Южной Корее используют водоросли в качестве основного ингредиента в своих супах. Широко известна бурая водоросль ламинария, содержащая большое количество биодоступного йода [Симутина, 2022]. Преимущество водорослей перед другим йодсодержащим сырьем в том, что в водорослях до 95 % йода находится в виде органических соединений, из которых 10 % связано с белком, что имеет немаловажное значение, так как применение неорганического йода не всегда эффективно, иногда может привести к отрицательным последствиям, вызывая явления «йодизма» (аллергический насморк, сыпь). Йод, содержащийся в водорослях, хорошо усваивается организмом [Андрейчук, 2004]. Поскольку хлебобулочные изделия являются продуктом повседневного спроса, то применение порошка водоросли в производстве хлебобулочных изделий – наиболее актуальное направление.

Цель исследования – разработка технологических решений, направленных на расширение ассортимента мучных изделий, обогащенных йодом ламинарии беломорской, для профилактики заболеваний, обусловленных дефицитом йода.

### Материал и методика исследований

Объектами исследования являются:

- пищевые беломорские водоросли ламинария в виде порошка (производства Архангельского водорослевого комбината, г. Архангельск, Россия);
- опытные образцы разработанного мучного изделия (хлебцы).

Методы исследования:

- органолептические;
- физические;
- квалитетические;
- математические.

### Результаты и их обсуждение

Было изготовлено 7 образцов мучного изделия «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом» с различным содержанием ингредиентов, затем проводилась органолептическая оценка дегустационной комиссией с помощью разработанной пятибалльной словесной шкалы. Эксперты дегустационной комиссии оценивали такие показатели как форма, поверхность, цвет, запах и вкус, вид в изломе. Для обогащения продукта йодом вносили ламинарию пищевую сушеную в виде порошка с частицами размером менее 200 мкм (производства ООО «АВК» Архангельский водорослевый комбинат», г. Архангельск, Россия).

На рис. 1 представлен суммарный балл органолептической оценки всех семи опытных образцов хлебцев, различающихся рецептурой.

Оптимальную рецептуру хлебцев разрабатывали с использованием компьютерной программы автоматизированного проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов, в основе которой – метод нечеткой логики, реализованный в программном пакете MatLab [Луковкин, 2011]. Параметром оптимизации (выходная переменная X3, условная единица) выбран комплексный показатель K, характеризующий, органолептическую оценку хлебцев. Влияющими факторами выбраны компоненты рецептуры, в наибольшей степени формирующие потребительские свойства мучного изделия, а именно: доля обжаренных очищенных семян подсолнечника (X1% от массы нетто полуфабриката до тепловой обработки)

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 41–45.  
 Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 41–45.

и доля пряных трав (X2% от массы нетто сырьевого набора) в сырьевом наборе. Критерий оптимальности – достижение максимально возможной органолептической оценки хлебцев в выбранном диапазоне значений влияющих факторов. В результате получена финальная рецептура продукта. На рис. 2 представлен внешний вид опытных образцов хлебцев ржаных в потребительской упаковке.

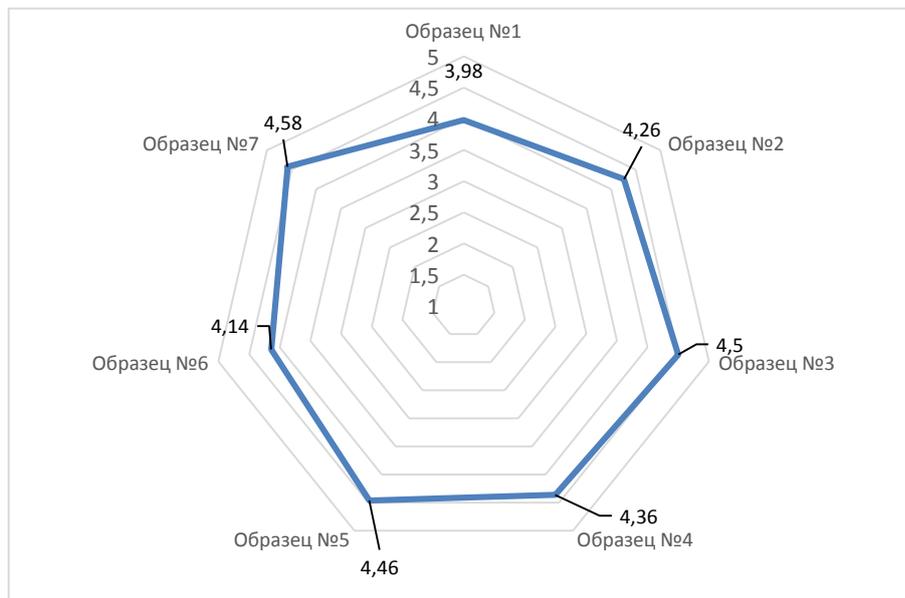


Рис. 1. Суммарный балл органолептической оценки опытных образцов изделия «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом»

Fig. 1. The total score of the organoleptic evaluation of the prototypes of the product "Rye crispbread enriched with iodine"



Рис. 2. Внешний вид опытных образцов мучного изделия «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом»

Fig. 2. The appearance of the prototypes of the flour product "Rye crispbread enriched with iodine"

Были проведены исследования по определению химического состава и энергетической ценности разработанной продукции. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав и энергетическая ценность мучных изделий «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом»

Table 1. Chemical composition and energy value of flour products "Rye crispbread enriched with iodine"

Вид хлебцев	Химический состав, г на 100 г продукта						Энергетическая ценность 100 г продукта <sup>3</sup> кДж (ккал)
	вода	жир	белок <sup>1</sup>	углеводы <sup>2</sup>	зола		
					общая	в том числе соль	
Ржаные	3,94	4,24	8,10	81,41	2,31	1,0	1661 (392)

**Примечание:** <sup>1</sup>массовую долю белка определяли умножением массовой доли общего азота на коэффициент 5,7 (ГОСТ 25832-89); <sup>2</sup>массовую долю углеводов определяли расчетным методом (100 – белок, вода, жир, зола); <sup>3</sup>в соответствии с требованиями округления значений количества белков, жиров, углеводов и энергетической ценности Приложения 3 к ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (табл. 1, табл. 2).

## Выводы

Питание – важная часть нашей жизни. Именно питание обеспечивает потребности организма в энергии и питательных веществах, поэтому является фундаментом здоровья. От его стабильности зависит работа всех органов и правильное функционирование иммунной системы. По результатам данной работы был создан новый мучной продукт «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом» и таким образом расширен ассортимент мучной обогащенной продукции.

## Список источников

- Vidyashree J. S., Shetti P. P., Ghagane S. C.* Seaweeds as a potential resource in diabetes management: a review // *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2024. Vol.10, No1. pp. 12 <https://doi.org/10.1186/s43094-024-00583-8>
- Андрейчук В. П.* Органический йод и питание человека // *Пищевая промышленность*. 2004. № 10. С. 90–92.
- Луковкин С. Б.* Элементы нечеткой логики в компьютерном моделировании: метод. указания по дисциплине «Компьютерное моделирование» для студентов технических специальностей очной формы обучения / Мурманск: Изд-во МГТУ, 2011. С. 38
- Симутина Н. Н., Савкина К. Н., Шиманский С. А., Шокина Ю. В.* Оптимизация рецептуры полифункциональных продуктов питания из ламинарии // *Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Владивосток, 26 нояб. 2022 г.)* / Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. Владивосток, 2022. С. 250–254.

## References

- Vidyashree J. S., Shetti P. P., Ghagane S. C.* Seaweeds as a potential resource in diabetes management: a review // *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2024. Vol.10, No1. pp. 12 <https://doi.org/10.1186/s43094-024-00583-8>.
- Andrejchuk V. P.* Organicheskiy jod i pitanie cheloveka / *Pishchevaya promyshlennost*. 2004. No10. pp. 90–92. (In Russ.).

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 41–45.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 41–45.

*Lukovkin S. B.* Elementy nechetkoj logiki v kompyuternom modelirovanii: metod. ukazaniya po distsipline «Kompyuternoe modelirovaniE» dlya studentov tekhnicheskikh spetsialnostej ochnoj formy obucheniya / Murmansk: Izd-vo MGTU, 2011. pp. 38. (In Russ.).

*Simutina N. N., Savkina K. N., Shimanskij S. A., Shokina Yu. V.* Optimizatsiya retseptury polifunksionalnykh produktov pitaniya iz laminarii // Kompleksnye issledovaniya v rybokhozyajstvennoj otrasli: materialy VII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (Vladivostok, 26 nov. 2022 ) / Dalnevostochnyj gosudarstvennyj tekhnicheskij rybokhozyajstvennyj universitet. Vladivostok, 2022. pp. 250–254. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 15.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 15.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 46–49.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 46–49.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.008

УДК 621.372.88

**С. С. Алексиков, Е. В. Юзофатов**

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

*aleksikovss@yandex.ru, e.yzofatov@yandex.ru*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИЙ ЛИНИИ ГУБО

### Аннотация

Исследованы особенности затухания в версиях линии Губо при использовании различных проводников, таких как полевой кабель, коаксиальный кабель, медный провод. Проанализированы характеристики испытываемых версий кабелей в сравнении с эталонным коаксиальным кабелем.

### Ключевые слова:

линия Губо, рупор, коаксиальный кабель, медный провод, спиральные антенны.

**S. S. Aleksikov, E. V. Yuzofatov**

Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

*aleksikovss@yandex.ru, e.yzofatov@yandex.ru*

## THE STUDY OF INTERPRETATIONS OF THE GUBO LINE

### Annotation

The features of attenuation in the Gubo line versions are investigated when using various conductors, such as field cable, coaxial cable, and copper wire. The characteristics of the tested cable versions are analyzed in comparison with the reference coaxial cable.

### Keywords:

Gubo line, horn, coaxial cable, copper wire, spiral antennas.

## Введение

Издавна люди стремились передавать энергию на большие расстояния. Но на всем протяжении развития систем связи они сталкивались с проблемой затухания сигнала в передающей среде при увеличении расстояния. Для преодоления этой проблемы разрабатывались более совершенные фидерные линии, повышалась передаваемая мощность, однако экономическая целесообразность не позволяет прокладывать слишком дорогие кабели, а повышение мощности передатчиков приводит к дополнительным расходам энергии и увеличивает габариты радиопередающих систем. Следует отметить, что с развитием технологий с повышением частоты передаваемых сигналов потери повысились, в связи, с чем проблема затухания высокочастотных сигналов в коаксиальных линиях вышла на новый уровень.

Коаксиальный кабель, изобретенный еще в XIX в., имеет внутри центральный проводник и экран, которые расположены соосно и разделены между собой пустотой, заполненной изоляционным материалом. Данный тип кабелей применяется для передачи радиочастотных сигналов. От обычного провода (который используют для передачи постоянного тока) он отличается более однородным сечением и использованием дорогих (и более высокого качества) материалов, как для самого проводника, так и для изоляции. Потери в коаксиальном кабеле происходят вследствие рассеяния энергии сигнала на металлических проводниках

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 46–49.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 46–49.

кабеля. Результат этого рассеяния выражается в том, что в процессе распространения по кабелю уровень сигнала падает.

Небезынтересно, что еще в 1950 г. Джордж Губо запатентовал однопроводную линию передачи высоких частот, представляющую собой металлический проводник (круглый в сечении), окруженный слоем диэлектрика [Ротхаммель, 2019: Goubau, 1960]. Линия получила название по имени изобретателя, Джорджа Губо (Гоубау). Такая передающая линия работает в режиме бегущей волны. За счет того, что скорость распространения волны в диэлектрике меньше, чем в свободном пространстве, волна удерживается от распространения в окружающее пространство. Переносимая мощность оказывается, сосредоточена на небольшом расстоянии от фидера (90 % мощности сосредоточено в пределах  $0,7 \lambda$ )

Линия Губо имеет малое затухание при передаче энергии в сравнении с коаксиальной линией и может быть использована на высоких частотах вплоть до терагерцового диапазона. В свою очередь она не находит широкого распространения так как должна прокладываться прямолинейно с изгибом не более 20 градусов при отсутствии окружения переизлучателями на всей ее протяженности. Однако интерес к применению линии Губо проявляется с использованием различного рода радиосредств в гигагерцовом диапазоне, где на участках прямой видимости использование кабельных линий приводит к большим затуханиям.

### Техническое решение линии Губо

За основу в прикладных исследованиях был взят рупор линии Губо, описанный им в патенте 2 685 068 [U.S. Patent 2 685 068, 1954]. Новшеством стало приспособление к рупорам медных трубок, припаянных к конусам, а также подбор разъемов, удобных для крепления на медные трубки, и обеспечивающих быструю фиксацию кабеля. На рис. 1 показаны рупоры с приспособленными к ним медными трубками.



Рис. 1. Рупоры с медными трубками

Fig. 1. Horns with copper tubes

В качестве разъема в одной из версии технического решения был взят типовой штекер-переходник (переходник штекер n гнездо uhf ni), а также рассверлено отверстие для плотной фиксации кабеля с возможностью дальнейшего натяжения. В другой же версии был припаян

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 46–49.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 46–49.

классический BNC разъём, предварительно зафиксированный на трубке при помощи проволоки. Обе версии разъёмов визуально представлены на рис. 2.

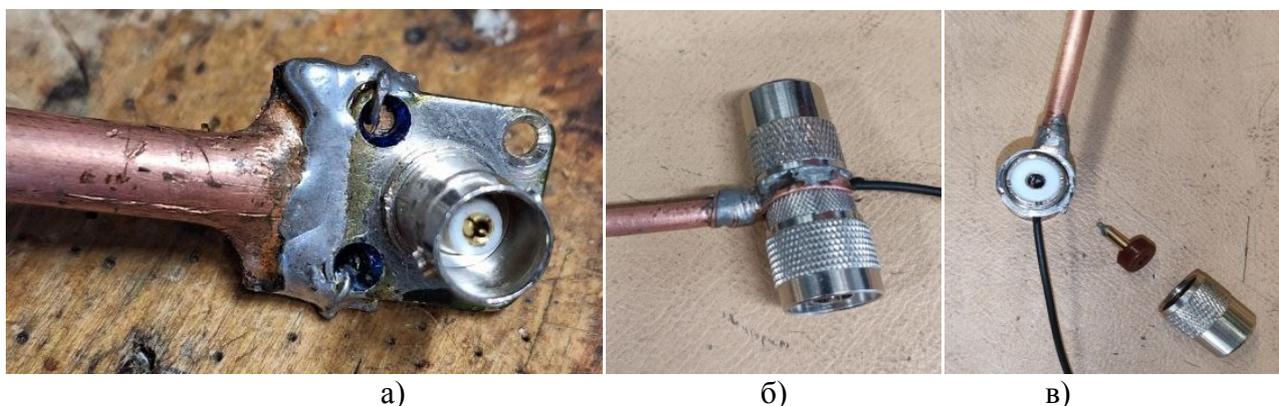


Рис. 2. Варианты крепления кабеля: а) BNC разъём; б) доработанный штекер-переходник; в) доработанный штекер-переходник в разобранном виде

Fig. 2. Cable mounting options: a) – BNC connector; b) – modified plug adapter; c) - modified plug adapter in disassembled form

## Натурные испытания

В процессе натурных испытаний были задействованы генератор Г4-78 для формирования устойчивого сигнала, пригодного для передачи и приема, а также анализатор ROLDE SCHWARZ FSH3, которым измерялось ослабление мощности сигнала в сравнении с сигналом генератора. Используемое оборудование представлено на рис. 3.

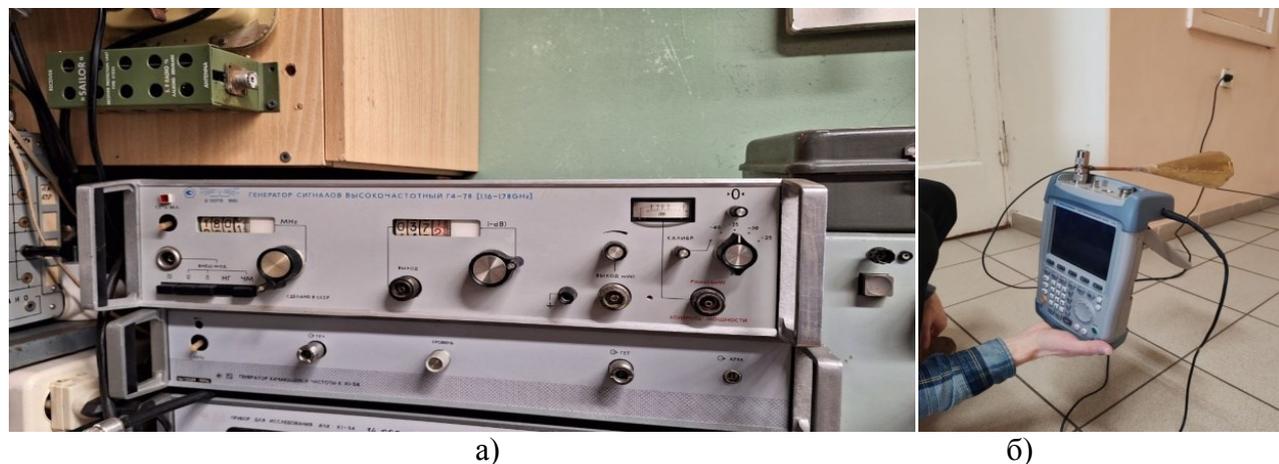


Рис. 3. Используемое оборудование: а) генератор Г4-78; б) анализатор ROLDE SCHWARZ FSH3

Fig. 3. Used equipment: a) generator G4-78; b) analyzer ROLDE SCHWARZ FSH3

С описанным выше техническим решением были проведены натурные испытания в диапазоне 1,8 ГГц.

В первой версии проводилось измерение сигнала на линии длиной 20 м в классическом исполнении линии Губо. Использовался натянутый изолированный медный провод диаметром 1,5 мм с конусными латунными рупорами диаметром среза равным  $\lambda/2$  при длине стороны  $\lambda$  установленными на медной трубке. Через медную трубку был пропущен натянутый проводник. По данным, зарегистрированным на анализаторе, уровень сигнала составлял -37,5 dB.

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 46–49.  
Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 46–49.

Далее медный проводник был заменен на полевой кабель связи, обладающий большой разрывной силой и используемый на СВО. Стоит отметить, что полевой кабель связи имеет в своем составе витую центральную жилу из медных и металлических проводников. Уровень сигнала с применением полевки улучшился до  $-36,8$  dB.

В третьей же версии в линии Губо использовался коаксиальный кабель, уровень сигнала ухудшился до  $-40,8$  dB.

Далее с целью сравнить полученные показания мы заменили линию Губо на качественный дорогостоящий коаксиальный кабель той же длины что и протянутая ранее линия Губо. Коаксиальный кабель показал результат  $-38,5$  dB.

### Анализ натурных испытаний

Анализ результатов, полученных в ходе натурных испытаний, показал возможность применения линии Губо с затуханиями меньшими, чем в коаксиальном кабеле. Стоит отметить, что предложены эксклюзивные решения коммутации элементов линии Губо и возможна дальнейшая доработка устройств подключения приёмо-излучающих рупоров для удобства использования.

Исходя из полученных результатов, особый интерес представляет применение полевого кабеля связи в качестве проводника линии Губо. Значимость его использования трудно переоценить, так как широко применяемый кабель, кроме практической доступности обладает повышенной прочностью, надёжностью работы в любых климатических условиях и изначально предназначен как мобильное устройство при оперативном развёртывании линий связи. Данный кабель может быть использован для коммутации вынесенных антенных устройств в системе управления беспилотниками в полевых условиях.

### Список источников

*Goubau, George J. E.* 1954. *U.S. Patent 2 685 068 Surface wave transmission line*".  
*Goubau, George J. E.* 1960. *U.S. Patent 2 921 277 "Launching and receiving of surface waves"*.  
*Ротхаммель К.* 2019. Антенны. ISBN 3440070182 ISBN 9856487153

### References

*Goubau, G. J. E.* 1954. *U.S. Patent 2 685 068 Surface wave transmission line*".  
*Goubau, G. J. E.* 1960. *U.S. Patent 2 921 277 "Launching and receiving of surface waves"*.  
*Rothammel, K.* Antennenbuch. ISBN 3440070182 ISBN 9856487153. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 14.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.  
The article was submitted 14.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 50–55.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 50–55.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.009

УДК 621.396.712

### А. П. Штепа

Мурманский арктический университет (МАУ) / Морская академия, г. Мурманск, Россия

*sthepaap@mauniver.ru*

## ВЕРСИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАЛЬНОГО РАДИОВЕЩАНИЯ

### Аннотация

Произведен анализ современной ситуации, относящейся к стратегически важной инфраструктуре АМ-радиовещания в Российской Федерации. Предложена модель средневолновой антенны с использованием в качестве основания ее развертывания дымовой трубы Мурманской теплоэлектростанции (ТЭЦ).

### Ключевые слова:

дальнее радиовещание, АМ-диапазон, дымовая труба, проводники грозозащиты, средство информирования населения.

### A. P. Shtepa

Murmansk Arctic University (MAU) / Maritime Academy, Murmansk, Russia

*sthepaap@mauniver.ru*

## LONG-DISTANCE RADIO BROADCASTING RECOVERY VERSION

### Abstract

The current situation related to the strategically important infrastructure of AM radio broadcasting in the Russian Federation is analyzed. A model of a medium-wave antenna is proposed using the Murmansk cogeneration power plant (CPP) chimney as the basis for its deployment.

### Key words:

long-distance radio broadcasting, AM band, chimney, lightning protection conductors, means of informing the population.

В 1991 г. инфраструктура АМ-радиовещания лишилась государственной финансовой поддержки, было решено, что вещать на дальние расстояния дорого и не нужно [Борисова и Фролова, 2013]. В свою очередь, вместо этого начала разворачиваться коммерческая сеть УКВ радиостанций.

Количество радиоточек уменьшилось, проводное радиовещание в сельской местности ликвидировано практически полностью, повсеместно пришли в негодность и демонтированы системы звукового уличного оповещения. До 2015 г. были закрыты практически все радиостанции, вещавшие в диапазонах КВ, СВ и ДВ. Для многих жителей нашей страны основными источниками получения информации стали интернет, телевидение, эфирное вещание, мобильная связь [Борисова и Фролова, 2013].

Однако в других странах до сих пор считают дальнейшее радиовещание стратегическим ресурсом и не собираются отказываться от него. К ситуации, связанной с возрождением и в России широкоэмитательных станций дальнего радиовещания так же начинают возвращаться, так как АМ-радио на средних (СВ) и длинных (ДВ) волнах является не только источником вещания на дальние расстояния, но и основным звеном системы экстренного оповещения, позволяющим узнать, что происходит не только в глобальном масштабе, но и на местном уровне. В свою очередь, развитие и содержание такой системы радиовещания считается

дорогой, хотя опыт использования существующих средств показывает обратное и есть инновационное предложение.

На сегодняшний день насчитывается 5 действующих радиостанций СВ и ДВ диапазонов, а для развития на федеральном уровне или в отдельных субъектах Российской Федерации для полноценного радиовещания требуются десятки таких радиостанций [Список рабочих АМ-радиостанций, 2024]. В целях сокращения строительства дорогостоящих антенно-фидерных сооружений, которые традиционно использовались, не исключается возможность нестандартного подхода к реализации низкочастотных радиосистем. Практически во всех городах есть готовые конструкции, которые можно использовать под развертывание инновационных технических решений устройства СВ и ДВ антенн, как, например, дымовые трубы.

Классика создания и использования радиовещания в СВ-ДВ диапазонах базируется на применении радиопередатчиков большой мощности и большеразмерных дорогостоящих и сложных в эксплуатации антенн. Всё это было связано с целями максимального покрытия территорий, так как большинство радиостанций обеспечивали вещание и за пределы региональных зон. В свою очередь, опыт использования существующих систем СВ-ДВ радиовещания показывает, что можно обойтись и дешёвыми в развертывании и эксплуатации маломощными передатчиками с покрытием расчётных зон, подобно сотовым системам. Причём, все широкодоступные бытовые радиоприёмники, особенно цифровые, повсеместно распространяемые, имеют не только китайское происхождение, но и СВ-ДВ диапазоны. Таким образом, вопрос приёмников и передатчиков легко решаем, а боязнь экономического тормоза по разработке, строительству и эксплуатации антенных сооружений при развёртывании СВ-ДВ радиовещания, не исключается, устраняется ещё проще.

На заре развития телевидения, нашим соотечественником, в честь которого сохранено название антенного элемента, был предложен петлевой вибратор. Шлейф-вибратор Пистолькорса незаменим в большинстве конструкций УКВ антенн и зациклил конструкторов по использованию его именно для высокочастотных диапазонов. Однако, развёртывание плеча шлейф-вибратора Пистолькорса для вещания в АМ-диапазоне может быть осуществлено за счёт использования в качестве одного из двух проводников плеча антенны открытую проводящую часть грозозащиты, проложенную от заземлителей до верха труб, так как любая кирпичная или бетонная дымовая труба в обязательном порядке имеет не менее 2-х таких заземлённых проводников системы грозозащиты. Второй проводник – натянутый с расчетной высоты провод, подключенный к питающему фидеру, например, к центральному проводнику коаксиального кабеля, у которого экран также подключен к заземлителям. Высота подвеса, то есть длина плеча антенны, будут зависеть от используемой частоты работы.

В свете теоретических предпосылок реализации предлагаемого технического решения было осуществлено компьютерное моделирование, где за основу взята труба Мурманской ТЭЦ (рис. 1) высотой 150 м. Всего из множества версии компьютерного моделирования можно выделить технические решения версий двух антенн с рабочими частотами 600 кГц (рис. 2, 3) и 1000 кГц (рис. 4, 5). В первом случае высота подвеса и длина проводников шлейф-вибратора 122,5 м и 125 м, соответственно, во втором – 70 м и 74 м, соответственно.

Анализ полученных результатов показывает, что использование трубы Мурманской ТЭЦ, к которой подведены все современные телекоммуникационные системы, может быть применено для инновационного развёртывания СВ-ДВ вещания на Кольском полуострове, на котором в последнее время ведётся бурное инновационное промышленное развитие, с

### Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 50–55.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 50–55.

минимальными затратами на восстановление утраченного стратегического средства информирования, которое будет дополнять информационное поле региона.

Компьютерное проектирование подтвердило рассматриваемые доводы в полном объёме по возможностям создания антенн для СВ-ДВ диапазонов. Использование трубы Мурманской ТЭЦ в качестве антенной башни может быть не только началом возрождения стратегического диапазона частот для информирования населения арктического региона, а и примером для других субъектов России.



Рис. 1. Труба Мурманской ТЭЦ

Fig. 1. Chimney of the Murmansk CPP

○ Источник

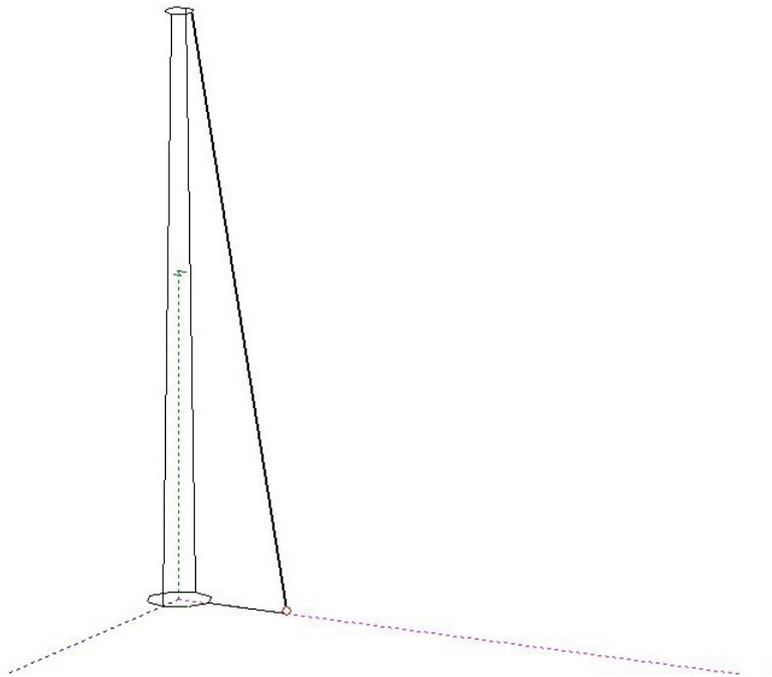


Рис. 2. Модель антенны с рабочей частотой 600 кГц  
 Fig. 2. Antenna model with an operating frequency of 600 kHz

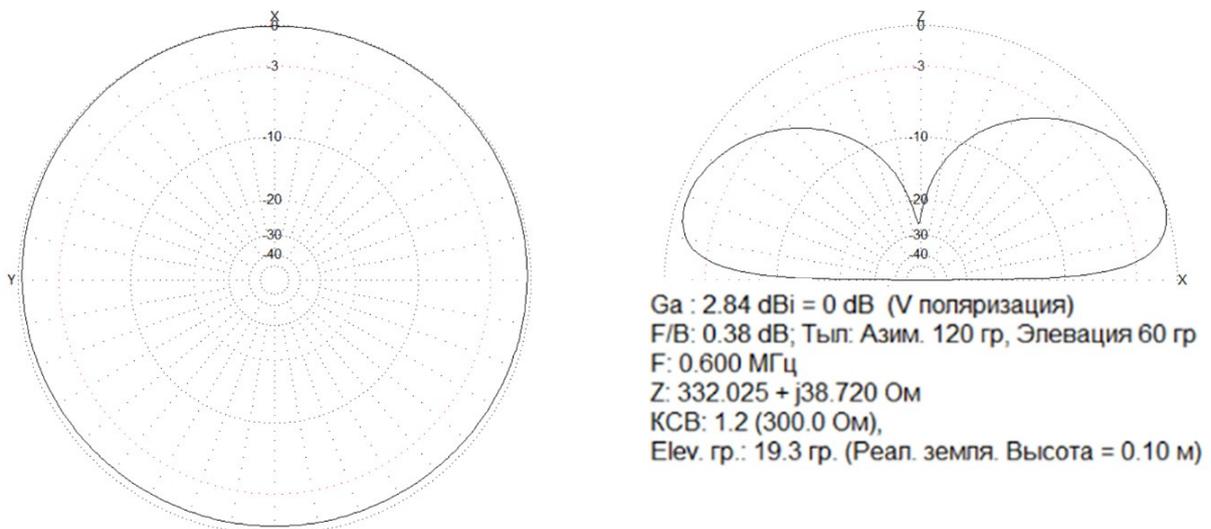


Рис. 3. Диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости (слева) и вертикальной плоскости (справа) с рабочей частотой 600 кГц и ее параметры, основные из которых:  $G_a$  – коэффициент усиления антенны и КСВ – коэффициент стоячей волны

Fig. 3. Radiation patterns of the antenna in the horizontal plane (left) and vertical plane (right) with the operating frequency of 600 kHz and its parameters, the main ones are:  $G_a$  – antenna gain and SWR – standing wave coefficient

Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 50–55.  
Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 50–55.

Источник

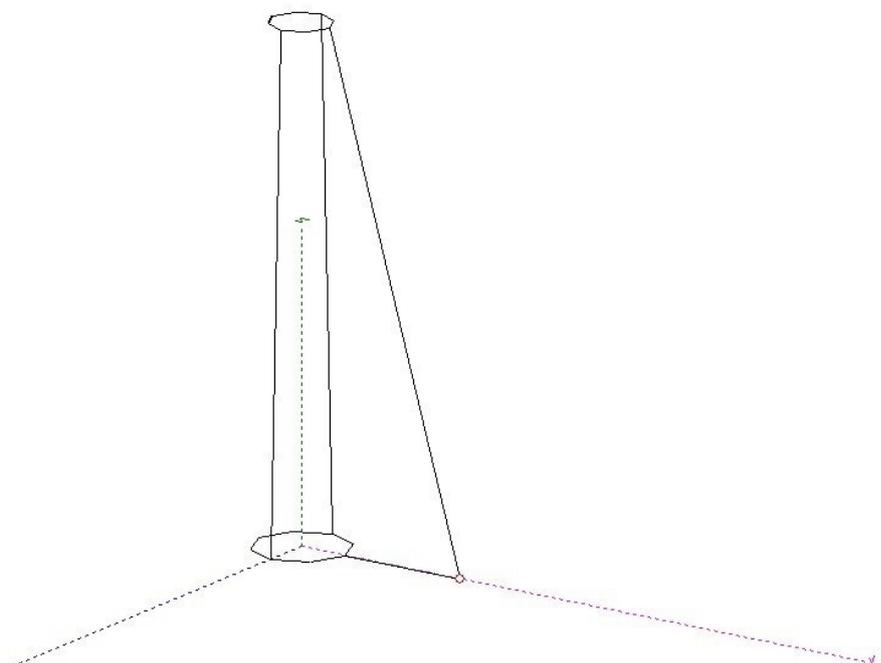


Рис. 4. Модель антенны с рабочей частотой 1000 кГц  
Fig. 4. Antenna model with the operating frequency of 1000 kHz

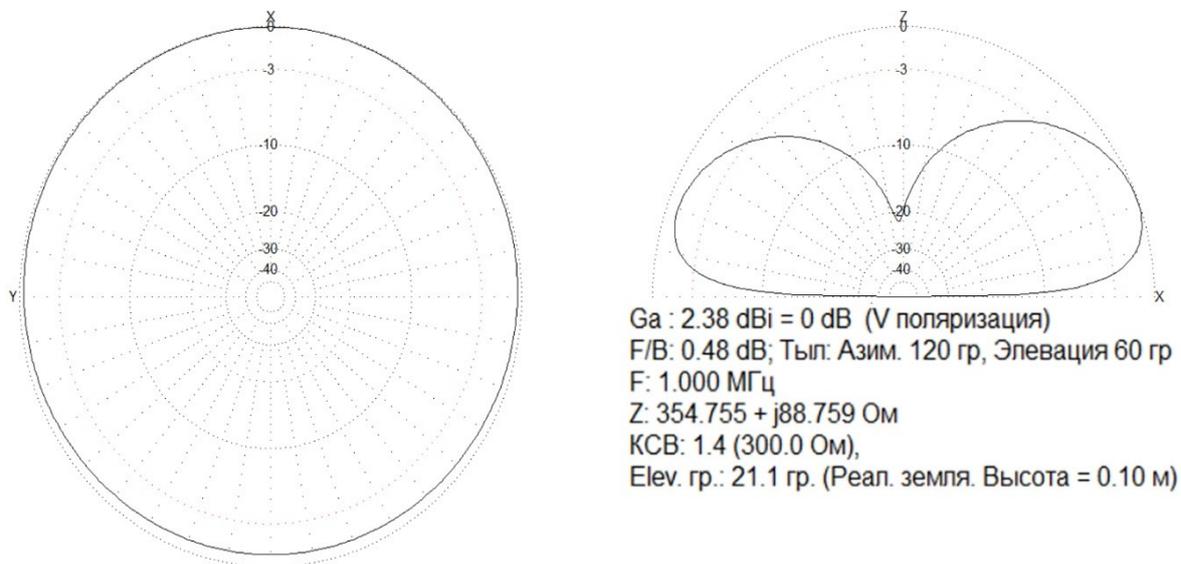


Рис. 5. Диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости (слева) и вертикальной плоскости (справа) с рабочей частотой 1000 кГц и ее параметры, основные из которых: Ga – коэффициент усиления антенны и КСВ – коэффициент стоячей волны  
Fig. 5. Radiation patterns of the antenna in the horizontal plane (left) and vertical plane (right) with the operating frequency of 1000 kHz and its parameters, the main ones are: Ga – antenna gain and SWR – standing wave coefficient

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 50–55.  
Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 50–55.

Дополнительно к этому есть необходимость отметить, что в последнее время в некоторых странах ведутся работы по использованию окружающих электромагнитных полей в качестве ресурсов по извлечению электрической энергии для питания гаджетов. В свою очередь, такое направление рассматривалось ещё в СССР, когда энергия от относительно мощных сигналов СВ-ДВ широкоэмиттерных радиостанций использовалась для преобразования в питание портативных радиоприёмников. С внедрением предлагаемого технического решения это также можно возродить на новом технологическом уровне с использованием современной элементной базы.

### Список литературы

*Борисова Н. А., Фролова О. В.* Радиовещание: прошлое, настоящее, будущее. Центральный музей связи имени А. С. Попова, 2013. 19 с.

*Список рабочих AM-радиостанций.* URL: <https://vcfm.ru/radio/radio.php?band=am> (дата обращения 26.03.2024).

### References

*Borisova N. A., Frolova O. V.* Radioveshchanie: proshloe, nastoyashchee, budushchee. Central'nyj muzej svyazi imeni A. S. Popova, 2013. 19 p. (In Russ.).

*Spisok rabochih AM-radiostancij.* URL: <https://vcfm.ru/radio/radio.php?band=am> (accessed 26.03.2024). (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 05.08.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.  
The article was submitted 05.08.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 56–60.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 56–60.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.010

УДК 621.396.677.55

### Н. Б. Ефимова

Мурманский арктический университет (МАУ) / Морская академия, г. Мурманск, Россия

*efimovanb@mauniver.ru*

## ВЕРСИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВ-АНТЕННЫ

### Аннотация

Произведен ряд измерений амплитуд (косвенных усиления) антенн: логопериодической, логопериодической с развязывающим конденсатором и штыревой. Определение работы антенны с емкостной связью. Предложена модель комбинированной антенны для работы в телевизионном и радиовещательном диапазоне.

### Ключевые слова:

комбинированные антенны, радиовещательный и телевизионный диапазон, гальваническое разделение оплетки кабеля, емкостная связь.

### N. B. Efimova

Murmansk Arctic University (MAU) / Maritime Academy, Murmansk, Russia

*efimovanb@mauniver.ru*

## VERSION OF COMBINED USE OF TV ANTENNA

### Abstract

A number of measurements of the amplitudes (indirect gains) of antennas were made: log-periodic, log-periodic with a decoupling capacitor, and pin. Determination of the operation of an antenna with capacitive coupling. A model of a combined antenna for operation in the television and radio broadcasting range was proposed.

### Key words:

Combined antennas, radio and television range, galvanic separation of cable sheath, capacitive coupling.

Радио и телевидение с давних пор стали неотъемлемой частью жизни людей и играют важную роль в их жизни. Прежде всего, телевизор является общедоступной платформой, где люди могут наблюдать новости и получать информацию о любых событиях, происходящих в мире. Это помогает человеку сформировать свою собственную точку зрения в отношении определенных вопросов, событий и проблем. Телевизор составляет базу знаний о мире для людей, которые не имеют возможности путешествовать или посещать музеи и иные культурные учреждения.

Телевидение является одним из главных атрибутов глобализации и, помимо прочего, создает иллюзию общности – это когда “вся страна” и “весь мир” прильнули к экранам телевизоров.

Радио играет огромную роль в жизни людей самого разного возраста. Оно помогает одиноким людям или тем, кто находится за рулем автомобиля, весело и интересно проводить время. Радио способно компенсировать нехватку общения, убирать тоску, а также способствует развитию человека [Роль радио в жизни современных людей, 2024].

Если качественный приём теле- и радиосигналов в городской среде не создаёт проблем и является общедоступным, то в местах, удалённых от телевизионных и радиопередающих станций, зачастую сопровождается трудностями в поддержании обычной работоспособности телевизоров и радиоприёмников. Для обеспечения нормального приёма телевидения и радио

в таких случаях используют антенны, устанавливаемые на возвышениях и усиливающие радиосигналы.

На данном этапе широкого использования радиосредств для этих целей сложилась ситуация с применением, в основном, ультракоротких радиоволн, где цифровое телевидение работает в дециметровом диапазоне, а радио в метровом. Причём выраженная поляризация, необходимая для этих диапазонов радиочастот, для телевидения применяется горизонтальная, а для радио – вертикальная. Дополнительно к этому необходима прямая видимость между передатчиками и приёмными устройствами, что обеспечивается подъёмом приёмных антенн на высоту мачт, так как телецентры и широкоэмитательные станции изначально оборудуются высотными антенно-мачтовыми системами.

С учётом этих особенностей, в целях универсализации и упрощения использования приёмных антенных устройств в случаях слабых сигналов, когда необходимы наружные антенны, предлагается совместное комбинированное использование теле- радиоантенны. Анализ парка существующих антенн показывает, что на практике используется совместное размещение классических радиоантенн и телеантенн, в основном вибраторных, с пространственным и поляризационным разносом.

По результатам патентного поиска и использования литературных источников, выработано нестандартное техническое решение. Предлагается комбинированное использование классических логопериодической и коаксиальной антенн. Реализация коаксиальной радиоантенны осуществляется непосредственно на кабеле снижения (рис. 1), используемом для питания телевизионной антенны, обеспечивая поляризационный разнос.

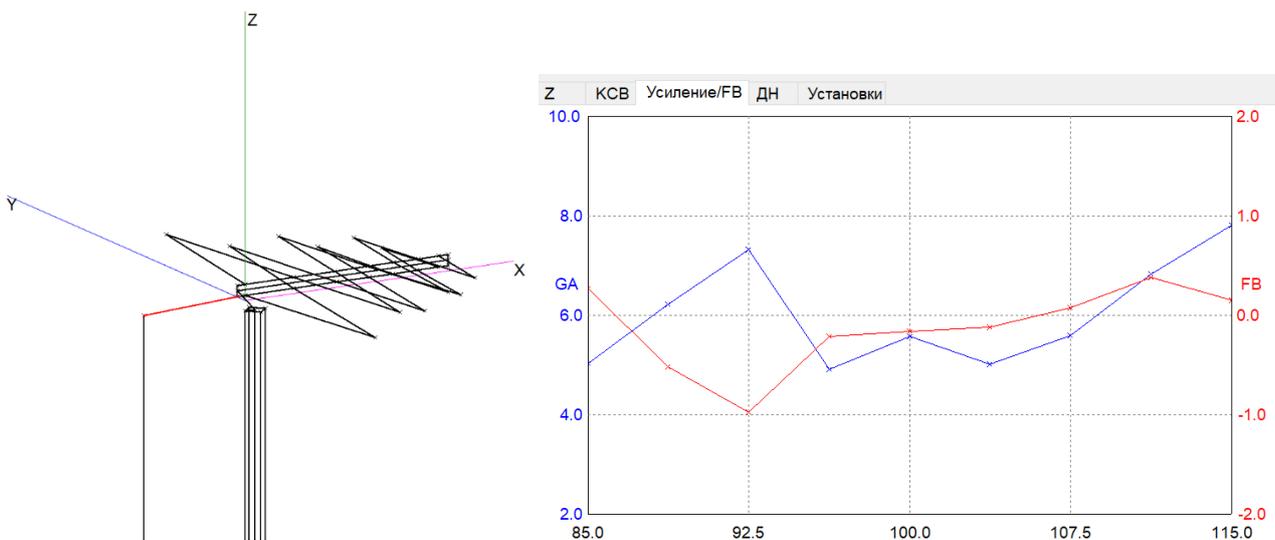


Рис. 1. Результаты компьютерного моделирования версии антенны на изолированной мачте  
Fig. 1. Results of computer modeling of the antenna version on an isolated mast

Предлагается инновационное патентоспособное решение: синтез логопериодической антенны с коаксиальной антенной при комбинированном питании коаксиальным кабелем. Классическая коаксиальная радиоантенна реализуется путем устройства на снижении кабеля логопериодической телеантенны четвертьволнового вибратора из оплетки по изоляции питающего кабеля с конденсаторной развязкой в разрезе экранирующей оплетки (рис. 2).

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 56–60.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 56–60.



Рис. 2. Введение конденсатора при разрыве оплетки кабеля телевизионной антенны  
Fig. 2. Inserting a capacitor when the braid of a TV antenna cable breaks

В лабораторных условиях кафедры произведены серии измерений с использованием натурного образца. Логопериодическая антенна была присоединена к штативу и подключена к микровольтметру (рис. 3), а штыревая (коаксиальная) была привязана и тоже подключалась к микровольтметру. С помощью высокочастотного генератора (рис. 4) и микровольтметра были измерены амплитуды (косвенные усиления) антенн.



Рис. 3. Селективный микровольтметр  
Fig. 3. Selective microvoltmeter

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 56–60.  
 Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 56–60.



Рис. 4. Высокочастотный генератор  
 Fig. 4. High frequency generator

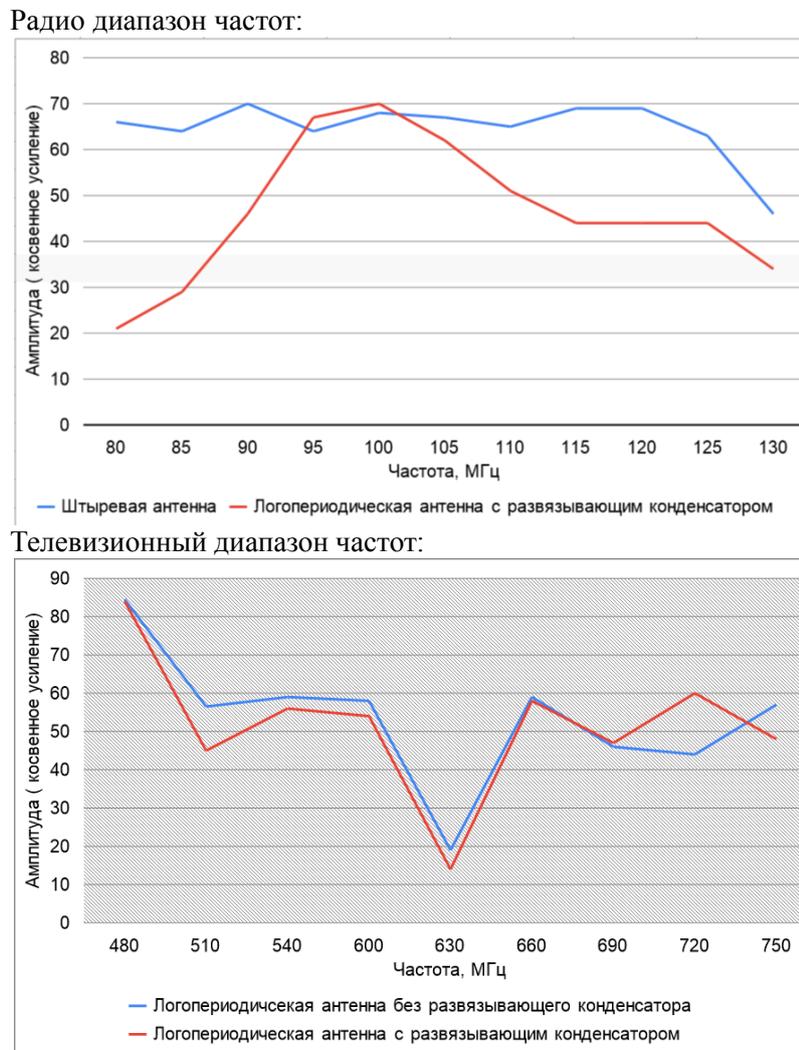


Рис. 5. Результаты измерений  
 Fig. 5. Measurement results

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 56–60.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 56–60.

Исходя из анализа полученных данных (рис. 5), следует вывод:

- введение развязывающего конденсатора при разрыве экранирующей оплетки кабеля питания телевизионной антенны практически не влияет на уровень сигнала во всем диапазоне для приема цифрового телевидения;

- осуществление предложенного технического решения устройства радиоантенны на кабеле питания реализуется в полосе работы ФМ-радио с характеристиками классической штыревой антенны;

- повышение помехозащищенности в полосе работы ФМ-радио.

В ходе проведенных исследований выработано патентоспособное техническое решение.

## Список литературы

*Роль радио в жизни современных людей*: <https://vk.com/@myradiopervomaysk-rol-radio-v-zhizni-sovremennyh-ludei-interesnoe-v-konce> (дата обращения 29.03.2024).

## References

*Rol' radio v zhizni sovremennyh lyudej*: <https://vk.com/@myradiopervomaysk-rol-radio-v-zhizni-sovremennyh-ludei-interesnoe-v-konce> (accessed 29.03.2024). (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 06.08.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 06.08.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 61–64.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 61–64.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.011

УДК 621.396.677

## И. Ю. Косарев

Мурманский арктический университет (МАУ) / Морская академия, г. Мурманск, Россия

*kosaref@inbox.ru*

## ВЕРСИЯ ПЛОСКОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ГИГАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

### Аннотация

Были исследованы антенны использующиеся в FPV (first person view) БПЛА (беспилотные летательные аппараты) для видеосообщения на частоте 5,8 ГГц. Разработаны имитационные модели антенн в САПР (система автоматизированного проектирования) Microwave office AWR AXIEM и составлены чертежи антенн. Вычислены электрические характеристики антенн и сравнены с данными, предоставляемыми разработчиком антенн.

### Ключевые слова:

патч-антенны, FPV БПЛА, triple feed patch, triple feed patch array, microwave office

## I. Y. Kosarev

Murmansk Arctic University (MAU)/Maritime Academy, Murmansk, Russia

*kosaref@inbox.ru*

## GIGAHERTZ VERSION OF FLAT ANTENNA

### Abstract

Antennas used in FPV (first person view) UAVs (unmanned aerial vehicle) for video messaging at a frequency of 5.8 GHz were investigated. Simulation models of antennas were developed in the Microwave office AWR AXIEM CAD (computer-aided design) system and antenna drawings were drawn up. The electrical characteristics of the antennas were calculated and compared with the data provided by the antenna developer.

### Key words:

patch-antennas, FPV UAVs, triple feed patch, triple feed patch array, microwave office

FPV дроны с давних пор стали неотъемлемой частью жизни людей, а для передачи видеосообщения между дроном и оператором используются антенны. Так как FPV дроны являются подвижными объектами и могут быстро менять свое положение в пространстве относительно оператора дрона, то для передачи видеосообщения с камеры до оператора используются всенаправленные антенны круговой правосторонней или левосторонней поляризации. А для приема видеосообщения используются направленные антенны поляризационно совместимые, что позволяет увеличить дальность приема, а также пространственно разделить канал от помех.

Поэтому, для приема видеосигнала с дрона чаще всего используются направленные антенны, в частности спиральные и вибраторные. Но данные типы антенн имеют существенный недостаток – имеют значительные габариты, что может быть критично для замкнутых пространств. Поэтому, чаще всего используются малогабаритные антенны, построенные в виде фольгированных антенных устройств. Одним из видов таких антенн является triple feed patch (TFP) (рис. 1). Данная антенна состоит из экрана и излучающей поверхности, запитанной в трех точках синфазно, что позволяет добиться высокой степени направленности и нужной поляризации. Для увеличения дальности приема сигнала спиральные и вибраторные антенны используют дополнительные витки и вибраторы, соответственно, что еще больше увеличивает их размер.

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 61–64.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 61–64.



Рис. 1. Фотография гибридного варианта TFP [Triple Feed Patch antenna, 2024]

Fig. 1. Photo of the hybrid version TFP [Triple Feed Patch antenna, 2024]

Антенны типа патч могут быть модернизированы дополнительными синфазными резонаторами. Например, на базе антенны triple feed patch предлагается версия антенны triple feed patch array (TFPA) (рис. 2), у которой шесть дополнительных синфазных резонаторов, что позволяет данным типам антенн не производить удлинения, а только увеличиваться в ширину.



Рис. 2. Фотография TFPA [Triple Feed Patch Array antenna, 2024]

Fig. 2. Photo of the TFP [Triple Feed Patch Array antenna, 2024]

Для проверки теоретических предпосылок разработаны имитационные модели антенн в САПР Microwave office AWRAXIEM и чертежи антенн (рис. 3).

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 61–64.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 61–64.

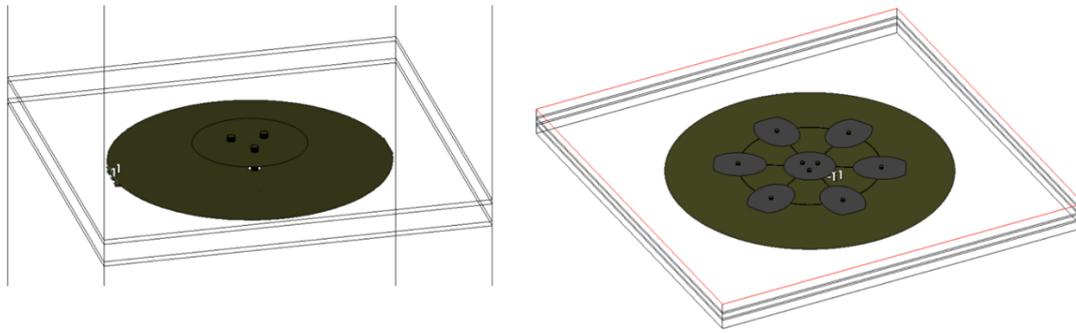


Рис. 3. Модель антенны TFP (слева) и TFPA (справа) спроектированные в САПР Microwave office AWR AXIEM

Fig. 3. Model of antenna TFP (left) and TFPA (right) designed in CAD Microwave office AWR AXIEM

На полученных моделях была исследована работа питающей линии, а также работа самого излучателя антенны TFP и резонаторов TFPA, проведены вычисления распределения плотности тока данных моделей антенн, диаграммы направленности, S11, КСВ и частотная зависимость усиления (рис. 4) [Разевиг и др., 2003].

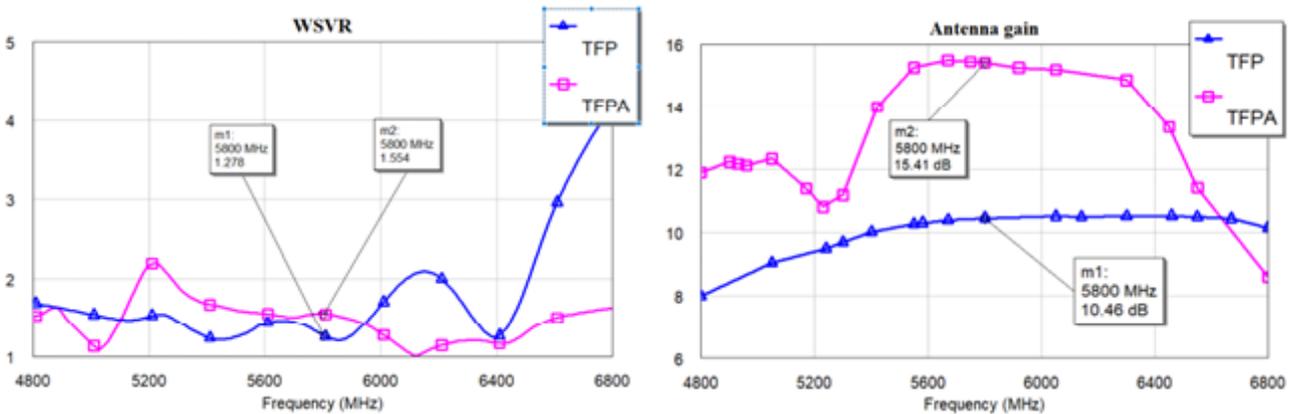


Рис. 4. КСВ и частотная зависимость антенн TFP и TFPA

Fig. 4. SWR and frequency dependence of TFP and TFPA antennas

Полученные данные в САПР Microwave office были проанализированы путем сравнения с данными отправной антенны, а также с натурными испытаниями антенны, результаты которых подтвердили результаты компьютерного моделирования и теоретические предпосылки возможностей использования данных антенн в качестве приемных для видеосообщения с дронами.

#### Список источников

*Triple Feed Patch antenna* (Maarten Baert's website): офиц. сайт. – URL: <https://www.maartenbaert.be/quadcopters/antennas/triple-feed-patch-antenna/> (дата обращения 15.04.2024)

*Triple Feed Patch Array antenna* (Maarten Baert's website): офиц. сайт. – URL: <https://www.maartenbaert.be/quadcopters/antennas/triple-feed-patch-array-antenna/> (дата обращения 15.04.2024)

Разевиг В. Д., Потанов Ю. В., Курушин А. А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. Под ред. В. Д. Разевига. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 496 с.: ил. – (Серия «Системы проектирования»). ISBN 5-980003-089-1

## Секция «ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ»

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 61–64.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 61–64.

### References

*Triple Feed Patch antenna* (Maarten Baert's website) URL: <https://www.maartenbaert.be/quadcopters/antennas/triple-feed-patch-antenna/> (accessed 15.04.2024)

*Triple Feed Patch Array antenna* (Maarten Baert's website) URL: <https://www.maartenbaert.be/quadcopters/antennas/triple-feed-patch-array-antenna/> (accessed 15.04.2024)

Razevig V. D., Potapov Yu. V., Kurushin A. A. Proektirovanie SVCh ustrojstv s pomoshch'yu Micriwave Office. Pod red. V. D. Razeviga. – M.: SOLON-Press, 2003. – 496 s.: il. – (Seriya «Sistemy proektirovaniya»). ISBN 5-980003-089-1. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 13.08.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 13.08.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 65–70.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 65–70.

DOI:10.37614/978.5.91137.530.0.012

УДК 551.468(268.45)

**Д. Д. Басангова<sup>1</sup>, М. Н. Харламова<sup>1</sup>, М. А. Новиков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

<sup>2</sup>Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ПИНРО им. Н. М. Книповича), г. Мурманск, Россия

*dbasangova78@gmail.com, mnkharlamova@yandex.ru*

## **ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ**

### **Аннотация**

Изучен гранулометрический состав донных отложений Баренцева и Карского морей и содержание в них органического углерода (Сорг). Показан преимущественно мелкозернистый характер (<0,063 мм) исследованных донных отложений Карского моря и более высокое содержание в них Сорг (1,02-1,74 %). Установлено, что содержание Сорг в донных отложениях положительно коррелирует с глубиной

### **Ключевые слова:**

Баренцево море, Карское море, донные отложения, органический углерод

**D. D. Basangova<sup>1</sup>, M. N. Kharlamova<sup>1</sup>, M. A. Novikov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

<sup>2</sup>Polar branch of VNIRO (PINRO named after N. M. Knipovich), Murmansk, Russia

*dbasangova78@gmail.com, mnkharlamova@yandex.ru*

## **GRANULOMETRIC COMPOSITION AND ORGANIC MATTER CONTENT IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE BARENTS AND KARA SEAS**

### **Abstract**

The granulometric composition of the Barents and Kara seas bottom sediments and the content of organic carbon (Corg) have been studied in its. The predominantly fine-grained character (<0.063 mm) of the studied bottom sediments (BS) of the Kara Sea and a higher content of Corg in its (1.02-1.74 %) are shown. It was found that the Corg content in BS positively correlates with the depth

### **Key words:**

Barents Sea, Kara Sea bottom sediments, organic carbon

### **Введение**

Гранулометрический состав донных отложений (ДО) и содержание в них органического углерода (Сорг) – это важнейшие параметры среды обитания бентосных организмов, которые входят в экосистемную съемку и систему мониторинга изменений, происходящих в морях российского сектора Арктики.

Целью данной работы было оценить гранулометрический состав и содержание органического вещества в ДО Баренцева и Карского морей. Задачи: 1) исследовать гранулометрический состав проб донных осадков; 2) определить процентное содержание Сорг в пробах спектрофотометрическим методом; 3) проанализировать полученные данные и выявить особенности распределения содержания Сорг в ДО Баренцева и Карского морей; 4) оценить связь содержания органического углерода с гранулометрическим составом донных отложений.

Гипотеза, которую предстояло проверить на основе данного исследования, заключалась в том, что высокая концентрация органического углерода связана с преобладающим содержанием в донных отложениях мелкодисперсных фракций (<0,063 мм).

### Методы исследования

Пробы донных отложений были отобраны сотрудниками «ПИНРО им. Н. М. Книповича» в двух экспедициях НИС «Профессор Бойко» в Баренцевом и Карском морях в период с августа по октябрь 2022 г. Карта-схема станций отбора проб представлена на рисунке 1. Карты были выполнены с помощью ГИС-приложения ArcMap10.

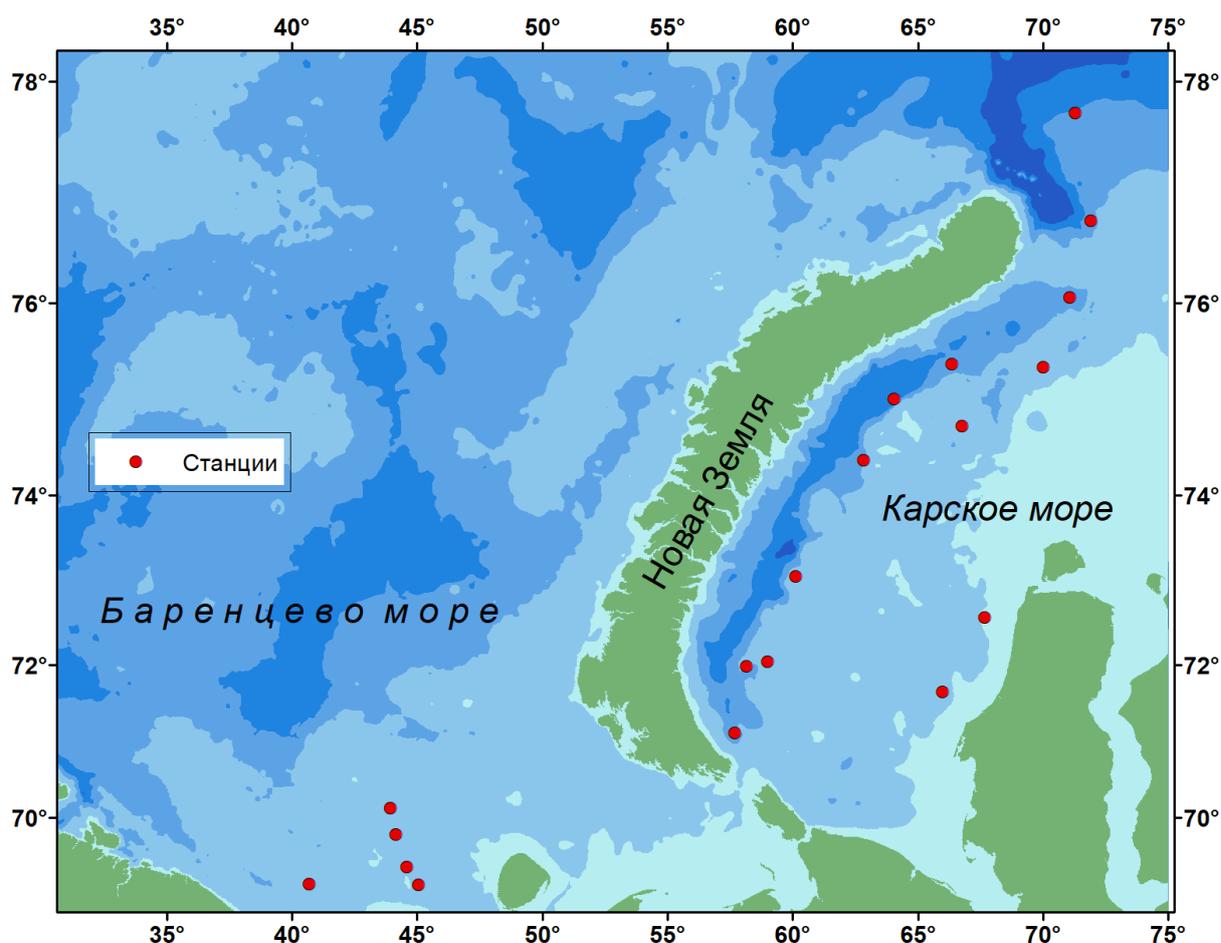


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб ДО в Баренцевом и Карском морях

Fig. 1. Schematic map of BS sampling stations in the Barents and Kara seas

В ходе исследований было проанализировано порядка 19 проб донных отложений из Баренцева и Карского морей; для этого в работе использованы ситовой и спектрофотометрический методы (рис. 2) [ГОСТ 12536-2014; ГОСТ 25100-2011; ГОСТ 26213-91]. Подготовка проб к спектрофотометрии проводилась модифицированным методом И. В. Тюрина [Стандартная рабочая методика..., 2021]. Для определения морских ДО использовали классификацию В. И. Гуревича и Н. И. Казакова [Гуревич, Казаков, 1981].



Рис. 2. Внешний вид проб ДО Баренцева моря и колонки сит для гранулометрического анализа (фото Д. Д. Басанговой)

Fig. 2. The appearance of samples BS to the Barents Sea and columns of sieves for granulometric analysis (photo by D. D. Basangova)

### Результаты и обсуждение

Анализ гранулометрического состава показал, что на большинстве исследованных станциях Баренцева моря преобладали фракции мелкого песка с примесью крупного алеврита, и согласуется с данными, полученными ранее [Новиков, Драганов, 2021]. В донных отложениях Карского моря на всех станциях преимущественно встречался мелкий алеврит с примесью песка различной крупности, что говорит о преимущественно мелкозернистом характере донных отложений (Таблица).

Таблица. Результаты гранулометрического анализа состава ДО Карского моря (массовые %)

Table. Results of granulometric analysis of the composition BS to the Kara Sea (mass %)

№ стан-ции	Гранулометрический состав грунтов, мм							Наименование типа ДО
	<0,063	0,063 – 0,125	0,125– 0,25	0,25– 0,5	0,5–1	1-2	2<	
1	79,27	7,12	11,67	0,89	0,33	0,33	0,39	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
2	77,76	7,42	12,39	0,79	0,30	1,29	0,06	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
3	57,05	14,09	16,83	4,10	3,01	0,55	4,38	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
4	65,17	6,29	16,85	6,74	2,02	1,80	1,12	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
5	52,85	9,94	12,37	24,27	0,47	0,08	0,02	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
6	52,82	10,10	12,43	24,08	0,47	0,08	0,02	Мелкий алеврит с примесью среднего песка и ила
7	59,15	7,38	23,22	3,83	2,19	0,14	4,10	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
8	61,69	8,90	16,36	12,05	0,86	0,09	0,06	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
9	53,90	17,54	17,37	10,27	0,77	0,13	0,03	Мелкий алеврит с примесью крупного алеврита
10	73,48	7,92	13,06	4,08	1,22	0,20	0,02	Мелкий алеврит с примесью мелкого песка и ила
11	47,10	5,78	13,22	14,05	19,01	0,83	0,01	Среднепесчанистый мелкий алеврит
12	44,09	7,20	14,17	17,32	15,75	0,28	1,18	Среднепесчанистый мелкий алеврит
13	46,62	8,27	12,78	19,55	9,77	2,26	0,75	Среднепесчанистый мелкий алеврит

14	79,00	8,82	5,53	5,45	0,80	0,16	0,22	Мелкий алеврит с примесью крупного алеврита
----	-------	------	------	------	------	------	------	---

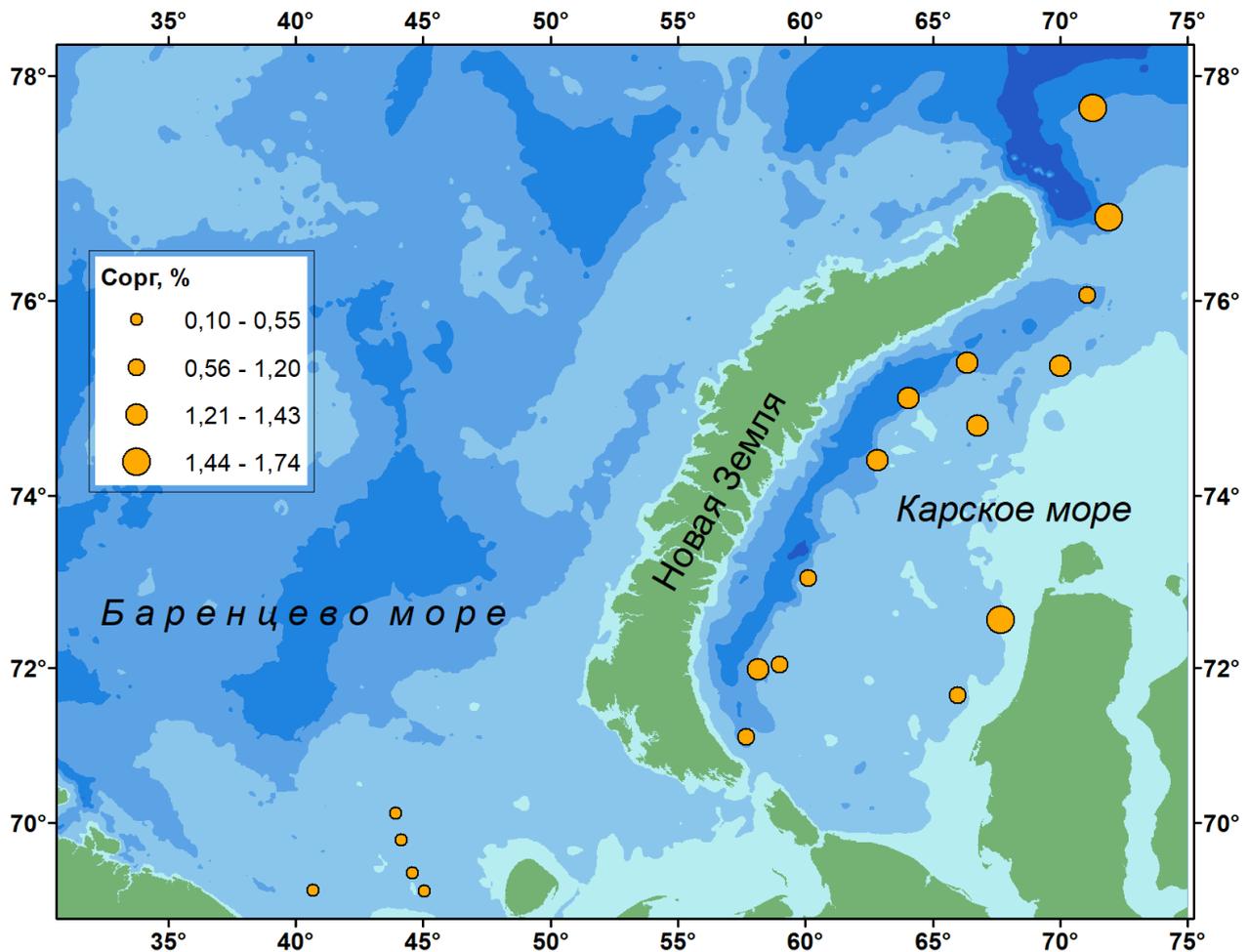


Рис. 3. Содержание Сорг в ДО Баренцева и Карского морей  
 Fig. 3. The content of Corg in the BS of the Barents and Kara seas

Результаты изучения содержания Сорг ДО представлены на рисунке 3. Содержание органического углерода в ДО Баренцева моря было от 0,10 до 0,55 %. В Карском море содержание Сорг было выше – в диапазоне 1,02-1,74 %. Среднее значение содержания органического углерода в Баренцевом море составило 0,35 %, в Карском море – 1,32 %. Полученные данные вполне согласуются с литературными источниками [Иванов, Валиев, Зиганшин, 2020; Сыромятников, Габдуллин, 2022].

В ходе анализа полученных данных было установлено, что содержание Сорг в донных отложениях хорошо коррелирует с глубиной станций отбора проб и тесно связано с их гранулометрическим составом ( $R = 0,95$ ) (рис. 4).

В ходе проделанной работы была показана зависимость между концентрацией Сорг и типом ДО, подтверждена гипотеза о том, что увеличение относительного содержания мелкозернистых фракций в составе ДО, как правило, сопровождается возрастанием содержания в них органического вещества.

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 65–70.

Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 65–70.

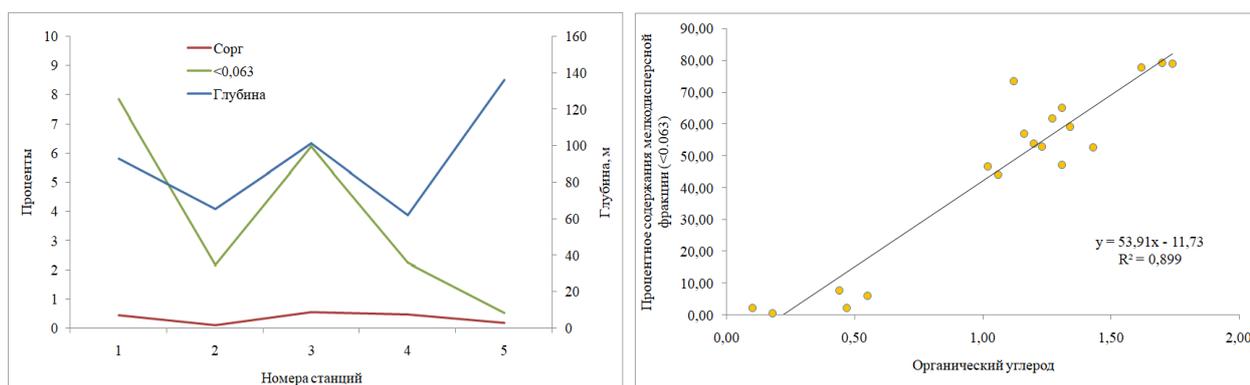


Рис. 4. Содержание мелкозернистой фракции (<0,063 мм), органического углерода и глубина отбора проб ДО (слева). Связь содержания Сорг с содержанием мелкозернистой фракций (справа).

Fig. 4. The content of fine-grained fraction (<0.063 mm), organic carbon and sampling depth UP TO (left). The relationship of the content of Sorghum with the content of fine-grained fractions (on the right).

## Выводы

По результатам работы были сделаны следующие выводы: 1. показано, что в ДО трех из пяти изученных станциях Баренцева моря преобладала фракция мелкого песка с примесью крупного алеврита. На одной станции преобладал мелкий гравий, еще на одной – средний песок; 2. в ДО Карского моря на всех станциях преобладала фракция мелкого алеврита с примесью песка различной крупности. Это говорит о преимущественно мелкозернистом характере исследованных ДО Карского моря; 3. отмечено, что для мелководной части шельфа характерны крупнозернистые донные отложения (песок и гравий), тогда как ДО более глубоких участков, впадин и их склонов преимущественно состоят из алевритов и пелита; 4. выявлено, что глубина отбора проб ДО и содержание мелкодисперсной фракции в них коррелируют между собой на уровне  $R = 0,55$ ; 5. измеренное содержание органического углерода в ДО Баренцева моря изменяется в интервале от 0,10 до 0,55 %, а Карского моря – в диапазоне 1,02-1,74 %; 6. отмечено, что содержание Сорг в донных отложениях положительно коррелирует с глубиной станций отбора проб ( $R = 0,53$ ); 7. установлено, что содержание органического углерода в ДО тесно связано ( $R = 0,95$ ) с содержанием в них мелкозернистой фракции (<0,063 мм).

## Список источников

- ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: дата введения 2015-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с.
- ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация: дата введения 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 63 с.
- ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества: дата введения 1993-07-01. М.: Издательство стандартов, 1992. 8 с.
- Гуревич В. И., Казаков Н. И. Состав и фациально-динамические типы донных отложений южной части Баренцева моря // Литология и палеогеография Баренцева и Карского морей. Л.: ПГО «Севморгеология», 1981. С. 41-54.
- Иванов Д. В., Валиев В. С., Зиганшин И. И. Структурная взаимосвязь гранулометрического состава, содержания органического вещества и тяжелых металлов в донных отложениях. № 2 (22). Российский журнал прикладной экологии, 2020. С. 23-30.
- Новиков М. А., Драганов Д. М. Атлас загрязнения донных отложений Баренцева моря. Мурманск: ПИНРО им. Н. М. Книповича, 2021. 183 с.

Проблемы Арктического региона: Тр. XXI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов (Мурманск, 15–16 мая 2024 г.). Мурманск, 2024. С. 65–70.  
Problems of the Arctic region: Proceedings of the XXI International Scientific Conference for Students and Postgraduates (Murmansk, 15–16 May 2024). Murmansk, 2024. pp. 65–70.

*Стандартная рабочая методика* для органического углерода почвы. Спектрофотометрический метод  
Тюрина. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций,  
2021. 26 с.

*Сыромятников К. В., Габдуллин Р. Р.* Закономерности распределения гранулометрических типов  
современных донных осадков и органического углерода по глубине в западной части Баренцева  
моря. Т. 4, № 4. Вестник московского университета, 2022. С. 51-61.

## References

*GOST 12536-2014.* Grunty`. Metody` laboratornogo opredeleniya granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava: data vvedeniya 2015-07-01. M.: Standartinform, 2019. 23 p. (In Russ.).

*GOST 25100-2011.* Grunty`. Klassifikaciya: data vvedeniya 2013-01-01. M.: Standartinform, 2013. 63 p. (In Russ.).

*GOST 26213-91.* Pochvy`. Metody` opredeleniya organicheskogo veschestva: data vvedeniya 1993-07-01. M.: Izdatel'stvo standartov, 1992. 8 p. (In Russ.).

*Gurevich V. I., Kazakov N. I.* Sostav i facial'no-dinamicheskie tipy` donny`h otlozhenij yuzhnoj chasti Barenceva morya // Litologiya i paleogeografiya Barenceva i Karskogo morej. L.: PGO «Sevmorgeologiya», 1981. pp. 41-54. (In Russ.).

*Ivanov D. V., Valiev V. S., Ziganshin I. I.* Strukturnaya vzaimosvyaz` granulometricheskogo sostava, sodержaniya organicheskogo veschestva i tyazhelyh`h metallov v donny`h otlozheniyah. № 2 (22). Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii, 2020. pp. 23-30. (In Russ.).

*Novikov M. A., Draganov D. M.* Atlas zagryazneniya donny`h otlozhenij Barenceva morya. Murmansk: PINRO im. N. M. Knipovicha, 2021. 183 p. (In Russ.).

*Standartnaya rabochaya metodika dlya organicheskogo ugleroda pochvy`.* Spektrofotometricheskij metod Tyurina. Rim: Prodovol'stvennaya i sel'skohozyajstvennaya organizaciya Ob`edinenny`h Nacij, 2021. 26 p. (In Russ.).

*Syromyatnikov K. V., Gabdullin R. R.* Zakonomernosti raspredeleniya granulometricheskikh tipov sovremenny`h donny`h osadkov i organicheskogo ugleroda po glubine v zapadnoj chasti Barenceva morya. Т. 4, № 4. Vestnik moskovskogo universiteta, 2022. pp. 51-61. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 10.09.2024; одобрена после рецензирования 15.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.  
The article was submitted 10.09.2024; approved after reviewing 15.10.2024; accepted for publication 22.10.2024

## **АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ**

### **AUTOR INDEX**

<b>А</b>		<b>Л</b>	
Абрашкин А. В.	15	Лазутина В. С.	30
Абрашкина А. В.	15		
Алексиков С. С.	46	<b>Н</b>	
		Новиков М. А.	65
<b>Б</b>		<b>С</b>	
Басангова Д. Д.	9, 65	Савкина К. Н.	41
Бордиян В. В.	19, 35		
Боровинская Е. В.	19	<b>Т</b>	
<b>В</b>		Тюкина О. С.	15
Воронько Н. Г.	35	<b>Х</b>	
<b>Д</b>		Харламова М. Н.	9, 65
Деркач С. Р.	35	<b>Ш</b>	
<b>Е</b>		Шерстюк Е. С.	15
Ефимова Н. Б.	56	Шокина Ю. В.	41
<b>Ж</b>		Штепа А. П.	50
Жукова Л. А.	25	<b>Ю</b>	
<b>И</b>		Юзофатов Е. В.	46
Иванчук Н. В.	25, 30		
<b>К</b>			
Колотова Д. С.	19, 35		
Косарев И. Ю.	61		
Кравец П. П.	15		
Кучина Ю. А.	35		



ПОЛЯРНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ФИЦ КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН  
МУРМАНСКИЙ АРКТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МУРМАНСКИЙ МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН

