

АҘСНЫ АҘЦААРАДЫРРАҚӘА РАКАДЕМИА

АКАДЕМИЯ НАУК АБХАЗИИ

ACADEMY OF SCIENCES OF ABKHAZIA



ACADEMIA

АПСНЫ АТЦААРАДЫРРАҚӘА РАКАДЕМИА

АДЫРРАТҒАРА

№ 9

Асерия «Ацсабаратә тцаарадыррақәа»

Аредактор хада

Цьануа Зураб Цьота-ица – афилологиятә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР академик

Асерия аредакциятә еилазаара

Асерия атакзыпчықәу аредакторцәа:

Бебиа Сергеи Михаил-ица – абиологиятә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР академик

Екба Ианварби Али-ица – афизика-математикатә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР академик

Аиба Лиосик Ианкәа-ица – ақытанхамсатә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР академик

Дбар Роман Саид-ица – абиологиятә тцаарадыррақәа ркандидат, адоцент

Лаиәриа Роберт Андреи-ица – афизика-математикатә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР алахәыла-корреспондент

Маланзиа Виктор Илия-ица – абиологиятә тцаарадыррақәа ркандидат, адоцент

Марколиа Анатоли Иван-ица – атехникатә тцаарадыррақәа рдоктор, ААР алахәыла-корреспондент

Чачаков Александр Фиодор-ица – атехникатә тцаарадыррақәа ркандидат

Шевцова Зинаида Всеволод-ица – амедицинатә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР академик

ББК 72.4 (5Абх)

В 38

Атыжымта акыпчы иаздырхиеит: *Н.С. Барцыц, И.П. Соловиова, Г.А. Страничкина, С.О. Хацым*

Ацсны атцаарадыррақәа ракадемия Адырратара / Аред. хада З.Ць. Цьануа. Асерия «Ацсабаратә тцаарадыррақәа». Акәа: Academia, 2019. № 9. 185 д.

2005 шықәсазы ишьатаркуп. Шықәсык знык итыцуеит

«ААР Адырратара» Ацсны атцаарадыррақәа ракадемия апрезидиум анапхгарала итыцуеит

Иахкыпчыуа аматериалкәа аредакциятә еилазаара ргәаанагара иакәым-шәаргы калоит

Аредакция атызтып: 384900, Ацсны Ахәынтқарра, Акәа ақ.,

Академик Марр имсәду, 9

Ател: +7(840)226 9740; +7(840)226 6635

E-mail: akademana@mail.ru

ААР асайт: www.anra.info

ISBN 978-5-98585-256-1

Акәа
Academia
2019

© Ацсны атцаарадыррақәа ракадемия, 2019
© Academia

ВЕСТНИК

АКАДЕМИИ НАУК АБХАЗИИ

№ 9

Серия
«Естественные науки»

Главный редактор

Джапуа Зураб Джотович – доктор филологических наук, профессор, академик АНА

Редакционная коллегия серии

Ответственные редакторы:

Бебия Сергей Михайлович – доктор биологических наук, профессор, академик АНА

Экба Январби Алиевич – доктор физико-математических наук, профессор, академик АНА

Айба Лесик Янкович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик АНА

Дбар Роман Саидович – кандидат биологических наук, доцент

Ласурия Роберт Андреевич – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент АНА

Маландзия Виктор Ильич – кандидат биологических наук, доцент

Марколия Анатолий Иванович – доктор технических наук, член-корреспондент АНА

Чачаков Александр Федорович – кандидат технических наук

Шевцова Зинаида Всеволодовна – доктор медицинских наук, профессор, академик АНА

Выпуск подготовили: *Н.С. Барцыц, Ю.П. Соловьева, Г.А. Страничкина, С.О. Хаджим*

Вестник Академии наук Абхазии / Гл. ред. З.Д. Джапуа. Серия «Естественные науки». Сухум: Academia, 2019. № 9. 185 с.

Основан в 2005 году. Выходит один раз в год

«Вестник АНА» издается под руководством президиума Академии наук Абхазии

Публикуемые материалы не обязательно отражают точку зрения редколлегии

Адрес редакции: 384900, Республика Абхазия, г. Сухум, ул. Академика Марра, 9

Тел.: +7(840)2269740; +7(840)2266635

E-mail: akademana@mail.ru

Сайт АНА: www.anra.info

ISBN 978-5-98585-256-1

Сухум
Academia
2019

© Академия наук Абхазии, 2019
© Academia

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF ABKHAZIA

No. 9

Series of Natural Sciences

Chief Editor

Dzhapua Zurab Djotovich – doctor of philological sciences, professor, academician of ASA

Editorial Board of the series:

Executive editors:

Bebia Sergey Mikhailovich – doctor of biological sciences, professor, academician of ASA

Ekba Yanvarbi Alievich – doctor of physics and mathematics, professor, academician of ASA

Ayba Lesik Jankovich – doctor of agricultural sciences, professor, academician of ASA

Dbar Roman Saidovich – candidate of biological sciences, associate professor

Lasuria Robert Andreevich – doctor of physics and mathematics, professor, correspondent member of ASA

Malandzia Viktor Ilich – candidate of biological sciences, associate professor

Markolia Anatoly Ivanovich – doctor of technical sciences, correspondent member of ASA

Chachakov Alexandr Phiodorovich – candidate of technical sciences

Schevtsova Zinaida Vsevolodovna – doctor of medical sciences, professor, academician of ASA

The issue was prepared by *N.S. Bartsyts, Y.P. Soloviova, G.A. Stranichkina, S.O. Khadzhim*

Bulletin of the Academy of Sciences of Abkhazia / Ch. Ed. Z.D. Dzhapua. A series of natural sciences. Sukhum: Academia, 2019. No. 185 p.

Date of foundation is 2005. Issued once a year

The “Bulletin” is published under the guidance of the Presidium of the Academy of Sciences of Abkhazia

Published materials do not necessarily reflect the views of the editorial board

Address of the editorial office: 384900, Republic of Abkhazia, Sukhum, 9 Akademika Marra str.

Tel.: +7 (840) 226 9740; +7 (840) 226 6635

E-mail: akademana@mail.ru

Website: www.anra.info

ISBN 978-5-98585-256-1

Sukhum
Academia
2019

© Academy of Sciences of Abkhazia, 2019
© Academia

АТЦАКЫ • СОДЕРЖАНИЕ

АФИЗИКО-МАТЕМАТИКАТӘ, АТЕХНИКАТӘ

ТЦААРАДЫРРАҚӘА •

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Марколия А.И., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф.* Исследования электро-физических характеристик полупроводниковых пленок теллура висмута Р и N-типа, сформированных на алюминии, при воздействии на них поперечного теплового потока. 10
- Марколия А.И., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф.* Исследования тонких низкотемпературных термоэлектрических полупроводниковых пленок, формируемых на установке с магнетронной распылительной системой. 23
- Пачулия Н.Л.* О точках сильной суммируемости интегралов Фурье. . . 38
- Хашба Л.А.* О точках φ сильной суммируемости и двойных рядов Фурье 49

АМЕДИЦИНА-БИОЛОГИАТӘ, АҚЫҒАНХАМФӘТӘ

ТЦААРАДЫРРАҚӘЕИ

АДГЪЫЛ ИАЗКУ АТЦААРАДЫРРАҚӘЕИ •

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ И НАУКИ О ЗЕМЛЕ

- Матуа А.З., Траґишь Х.З., Горухчиева Ф.А, Амаба С.Т., Смыр С.Ць., Цьидариан А.А., Кэыбраа Ць.Т., Амичба А.А, И.Гь. Концьариа И.Гь., Шевцова З.В., Амқаб З.И.* Еиуеипшым ақэранцьарақэа змоу ауаа ргэыцкэа реицьыршрала имфәцгоу Апсны ауаапсыра ргэызфыдаратә (риммунологиатә) тагылазашья атцаара 60
- Миквабия З.Я.* Клинический анализ последствий огнестрельных ранений конечностей 67
- Бебия С.М., Лейба В.Д., Жукова Е.А.* Проблемы состояния каштановых лесов Абхазии 76
- Ермаков Н.Б., Лейба В.Д., Шевчук О.М., Плугатарь Ю.В.* Находка третичного реликта *Osmunda regalis L* в лесах Колхидской равнины (Республика Абхазия) и эколого-фитоценологические условия его произрастания. 81
- Хачева С.И.* Биоразнообразие и экологические особенности биоты грибов восточной части Абхазии 87
- Цыбулевская М.В.* Сравнительная характеристика локальных популяций *RAPANA THOMASIANA CROSSE (MOLLUSCA, GASTROPODA)* в Черном море у берегов Абхазии 94

- Айба Л.Я.* Культура алычи (*Prunus cerasifera Ehrh*) в Абхазии 106
- Хватыш Г.А.* Результаты изучения новых гибридов F₁ томата и F₁ огурца в пленочных теплицах на солнечном обогреве в Абхазии 112
- Кенигсбергер Г.В., Елистратов В.П.* Калибровка стационарной гидроакустической трассы для измерения гидрофизических характеристик морской среды 119

АҚӘРАНЫХӘА • ЮБИЛЕИ

- Дбар Р.С., Марколия А.И., Сизов И.И.* 70 лет гидрофизических исследований в Абхазской акватории Черного моря. 130
- Миквабия З.Я., Гварамия А.А.,* Владимиру Спиридоновичу Барпкая - 90 лет 153
- Миквабия З.Я.* К юбилею академика Академии наук Абхазии, видного вирусолога Зинаиды Всеволодовны Шевцовой 158
- Айба Л.Я., Губаз Э.Ш.* Надежда Лакоба – авторитет в аграрной науке. (К 80-летию со дня рождения) 163
- Дбар Р.С.* Океанология как дело жизни. (К 85-летию Вадима Медведевского) 167
- С. М. Читанава.* Исследования флоры Колхиды стали судьбой (80 лет исполнилось Зурабу Иосифовичу Адзинба) 170
- Ашкэы ыцкэа / Новые книги.* 177
- Авторцэа ирызкны / Сведения об авторах.* 179
- «ААР Адырратара» авторцэа рзы аинформация / Информация для авторов журнала «Вестник АНА»* 181

**АФИЗИКА-МАТЕМАТИКАТӘ, АТЕХНИКАТӘ
ТЦААРАДЫРРАҚӘА •
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

А. И. Марколия, А. П. Тимошенко, А. Ф. Чачаков

**ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ
МАТЕРИАЛОВ ТЕЛЛУРА ВИСМУТА Р И N-ТИПА,
СФОРМИРОВАННЫХ НА АЛЮМИНИИ, ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
НА НИХ ПОПЕРЕЧНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА**

Аннотация: *Отработана технология формирования пленок Р и N-типа на основе материалов Bi_2 , Te_3 на металле (алюминий). Проведены исследования электрофизических характеристик пленок низкотемпературных полупроводниковых материалов, нанесенных на кубики из алюминия, при воздействии на них поперечного теплового потока. Исследования велись в области низких температур (~ 300 К). Результаты исследований указывают на перспективу использования низкотемпературных термоэлектрических материалов на основе теллура и висмута при комнатных температурах (~ 300 К).*

Ключевые слова: *висмут и теллур, низкотемпературные термоэлектрические материалы, исследования электрофизических характеристик:*

Введение

Исследованиям электрофизических характеристик полупроводниковых пленок на основе материалов Bi_2 , Te_3 на металлическую (алюминиевую) поверхность предшествовала отработка их формирования на установке с магнетронной распылительной системой (МРС). Исследования их электрофизических характеристик представляют не только академический научный, но и прикладной интерес. Исследования полупроводниковых пленок Р и N-типа, нанесенных на алюминиевые кубики, проводились на собранном из них одиночном термоэлементе под воздействием поперечного теплового потока по способу, предложенному в работе Л.И. Анатычука (Анатычук 2003: 5–18).

Для отработки формирования низкотемпературных полупроводниковых пленок на металле потребовалась доработка установки с МРС с воздушным охлаждением катодного узла (Тимошенко, Чачаков 2016: 273–

285). При формировании полупроводниковых пленок на металлической поверхности кроме сохранения стехиометрии материала, переносимого с катода-мишени на подложку, необходимо исключить возможность попадания посторонних примесей. Чтобы предотвратить побочные разряды при возможном распылении конструкционных деталей рабочей камеры (РК), катодный узел был электрически изолирован. При этом материал катода-мишени использовался более экономично (до 75 %).

Описание экспериментальной установки

На рисунке 1 приведена схема установки «Батискаф» с МРС. Локализацией разряда вблизи поверхности катода-мишени (3), где силовые линии электрического поля E (4) перпендикулярны силовым линиям магнитного поля H (10), достигается увеличение интенсивности распыления. Используется горизонтальная составляющая магнитного поля H_r (Тимошенко, Чачаков 2016: 149–156)

Различная скорость испаряемости составляющих полупроводниковых материалов Bi и Te потребовала создания вращающегося магнитного поля с подбором его конфигурации.

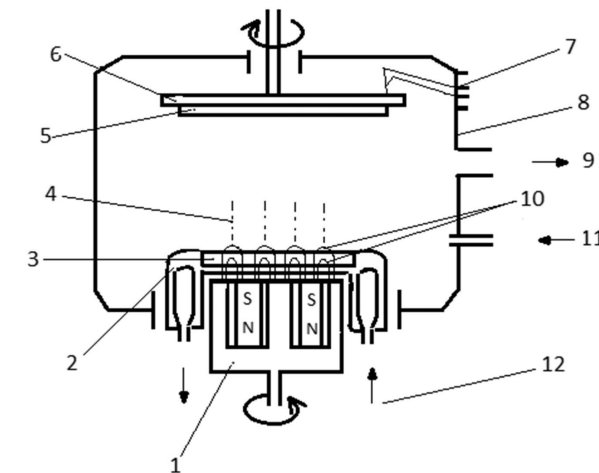


Рисунок 1. Схема устройства МРС с водяным охлаждением изолированного катодного узла: 1 – магнитная система; 2 – катодный узел; 3 – катод-мишень; 4 – силовые линии электрического поля E ; 5 – подложка; 6 – держатель подложки; 7 – термopара; 8 – вакуумная камера; 9 – откачка; 10 – силовые линии магнитного поля H ; 11 – рабочий газ;

12 – водяное охлаждение

Это позволило последовательно распылять участки катода-мишени без их перегрева. С этой целью экспериментально были проверены различные варианты конфигураций магнитного поля. Оптимальным стал вариант свечения разряда над катодом в виде двух сегментов, большого и малого (рисунок 2). При вращении магнитов заданной конфигурации распыление площади катода-мишени происходит поочередно через полпериода по большому и малому сегментам. При этом площадь малого сегмента попадает внутрь большого.

Равномерное напыление образцов обеспечено вращением держателя подложки в противоположную сторону по отношению к вращению магнитного поля. Магнитную систему (1) и держатель подложки (6) вращали с одной и той же скоростью (1,75 об/мин), но в противоположном направлении.

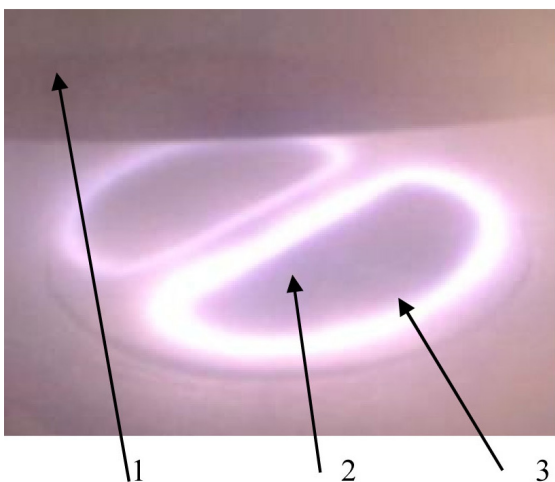


Рисунок 2. Фото свечения разряда (на катоде) в межэлектродном промежутке с магнитами в виде сегментов: 1 – держатель подложки, 2 – полупроводниковый катод; 3 – область плазменного свечения над катодом-мишенью

Объем РК с вакуумным патрубком составлял 30 литров, из них объем РК – 20 литров. Обеспечение рабочего вакуума ($p \approx 3 \cdot 10^{-3}$ Па) достигалось форвакуумным «АВР-150» и турбомолекулярным «ГМН-450» насосами.

Изолированный катодный узел, охлаждаемый водой, крепится к нижнему фланцу (рисунок 1) объема РК установки «Батискаф». К катоду для охлаждения подводится вода по шлангам (диаметр проходного отверстия 10 мм).

При подаче на подложку отрицательного потенциала (до ~1000 В) происходит ионная очистка поверхности напыляемого образца, размещенного

на держателе подложки. На рисунке 3 приведен снимок разряда в межэлектродном промежутке катод – подложка при ионной очистке поверхности напыляемых образцов, размещенных на подложке. Ионная очистка увеличивает адгезию пленки с материалом образца (металл, стекло и др.).

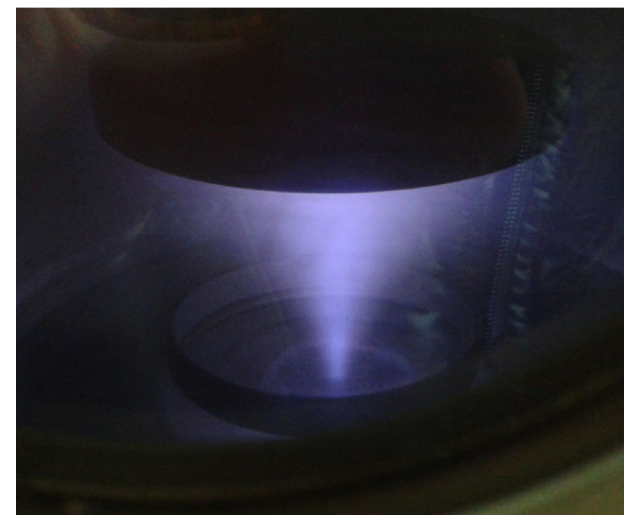


Рисунок 3. Фото разряда при ионной очистке подложки; потенциал подложки $U_n = -700$ В; ток разряда $I_p \approx 0,02$ А

В процессе отработки технологии нанесения пленок на образцах периодически регистрировали основные параметры МРС: разрядное напряжение U_p , ток разряда I_p , величину давления нейтрального газа p и – при необходимости – температуру подложки T_n .

По завершении нанесения тонких пленок образец извлекался из держателя подложки и заменялся новым. Образцы с нанесенными пленками отправлялись на стенды исследования основных параметров (толщина, пространственная неоднородность, сопротивление квадрата, адгезия). Анализ состава пленок, если возникала необходимость, осуществляется спектральными методами.

Перед нанесением пленок с заданными свойствами на подложку проводилась отработка технологии нанесения и исследования влияния параметров установки МРС на процесс формирования их пространственно-временных и электрофизических характеристик на образцах из стеклянных пластинок.

Измерение толщины металлической пленки на металле осуществлялось с использованием образцов-свидетелей из стекла. Образцы-свидетели располагались на держателе подложки в непосредственной близости от напыляемых образцов. Толщина пленки определялась на стеклянных образцах-

свидетелях в соответствии с инструкцией и описанием прибора «МИИ-4М» по сдвигу интерференционных полос, происходящему на ступеньках.

Ступеньки создавали на пленках, нанесенных на стеклянные образцы, путем царапин резцами. При снятии пространственных распределений толщины пленки на стеклянных пластинках для изготовления ступенек использовались специально изготовленные резцы. Ступеньки на полупроводниковых пленках можно было также создавать маской, например, из алюминиевой фольги или из стеклянных пластин.

Изготовление ступенек на пленках полупроводников во всех случаях требовало полного прилегания маски к напыляемой подложке. Полученные ступеньки должны были иметь четкие границы.

Для оценки пространственной неоднородности толщины пленки на образцах-свидетелях можно было использовать и неразрушающий метод (Гуния, Тимошенко, Чачаков 2015: 149–156).

При измерении сопротивления квадрата использовали прибор «Измеритель L, C, R цифровой Е7–8» с изготовленной «прищепкой», содержащей контактные зажимы из серебряных пластинок шириной 3 и длиной до 9 мм. Их размещали на заданном расстоянии (3, 6, 9 или 12 мм) таким образом, чтобы образовался квадрат со стороной $3 \times 3 \text{ мм}^2$, $6 \times 6 \text{ мм}^2$, $9 \times 9 \text{ мм}^2$ и $12 \times 12 \text{ мм}^2$. Следует отметить также, что при использовании «прищепки» с различными «квадратами» (вплоть до 12 мм^2) показания сопротивлений квадрата практически не менялись. Показания прибора с использованием «прищепки» не зависело и от субъекта, проводящего измерения сопротивления квадрата.

Адгезия полупроводниковых и металлических пленок оценивалась по площади отрыва скотчем, а также динамометром, являющимся продолжением резца при изготовлении ступенек.

Использовался также качественный метод оценки адгезии – метод «царапин» (Хасуи, Моригаки, 1985: 240). На хорошее качество адгезии указывала сохраненная часть пленки ($\Delta \approx 0,2 \text{ мм}$), не подверженная разрушению границ ступеньки, полученная методом царапин, специально изготовленным двойным резцом. Такой метод следует читать как оценку качества адгезии пленок со стеклянными и металлическими пластинами. Измерения показали, что величина адгезии N_v превышала $4 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Отработка формирования пленок позволяла наносить пленки низкотемпературных полупроводников Р и N-типа на основе материала Vi_2Te_3 на металлические образцы.

Полупроводниковые катоды имели сложный состав. К примеру, катод Р-типа имел состав: 74 % Sb_2Te_3 + 26 % Vi_2Te_3 + 0,02 % Pb.

Катоды были изготовлены методом высокотемпературного вакуумного прессования (по технологии С.П. Криворучко и М.И. Залдастанишвили).

Дополнительно экспериментальные образцы сформированных термоэлектрических пленок Р и N-типа на подложках из стекла и алюминия были исследованы в лаборатории кафедры твердого тела на факультете физики Московского государственного университета.

Микроскопические исследования показали, что пленки имеют поликристаллический, структурированный характер. Стехиометрический состав соответствовал термоэлектрическому материалу катода-мишени и его повторяемость сохранялась на всех образцах.

Исследования электрофизических характеристик пленок Р и N-типа под воздействием поперечного теплового потока

Испытания проводились на стенде, схематически представленном на рисунке 4. Общий вид стенда приведен на фото (рисунок 5). Пленки полупроводников Р и N-типа нанесены на алюминиевые металлические кубики ($10 \times 10 \times 10 \text{ мм}^3$). Пленки обоих типов плотно прилегают плоскостями к шлифованной поверхности корпуса нагревателя Н.

Показания милливольтметра сводились в таблицу данных термо-ЭДС E_{1-2} , E_{2-3} , E_{Σ} и температур T_1 , T_2 , T_3 . В алюминиевых кубиках с нанесенными пленками Р и N-типа по оси на расстоянии $\Delta L = 1,5 \text{ мм}$ от пленок (толщина 10 мкм) высверливались каналы диаметром 1 мм и глубиной 9 мм, в которых плотно размещались хромель-копелевые термопары.

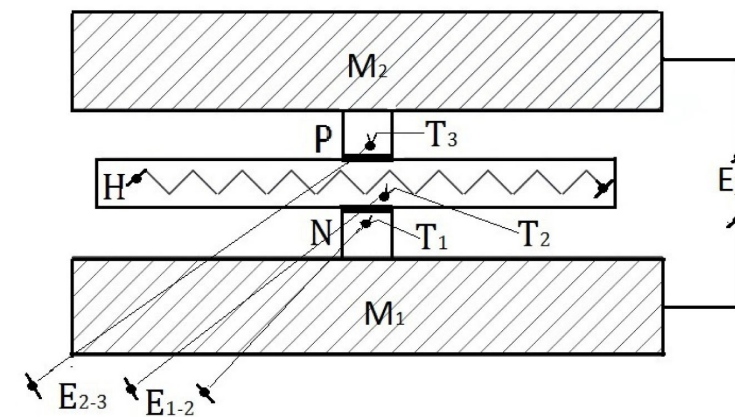


Рисунок 4. Схематический чертеж стенда для испытаний воздействия поперечного потока тепла на низкотемпературные полупроводниковые пленки

Показания милливольтметра сводились в таблицу данных термо-ЭДС E_{1-2} , E_{2-3} , E_{Σ} и температур T_1 , T_2 , T_3 . В алюминиевых кубиках с нанесенными пленками Р и N-типа по оси на расстоянии $\Delta L = 1,5$ мм от пленок (толщина 10 мкм) высверливались каналы диаметром 1 мм и глубиной 9 мм, в которых плотно размещались хромель-копелевые термопары.

Показания измерений с термопар (хромель-копель) и потенциальных выводов (регистрация термо-ЭДС) проводами подсоединялись к переключателю и далее к милливольтметру. Регистрация термо-ЭДС и температуры хромель-копелевыми термопарами велась практически одновременно путем использования пакетного переключателя.

Корпус нагревателя был изготовлен из алюминия ($11,5 \times 9,5 \times 1,6$ см³). В корпусе в кварцевых трубках размещалась спираль из нихрома. Суммарная площадь ее верхней и нижней плоской частей составляла $S = 208$ см². При подаче мощности на нагреватель $W = 44$ Вт и при выводе на стационарный режим регистрируется величина температуры и термо-ЭДС.

Разность температур ΔT создается при рассеянии поперечного теплового потока от нагревателя через пленки металлическими брусками с массами M_1 и M_2 ($M_1 = M_2$). Момент выхода температуры термопар на насыщение можно считать моментом выхода на стационарный режим.

Ниже в качестве примера приведены результаты измерений (см. таблицы 1–3).

Таблица 1

T_1 , мВ	ΔT_{1-2} , мВ	T_2 , мВ	ΔT_{2-3} , мВ	T_3 , мВ	E_{1-2} , мВ	E_{2-3} , мВ	E_{Σ} , мВ
0,5	0,6 (9 °C)	1,1	0,6 (9 °C)	0,5	2,3	2,5	3,9

Данные обработки таблицы 1:

$$\alpha_{n,1-2} = E_{1-2}/\Delta T_{1-2} \approx 2300/9 \approx (257 + 17) \text{ мкВ/}^\circ\text{C} = 274 \text{ мкВ/}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{p,2-3} = E_{2-3}/\Delta T_{2-3} \approx 2500/9 = (278 - 17) \text{ мкВ/}^\circ\text{C} = 261 \text{ мкВ/}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{\Sigma} = E_{\Sigma}/\Delta T = 435 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}.$$

Таблица 2

T_1 , мВ	ΔT_{1-2} , мВ	T_2 , мВ	ΔT_{2-3} , мВ	T_3 , мВ	E_{1-2} , мВ	E_{2-3} , мВ	E_{Σ} , мВ
0,85	0,75 (11,3 °C)	1,6	0,8 (11,5 °C)	0,9	2,8	3,1	4,7

Данные обработки таблицы 2:

$$\alpha_{n,1-2} = E_{1-2}/\Delta T_{1-2} \approx 2800/11,3 \approx (247 + 17) \text{ мкВ/}^\circ\text{C} = 264 \text{ мкВ/}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{p,2-3} = E_{2-3}/\Delta T_{2-3} \approx 3100/11,5 = (295 - 17) \text{ мкВ/}^\circ\text{C} = 278 \text{ мкВ/}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{\Sigma} = E_{\Sigma}/\Delta T = 413 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}.$$

Таблица 3

T_1 , мВ	ΔT_{1-2} , мВ	T_2 , мВ	ΔT_{2-3} , мВ	T_3 , мВ	E_{1-2} , мВ	E_{2-3} , мВ	E_{Σ} , мВ
0,85	0,8 (12 °C)	1,65	0,75 (11,5 °C)	0,9	2,8	3,2	4,9

Данные обработки таблицы 3:

$$\alpha_{n,1-2} = E_{1-2}/\Delta T_{1-2} \approx 2800/12 \approx (233 + 17) \text{ мкВ/}^\circ\text{C} = 250 \text{ мкВ/}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{p,2-3} = E_{2-3}/\Delta T_{2-3} \approx 3200/11,5 = (279 - 17) \text{ мкВ/}^\circ\text{C} = 262 \text{ мкВ/}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{\Sigma} = E_{\Sigma}/\Delta T = 417 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}.$$

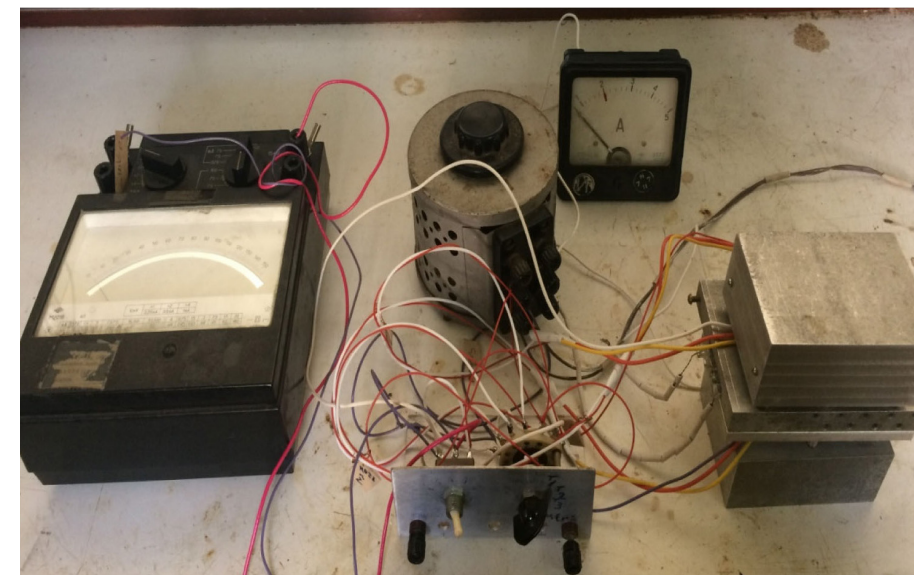


Рисунок 5. Общий вид стенда измерений температуры и термической ЭДС в точках (рисунок 4) под воздействием поперечного теплового потока.

Плотность теплового потока определяется как отношение

$$w \approx W/S$$

$$w = 44/208 = 0,212 \text{ Вт/см}^2.$$

На длине «стержня» из алюминия по оси от поверхности пленок полупроводников Р и N-типа были изготовлены отверстия параллельно плоскости пленок глубиной 9 мм, диаметром 1 мм – на глубине $\Delta L_{II} = 1,5$ мм, в которых были плотно размещены хромель-копелевые термопары и потенциальные выводы.

В стационарном режиме оценки величин коэффициентов термической ЭДС α_n , α_p на основе приведенных выше значений термической ЭДС E_{1-2} ,

E_{2-3} , температур T_1, T_2, T_3 и разности температур $\Delta T_{1-2}, \Delta T_{2-3}$ дают следующие результаты: (Таблица 1) $\alpha_{n,1-2} = 274 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$; $\alpha_{p,2-3} = E_{2-3}/\Delta T_{2-3} = 261 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$.

Усредненные по таблицам значения коэффициентов термической ЭДС приведены ниже: $\alpha_{n,1-2} = 263 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$; $\alpha_{p,2-3} = E_{2-3}/\Delta T_{2-3} = 266 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$.

Приведенные результаты в стационарном, устоявшемся режиме $\alpha_{n,1-2} = 250 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$; $\alpha_{p,2-3} = 262 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$ получены с учетом того, что $\alpha_{Al} = 17 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$;

результатирующее значение термической ЭДС термоэлемента $\alpha_\Sigma = E_\Sigma/\Delta T = 417 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$.

Таким образом, для усредненных значений имеем: $\alpha_{n,1-2} \approx 263 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$; $\alpha_{p,2-3} = 266 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$ при $\alpha_\Sigma \approx 437 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$. Результатирующая термической ЭДС в стационарном режиме $\alpha_\Sigma \approx 437 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$ всегда меньше суммы термической ЭДС пленок P и N-типа ($\alpha_{n,1-2} + \alpha_{p,2-3} \approx 529 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$).

При подсчете величины термической ЭДС термоэлемента α_Σ разность температур определяли как среднюю разность между ΔT_{1-2} и ΔT_{2-3} . Небольшое расхождение этих величин может быть обусловлено несколько отличающимися потерями на контактных переходах. Полученные результаты следует считать удовлетворительными. Они указывают на хорошее качество термоэлектрических материалов.

Рассмотрим систему, состоящую из полупроводниковых пленок P и N-типа, нанесенных на одну из сторон куба алюминия ($10 \times 10 \times 10 \text{ мм}^3$).

Известно, что воздух является хорошим изолятором. Величина его теплопроводности $\lambda = 0,024 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ и пренебрежимо мала в сравнении с коэффициентом теплопроводности «стержня» из алюминия $\lambda = 210 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

Иными словами, теплопроводность воздуха почти на четыре порядка меньше теплопроводности стержня из алюминия. Можно считать, что стержень с полупроводниковой пленкой практически изолирован от окружающей среды.

В соответствии с рисунком 4 тепловой поток направлен нормально к плоскости полупроводниковой пленки, нанесенной на одну из плоскостей алюминиевого кубика площадью S . Поток тепла по проводнику («стержню») можно записать в виде:

$$Q = Wt = \lambda S t \Delta T/\Delta L, \quad (1)$$

где Q – поперечный тепловой поток через «стержень», W – мощность теплового потока, t – время, λ – коэффициент теплопроводности, $S = 1 \text{ см}^2$ – площадь сечения «стержня», ΔT – перепад температуры на длине стержня ΔL .

Из формулы (1) для стационарного режима получим формулу падения температуры ΔT на длине стержня, отстоящего от пленки полупроводника на $\Delta L_{Al} = 1,5 \text{ мм}$.

$$\Delta T = w \Delta L_{Al}/\lambda_{Al}, \quad (2)$$

По формуле (2) оценим падение температуры на длине $\Delta L_{Al} = 1,5 \text{ мм}$ при воздействии на алюминий поперечного потока тепла. Для удельной плотности мощности $w = W/S = 0,212 \text{ Вт/см}^2$ и упомянутых выше значений ($\Delta L_{Al} = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ см}$; $\lambda_{Al} = 2,1 \text{ Вт/см}\cdot\text{К}$) величина падения температуры составляет $\Delta T = 0,0714 \text{ К}$. Полученная величина падения температуры ΔT пренебрежимо мала в сравнении с измеренным значением падения температуры на сэндвиче ($\Delta T \approx 10 \text{ К}$), состоящем из полупроводниковой пленки и алюминиевого «стержня». Следовательно, можно считать, что все падение температуры без учета падения на контактах шлиф нагревателя – пленка происходит на слое полупроводниковых пленок P и N-типа толщиной 10 мкм .

Для оценки коэффициента теплопроводности $\lambda_{p,n}$ пленок материала теллура висмута (P и N-типа) при воздействии на них поперечного теплового потока воспользуемся аналогичной формулой (2), но для коэффициентов теплопроводности полупроводниковых материалов $\lambda_{p,n}$:

$$\lambda_{p,n} = w \Delta L_{p,n}/\Delta T \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что при устремлении толщины пленки $\Delta L_{p,n}$ к нулю коэффициент теплопроводности $\lambda_{p,n}$ также стремится к нулю. При этом теряется физическая сущность коэффициентов теплопроводности $\lambda_{p,n}$.

Оценка величины коэффициента теплопроводности для указанных выше параметров дает усредненную величину $\lambda_{p,n} \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/см}\cdot\text{К}$, которая существенно отличается от средних величин коэффициента $\lambda_{p,n}$ объемных полупроводниковых материалов ($15 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/см}\cdot\text{К}$) (Гольцман, Кутасов, Лукьянова 2010: 402–403).

Это может быть связано со способом формирования полупроводниковых пленок с их столбчатой структурой, вследствие чего поверхности соприкосновений такой пленки и шлифа поверхности нагревателя могут уменьшаться почти на два порядка.

Заключение

Применением установки с магнетронной распылительной системой и изолированным катодным узлом, а также подбором конфигурации вращающегося магнитного поля достигнуто увеличение коэффициента использования материала катода-мишени до 75 %. При этом созданы условия для

сохранения стехиометрии при переносе полупроводникового материала с катода-мишени на подложку.

Отработана технология формирования низкотемпературных полупроводниковых пленок P и N-типа на шлиф алюминиевой поверхности.

Создан стенд для определения коэффициентов теплопроводности и термо-ЭДС, полупроводниковых пленок P и N-типа при воздействии на них поперечного теплового потока.

На основании подсчета результатов измерений термо-ЭДС (E_{1-2} , E_{2-3} , E_{Σ}) и температуры T_1 , T_2 , T_3 определены значения величин коэффициентов термо-ЭДС α_n , α_p , α_{Σ} пленок P и N-типа $\alpha_{n,1-2} \approx 250$ мкВ/°С; $\alpha_{p,2-3} = 263$ мкВ/°С и результирующего $\alpha_{\Sigma} = E_{\Sigma}/\Delta T \approx 417$ мкВ/°С.

Это может быть связано со способом формирования полупроводниковых пленок и их столбчатой структурой (Марколия, Тимошенко, Чачаков 2018: 48–59). Вследствие этого поверхности соприкосновения такой пленки и поверхности нагревателя могут уменьшаться на порядки.

С учетом того, что истинная площадь соприкосновения пленки полупроводника занижена значительно, то измеренную величину теплопроводности пленок P и N-типа следует считать заниженной или «фиктивной».

Кроме того, истинная величина удельной плотности теплового потока по реальной площади пленки полупроводников со столбчатой структурой также значительно превосходит указанную выше ($w = 0,212$ Вт/см²).

Определены коэффициенты термической ЭДС пленок P и N-типа:

$$\alpha_{n,1-2} \approx 250 \text{ мкВ/}^{\circ}\text{С};$$

$$\alpha_{p,2-3} = 263 \text{ мкВ/}^{\circ}\text{С};$$

и результирующей $\alpha_{\Sigma} = E_{\Sigma}/\Delta T \approx 417$ мкВ/°С.

Полученные результаты термической ЭДС указывают на высокие их значения и, следовательно, на высокое качество материала изготовленных катодов-мишеней.

Осуществлена попытка оценки величины теплопроводности.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам отдела ОВПТ ГНУ «СФТИ АНА» А.Р. Ариба и А.Б. Гуния за помощь при проведении экспериментальных исследований.

Литература

Анатычук 2003: Анатычук Л.И. О физических моделях термоэлементов // Термоэлектричество. Черновцы, 2003. № 1. С. 5–18.

Гольцман, Кутасов, Лукьянова 2010: Гольцман Б.М., Кутасов В.А., Лукьянова Л.Н. Применение магнетронного распылителя в технологии термоэлектриков // Термоэлектрики и их применение. М., 2010. С. 402–403.

Гуния, Тимошенко, Чачаков 2015: Гуния А.Б., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. О неразрушающем методе контроля степени пространственной неоднородности металлических пленок, наносимых плазменными методами // Вестник Академии наук Абхазии. Серия естественных наук. Сухум, 2015. № 5. С. 149–156.

Марколия, Тимошенко, Чачаков 2018: Марколия А.И., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Особенности формирования тонких пленок низкотемпературных полупроводниковых материалов // Вестник Академии наук Абхазии. Серия естественных наук. Сухум, 2018. № 7. С. 48–59.

Тимошенко, Чачаков 2016: Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Магнетронная распылительная система с воздушным охлаждением катода. Вестник Академии наук Абхазии. Серия естественных наук. Сухум, 2016. № 6. С. 273–285.

Хасуи, Моригаки, 1985: Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Под ред. к.т.н. Н.Г. Шестеркина; пер. с японского В.Н. Попова. М., 1985. 240 с.

А. И. Марколия, А. П. Тимошенко, А. Ф. Чачаков

АРЦХАГАТӘ ЦӘАХӘА ЗЗОУЖЬУ АЛЛИУМИНИ АЛА ИШЬАҚӘЫРГЫЛОУ Р-и N-и ТЕЛЛУРИ ВИСМУТИ ХКҚӘА РЫБЖЪАРАМФАНГАГАТӘ ПЛИОНКАҚӘА РФЫМЦАМЧ-ФИЗИКАТӘ КАЗШЪАРБАҚӘА РЫҒЦААРА

Аннотация. *Ишьақәыргылоуп Bi_2Te_3 аматәашьарқәа рҕы (аллиумини аҕы) Р-и N-и хкқәа рыплиокақәа рышьақәгылара. Иҕҕаауп аллиумини иалхыз аҕшькәакықәа ирынҕаз, аҕхарра ззоужьыз зшыра лақәуи абжьарамфангагатәи матәашьарқәа рфымцамч-физикатә кәзшьарбақәа. Атҕаарақәа мөаҕан (~ 300 К) ашыра лақә иахьаҕанакуаз. Атҕаарақәа излаҳдырбаз ала, зшыра лақәу атермо-фымцамчтә матәашьарқәа аҕныҕкатәи аҕхарраҕ (~ 300 К) ахархәара рыҕазар алиоит.*

Ихадароу ажәакәа: *висмутителлури, зшыра лақәу атермо-фымцамчтә матәашьарқәа, афымцамч-физикатә кәзшьарбақәа рыҕҕаара.*

A. I. Markolia, A. P. Timoshenko, A. F. Chachakov

RESEARCHES OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTORS OF TELLURA AND BISMUTH P AND N-TYPE FILMS, FORMED ON ALUMINUM, UNDER THE IMPACT ON THERMAL FLOW ON THEM

Annotation: *A technology has been developed for the formation of P and N-type films based on Bi₂, Te₃ materials on metal (aluminum). Studies of the electrophysical characteristics of low-temperature semiconductor materials deposited on aluminum cubes under the action of transverse heat flux were carried out. Investigations were conducted at low temperatures (~ 300 K). Research results indicate the prospect of using low-temperature thermoelectric materials based on tellurium and bismuth materials at room temperatures (~ 300 K).*

Key words: *bismuth and tellurium, low-temperature thermoelectric materials, studies of electrophysical characteristics;*

А. И. Марколия, А. П. Тимошенко, А. Ф. Чачаков

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКИХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК, ФОРМИРУЕМЫХ НА УСТАНОВКЕ С МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Аннотация. *Представлены результаты отработки формирования тонких (толщиной Δ10 мкм и Δ60 нм) пленок низкотемпературных полупроводниковых материалов на основе соединений висмута и теллура и данные исследований их электрофизических характеристик. Исследования показали, что такие нанопленки имеют более высокие значения коэффициента термической ЭДС, которые могут быть обусловлены рассеянием фононов на границах кристаллитов. Для пленок величина коэффициента термической ЭДС α для N-типа толщиной Δ60 нм практически совпала с величиной α пленки толщиной Δ10 мкм. В то же время коэффициент термической ЭДС α пленки P-типа толщиной Δ60 нм превышал коэффициент α для пленок толщиной Δ10 мкм приблизительно в 1,9 раза, т. е. превышение значительное. Даже при равных величинах α для полупроводников пленки толщинами Δ60 нм и Δ10 мкм полученный эффект использования полупроводникового материала очевиден.*

Ключевые слова: *добротность, пленка, полупроводник, адгезия, магнитное поле.*

Введение

Важнейшей характеристикой термоэлектрического материала является его эффективность (добротность) Z , которая зависит от физических свойств полупроводникового материала и записывается в виде:

$$Z = \alpha^2 \sigma / \lambda,$$

где α , σ , λ – соответственно коэффициенты термической ЭДС, электропроводности и теплопроводности.

Из формулы следует, что для величины добротности полупроводниковый материал должен иметь большие величины α , σ и малую – λ . Параметры α и σ определяются электронными свойствами материала; теплопроводность же λ состоит из составляющих теплопроводности кристалли-

ческой решетки λ_p и электронной теплопроводности λ_e . Сущность решеточной теплопроводности λ_p заключается в способности ионов принимать и передавать тепловую энергию. Рост электронной теплопроводности λ_e приводит к снижению коэффициента термической ЭДС α , что ведет к сложности при оптимизации материала полупроводника по эффективности Z . Иными словами, существует задача создания материалов с оптимальными значениями коэффициентов α , σ и λ .

Увеличение добротности Z полупроводникового материала может быть достигнуто путем его локального объемного наноструктурирования (Булат, Дабкин, Каратаев и др. 2010: 1342; Кульбачинский, Кытин, Бланк и др. 2011: 1241–1245). В таком материале частицы, например, из нано-углеродных материалов (НУМ) располагают по границам частиц основного твердого раствора полупроводникового материала, создавая структуру типа «ядро – оболочка», добиваясь увеличения коэффициента электропроводности σ .

Эффекта увеличения добротности можно ожидать при использовании нанотонких пленок для применения их в термоэлектрических элементах за счет усиления рассеяния фононов на границах кристаллитов (Гольцман, Кутасов, Лукьянова 2010: 402–403).

В настоящей работе рассматривается упрощенная задача формирования нанотонких низкотемпературных полупроводниковых пленок и дальнейшего изучения и сравнения их электрофизических характеристик, толщины которых отличаются на несколько порядков ($\Delta \approx 10$ мкм и $\Delta < 100$ нм).

Для наноматериалов характерно значительное изменение их уникальных электрофизических свойств: механические, электрические, магнитные, оптические и другие свойства, значительно превосходящие их начальные (Волков 2017: 23–31). Другой характеристикой наноматериалов является их размерность, когда размеры в одном или нескольких измерениях уменьшаются до нанометров. В простейшем случае нановещества можно характеризовать геометрическими параметрами – от долей до нескольких десятков нанометров.

Научный и практический интерес представляет более простая задача формирования тонких нанопленок ($\Delta \leq 100$ нм), например, толщиной $\Delta \approx 50$ нм и изучения их электрофизических характеристик. К тому же, в случае успеха их использование для изготовления термических элементов (ТЭ) может обеспечить большую экономию дорогостоящего полупроводникового материала.

Использование термоэлектрических материалов с объемным наноструктурированием не привели к заметному положительному эффекту. В настоящей работе предпринята попытка отработки формирования тонких

нанопленок и изучения их электрофизических характеристик. Из приведенной выше формулы для добротности Z следует, что наиболее существенно ее величина зависит от коэффициента термической ЭДС и имеет квадратичный характер. Поэтому и было обращено внимание на величину коэффициента термической ЭДС при отработке формирования полупроводниковых пленок малой толщины – $\Delta \approx 60$ нм, которая должна возрастать за счет колебаний фононов на границе кристаллитов.

Для отработки тонких пленок низкотемпературных полупроводниковых материалов потребовалась доработка экспериментальной установки МРС «Батискаф» (Тимошенко, Чачаков 2016: 273–285), с воздушным охлаждением катода.

Описание экспериментальной установки

При формировании тонких термоэлектрических пленок ($\Delta \leq 100$ нм) необходимо не только строгое сохранение стехиометрии исходного материала при переносе его с мишени на подложку, но и исключение попадания посторонних примесей, чтобы не ухудшать их термоэлектрические свойства. Для предотвращения побочных разрядов с распылением конструктивных деталей и рабочей камеры (РК) установки «Батискаф» (Тимошенко, Чачаков 2016: 273–285) ее катодный узел был изолирован от корпуса.

На рисунке 1 схематически изображена установка «Батискаф» с магнетронной распылительной системой (МРС). Локализация разряда происходит вблизи поверхности мишени (3), где силовые линии электрического поля E (4) расположены нормально к силовым линиям магнитного поля H (10). Используется лишь составляющая силовой линии магнитного поля, параллельная плоскости катода-мишени.

При отработке формирования тонких пленок ($\Delta 10$ мкм) и нано ($\Delta 60$ нм) была использована конфигурация магнитного поля, при которой происходило свечение разряда в виде двух сегментов большого и малого (рисунок 2). При вращении магнитного поля распыление катода-мишени происходит поочередно через полпериода по большому и малому сегментам. При этом площадь малого сегмента попадает внутрь большого. Это исключало локальный перегрев распыляемой части катода-мишени и приводило к более полному использованию его площади.

Подбором заданной конфигурации и вращением магнитного поля достигнуто увеличение коэффициента использования дорогостоящего материала катода-мишени (до 75 %).

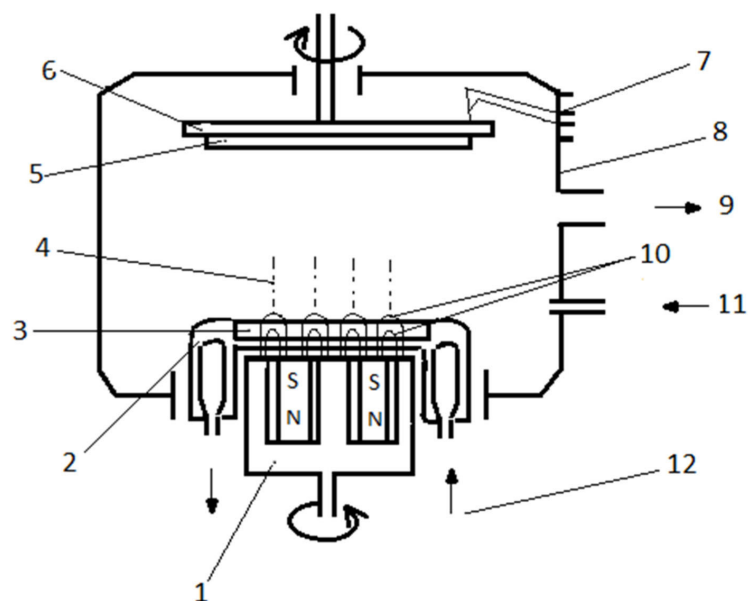


Рисунок 1. Схема устройства МРС с водяным охлаждением изолированного катодного узла: 1 – магнитная система; 2 – катодный узел; 3 – катод – мишень; 4 – силовые линии электрического поля E ; 5 – подложка; 6 – держатель подложки; 7 – термопара; 8 – вакуумная камера; 9 – откачка; 10 – силовые линии магнитного поля H ; 11 – рабочий газ; 12 – водяное охлаждение

Для формирования пространственной однородности по толщине полупроводниковой пленки вращение магнитной системы (1) и держателя подложки (6) осуществляли со скоростью 1,75 об/мин, но в противоположные стороны.

Объем рабочей камеры (РК) с вакуумным патрубком составлял 30 литров, из них объем РК – 20 литров.

Обеспечение рабочего вакуума $p \approx 3 \cdot 10^{-3}$ Па достигалось насосами; форвакуумным «НВР-150» и турбомолекулярным «ТМН-450».

Изолированный катодный узел, охлаждаемый водой, крепился к нижнему фланцу РК установки «Батискаф» (рисунок 1). Для охлаждения катодного узла к нему были подведены водяные шланги (диаметр отверстия 10 мм).

При подаче на подложку отрицательного потенциала (~ 1000 В) производилась ионная очистка поверхности напыляемого образца, размещенного на держателе подложки. Ионная очистка необходима не только для

качественного формирования, но и для увеличения адгезии пленки к материалу напыляемого образца (металл, диэлектрик).

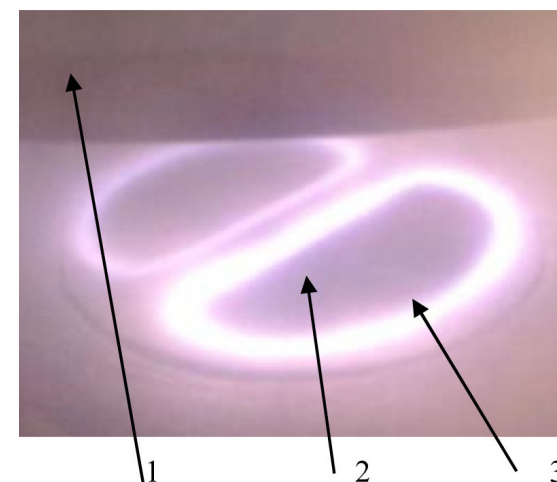


Рисунок 2. Фото свечения разряда (на катоде) в межэлектродном промежутке с магнитами конфигурации в виде сегментов: 1 – держатель подложки, 2 – полупроводниковый катод-мишень; 3 – область плазменного свечения над катодом

Для нанесения и исследования различных характеристик полупроводниковых пленок было сконструировано и изготовлено приспособление (рисунок 3), в котором размещали диэлектрическую пленку. В качестве диэлектрической пленки использовали полиэтилентерефталат (лавсан) калиброванной толщины ($\Delta 8$ мкм). Его физические свойства: температура размягчения – 245 °С, температура плавления – 260 °С; прочен, износостоек, однороден по толщине и является хорошим диэлектриком. Все эти свойства и определили выбор материала в качестве подложки для нанесения на него полупроводниковых пленок.

В приспособлении под матрицей располагали пленку лавсана. Далее приспособление с матрицей размещали на подложке установки МРС. В результате после напыления на диэлектрической пленке получали полупроводниковые пленки в виде полос шириной 5 мм и длиной 55 мм заданной толщины ($\Delta 10$ мкм и $\Delta 60$ нм).

На рисунке 4 в качестве примера представлено фото полупроводниковых пленок в виде полос Р-типа. Толщина полупроводниковой пленки – $\Delta 60$ нм.

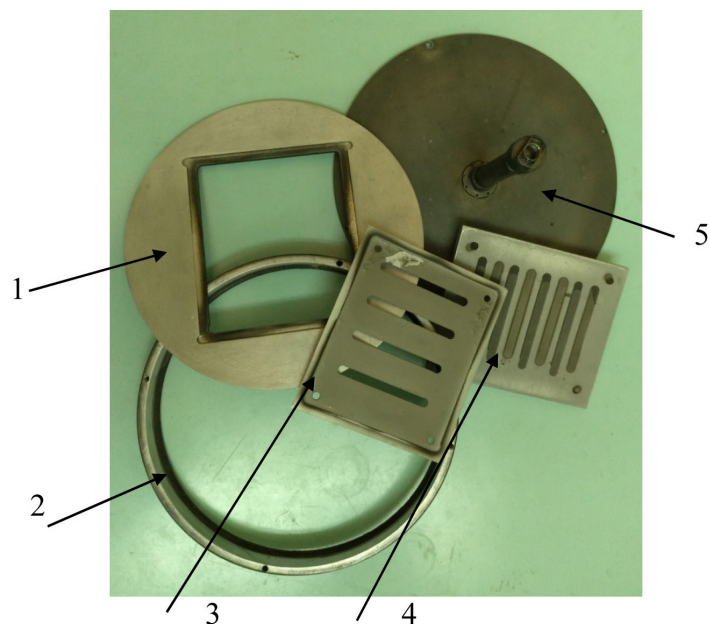


Рисунок 3. Подложка с приспособлениями для напыления полупроводниковых пленок на лавсановую пленку: 1 – диск для размещения матрицы; 2 – ограничительное кольцо; 3 – матрица; 4 – экран для тыльной стороны матрицы; 5 – крышка держателя подложки с регулируемым по высоте стержнем.

Как видно на фото, на пленке получены полосы полупроводниковой пленки на затемненном фоне с четкими границами. В действительности пленка лавсана прозрачная. На фото видны также блики – это отражение естественного освещения.

Технология формирования полупроводниковых пленок в процессе нанесения на пленку из лавсана требовала периодической регистрации основных параметров установки МРС: разрядного напряжения U_p и тока I_p , величины давления

По завершении нанесения пленок (время определялось опытным путем) образец извлекался и заменялся новым. Образцы с нанесенными тонкими полупроводниковыми пленками отправлялись на исследования их геометрических и электрофизических характеристик: толщина, пространственная неоднородность, сопротивление квадрата, адгезия и другие свойства. Анализ состава пленок, если возникала необходимость, осуществляли спектральными методами.



Рисунок 4. Фото нанопленок полупроводника N-типа на пленке лавсана нейтрального газа аргона p и, при необходимости, температуры подложки T_n .

Предварительная отработка технологии нанесения и исследования влияния параметров установки на формирование их пространственно-временных и электрофизических характеристик проводилась на образцах-свидетелях в виде стеклянных пластинок.

Определение толщины полупроводниковой пленки на металле осуществляли с использованием образцов-свидетелей из стекла, располагаемых на держателе подложки в непосредственной близости к напыляемым образцам. Измерение толщины пленки проводили по сдвигу интерференционных полос, происходящему на ступеньках пленка – стекло, в соответствии с инструкцией и описанием прибора микроинтерферометра «МИИ-4М».

Ступеньки создавали на полупроводниковых пленках, нанесенных на стеклянных пластинок образцов-свидетелей резцами. Ступеньки на пленках можно было также создавать маской, например, из алюминиевой фольги или стеклянных пластинок. Изготовление ступенек на пленках полупроводников всегда требовало обеспечения полного прилегания маски к напыляемой подложке. Полученные ступеньки должны иметь четкие границы.

Адгезия нанесенных на различные образцы полупроводниковых и металлических пленок оценивалась по площади отрыва скотчем, а также динамометром, являющимся продолжением резца при изготовлении ступенек на металлах и стеклянных пластинках.

Методом отрыва скотчем была определена адгезия пленок обоих типов и различных толщин. Испытания показали, что величина адгезии пленок полупроводников H_v значительно превышала 40 кГ/см^2 ($H_v > 10^6 \text{ Па}$). Адгезия превышала прочность лавсановой пленки, т. к. пленка лавсана рвалась, а полупроводниковая пленка сохранялась целой. При этом пленка полупроводниковая оставалась без видимых разрушений, она не откалывалась даже частично.

Использовался и качественный метод оценки адгезии на стекле и металле – метод «царапин» (Хасуи, Мorigаки, 1985: 240). На хорошее качество адгезии указывали сохранение и целостность части пленки (шириной $\Delta L \approx 0,2 \text{ мм}$), полученной методом царапин, специально изготовленным двойным резцом.

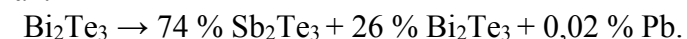
Именно этот метод следует считать оценочным для качества адгезии пленок, нанесенных на плоские поверхности как стеклянных, так и металлических пластин. Он (метод оценки) отличается простотой и его использовали для качественного контроля адгезии при нанесении царапин на пленки образцов-свидетелей при измерении их толщины.

Для измерения сопротивления квадрата был использован прибор «Измеритель L, C, R цифровой Е7-8» с «прищепкой» из изолирующего материала с изготовленными на ней контактами из серебряных пластинок шириной 3 и длиной до 9 мм. Это исключало субъективное влияние экспериментатора на определение величины сопротивления квадрата пленки. Размещенные на заданном расстоянии (3, 6 или 9 мм), они образовывали квадрат со стороной $3 \times 3 \text{ мм}^2$, $6 \times 6 \text{ мм}^2$ и $9 \times 9 \text{ мм}^2$.

Используя неразрушающий метод контроля степени неоднородности (Гуния, Тимошенко, Чачаков 2015: 149–156) по пространственному измерению сопротивления квадрата R_{\square} , определили, что степень неоднородности по длине пленки не превышает 3–5 %. Измерение сопротивления квадрата R_{\square} проводили по длине вдоль пленки с шагом 10 мм. На границах (концах) полупроводниковой пленки степень неоднородности толщины могла составлять 8–9 %, что может быть обусловлено распылением самого материала матрицы и внедрением дополнительных металлов, либо их окислов.

Отработка формирования пленок на образцах-свидетелях позволяет в перспективе наносить пленки низкотемпературных полупроводников Р и N-типа термоэлектрического материала (Bi_2Te_3) также на поверхности различных металлов и диэлектриков.

Тем не менее следует отметить, что полупроводниковые катоды-мишени имели сложный состав. К примеру, катод-мишень Р-типа имел состав:



Геометрия катода-мишени такова: диаметр $\varnothing 75 \text{ мм}$; высота $h = 2\text{--}3 \text{ мм}$. Катоды изготавливались по вакуумной высокотемпературной технологии прессования, разработанной в ГНУ «Сухумский физико-технический институт АНА».

Экспериментальные образцы сформированных термоэлектрических пленок Р и N-типа на подложках из стекла и алюминия были исследованы в лаборатории кафедры твердого тела на факультете физики в Московском государственном университете. Микроскопические исследования показали, что пленки имеют поликристаллический структурированный характер. Стехиометрический состав сохранялся и соответствовал термоэлектрическому материалу катода-мишени; его повторяемость сохранена на всех образцах.

Результаты испытаний пленок полупроводников толщиной 10 мкм и 60 нм

После отработки формирования пленок толщиной $\Delta \geq 10 \text{ мкм}$ и нанопленки толщиной $\Delta \approx 60 \text{ нм}$ Р и N-типа были исследованы их электрофизические характеристики.

На начальной стадии исследований (после отработки технологии формирования полупроводниковых пленок) были изготовлены пленки различных толщин: 10 мкм, 5 мкм, 1 мкм, а также 100 нм и менее 100 нм. Однако, как показал опыт исследований их различных характеристик (см., например, таблицу), полный объем данных испытаний и их интерпретация были затруднены. Поэтому было решено изготовить пленки полупроводников Р и N-типа (границы толщин $\Delta 10 \text{ мкм}$ и $\Delta 60 \text{ нм}$), отличающиеся более чем на три порядка. В этом случае видны контрасты свойств их электрофизических характеристик.

Отработка формирования пленок проводилась при напылении пленок на качественные стеклянные пластинки калиброванной (1 мм) толщины. Обычно такие фотопластинки с эмульсией использовались для ядерных исследований.

Для измерения термоэлектрических характеристик пленок α , σ ($1/\rho$), α^2/ρ был использован четырехзондовый прибор.

На рисунке 5 представлена схема устройства такого прибора.

На рисунке 5 видно, что прибор включает опорную плиту (1), которая выполнена из двух металлических плит (2 и 3) и одной диэлектрической

(4), расположенной между ними, с внедренным электронагревателем (6). Включение электронагревателя приводит к нагреву расположенной на опорной плите полупроводниковой пленки (5).

Через испытываемую пленку по электродам (7) был пропущен электрический ток, и при этом измеряли разность потенциалов, температуру вдоль пленки зондами – термопарами (8, 9, 10 и 11), расположенными на поверхности пленки вдоль ее оси, а также оценивали величину электрического сопротивления.

Конструкция зондов позволяет им двигаться в вертикальном направлении, причем каждый зонд снабжен пружиной для смягчения движения и ограничения максимального перемещения. Этими же зондами измеряют термическую ЭДС между соседними одноименными термопарами и температуру по показаниям термопар. На общей платформе из изолированного материала размещают груз для механического поджима и исключения субъективных ошибок персонала, осуществляющего измерения.

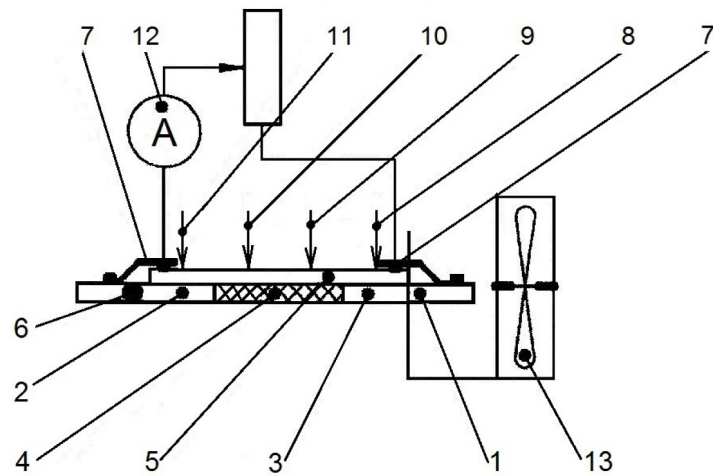


Рисунок 5. Схема прибора для измерения характеристик полупроводниковых пленок: 1 – опорная алюминиевая плита в сборе; 2 – горячая сторона плиты; 3 – холодная сторона плиты; 4 – изолятор; 5 – стеклянная пластина с нанесенной пленкой; 6 – нагреватель; 7 – контакты электрического тока; 8, 9, 10, 11 – термопары (зонды); 12 – миллиамперметр; 13 – вентилятор

Вентилятор (13) служит для создания и регулирования перепада температур в точках между зондами.

Была проведена серия (4) экспериментальных исследований по формированию нанопленок ($\Delta \approx 60$ нм) и пленок микронной толщины ($\Delta \approx 10$ мк).

Каждая серия исследований сопровождалась измерениями электрофизических характеристик в соответствии с данными таблицы. При этом в каждой серии экспериментов уточнялись параметры установки МРС для уточнения и повторения их результатов. В процессе отработки нанесения полупроводниковых пленок на лавсановую пленку особое внимание уделялось времени напыления. Время формирования нанопленок регистрировалось вплоть до секунд. Все эти процедуры позволили усовершенствовать отработку формирования пленок заданной толщины, после чего на пленках по четырем образцам проводились измерения их электрофизических характеристик (см. таблицу).

В таблице приведены сравнительные усредненные данные измерений различных параметров пленок N и P-типа толщиной $\Delta 10$ мкм и $\Delta 60$ нм (по четырем образцам). Проводились измерения по описанной выше методике. При этом были использованы следующие параметры установки МРС: напряжение разряда $U_r \approx 300$ В, ток разряда $I_r = 80$ мА, давление разряда в аргоне в РКр = 10 Па.

Межэлектродное расстояние катод – подложка $L_{к-п} = 70$ мм. Время нанесения пленки N-типа толщиной 10 мкм – 4 часа; пленки P-типа – 4,5 часа. Для пленок толщиной 60 нм время напыления при тех же параметрах установки МРС составляло 2 минуты 10 секунд.

Как следует из таблицы для пленок P-типа толщиной 60 нм превышение коэффициента термической ЭДС α в сравнении с α пленок толщиной 10 мкм составляет около 90 %. Для пленок N-типа коэффициент термической ЭДС практически не изменялся. С учетом того, что зависимость эффективности (добротности) термического материала для пленок полупроводников имеет квадратичный характер от коэффициента термической ЭДС α , суммарный эффект следует считать значительным. К тому же, даже имея одинаковые значения коэффициента термо-ЭДС α , а, следовательно, ту же эффективность нанопленок, имеем очевидную экономию использования дорогостоящего материала.

Экспериментальным фактом является значительное увеличение коэффициента термо-ЭДС для нанопленок структурированных полупроводников P-типа, в то время как для N-типа этого не наблюдается. Это может быть обусловлено тем, что у полупроводников с дырочной проводимостью внесенный между узлами заряд (электрон) приводит к смещению ионов, находящихся в узлах и раскочке полей, воздействующих на них. Иными словами, происходят колебания решетки с влиянием на соседние структуры. Усиление колебаний решеток (усиление рассеяния фононов) приводит к существенному увеличению коэффициента α . В то же время с полупроводниками N-типа с электронной проводимостью этого не происходит вследствие избытка электронов проводимости. Этим и можно объяснить

эффект увеличения коэффициента термического ЭДС α у полупроводников с дырочной проводимостью (P-типа) и отсутствие заметного изменения коэффициента α у полупроводников с электронной проводимостью (N-типа).

Таблица

T_r , °C	T_x , °C	ΔT , °C	E , mV	VP , mV	R , Ом	ρ , Ом · см	α , мкВ/гр
Пленка N-типа ($\Delta 10$ мкм)							
40	27	13	1,447	175,88	176,93	737,22	128,37
Пленка N-типа ($\Delta 60$ нм)							
40,5	27	13,5	1,486	1558,5	2862	71,55	126,12
Пленка P-типа ($\Delta 10$ мкм)							
42	27	15	1,8	36,8	36,8	153,2	107,9
Пленка P-типа ($\Delta 60$ нм)							
42	27	15	3,326	3936,4	30472	966,2	208,64

Заключение

На установке МРС с изолированным катодным узлом от корпуса рабочей камеры в сочетании с подобранной конфигурацией вращающегося магнитного поля созданы условия сохранения переноса стехиометрии материала катода-мишени и чистоты полупроводникового материала на подложку.

Отработано формирование тонких пленок полупроводниковых материалов толщиной $\Delta 10$ мкм и $\Delta 60$ нм.

Измерения коэффициента термического ЭДС на пленках ($\Delta 60$ нм) показали на значительное его увеличение – почти в 1,9 раза для P-типа и практически без изменений для N-типа в сравнении с пленками толщиной $\Delta 10$ мкм. Даже имея одинаковые значения α , для пленок P-типа нано и микро-толщин, следует считать результат положительным, так как это ведет к существенной экономии дорогостоящего полупроводникового материала катода-мишени.

Дана интерпретация физической сущности явления увеличения коэффициента термического ЭДС α , наблюдаемого на нанопленках структурированных ($\Delta 60$ нм) полупроводниковых материалов P-типа, и практическое отсутствие изменения коэффициента α у таких же пленок N-типа.

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам отдела ОВПТ ГНУ «Сухумский физико-технический институт АНА» А.Р. Ариба и А.Б. Гуния за помощь при проведении экспериментальных исследований, а также сотрудникам «Исток» – ГНУ «Сухумский физико-технический институт АНА» Н.Т. Беловой и Л.А. Захарян за обсуждение и помощь при проведении измерений электрофизических характеристик пленок.

Приложение

В качестве примера в таблице 1 приведены данные измерений сопротивления квадрата вдоль пленок полупроводников пленок P и N-типа толщиной $\Delta 0,1$ мкм.

Таблица 1

N-типа	L, см	0	1	2	3	4	5
	R_{\square} , Ом	2,02	2,06	1,94	1,94	1,94	2,27
P-типа	R_{\square} , Ом	2,34	2,33	2,34	2,43	2,47	2,58

Пленка N-типа						
L, см	0	1	2	3	4	5
R_{\square} , кОм	2,01	2,057	1,98	1,94	1,93	2,2 ($R_{\square \text{ ср}} = 2,028$ кОм)
$R_{\square}/R_{\square \text{ ср}}$, %	1,4	1,6	2,4	4,4	4,8	8,5

Пленка P-типа						
R_{\square} , кОм	2,34	2,33	2,34	2,43	2,27	2,58 ($R_{\square \text{ ср}} = 2,365$ кОм)
$R_{\square}/R_{\square \text{ ср}}$, %	1,1	1,5	1,1	2,7	4,1	9

Литература

Булат, Дрбкин, Каратаев и др. 2010: Булат Л.П., Дрбкин И.А., Каратаев В.В., Освенский В.Б., Пшенай-Северин Д.А. Влияние рассеяния на границах на теплопроводность наноструктурированного полупроводникового материала на основе твердого раствора $Bi_x Sb_{2-x} Te_3$ // Физика твердого тела. СПб., 2010. Т. 52. Вып. 9. С. 1342.

Волков 2017: Волков Г.М. Исторические предпосылки и перспективы нанотехнологии // Нанотехнологии: наука и производство. М., 2017. № 2. С. 23–31.

Гольцман, Кутасов, Лукьянова 2010: Гольцман Б.М., Кутасов В.А., Лукьянова Л.Н. Применение магнетронного распылителя в технологии термоэлектриков // Термоэлектрики и их применение. М., 2010. С. 402–403.

Гуния, Тимошенко, Чачаков 2015: Гуния А.Б., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. О неразрушающем методе контроля степени пространственной неоднородности металлических пленок, наносимых плазменными методами // Вестник Академии наук Абхазии. Серия естественных наук. Сухум, 2015. № 5. С. 149–156.

Кульбачинский, Кытин, Бланк и др. 2011: Кульбачинский В.А., Кытин В.Г., Бланк В.Д., Буга С.Г., Попов М.Ю. Термоэлектрические свойства нанокompозитов теллурида висмута с фуллеренами // Физика и техника полупроводников. СПб., 2011. Т. 45. Вып. 9. С. 1241–1245.

Тимошенко, Чачаков 2016: Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Магнетронная распылительная система с воздушным охлаждением катода. Вестник Академии наук Абхазии. Серия естественных наук. Сухум, 2016. № 6. С. 273–285.

Хасуи, Моригаки, 1985: Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Под ред. к.т.н. Н.Г. Шестеркина; пер. с японского В.Н. Попова. М., 1985. 240 с.

А. И. Марколия, А. П. Тимошенко, А. Ф. Чачаков

**АМАГНЕТРОНТӘ ЦСАҚБАРАТӘ СИСТЕМА ЗМОУ
АШЬАҚӘГЫЛАҚӘА РҒЫ ИҚӘЫРГЫЛОУ, ИПОУ, ЗШЫРА
ЛАҚӘУ АТЕРМОФЫМЦАМЧТӘИ АМФАНГАГАБЖАТӘИ
АПЛИОНКАҚӘЕИ РЫҒЦААРА**

Аннотация. Астатияҕы иазаатҕылоуп ипоу ($\Delta 10$ мкм и $\Delta 60$ нм), зшыра лақәу аплионка аматериал мфангагабжақәа висмути теллури реилала-реи урт рфымцамч-физикатә қазшьарбақәеи иаадырҕышыз алҕишақәа. Аҕйаарақәа иудырбоит арт анана-плионкақәа ишырымоу зҕакы дуу ашыратә коэффициент ЕДС, уи акристаллитқәа рхәааҕы иахылҕеиаа-уеит афононқәа рыҕсақәара.

Ихадароу ажәақәа: аплионка, амфангагабжа, адгезия, амхылдызтә дәы.

A. I. Markolia, A. P. Timoshenko, A. F. Chachakov

RESEARCHES OF THIN LOW-TEMPERATURE THERMOELECTRIC SEMI-CONDUCTOR FILMS FORMED ON INSTALLATION WITH A MAGNETRON SPRAYER SYSTEM

Annotation. *The results of testing the formation of thin, $\Delta 10$ mcm and $\Delta 60$ nm thick films of low-temperature semiconductor materials based on bismuth and tellurium compounds and the results of studies of their electrophysical characteristics are presented. Studies have shown that such nano-films have higher values of the coefficient of thermal emf, which may be due to phonon scattering at crystallite boundaries. For films, the value of the thermal emf α coefficient for the N-type with a thickness of $\Delta 60$ nm practically coincided with the value of α of the film with a thickness of $\Delta 10$ mcm. At the same time, the coefficient of thermal emf α of a P-type film with a thickness of $\Delta 60$ nm exceeded the coefficient α for films with a thickness of $\Delta 10$ μ m approximately 1,9 times, i.e. a significant excess. Even with equal values of α for semiconductors of film with a thickness of $\Delta 60$ nm and $\Delta 10$ μ m, the obtained effect of using a semiconductor material is obvious.*

Key words: *quality factor, film, semiconductor, adhesion, magnetic field.*

Н. Л. Пачулия

О ТОЧКАХ СИЛЬНОЙ СУММИРУЕМОСТИ ИНТЕГРАЛОВ ФУРЬЕ

Аннотация. В работе даны достаточные условия, которым должна удовлетворять функция f в точке, чтобы ее тригонометрический интеграл φ сильно суммировался общими регулярными методами суммирования.

Ключевые слова: сильная суммируемость, интегралы Фурье, точки Лебега, достаточные условия.

Пусть $L_p = L_p(T)$, $p \geq 1$, $T = [-\pi, \pi]$ – множество 2π -периодических и суммируемых в степени p функций f , $f \in L_1 = L$ и ряд

$$S[f] = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=0}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx) = \sum_{k=0}^{\infty} A_k(f, x) \quad (1)$$

ее ряд Фурье, где

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_T f(t) \cos kt dt, \quad b_k = \frac{1}{\pi} \int_T f(t) \sin kt dt, \quad k = 0, 1, \dots \quad (2)$$

Тогда частные суммы ряда (1) в интегральном виде записываются так (Степанец 1987: 270),

$$S_n(f, x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(x+t) \frac{\sin nt}{t} dt + \frac{1}{2\pi} \int_T f(x+t) \cos ktdt.$$

Пусть функция φ – непрерывная, возрастающая на множестве $[0, \infty)$ и удовлетворяет условиям:

$$\varphi(0) = 0, \quad \varphi(u) > 0, \quad u > 0,$$

$$\varphi(2u) \leq a\varphi(u), \quad u \in [0, \sigma],$$

$$\ln \varphi(u) = 0(u), \quad u \rightarrow \infty.$$

Множество таких функций обозначим через ϕ_1 .

Доказана (Пачулия 1994: 1955–1964),

ТЕОРЕМА.

Пусть $\lambda = (\lambda_{k,n})$ положительная матрица, определяющая регулярный метод суммирования, $\varphi \in \phi_1$, функция $f \in L_p$, $p > 1$ и x является ее p -точкой Лебега, т. е. точка x , в которой выполняется равенство

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} \int_0^h |f(x+t) - f(x)|^p dt = 0. \quad (3)$$

Тогда

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{\infty} \lambda_{k,n} \varphi(|\rho_k(f, x)|) = 0, \quad (4)$$

где $\rho_k(f, x) = S_k(f, x) - f(x)$.

Целью данной работы является получение аналога теоремы для интегралов Фурье.

Пусть $L(R)$ – множество суммируемых на множестве $R = (-\infty, +\infty)$ функций, $f \in L(R)$ и

$$\int_{R_+} (a(f, t) \cos xt + b(f, t) \sin xt) dt, \quad R_+ = [0, \infty) \quad (5)$$

ее интеграл Фурье, где

$$a(f, t) = \frac{1}{\pi} \int_R f(u) \sin ut du, \quad b(f, t) = \frac{1}{\pi} \int_R f(u) \cos ut du, \quad (6)$$

преобразования Фурье функции f .

Частичный интеграл интеграла (5) имеет вид

$$J_{\sigma}(f, x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\sigma} \int_R f(x+t) \cos t u dt du = \frac{1}{\pi} \int_R \frac{f(x+t)}{t} \sin \sigma t dt. \quad (7)$$

Отметим, что равенство (7) может выполняться и в случае, когда функция $|f|$ не суммируема на множестве R , а $|f(t)|(1+|t|)^{-1} \in L(R)$, кроме того, $f(t)$ убывающая, стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$. Тогда равенство (7) имеет место при условии, что внешний интеграл левой части в точке $u = 0$ берется в смысле его главного значения.

Пусть \mathfrak{N} – множество последовательностей чисел (α_{μ}) , для которых выполняется неравенство

$$0 < \alpha \leq \frac{\alpha_{\mu}}{\mu} \leq \beta. \quad (8)$$

Теорема 1.

Пусть функция $f \in L_p(\Delta)$, $p > 1$, $\Delta = [a, b]$, в точке $x \in (a, b)$ удовлетворяет условию (3). Тогда, если $|f(t)|(1+|t|)^{-1} \in L(R)$, $f(t)$ убывающая стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, $(\alpha_{\mu}) \in \mathfrak{N}$ и $\varphi \in \phi_1$, то выполняется равенство

$$\lim_{\mu \rightarrow \infty} h_{\mu}^{\varphi}(f, x) = 0, \quad (9)$$

где

$$h_{\mu}^{\varphi}(f, x) = \frac{1}{\alpha_{\mu}} \int_{\mu}^{\mu+\alpha_{\mu}} \varphi(|\Delta_{\sigma}(f, x)|) d\sigma, \quad (10)$$

$$\Delta_{\sigma}(f, x) = J_{\sigma}(f, x) - f(x).$$

Теорема 2.

Пусть $f \in L_p(\Delta)$, $p > 1$, $\Delta = [a, b]$ и в точке $x \in (a, b)$ выполняется равенство (3). Тогда, если $|f(t)|(1+|t|)^{-1} \in L(R)$ и $f(t)$, убывающая, стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, то

$$\lim_{\mu \rightarrow \infty} h_{\mu, r}^{(q)}(f, x) \left(\ln \frac{\alpha_{\mu e}}{r} \right)^{-1} = 0, \quad (11)$$

где $(\alpha_{\mu}) \in \mathfrak{N}$, $B \subset [\mu, \mu + \alpha_{\mu}] \cap N$, $q > 0$, r – мощность множества B , $E_B = \cup_{k \in B} [k, k + 1]$,

$$h_{\mu,r}^{(q)}(f, x) = \left\{ \frac{1}{r} \int_{E_B} |\Delta_\sigma(f, x)|^q d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}}.$$

Доказательство теоремы 2:

Достаточно доказательство теоремы 2 провести для $p \in (1, 2]$ и $q = \frac{p}{p-1}$. На основании условия (3) для любого $\varepsilon > 0$ существует число $\delta > 0$ такое, что неравенство $|h| \leq \delta$ влечет

$$\left\{ \frac{1}{h} \int_0^h |f(x+t) - f(x)|^p dt \right\}^{\frac{1}{p}} < \frac{\varepsilon}{2}, \quad (12)$$

причем δ настолько мало, что $(x - \delta, x + \delta) \in (a, b)$.

Пусть

$$\tau_1 = \left[0, \frac{1}{\mu}\right], \quad \tau_2 = \left[\frac{1}{\mu}, \frac{1}{r}\right], \quad \tau_3 = \left[\frac{1}{r}, \delta\right], \quad \tau_4 = [\delta, \infty), \quad \text{а } \frac{1}{r} < \delta.$$

Имеет место равенство

$$\Delta_\sigma(f, x) = \sum_{j=1}^4 \frac{1}{\pi} \int_{\tau_j} \frac{\varphi_x(t)}{t} \sin \sigma t dt.$$

На основании неравенства Минковского для сумм получим

$$h_{\mu,r}^{(q)}(f, x) \leq \sum_{j=1}^4 \left\{ \frac{1}{r} \int_{E_B} \left| \frac{1}{\pi} \int_{\tau_j} \frac{\varphi_x(t)}{t} \sin \sigma t dt \right|^q d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}} = \sum_{j=1}^4 \beta_j(\mu, x).$$

Так как $|\sin \sigma t| \leq \sigma |t|$, в силу соотношения (12), учитывая, что мера множества E_B равно r , и $\sigma \in [\mu, \mu + \alpha_\mu]$ имеем

$$\begin{aligned} \beta_1(\mu, x) &\leq \left\{ \frac{1}{r} \int_{E_B} \left[\frac{1}{\pi} \int_{\tau_1} |\varphi_x(t)| \sigma \right]^q dt d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}} \leq \\ &\leq (\mu + \alpha_\mu) \frac{1}{\pi} \int_{\tau_1} |\varphi_x(t)| dt < (1 + \beta) \varepsilon. \end{aligned}$$

Интегрируя по частям, в силу (12), будем иметь

$$\begin{aligned} \beta_2(\mu, x) &\leq \left\{ \frac{1}{r} \int_{E_2} \left[\int_{\tau_2} \left| \frac{\varphi_x(t)}{t} \right| dt \right]^q d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}} \leq \\ &\leq \int_{\tau_2} \left| \frac{\varphi_x(t)}{t} \right| dt = r \int_{\tau_2} |\varphi_x(t)| dt + \int_{\tau_2} \frac{1}{t^2} \int_{\frac{1}{\mu}}^t |\varphi_x(t_1)| dt_1 dt \leq \\ &\leq \varepsilon + \ln \frac{\mu e}{r} = \varepsilon \ln \frac{\mu e}{r} \leq A \varepsilon \ln \frac{\alpha_\mu e}{r}. \end{aligned}$$

Здесь и в дальнейшем на протяжении всего текста A означает положительное постоянное число.

Далее очевидно

$$\beta_3(\mu, x) \leq \left\{ \frac{1}{r} \int_{\mu}^{\mu + \alpha_\mu} \left| \frac{1}{\pi} \int_{\tau_3} \frac{\varphi_x(t)}{t} \sin \sigma t dt \right|^q d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}}.$$

Пусть

$$F(t) = \begin{cases} \frac{\varphi_x(t)}{t}, & t \in \tau_3, \\ 0, & t \in R \setminus \tau_3. \end{cases}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \beta_3(\mu, x) &\leq \left\{ \frac{1}{r} \int_{\mu}^{\mu + \alpha_\mu} \left| \frac{1}{\pi} \int_R \frac{\varphi_x(t)}{t} \sin \sigma t dt \right|^q d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}} \leq \\ &\leq \left\{ \frac{1}{r} \int_{\mu}^{\mu + \alpha_\mu} |b(F, \sigma)|^q d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}}. \end{aligned}$$

На основании аналога неравенства Хаусдорфа – Юнга (Зигмунд 1965: 538), для интегралов Фурье

$$\left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_R |b(F, \sigma)|^q d\sigma \right\}^{\frac{1}{q}} \leq \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_R |F(t)|^p dt \right\}^{\frac{1}{p}},$$

где $b(F, \sigma)$ – синус преобразование Фурье функции F по формулам (6), получим

$$\beta_3(\mu, x) \leq Ar^{-\frac{1}{q}} \left\{ \int_R |F(t)|^p dt \right\}^{\frac{1}{p}} \leq Ar^{-\frac{1}{q}} \left\{ \int_{\tau_3} \left| \frac{\varphi_x(t)}{t} \right|^p dt \right\}^{\frac{1}{p}}.$$

Интегрируя по частям в силу (12), имеем

$$\begin{aligned} \beta_3(\mu, x) &\leq Ar^{-\frac{1}{q}} \left\{ \delta^{-p} \int_{\frac{1}{r}}^{\delta} |\varphi_x(t)|^p dt + p \int_{\frac{1}{r}}^{\delta} \frac{1}{t^{p+1}} \int_{\frac{1}{r}}^t |\varphi_x(u)|^p du dt \right\}^{\frac{1}{p}} \leq \\ &\leq Ar^{-\frac{1}{q}} \varepsilon \left\{ \delta^{-p+1} + p \int_{\frac{1}{r}}^{\delta} \frac{1}{t^p} dt \right\}^{\frac{1}{p}} \leq A \varepsilon. \end{aligned}$$

Так как

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} \int_{\delta}^{\infty} \frac{\sin \sigma t}{t} dt = 0,$$

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} \int_{\delta}^{\infty} \frac{f(x+t) + f(x-t)}{t} \sin \sigma t dt = 0,$$

то

$$\lim_{\mu \rightarrow \infty} \beta_4(\mu, x) = 0.$$

Теорема 2 доказана для данного числа q . Отсюда, так как степенные сильные средние не убывают относительно степени q , то теорема 2 доказана для любых $q_1 \in (0, q]$. Если $q_1 > q$, то $p_1 = \frac{q_1}{q_1-1} < p$ и условие (3) выполняется. Следовательно, в силу доказанного выше получаем соотношение (11). Если $\frac{1}{r} > \delta$, то соотношение (11) доказывается аналогично. Теорема 2 доказана полностью.

Теорема 3

Пусть $|f(t)|(1+|t|)^{-1} \in L(R)$, $f(t)$ убывающая, стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, и произвольные числа $\sigma_k, \bar{\sigma}_k \in [k, k+1] \subset [\mu, \mu + \alpha_\mu]$, $(\alpha_\mu) \in \mathfrak{N}$.

Тогда

$$\lim_{\mu \rightarrow \infty} [J_{\sigma_k}(f, x) - J_{\bar{\sigma}_k}(f, x)] = 0. \quad (13)$$

Доказательство.

Очевидно, что

$$J_{\sigma_k}(f, x) - J_{\bar{\sigma}_k}(f, x) = \frac{1}{\pi} \int_R \frac{f(x+t)}{t} [\sin \sigma_k t - \sin \bar{\sigma}_k t] dt.$$

Подынтегральная функция суммируема на любом сегменте, и, тогда

$$\left| \frac{1}{\pi} \int_{|t| \leq \delta} \frac{f(x+t)}{t} [\sin \sigma_k t - \sin \bar{\sigma}_k t] dt \right| \leq \int_{|t| \leq \delta} |f(x+t)| dt \leq \int_{x-\delta}^{x+\delta} |f(t)| dt. \quad (14)$$

В силу свойства равномерной непрерывности интеграла суммируемой функции, для любого $\varepsilon > 0$ можно найти число $\delta > 0$, такое, что интеграл справа в неравенстве (14) меньше ε . С другой стороны, полагая

$$F(t) = \begin{cases} \frac{f(x+t)}{t}, & |t| \geq \delta, \\ 0, & |t| < \delta. \end{cases}$$

Заметим, что $F \in L(R)$ и

$$\frac{1}{\pi} \int_{|t| \geq \delta} \frac{f(x+t)}{t} [\sin \sigma_k t - \sin \bar{\sigma}_k t] dt = \frac{1}{\pi} \int_R F(t) [\sin \sigma_k t - \sin \bar{\sigma}_k t] dt = b(F, \sigma_k) - b(F, \bar{\sigma}_k).$$

Так как эти преобразования стремятся к нулю когда $k \rightarrow \infty$, то соотношение (13) очевидно.

Пусть число $\bar{\sigma}_k$ удовлетворяет условию

$$\int_k^{k+1} |\Delta_\sigma(f, x)|^q d\sigma = |\Delta_{\bar{\sigma}_k}(f, x)|^q,$$

а $\sigma_k \in [k, k+1]$ произвольное число, тогда $\forall q > 0$

$$\left\{ \frac{1}{r} \sum_{k \in B} |\Delta_{\sigma_k}(f, x)|^q \right\}^{\frac{1}{q}} \leq \leq A \left[\left\{ \frac{1}{r} \sum_{k \in B} |J_{\sigma_k}(f, x) - J_{\bar{\sigma}_k}(f, x)|^q \right\}^{\frac{1}{q}} + \left\{ \frac{1}{r} \sum_{k \in B} |\Delta_{\bar{\sigma}_k}(f, x)|^q \right\}^{\frac{1}{q}} \right].$$

На основании равенств (13) и (9) следует

$$\lim_{\mu \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{r} \sum_{k \in B} |\Delta_{\sigma_k}(f, x)|^q \right\}^{\frac{1}{q}} \left(\ln \frac{\mu e}{r} \right)^{-1} = 0. \quad (15)$$

Пусть числа σ_k такие, что

$$\int_k^{k+1} \varphi(|\Delta_\sigma(f, x)|) d\sigma = \varphi(|\Delta_{\sigma_k}(f, x)|). \quad (16)$$

Предполагая, что числа $\sigma_k, \bar{\sigma}_k$ удовлетворяют соотношениям (15), (16) и введя обозначения

$$\varepsilon_\mu(f, x) = \text{Sup}_{\mu_1 \geq \mu} h_{\mu, r}^{(1)}(f, x) \left(\ln \frac{\alpha_{\mu_1} e}{r} \right)^{-1}, \quad (17)$$

получим, что величины $\varepsilon_\mu(f, x)$, в условиях теоремы 2, убывая, стремятся к нулю.

Теорема 4

Пусть функция $f \in L_p(\Delta)$, $p > 1$, $\Delta = [a, b]$, в точке $x \in (a, b)$ удовлетворяет условию (3). Тогда, если $|f(t)|(1+|t|)^{-1} \in L(R)$, $f(t)$ убывающая, стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, $(\alpha_\mu) \in \mathfrak{N}$ и $\varphi \in \phi_1$, то выполняется неравенство

$$h_\mu^\varphi(f, x) \leq A \varphi(\varepsilon_\mu(f, x)). \quad (18)$$

Доказательство теоремы 4:

Если $\varepsilon_\mu(f, x) = 0$, то в силу равенств (15) и (16) получим $h_\mu^\varphi(f, x) = 0$. Таким образом, неравенство (18) выполняется.

Пусть теперь $\varepsilon_\mu(f, x) > 0$. Введем обозначения

$$B_\nu = \{ k \in [\mu, \mu + 1] \cap \mathbb{N} : (\nu - 1)\varepsilon_\mu(f, x) \leq |J_{\sigma_k}(f, x) - f(x)| < \nu \varepsilon_\mu(f, x) \}, j_\nu = \begin{cases} 1, & B_\nu \neq \emptyset, \\ 0, & B_\nu = \emptyset. \end{cases}$$

В силу соотношения (14) справедливы следующие неравенства

$$(\nu - 1)\varepsilon_\mu(f, x) \leq \frac{1}{r} \sum_{k \in B_\nu} |J_{\sigma_k}(f, x) - f(x)| < \varepsilon_\mu(f, x) \ln \frac{\alpha_\mu e}{r}.$$

Отсюда выводим

$$\nu - 1 \leq \ln \frac{\alpha_\mu e}{r}. \quad (19)$$

Следовательно, при $\nu > 1$

$$a_1 \nu \leq \ln \frac{\alpha_\mu e}{r}, \quad a_1 = \frac{1}{2}.$$

Следовательно, $r \leq \exp(-a_1 \nu) \alpha_\mu e$.

Тогда

$$\begin{aligned} h_\mu^\varphi(f, x) &= \frac{1}{\mu} \int_{\mu}^{\mu+\alpha_\mu} \varphi(|\Delta_\sigma(f, x)|) d\sigma = \\ &= \frac{1}{\mu} \sum_{r=\mu}^{\mu+\alpha_\mu-1} \int_k^{k+1} \varphi(|\Delta_\sigma(f, x)|) d\sigma = \\ &= \frac{1}{\mu} \sum_{k=\mu}^{\mu+\alpha_\mu-1} \varphi(|\Delta_{\sigma_k}(f, x)|) = \\ &= \frac{1}{\mu} \sum_{\nu=1}^{\infty} j_\nu \sum_{k \in B_\nu} \varphi(|\Delta_{\sigma_k}(f, x)|) \leq \\ &\leq \frac{1}{\mu} \sum_{\nu=1}^{\infty} j_\nu \varphi(\nu \varepsilon_\mu(f, x)) |B_\nu| \leq \\ &\leq e \left(\varphi(\varepsilon_\mu(f, x)) + \sum_{\nu=2}^{\infty} \varphi(\nu \varepsilon_\mu(f, x)) \exp(-a_1 \nu) \right). \end{aligned} \quad (20)$$

Доказано (Totik 1985: 105–111): если $\varphi \in \phi_1$, то найдется положительное число σ такое, что для любого $u \in [0, \sigma]$ выполняется неравенство

$$\sum_{\nu=2}^{\infty} \varphi(\nu u) \exp(-a_1 \nu) \leq A \varphi(u). \quad (21)$$

Полагая $u = \varepsilon_\mu(f, x) \leq \sigma$, которое выполняется при $\mu \geq \mu_0$ из соотношений (20), (21) получим (18). Если же $\mu \leq \mu_0$, то

$$h_\mu^\varphi(f, x) \leq A \leq A \varphi(\varepsilon_\mu(f, x)). \quad (22)$$

Отсюда следует теорема 4.

Доказательство теоремы 1.

В условиях теоремы величина $\varepsilon_\mu(f, x)$ убывая, стремится к нулю, а непрерывная функция $\varphi(0) = 0$, то соотношение (9) следует из неравенства (18).

Пусть последовательность натуральных чисел (n_j) удовлетворяет неравенствам

$$0 < \frac{\sigma+1}{\sigma} \leq \frac{n_{j+1}}{n_j} \leq \sigma. \quad (23)$$

Множество последовательностей (n_j) , для которых выполняется условие (23), обозначим через \mathfrak{N}_σ . Пусть $\Lambda_\tau(\mathfrak{N}_\sigma)$ – множество суммируемых, на сегментах $[n_j, n_{j+1}]$ функций λ , для которых

$$\left\{ \frac{1}{n_{j+1}-n_j} \int_{n_j}^{n_{j+1}} (\lambda(t))^\tau dt \right\}^{\frac{1}{\tau}} \leq \frac{A}{n_j-n_{j-1}} \int_{n_{j-1}}^{n_j} \lambda(t) dt, \quad \tau > 1. \quad (24)$$

К примеру, функция $\lambda(t) = t^\alpha$, $\alpha > 0$ удовлетворяет условию (24).

Пусть $\mu \in N$, $\varepsilon_\mu(f, x)$ – определена формулой (17), тогда функция

$$\varepsilon_t(f, x) = \begin{cases} \varepsilon_\mu(f, x), & t = \mu, \\ \text{линейная на } [\mu, \mu + 1] \end{cases}$$

в условиях теоремы 2, убывая, стремится к нулю при стремлении μ к бесконечности.

Теорема 5

Пусть $f \in L_p(\Delta)$, $p > 1$, $\Delta = [a, b]$, в точке $x \in (a, b)$ выполняется равенство (3). Далее пусть $|f(t)|(1 + |t|)^{-1} \in L(R)$, $f(t)$ убывая, стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, $(n_j) \in \mathfrak{N}_\sigma$, функция $\lambda \in \Lambda_\tau(\mathfrak{N}_\sigma)$, $\tau > 1$ и $\varphi \in \phi_1$. Тогда

$$\begin{aligned} H_{n_j}^\varphi(f, x) &= \int_{n_j}^{n_{j+1}} \lambda(t) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq \\ &\leq A \int_{n_{j-1}}^{n_j} \lambda(t) \varphi(\varepsilon_t(f, x)) dt. \end{aligned} \quad (25)$$

Доказательство.

Так как $\varphi \in \phi_1$ влечет $\varphi^{\tau_1} \in \phi_1$, то полагая $\alpha_{n_j} = n_{j+1} - n_j$ получим

$$\frac{\alpha_{n_j}}{\alpha_{n_{j-1}}} = \frac{n_{j+1}-n_j}{n_j-n_{j-1}} \leq \sigma^2. \quad (26)$$

Кроме того, из соотношения (23) следует

$$0 < \alpha \leq \frac{\alpha_{n_j}}{n_j} \leq \beta.$$

Следовательно, на основании теоремы 1 получаем

$$\frac{1}{n_{j+1}-n_j} \int_{n_j}^{n_{j+1}} \varphi^{\tau_1}(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq A \varphi^{\tau_1}(\varepsilon_{n_j}(f, x)). \quad (27)$$

Используя неравенство Гельдера в силу соотношений (24)–(27) будем иметь

$$\begin{aligned} H_{n_j}^\varphi(f, x) &\leq \left\{ \int_{n_j}^{n_{j+1}} (\lambda(t))^\tau dt \right\}^{\frac{1}{\tau}} \left\{ \int_{n_j}^{n_{j+1}} \varphi^{\tau_1}(|\Delta_t(f, x)|) dt \right\}^{\frac{1}{\tau_1}} \leq \\ &\leq \frac{A(n_{j+1}-n_j)}{n_j-n_{j-1}} \int_{n_{j-1}}^{n_j} \lambda(t) \varphi(\varepsilon_t(f, x)) dt. \end{aligned}$$

Теорема 4 доказана.

Теорема 6

Пусть $f \in L_p(\Delta)$, $p > 1$, $\Delta = [a, b]$, в точке $x \in (a, b)$ выполняется равенство (3). Далее, пусть $|f(t)|(1 + |t|)^{-1} \in L(R)$, $f(t)$ убывая, стремится

к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, $(n_j) \in \mathfrak{N}_\sigma$, функция $\lambda \in \Lambda_\tau(\mathfrak{N}_\sigma)$, $\tau > 1$ и $\varphi \in \phi_1$, тогда

$$\int_{n_{j+1}}^\infty \lambda(t) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq A \int_{n_j}^\infty \lambda(t) \varphi(\varepsilon_t(f, x)) dt. \quad (28)$$

в частности, если $n_0 = n$ получим

$$\int_{n_1}^\infty \lambda(t) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq A \int_n^\infty \lambda(t) \varphi(\varepsilon_t(f, x)) dt. \quad (29)$$

Если же на сегменте $[0, 1]$ функцию $\varepsilon_t(f, x)$ доопределить следующим образом

$$\varepsilon_t(f, x) = \varepsilon_1(f, x), \quad (30)$$

то

$$\int_0^\infty \lambda(t) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq A \int_0^\infty \lambda(t) \varphi(\varepsilon_t(f, x)) dt. \quad (31)$$

Доказательство.

На основании теоремы 4 получим

$$\begin{aligned} & \int_{n_{j+1}}^\infty \lambda(t) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq \\ & \leq A \sum_{\gamma=j+1}^\infty \int_{n_\gamma}^{n_{\gamma+1}} \lambda(t) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq \\ & \leq A \sum_{\gamma=j+1}^\infty \int_{\alpha_{\gamma-1}}^{n_\gamma} \lambda(t) \varphi(\varepsilon_t(f, x)) dt. \end{aligned} \quad (32)$$

Отсюда следует соотношение (28). Из (28) следует справедливость неравенств (30) и (31).

Пусть неотрицательная функция $\lambda(t, u)$ определена на множестве R_+^2 и для любого фиксированного $u \in R_+$ удовлетворяет условию (23), причем A не зависит от u . Множество таких функций обозначим через $\Lambda_\tau(\mathfrak{N}_\sigma, R_+)$.

Теорема 7

Пусть неотрицательная функция $\lambda(t, u)$ определена на R_+^2 и обладает следующими свойствами:

$$\int_{R_+} \lambda(t, u) dt \leq M, \quad (33)$$

$$\lim_{u \rightarrow \infty} \int_0^\sigma \lambda(t, u) du = 0. \quad (34)$$

Тогда, если функция f измерима и ограниченная на множестве R_+ и

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = 0, \quad (35)$$

то

$$\lim_{u \rightarrow \infty} \int_0^\infty \lambda(t, u) f(t) dt = 0. \quad (36)$$

Доказательство.

Из равенства (35) следует, что для любого числа $\varepsilon > 0$, найдется число $\sigma > 0$ такое, что $\forall t \in [\sigma, \infty) |f(t)| < \varepsilon$ следовательно

$$\begin{aligned} & \left| \int_0^\infty \lambda(t, u) f(t) dt \right| \leq \int_0^\sigma \lambda(t, u) |f(t)| dt + \int_\sigma^\infty \lambda(t, u) |f(t)| dt \leq \\ & \leq M_1 \int_0^\sigma \lambda(t, u) dt + \varepsilon \int_0^\infty \lambda(t, u) dt. \end{aligned}$$

Отсюда следует (36).

Теорема 8

Пусть $f \in L_p(\Delta)$, $p > 1$, $\Delta = [a, b]$, в точке $x \in (a, b)$ выполняется равенство (6), $|f(t)|(1 + |t|)^{-1} \in L(R)$, $f(t)$ убывающая, стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, $(n_j) \in \mathfrak{N}_\sigma$, функция $\lambda \in \Lambda_\tau(\mathfrak{N}_\sigma, R_+)$, $\tau > 1$ и $\varphi \in \phi_1$, тогда

$$\int_0^\infty \lambda(t, u) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt \leq A \int_0^\infty \lambda(t, u) \varphi(\varepsilon_t(f, x)) dt. \quad (37)$$

Пусть функция λ определена следующим образом

$$\lambda(t, u) = \begin{cases} \frac{1}{u}, & t \in [0, u], \\ 0, & t > u. \end{cases} \quad (38)$$

Ясно, что функция λ не возрастает и поэтому $\lambda \in \Lambda_\tau(\mathfrak{N}_\sigma, R_+)$ и удовлетворяет условиям (33), (34).

Теорема 9

Пусть $f \in L_p(\Delta)$, $p > 1$, $\Delta = [a, b]$, в точке $x \in (a, b)$ выполняется равенство (6), $|f(t)|(1 + |t|)^{-1} \in L(R)$, $f(t)$, убывающая, стремится к нулю, когда $t \rightarrow \pm\infty$, $(n_j) \in \mathfrak{N}_\sigma$, функция $\lambda \in \Lambda_\tau(\mathfrak{N}_\sigma, R_+)$ и удовлетворяет условиям (33), (34) и $\varphi \in \phi_1$.

Тогда

$$\lim_{u \rightarrow \infty} \int_0^\infty \lambda(t, u) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt = 0, \quad (39)$$

в частности

$$\lim_{u \rightarrow \infty} \frac{1}{u} \int_0^u \lambda(t, u) \varphi(|\Delta_t(f, x)|) dt = 0. \quad (40)$$

Литература

Зигмунд 1965: Зигмунд А. Тригонометрические ряды. М., 1965. Т. 2. 538 с.
 Пачулия 1994: Пачулия Н.Л. О точках сильной суммируемости рядов Фурье // Украинский математический журнал. Киев, 1994. Т. 6. № 12. С. 1955–1964.
 Степанец 1987: Степанец А.И. Классификация и приближение периодических функций. Киев, 1987. 270 с.
 Totik 1985: Totik V. Notes of Fourier series. Strong approximation // J. Approximation theory. US. 1985. V. 45. P. 105–111.

Н. Л. Пачлиа

ФУРЬЕ ИНТЕГРАЛҚАА РЕИЦЦАРА ҒӘҒӘАҚӘА

Аннотация. Аусумтәғеи иаагоуп иахәтоу аһкарақәа f афункциа акәаһ ағы инаагзар алиартә икоу иара атригонометриатә интеграл φ – иғәғәоу, азеиһи, еиһыркһам аихиһаларақәа рметод ала.

Ихадароу ажәакәа: иғәғәоу аиццара, Фурье иинтегралқәа, Лебега икәаһқәа, иахәтоу аҗагылазаашьақәа.

N. L. Pachulia

ON POINTS OF STRONG SUMMIRABILITY OF FOURIER INTEGRALS

Annotation. Sufficient conditions that the function f should satisfy at a point so that its trigonometric integral is φ -strongly summed by common regular summation methods are given in the paper.

Key words: strong summability, Fourier integrals, Lebesgue points, sufficient conditions.

Л. А. Хашба

О ТОЧКАХ φ –СИЛЬНОЙ СУММИРУЕМОСТИ И ДВОЙНЫХ РЯДОВ ФУРЬЕ

Аннотация. В работе доказано стремление к нулю φ сильных средних арифметических двойных рядов Фурье по тригонометрической системе функции $f \in L_p$, $p > 1$, в ее рточках Лебега.

Ключевые слова: ряды Фурье, сильное суммирование, точка Лебега.

Пусть $L_p(T^2)$, $p \geq 1$, $T = [-\pi; \pi]$ — множество 2π -периодических по каждой из переменной, суммируемых на T^2 функций, причем $L_1(T^2) = L(T^2) = L$.

Далее, пусть функция $f \in L(T^2)$ и ряд

$$S[f] = \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} 2^{-\tau(j,k)} A_{j,k}(f, x, y), \quad (1)$$

ее ряд Фурье, где

$$A_{j,k}(f, x, y) = a_{j,k}(f) \cos jx \cos ky + b_{j,k}(f) \sin jx \cos ky + c_{j,k}(f) \cos jx \sin ky + d_{j,k}(f) \sin jx \sin ky,$$

$a_{j,k}$, $b_{j,k}$, $c_{j,k}$, $d_{j,k}$ – коэффициенты Фурье функции f , $\tau(j, k)$ – количество координат точки (j, k) равной нулю.

Целью работы является установление условий, которым должны удовлетворять параметры, входящие в величины $H_{m,n}^{\varphi}$, для выполнения равенства

$$\lim_{\substack{m \rightarrow \infty \\ n \rightarrow \infty}} H_{m,n}^{\varphi}(f; x; y) = 0, \quad (2)$$

где φ – непрерывная возрастающая на $[0; +\infty)$, функция такая, что

$$\varphi(0) = 0, \\ H_{m,n}^{\varphi}(f; x; y) \frac{1}{(m+1)(n+1)} \sum_{j=m}^{2m} \sum_{k=n}^{2n} \varphi(|\rho_{j,k}(f; x; y)|),$$

$$\rho_{j,k}(f; x; y) = f(x, y) - S_{j,k}(f; x; y),$$

$$S_{j,k}(f; x; y) = \sum_{\mu=0}^m \sum_{\nu=0}^n 2^{-\tau(\mu,\nu)} A_{\mu,\nu}(f, x, y).$$

Точку (x, y) называют p –точкой Лебега функции $f \in L_p(T^2)$, $p \geq 1$, если

$$\lim_{\substack{u \rightarrow 0 \\ v \rightarrow 0}} \frac{1}{uv} \int_0^u \int_0^v |\Delta(f, t, \tau)|^p dt d\tau = 0, \quad (3)$$

$$\sup_{\substack{u \neq 0 \\ v \neq 0}} \frac{1}{uv} \int_0^u \int_0^v |\Delta(f, t, \tau)|^p dt d\tau = M(x, y) < \infty, \quad (4)$$

где $\Delta(f, t, \tau) = \Delta_{x,y}(f, t, \tau) = f(x+t; y+\tau) - f(x, y)$.

Доказано (Зигмунд 1965: 538), что если $f \in L_p(T^2)$, $p > 1$, то множество μ – точек Лебега функции f , $\mu \in (1, p)$, имеет полную меру на T^2 .

Пусть Φ_γ , $\gamma > 0$ – множество непрерывных возрастающих на $[0; +\infty)$ функций φ таких, что

$$\varphi(0) = 0; \varphi(u) > 0, u > 0; \quad (5)$$

$$\varphi(2u) \leq a\varphi(u), \forall u \in [0, \sigma]; \quad (6)$$

$$\ln\varphi(u) = O(u^\gamma), \text{ при } u \rightarrow \infty. \quad (7)$$

К примеру, функция $\varphi(u) = u^q$, $q > 0$ принадлежит Φ_γ , $\forall \gamma > 0$, а функция $\varphi(u) = e^u - 1$ принадлежит множеству Φ_1 .

Основной результат работы содержится в следующем утверждении.

Теорема 1

Пусть функция $f \in L_\mu(T^2)$, $\mu > 1$, $p \in (1, \mu)$, точка (x, y) является ее p – точкой Лебега и $\varphi \in \Phi_{\frac{1}{2}}$. Тогда в точке (x, y) имеет место равенство (2).

Доказательство теоремы опирается на справедливость следующего утверждения:

Теорема 2

Пусть функция $f \in L_\mu(T^2)$, $\mu > 1$, $p \in (1, \mu)$, точка (x, y) является ее p – точкой Лебега, $q > 0$, $B \subset [m, 2m; n, 2n] \cap N^2$, $N = \{1, 2, \dots\}$. Тогда

$$\lim_{\substack{m \rightarrow \infty \\ n \rightarrow \infty}} h_{m,n,B}^{(q)}(f; x; y) \left(\ln \frac{me}{r_1} \ln \frac{ne}{r_2} \right)^{-1} = 0, \quad (8)$$

где r_j , $j = 1, 2$, мощность проекции B_j множества B на координатные

оси, а
$$h_{m,n,B}^{(q)}(f, x, y) = \left\{ \frac{1}{r_1 r_2} \sum_{j,k \in B} |\rho_{j,k}(f, x, y)|^q \right\}^{\frac{1}{q}}.$$

Доказательство теоремы 2

На основании неравенства Гельдера для интегралов из $f \in L_\mu$, $\mu > 1$ следует, что $f \in L_{\mu_1}$, $1 \leq \mu_1 < \mu$. Следовательно, в дальнейшем можно считать $\mu \leq 2$ и $p \in (1, \mu)$, $q = \frac{p}{p-1}$.

Ясно, что $q \geq 2$. На основании условия (3) для любого $\varepsilon > 0$, существует число $\delta > 0$ такое, что $\forall u, v: |u| \leq \delta, |v| \leq \delta$ выполняется неравенство

$$\left\{ \frac{1}{\mu\nu} \int_0^\mu \int_0^\nu |\varphi_{x,y}(t, \tau)|^p dt d\tau \right\}^{\frac{1}{p}} < \varepsilon, \quad (9)$$

где $\varphi_{x,y}(t, \tau) = \Delta(f, t, \tau) + \Delta(f, -t; \tau) + \Delta(f, -t; -\tau) + \Delta(f, t; -\tau)$.

Пусть сначала $\frac{1}{r_j} < \delta, j = 1, 2$. Введем обозначения

$$\alpha_1^1 = \left[0, \frac{1}{m}\right], \alpha_2^1 = \left[\frac{1}{m}, \frac{1}{r_1}\right], \alpha_3^1 = \left[\frac{1}{r_1}, \delta\right], \alpha_4^1 = [\delta, \pi],$$

α_j^2 – означает аналогичное разбиение $[0, \pi]$ по второй переменной с заменой m на n и r_1 на r_2 .

Наконец $\alpha_{j,v}^{1,2} = \alpha_j^1 \times \alpha_v^2, j, v = \overline{1,4}$ и $[0, \pi]^2 = \cup_{j,v=1}^4 \alpha_{j,v}^{1,2}$. Тогда, разбив интегралы в выражении $h_{m,n,B}^{(q)}(f, x, y)$ по множествам $\alpha_{\mu,\nu}^{1,2}$ и используя неравенство Минковского для сумм, получим

$$h_{m,n,B}^{(q)}(f, x, y) \leq \sum_{\mu=1}^4 \sum_{\nu=1}^4 \beta_{\mu,\nu}^{(1,2)},$$

где

$$\beta_{\mu,\nu}^{(1,2)} = \left\{ \frac{1}{r_1 r_2} \sum_{(j,k) \in B} \left| \frac{1}{\pi^2} \iint_{\alpha_{\mu,\nu}^{1,2}} \varphi_{x,y}(t; \tau) D_j(t) D_k(\tau) dt d\tau \right|^q \right\}^{1/q}.$$

Известны неравенства

$$D_j(u) \leq j + 1, \forall u; \quad (10)$$

$$|D_j(u)| \leq \frac{\pi}{2|u|}, \quad |u| \leq \frac{\pi}{2}. \quad (11)$$

В силу неравенств (10) и (9) сразу получаем

$$\beta_{1,1}^{1,2}(x, y) \leq mn \iint_{\alpha_{1,1}^{1,2}} |\varphi_{x,y}(t, \tau)| dt d\tau < \varepsilon. \quad (12)$$

Используя неравенство (10) по первой переменной, а (11) по второй и интегрируя по частям в силу (9), получим

$$\begin{aligned} \beta_{1,2}^{1,2}(x, y) &\leq m \iint_{\alpha_{1,2}^{1,2}} \frac{1}{\tau} |\varphi_{x,y}(t, \tau)| dt d\tau = \\ &r_2 m \int_{\frac{1}{n}}^{\frac{1}{m}} \int_0^{\frac{1}{m}} |\varphi_{x,y}(t, \tau)| dt d\tau + \\ &+ m \int_{\frac{1}{n}}^{\frac{1}{m}} \frac{1}{\tau^2} \int_{\frac{1}{n}}^{\tau} \int_0^{\frac{1}{m}} |\varphi_{x,y}(t, \tau_1)| dt d\tau_1 d\tau \leq \varepsilon + \varepsilon \ln \frac{n}{r_2} = \varepsilon \ln \frac{ne}{r_2}. \end{aligned} \quad (13)$$

Совершенно аналогично получаем

$$\beta_{2,1}^{1,2}(x, y) \leq \varepsilon \ln \frac{me}{r_1}. \quad (14)$$

Сначала используя неравенство (11), а затем интегрируя по частям в двойном интеграле, будем иметь

$$\beta_{2,2}^{1,2}(x, y) \leq \iint_{\alpha_{2,2}^{1,2}} \frac{1}{t\tau} |\varphi_{x,y}(t, \tau)| dt d\tau \leq \varepsilon \ln \frac{me}{r_1} \ln \frac{ne}{r_2}. \quad (15)$$

Обозначим

$$F^{(k)}(t, \alpha_\mu^v) \leq \frac{1}{\pi} \int_{\alpha_\mu^v} \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(\tau) d\tau.$$

Тогда в силу (10) и обобщенного неравенства Минковского (Харди, Литлвуд, Полия 1948: 456) получим

$$\beta_{1,3}^{1,2}(x, y) \leq m \left\{ \frac{1}{r_2} \sum_{k \in B_2} \left[\int_0^{\frac{1}{m}} |F^{(k)}(t, \alpha_\mu^3)| dt \right]^q \right\}^{\frac{1}{q}} \leq m \int_0^{\frac{1}{m}} \left\{ \frac{1}{r_2} \sum_{k \in B_2} \left| \int_{\alpha_3^2} \varphi_{x,y}(t, \tau) \left[\frac{\sin k\tau}{2tg\frac{\tau}{2}} + \frac{1}{2} \cos k\tau \right] d\tau \right|^q \right\}^{\frac{1}{q}} dt. \quad (16)$$

Введя функции

$$\chi_1(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{2} \varphi_{x,y}(t; \tau) ctg \frac{\tau}{2}, & \tau \in \alpha_3^2 \\ 0, & \tau \in T \setminus \alpha_3^2 \end{cases} \quad \chi_2(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{2} \varphi_{x,y}(t; \tau), & \tau \in \alpha_3^2 \\ 0, & \tau \in T \setminus \alpha_3^2 \end{cases} \quad (17)$$

причем, продолжая вонне T 2π – периодически заметим, что

$$F^{(k)}(t, \alpha_3^2) = b_k(\chi_1) + a_k(\chi_2).$$

Тогда на основании неравенства Минковского и Хаусдорфа – Юнга получим

$$\beta_{1,3}^{1,2} \leq Amr_2^{-\frac{1}{q}} \int_0^{\frac{1}{m}} \left(\int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \left| \frac{\varphi_{x,y}(t, \tau)}{\tau} \right|^p d\tau \right)^{\frac{1}{p}} dt \quad (18)$$

Здесь и в дальнейшем через A обозначены, постоянные, возможно, различные в разных местах текста.

Используя неравенство Гельдера по переменной t из (18) получим

$$\beta_{1,3}^{1,2} \leq Ar_2^{-\frac{1}{q}} \left\{ m \int_0^{\frac{1}{m}} \int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \left| \frac{\varphi_{x,y}(t, \tau)}{\tau} \right|^p dt d\tau \right\}^{\frac{1}{p}}. \quad (19)$$

Интегрируя по частям в силу (9) из (19), будем иметь

$$\beta_{1,3}^{1,2} \leq Ar_2^{-\frac{1}{q}} \left\{ \frac{m}{\delta^p} \int_0^{\delta} \int_0^{\frac{1}{m}} |\varphi_{x,y}(t, \tau)|^p dt d\tau + pm \int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \frac{1}{\tau^{p+1}} \int_{\frac{1}{r_2}}^{\tau} \int_0^{\frac{1}{m}} |\varphi_{x,y}(t, \tau_1)|^p d\tau_1 dt d\tau \right\}^{\frac{1}{p}} \leq A\epsilon r_2^{-\frac{1}{q}} \left\{ \frac{1}{\delta^{p-1}} + p \int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \tau^{-p} d\tau \right\}^{\frac{1}{p}} \leq A\epsilon.$$

Совершенно аналогично получим

$$\beta_{3,1}^{1,2} < A\epsilon, \quad \beta_{3,3}^{1,2} < A\epsilon.$$

Как при выводе неравенства (19) с заменой α_1^1 на α_1^2 и применяя неравенство (11), запишем

$$\beta_{2,3}^{1,2} \leq Ar_2^{-\frac{1}{q}} \int_{\frac{1}{m}}^{\frac{1}{r_1}} \frac{1}{t} \left(\int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \left| \frac{\varphi_{x,y}(t, \tau)}{\tau} \right|^p d\tau \right)^{\frac{1}{p}} dt \leq$$

$$\leq Ar_2^{-\frac{1}{q}} \left[r_1 \int_0^{\frac{1}{r_1}} \left(\int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \left| \frac{\varphi_{x,y}(t, \tau)}{\tau} \right|^p d\tau \right)^{\frac{1}{p}} dt + p \int_{\frac{1}{m}}^{\frac{1}{r_1}} \frac{1}{t^2} \int_{\frac{1}{m}}^t \left(\int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \left| \frac{\varphi_{x,y}(t_1, \tau)}{\tau^p} \right|^p d\tau_1 \right)^{\frac{1}{p}} dt_1 dt \right] \leq A \ln \frac{me}{r_1} r_2^{-\frac{1}{q}} \max_t \int_{\frac{1}{m}}^t \left(\int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \left| \frac{\varphi_{x,y}(t_1, \tau)}{\tau} \right|^p d\tau \right)^{\frac{1}{p}} dt_1 = A \ln \frac{me}{r_1} \gamma_m^{(p)}.$$

Используя неравенство Гельдера, имеем

$$\gamma_m^{(p)} \leq \max \left\{ \int_{\frac{1}{m}}^t \int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \left| \frac{\varphi_{x,y}(t, \tau)}{\tau} \right|^p dt d\tau \right\}^{\frac{1}{p}} r_2^{-\frac{1}{q}}.$$

Интегрируя по частям по переменной τ получим

$$\gamma_m^{(p)} \leq r_2^{-\frac{1}{q}} \max \left\{ \frac{1}{t \delta^p} \int_{\frac{1}{m}}^t \int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} |\varphi_{x,y}(t, \tau)|^p dt d\tau + p \int_{\frac{1}{r_2}}^{\delta} \frac{1}{\tau^{p+1}} \int_{\frac{1}{m}}^t \int_{\frac{1}{r_2}}^{\tau} |\varphi_{x,y}(t, \tau_1)|^p dt d\tau_1 d\tau \right\}^{\frac{1}{p}} \leq \epsilon r_2^{-\frac{1}{q}} \left\{ \frac{1}{\delta^{p-1}} + \frac{p}{p-1} r_2^{p-1} \right\}^{\frac{1}{p}} \leq A\epsilon.$$

Следовательно

$$\beta_{2,3}^{1,2} < A \epsilon \ln \frac{me}{r_1}.$$

Аналогично имеем

$$\beta_{3,2}^{1,2} < A \epsilon \ln \frac{ne}{r_2}.$$

Пусть

$$f_j(\tau) = \frac{1}{\pi} \int_{\delta}^{\pi} \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) dt = \frac{1}{\pi} \int_{\delta}^{\pi} \varphi_{x,y}(t, \tau) \frac{1}{2} ctg \frac{\tau}{2} \sin jt dt + \frac{1}{2\pi} \int_{\delta}^{\pi} \varphi_{x,y}(t, \tau) \cos jt dt.$$

Введя вспомогательные функции

$$F_1(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \varphi_{x,y}(t; \tau) ctg \frac{\tau}{2}, & t \in [\delta, \pi] \\ 0, & t \in T \setminus [\delta, \pi] \end{cases} \quad F_2(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \varphi_{x,y}(t; \tau), & t \in [\delta, \pi] \\ 0, & t \in T \setminus [\delta, \pi], \end{cases}$$

и продолжены 2π – периодически на всю ось. Получим

$$f_j(\tau) = b_j(F_1) + a_j(F_2).$$

Т. к. функции $F_\gamma \in L(T)$, $\gamma = 1, 2$, то, как коэффициенты Фурье величины b_j, a_j при $j \rightarrow \infty$ стремятся к нулю. Таким образом, последовательность функции f_j для любого $t \in [0, \pi]$ стремится к нулю при $j \rightarrow \infty$.

Кроме того $f_j \in L_p$, $p \geq 1$. Так как на основании неравенства (4) для любого h следует

$$\int_0^h |f_j(\tau)| d\tau = \int_0^h \left| \int_\delta^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) dt \right|^p d\tau \leq \frac{1}{\delta} \int_0^h \left[\int_\delta^\pi |\varphi_{x,y}(t, \tau)| dt \right]^p d\tau \leq A \int_0^h \int_\delta^\pi |\varphi_{x,y}(t, \tau)|^p dt d\tau.$$

Следовательно, условия теоремы Лебега о предельном переходе под знаком интеграла (Натансон 1974: 480) выполняется, и тогда

$$\lim_{j \rightarrow \infty} \frac{1}{h} \int_0^h \left| \int_\delta^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) dt \right| d\tau = 0. \quad (20)$$

Отсюда существует $j_0 \in N$ такое, что при $j \geq j_0$

$$\frac{1}{h} \int_0^h \left| \int_\delta^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) dt \right| d\tau < \varepsilon, \quad (21)$$

Взяв в (21) $h = \frac{1}{n}$ получим

$$\beta_{4,1}^{1,2} = \left\{ \frac{1}{r_1 r_2} \sum_{j,k \in B} \left| \frac{1}{\pi^2} \int_0^\pi \int_0^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) D_k(\tau) dt d\tau \right|^q \right\}^{\frac{1}{q}} \leq \left\{ \frac{1}{r_1} \sum_{j \in B_1} \left[n \int_0^{\frac{1}{n}} \left| \int_0^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) dt \right| d\tau \right]^q \right\}^{\frac{1}{q}} < \varepsilon.$$

Аналогично будем иметь

$$\beta_{1,4}^{1,2} < \varepsilon.$$

На основании неравенства (11) имеем

$$\beta_{4,2}^{1,2} = A \left\{ \frac{1}{r_1 r_2} \sum_{j,k \in B} \left[\int_{\frac{1}{n}}^{r_2} \frac{1}{\tau} \left| \int_\delta^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) dt \right| d\tau \right]^q \right\}^{\frac{1}{q}}.$$

Интегрируя по частям по τ в силу (21), получим

$$\int_{\frac{1}{n}}^{r_2} \frac{1}{\tau} |f_j(\tau)| d\tau = r_2 \int_{\frac{1}{n}}^{r_2} |f_j(\tau)| d\tau + \int_{\frac{1}{n}}^{r_2} \frac{1}{\tau^2} \int_{\frac{1}{n}}^\tau |f_j(\tau_1)| d\tau_1 d\tau < \varepsilon + \varepsilon \ln \frac{n}{r_2} = \varepsilon \ln \frac{ne}{r_2}.$$

Таким образом

$$\beta_{4,2}^{1,2} \leq \varepsilon \ln \frac{ne}{r_2}, \quad j \geq j_0, \quad \forall k.$$

Совершенно аналогично

$$\beta_{2,4}^{1,2} \leq \varepsilon \ln \frac{me}{r_1}, \quad k \geq k_0.$$

Записав сначала в виде

$$\beta_{4,3}^{1,2} = \left\{ \frac{1}{r_1 r_2} \sum_{j,k \in B} \left| \frac{1}{\pi^2} \int_{\frac{1}{r_2}}^\delta \left[\frac{1}{2} ctg \frac{\tau}{2} \operatorname{sink} \tau + \frac{1}{2} \operatorname{cosk} \tau \right] f_j(\tau) d\tau \right|^q \right\}^{\frac{1}{q}}.$$

Как при выводе неравенства (18) и используя неравенство Хаусдорфа — Юнга по переменной τ будем иметь

$$\beta_{4,3}^{1,2} \leq (r_1 r_2)^{-\frac{1}{q}} \left\{ \sum_{j \in B_1} \left(\int_{\frac{1}{r_2}}^\delta \left| \frac{1}{\tau \pi} \int_\delta^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) dt \right|^p d\tau \right)^{\frac{q}{p}} \right\}^{\frac{1}{p}}.$$

Интегрируя по частям в силу (21), получим

$$\left(\int_{\frac{1}{r_2}}^\delta \frac{1}{\tau^p} |f_j(\tau)|^p d\tau \right)^{\frac{1}{p}} \left(\frac{1}{\delta^p} \int_{\frac{1}{r_2}}^\delta |f_j(\tau)|^p d\tau + p \int_{\frac{1}{r_2}}^\delta \frac{1}{\tau^{p+1}} \int_{\frac{1}{r_2}}^\tau |f_j(\tau_1)|^p d\tau_1 d\tau \right)^{\frac{1}{p}} \leq \leq \varepsilon \left(\frac{1}{\delta^{p-1}} + p \int_{\frac{1}{r_2}}^\delta \tau^{-p} d\tau \right)^{\frac{1}{p}}.$$

Тогда

$$\beta_{4,3}^{1,2} \leq A r_2^{-\frac{1}{q}} \varepsilon \left(\frac{1}{\delta^q} + q r_2^{\frac{1}{q}} \right) \leq A \varepsilon.$$

Таким же образом

$$\beta_{3,4}^{1,2} \leq A \varepsilon \quad n > k_0, \quad \forall j.$$

Наконец, величины под знаком модуля

$$\beta_{4,4}^{1,2} = \left\{ \frac{1}{r_1 r_2} \sum_{j,k \in B} \left| \frac{1}{\pi^2} \int_\delta^\pi \int_\delta^\pi \varphi_{x,y}(t, \tau) D_j(t) D_k(\tau) dt d\tau \right|^q \right\}^{\frac{1}{q}}$$

можно представить в виде суммы коэффициентов Фурье четырех функций, которые стремятся к нулю при $j \rightarrow \infty, k \rightarrow \infty$,

следовательно

$$\beta_{4,4}^{1,2} < \varepsilon \quad \text{при } j \geq j_0, k \geq k_0.$$

Собрав полученные соотношения, получим

$$h_{m,n,B}^{(q)} \leq A \varepsilon \ln \frac{me}{r_1} \ln \frac{ne}{r_2} \quad j \geq j_0, k \geq k_0. \quad (22)$$

Если же $\frac{1}{r_1} > \delta$ или $\frac{1}{r_2} > \delta$ или же оба больше δ , то, разбивая сегменты $[0, \pi] = \left[0, \frac{1}{m}\right] \cup \left[\frac{1}{m}, \delta\right] \cup [\delta, \pi]$, аналогично в двух других случаях

и рассуждая точно так же, как и выше, получим (22), что и доказывает теорему 2 при $q = \frac{p}{p-1}$. Кроме того, величины $h_{m,n,B}^{(q)}$ не убывают относительно параметра q , следовательно из доказанного выше следует теорема 2, для любого $q \leq \frac{p}{p-1}$.

Если $q > \frac{p}{p-1}$, то $p_1 = \frac{q}{q-1} < p$ и условия (3) и (4) выполняются для p_1 и теорема 2 следует из вышесказанного.

Замечание к теореме 2:

Пусть при $m = 0, n \geq 1$

$$h_{m,n,B}^{(q)}(f, x, y) = h_{0,n,B_2}^{(q)}(f, x, y) = \left\{ \frac{1}{r_2} \sum_{k \in B_2} |\rho_{0,k}(f, x, y)|^q \right\}^{\frac{1}{q}};$$

Аналогично при $m \geq 1$ и $n = 0$ имеем

$$h_{m,n,B}^{(q)}(f, x, y) = h_{m,0,B_1}^{(q)}(f, x, y) = \left\{ \frac{1}{r_1} \sum_{j \in B_1} |\rho_{j,0}(f, x, y)|^q \right\}^{\frac{1}{q}}.$$

Наконец,

$$h_{0,0,B}^{(q)}(f, x, y) = |\rho_{0,0}(f, x, y)|.$$

Если условия теоремы 2 выполнены, то для любого $0 \leq m \leq m_0$ и $n \in N$

$$h_{m,n,B}^{(q)}(f, x, y) \leq A \ln \frac{(m+1)e}{r_1}, \quad (23)$$

а при $0 \leq n \leq n_0$ и $m \in N$

$$h_{m,n,B}^{(q)}(f, x, y) \leq A \ln \frac{(n+1)e}{r_2}. \quad (24)$$

Неравенства (23) и (24) доказываются совершенно аналогично выше-приведенным методом.

Полагая

$$\tilde{h}_{m,n,B}(f; x; y) = h_{m,n,B}^{(1)}(f; x; y) \left(\ln \frac{(m+1)e}{r_1} \ln \frac{(n+1)e}{r_2} \right)^{-1},$$

$m, n \in N_0 = \{0\} \cup N$ в силу дополнения к теореме 2, следует ограниченность величин

$$\lim_{\substack{m \rightarrow \infty \\ n \rightarrow \infty}} \tilde{h}_{m,n,B}(f; x; y) = 0$$

равномерно относительно $r = r_1 \cdot r_2$. Поэтому обозначив

$$\varepsilon_{m,n}(f, x, y) = \sup_{\substack{m_1 \geq m \\ n_1 \geq n}} \tilde{h}_{m_1, n_1, B}(f; x; y)$$

заметим, что эти величины ограничены и, убывая по каждому из индексов, стремятся к нулю.

Теорема 3

Пусть функция $f \in L_\mu(T^2)$, $\mu > 1$, $p \in (1, \mu]$, (x, y) ее p -точка Лебега и $\varphi \in \Phi_{\frac{1}{2}}$. Тогда

$$\begin{aligned} H_{m,n}^\varphi(f; x; y) &= \frac{1}{(m+1)(n+1)} \sum_{j=m}^{2m} \sum_{k=n}^{2n} \varphi(|\rho_{j,k}(f; x; y)|) \leq \\ &\leq A\varphi(\varepsilon_{m,n}(f, x, y)). \end{aligned} \quad (25)$$

Доказательство

В работах Н.Л. Пачулия (Пачулия 2017: 204; Пачулия 1987: 8–50) доказано утверждение: если

$$\frac{1}{r_1 r_2} \sum_{j,k \in B} |b_{j,k}| \leq A F_{m,n} \ln \frac{(m+1)e}{r_1} \ln \frac{(n+1)e}{r_2}, \quad (26)$$

где $b_{j,k}$ – некоторая последовательность чисел, $F_{m,n}$ – ограниченная убывающая по обоим индексам, стремящаяся к нулю последовательность

чисел $B \subset [m, 2m; n, 2n] \cap N^2$, а $j, k = 1, 2$, количество элементов проекции множества B на соответствующие оси координат, то $\forall \varphi \in \Phi_{\frac{1}{2}}$

$$\frac{1}{(m+1)(n+1)} \sum_{j=m}^{2m} \sum_{k=n}^{2n} \varphi(|b_{j,k}(f; x; y)|) \leq A\varphi(F_{m,n}). \quad (27)$$

Если $b_{j,k} = \rho_{j,k}(f, x, y)$, а $F_{m,n} = \varepsilon_{m,n}(f, x, y)$, то на основании определения $\varepsilon_{m,n}$ и теоремы 2 следует (26), следовательно, верно неравенство (27), что и доказывает теорему 3.

Дополнение к теореме 3

1) Если

$$\overline{\lim}_{u \rightarrow \infty} \frac{\ln \varphi(u)}{u^2} = \infty, \quad (26)$$

то существует функция $f \in C(T^2)$ и точка (x_0, y_0) , в которой неравенство (25) не выполняется. В самом деле (Харди, Литлвуд, Полия 1948: 456) построен пример функции $f \in C(T^2)$ и точка (x_0, y_0) , в которой

$$\overline{\lim}_{\substack{m \rightarrow \infty \\ n \rightarrow \infty}} \frac{1}{(m+1)(n+1)} \sum_{j=m}^{2m} \sum_{k=n}^{2n} \varphi(|\rho_{j,k}(f; x_0; y_0)|) = +\infty. \quad (27)$$

Доказано (Пачулия 1987: 8 – 50), что

$$\tilde{h}_{m,n}^{(1)}(f; x; y) \leq A E_{m,n}(f),$$

то

$$\varepsilon_{m,n}^{(1)}(f; x; y) \leq A E_{m,n}(f).$$

Тогда если неравенство (25) выполняется, то

$$H_{m,n}^\varphi(f; x; y) \leq A\varphi(E_{m,n}(f)). \quad (28)$$

Так как $E_{m,n}(f) \rightarrow 0$ и $\varphi(0) = 0$, то

$$\lim_{\substack{m \rightarrow \infty \\ n \rightarrow \infty}} H_{m,n}^\varphi(f; x; y) = 0,$$

что противоречит (27).

Таким образом, если функция φ удовлетворяет равенству (26), то существует функция $f \in L_\mu$, $\mu > 1$ и μ — точка Лебега функции f , в которой равенство (25) уже не выполняется.

2) Если

$$\lim_{u \rightarrow 0^+} \frac{\varphi(2u)}{\varphi(u)} = +\infty,$$

то существует функция $f \in C(T^2)$ и точка (x_0, y_0) , для которой неравенство (25) не выполняется.

В самом деле, в работе Н.Л. Пачулия (Пачулия 1987: 8–50) построен пример функции $f \in C(T^2)$, для которой

$$H_{2^{n+1}, 2^{n+1}}^{\varphi}(f; x_0; y_0) \geq n\varphi(E_{2^{n+2}, 2^{n+2}}),$$

отсюда следует, что

$$\overline{\lim} \frac{H_{m,n}^{\varphi}(f; x_0; y_0)}{\varphi(E_{m,n})} = +\infty.$$

С другой стороны, если для данной функции в точке (x_0, y_0) выполнялось бы неравенство (25), то

$$\frac{H_{m,n}^{\varphi}(f; x_0; y_0)}{\varphi(E_{m,n})} \leq A.$$

Доказательство теоремы 1.

На основании выполнения неравенства (26), так как в точках Лебега в силу доказанного в теореме 2 соотношению и $\varphi \in \Phi_{\frac{1}{2}}$ следует теорема 1.

Литература

Зигмунд 1965а: Зигмунд А. Тригонометрические ряды. М., 1965. Т. 2. 538 с.

Натансон 1974: Натансон И.П. Теория функций вещественной переменной. М., 1974. 480 с.

Пачулия 1987: Пачулия Н.Л. О сильной суммируемости простых и кратных рядов Фурье Вопросы суммируемости простых и кратных рядов Фурье. Киев, 1987. С. 8–50.

Пачулия 2017: Пачулия Н.Л. Экстремальные задачи теории сильного суммирования рядов Фурье. Сухум, 2017. С. 204.

Харди, Литтлвуд, Полия 1948: Харди Г.Г., Литтлвуд Д.Е., Полия Г. Неравенства. М., 1948. 456 с.

Л. А. Ҷашба

ӨБАНЫ ИКОУ ФУРЬЕ ИЦӘАХӘАҚӘА РЕИЦЦАРА ГӘГӘАҚӘА – φ АКӘАЦҚӘА

Аннотация. Аусумтағы иазаатғылоуп өбаны икоу Фурье ицәахәақәа рҕы, φ -иғәғәоу абжсәратә еицәқәа $f \in L_p$, $p > 1$, p -Лебег икәаңқәа рҕы, рфункциа атригонометраиә системала нуль ишазнеиуа атәы.

Ихадароу ажәақәа: Фурье ицәахәақәа, аицәара гәғәақәа, Лебег икәаң.

L. A. Khashba

ON POINTS OF φ -STRONG SUMMABILITY OF DOUBLE FOURIET SERIES

Annotation. The tendency to zero of φ strong meanings of arithmetic double Fourier series in terms of the trigonometric system of the function $f \in L_p$, $p > 1$ in its Lebesgue points is proved in the paper.

Key words: Fourier series, strong summation, Lebesgue point.

**АМЕДИЦИНА-БИОЛОГИАТӘ, АҚЫҒАНХАМҚАТӘ
ТЦААРАДЫРРАҚӘИ АДГБЫЛ ИАЗКУ
АТЦААРАДЫРРАҚӘИ •
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ,
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ И
НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**А. З. Матуа, Х. З. Трапшь, Ф. А. Горухчиева, С. Т. Амаба,
С. Ць. Смыр, А. А. Цьидариан, Ць.Т. Кэыбраа,
А. А. Амичба, И.Гь. Концьариа, З. В. Шевцова, З. И. Амқэаб**

**ЕИУЕИПШЫМ АҚЭРАНЦЫРАҚӘА ЗМОУ АУАА РГЭЫЦҚӘА
РЕИҒЫРЦШРАЛА ИМҚАПГОУ АЦСНЫ АУААЦСЫРА
РГЭЫЗФЫДАРАТӘ (РИММУНОЛОГИАТӘ)
ТАГЫЛАЗААШЬА АТЦААРА**

Аннотация. *Аусура иалагзаны итїаан Аңсны ауааңсыра х-гэыцк рыла еихшаны (зажэра иаақэлаз, абыргэа, ақэранїыра ду змоу) ирыцизи ирыдыркылази аиммунитетқэа рарбагақэа. Аиммунологиатә тїаарақэа ирыїаркуан алейкоцитқэа, апопулиацияқэеи асубпопулиацияқэеи CD3+ Т-лимфоцитқэа, CD4+-хелперқэа, CD8+Т-ашхамтэхацқэа, нас CD19+В-лимфоцитқэа, NK 16/56+-хацқэа анеитрофилтә гранулоцитқэа – (НГ) ахьынзamoу, ахэлагалареи арсарей рзы афагоцитқэа (НГ) иаадырїшуа ахай-хайара зеицшроу, рхыцхызара аилкаара. Еиҳа крызїазкуа аиммунологиатә рбагақэа аарїшыи аеанрааларатә иммунитет Т-алимфоцитқэа рпопулиацияеи ауааы ициуа аиммунитет NK-хацқэа реи. НГ афогоцитартә ... зықэрахь инеихьоу реи айкыс, зуабыбжсара итысхьоу ауаа реи еиҳа иңсыены ахы цэырнагоит. Иаидкылары иухэозар, 90 шықэса иртысхьоу ауаа риммунологиатә рбагақэа шылақэуагы, риммунитетә система ицэгьамкэа еиқэхоит.*

Ихадароу ажэақэа: *ауааы ицизи идкыларатэи (аеанрааларатэи) иммунитетқэа, Т-лимфоцитқэа, NK-хацқэа, ақэранїыра ду змоу ауаа, ақэратә ғынсахрақэа. НГ афагоцитартә*

Ауааы иқэранцырей иқэранцыратә чымазарақэа реиара аамтеи ирхылапшуеит ауааы ицэеижь агэызыдаратә (аиммунитеттә) еибаркыра. Ауааы иқэра иацлацыцхьаза ирыгхо ицалоит ицэеижьтә зшьарқэа реицш ихацқэа ргэызыдаракэагы. Атцаацэа азэырфы ауааы иажэра иахэапшуеит аим-

мунитет ацсыгхарей ласы-лассы уи аказшьақэа рыпсахрақэеи ирыдхэалоу Т-иммунозымхарак ахасабала. Убас шакеугы, аиммунатә еибаркыра иамоуп ацэеижь аниуаз иапцахаз, зылшарақэа рацэоу, ацэеижь ахьчара иазку амчра тацэахкэа.

Ауааы ииммунатә еибаркырағ ақэра иабзоуроу аеиитакрақэа мөапысуеит ицсы танатцы (Ройт 2000: 4; Хавинсон, 2011: 6; Ярилин 2003: 7).

Ацсны пхьазоуп ақэранцыра ду ахьыкоу регионуп хэа. Ақэра ду змаз ауаа рыпстазаашьей ргэызыдаратә тагылазаашьей рытцааразы алагала ду канатейт АССР ахаан имөацгаз аекспедиция ду аусуратә лцшэақэа (Козлов 1987: 1).

Ацыхэтэантэи ашықэскэа иртагзаны Ацсны итцаан ақэра ду змоу азэырфы рцэеижьтә зшьарқэеи рбиохимиятә чыдарақэеи, аха итцаазамкэа ианхон (2017 шықэса ркынза) риммунологиатә казшьарбагақэа. Убри азоуп азэлымхара чыда зрытаз еиуеипшыим ақэрақэа змаз ауаа риммунатә тагылазаашьақэа, насгы ақэра ду змаз ргэыцқэа реиғырцшрала имөацгаз атцарақэа зымөацгазгы (Каландия 2006: 2; Матуа, Трапш, Шевцова 2017: 3; Трапш 2019: 5; Матуа 2019: 8).

Аусура ахықэкы: Ацсны инхо ауаацсыра доусы даниуаз иоуыз шьтралатэи уи ашьтахь иааихэаз аеынрааларатэи аиммунитетқэа ирымоу зеицшроу, еиуеипшыим ақэрақэа змоу агэыцқэа реиғырцшратә тцарақэа рыла ашьақэыргылары.

Атцаара ахасабтэқэа:

1. Шьтралатэи аиммунитет зеицшроу атцаара (анеитрофилтә гранулоцитқэа – (НГ) ахьынзamoу, ахэлагалареи арсарей рзы афагоцитқэа (НГ) иадырїшуа ахатцхатара зеицшроу, NK 16/56+-хацқэа рхыцхызара аилкаара);

2. Аеанрааларатә иммунитет атцаара (CD3+ Т-лимфоцитқэа, CD4+-хелперқэа, CD8+Т-ашхамтэхацқэа, нас CD19+В-лимфоцитқэа);

3. Еиғырцшу ақэратә гэыцқэа рышьтралатэи ренрааларатэи иммунитетқэа рзы реиғырцшратә хэшьарақэа рыкэыргылары.

Хара хусурағ зынза итцаан 113-өык Ацсны инхо 60 инаркны 112 шықэса ркынза зхыцуа ауаа. Ари атцаараз хара иалахит 60-өык. Урт кэрала, жэларбжьаратә агэабзиарахьчаратә еиғкаара излахэо ала, х-гэыцкны еихшан: 1) абыргэа ргэыц – 60–74 шықэса ирыцанакуаз (I, n=20-өык); 2) иажэхьоу ргэыц – 75–89 шықэса ирыцанакуаз (II, n=20-өык); 3) ақэранцыра ду змоу ргэыц – 90–113 шықэса ирыцанакуаз (III, n=20-өык).

Ауаа рытцаара мөацган Ацсны Академия иатэу апышэаратә паталогиеи атерapieи рытцаарадырратә институт аусзуөцэа рытцааратә гэыц амчала.

Изхәәпшуаз ауаа реихарафыйк рыфнқәа рахь инеиуан. Урт ашыа рылырхуан авакуумтә шыалхгақәа рыла, рмышьхәылтә даецәа акынтә шыыжы, асаат 9:00 инаркны 11:00 ркынза, акрымфазакәа ишыказ. Изхәәпшуаз ауаабы игәабзиара зеипшроу шыақәдыргылон иара иецәажәарей убриаамтазтәи итагылазаашьақәеи рыла. Игәабзиаратә тагылазаашьа аилкаараз ишыақәдыргылон ихдырра зеипшроу, иныпшуа идеменциатә чыдарақәа аламтақәа, инеиааиратә лшарақәеи ихы аматзура ахынзаилшой. Ицәеижь афизиологиатә еибаркырақәа рҕы казшыа баапсла аҕиара иаҕу ацәеижьхәтақәа рыказаара шыақәдыргылон егырт амыругатә диагностикакаҕаҕақәа рыла, анафсгы еиуеипшым ачымазаратә хырхартақәа рыхәшәтәыцәа рконсультацияқәа рхархәарала.

Ахәәпшра иахысыз абыргцәа зегы рҕы иаарпшуп акрызхытцауа ауаа чмазараны ишрымоу ашыақәыгәҕаратә чмазарақәа (ибжәаратәу, I–II аоаза-рақәа), еиха иаамачны ирыдбалоуп амахашьахәеи, ацеи, акьатеикәеи реибаркырақәа рчымазарақәа.

Ахархәара змаз аматериалқәа:

- этилендиаминтетрауксустә кислота злоу ашыацқәа;
- гепарин злоу ашыацқәа.

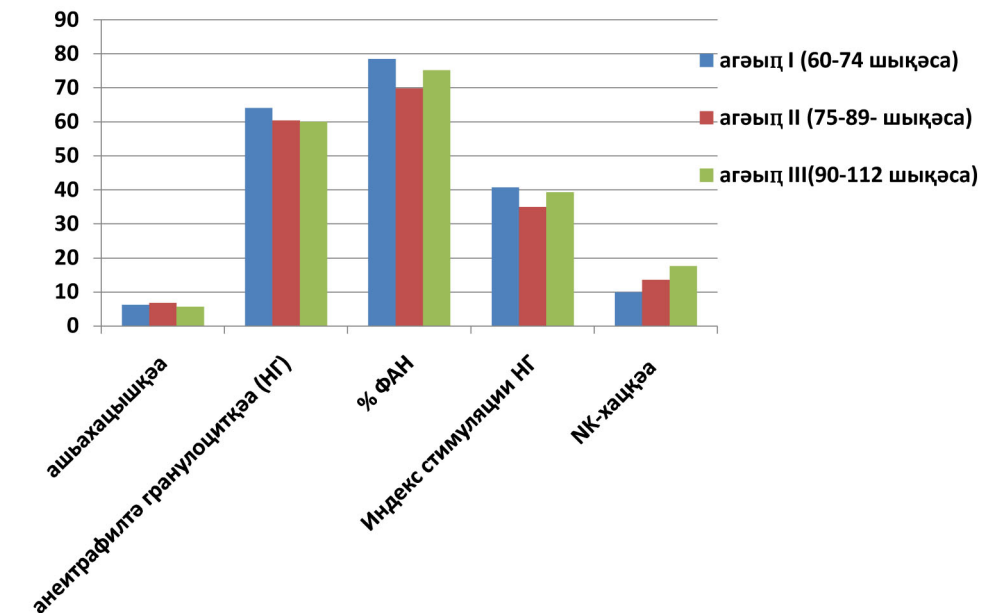
Хархәара змаз аметодқәа.

– ашыа ахацышқәа рпопуляция атцаара мөапысуан автоматла аус зуа ашыатцаагәтә анализкаҕаҕаҕы, хархәара азун аматәашьар HORIBA ABX (Франция – Япония).

– аиммунологиатә тцаарақәа мөапган еипкәарада аус зуа цитофлуориметр акны, ацәеижьҕагылақәа реидымчаблара алзыршо акониугатқәа Beckman Coulter США) рхархәарала, убас итцаан алимфоцитқәа абарт реипш икоу рпопуляцияқәеи рсубпопуляцияқәеи: Т-хацқәа (CD3⁺ CD19⁻), Т-хелперқәа (CD3⁺ CD4⁺), Т-хацшхамыркқәа (CD3⁺ CD8⁺), В-лимфоцитқәа (CD19⁺ CD3⁻), NK-хацқәа (CD16⁺ CD56⁺ CD3⁻), насгы афагоцитқәа активратә казшыа азыкәыргылараз хархәара азун атест FagoFlow Ex Kit (Exbio, Чехия).

Алцшәақәа статистикала аус шрыдулаз

Аматериалқәа аус рыдулар мөапган MicrosoftExcel 2007 апрограма ахархәала, «описательная статистика» ахархәара атаны. Еилахкаауаз ачыдаразы ишыақәаргылон ибжәаратәу хынаара ($\pm m$). Ашәагаакәа реиҕырцшраз хархәара атан t-критери Студент иказшыарбагақәа.



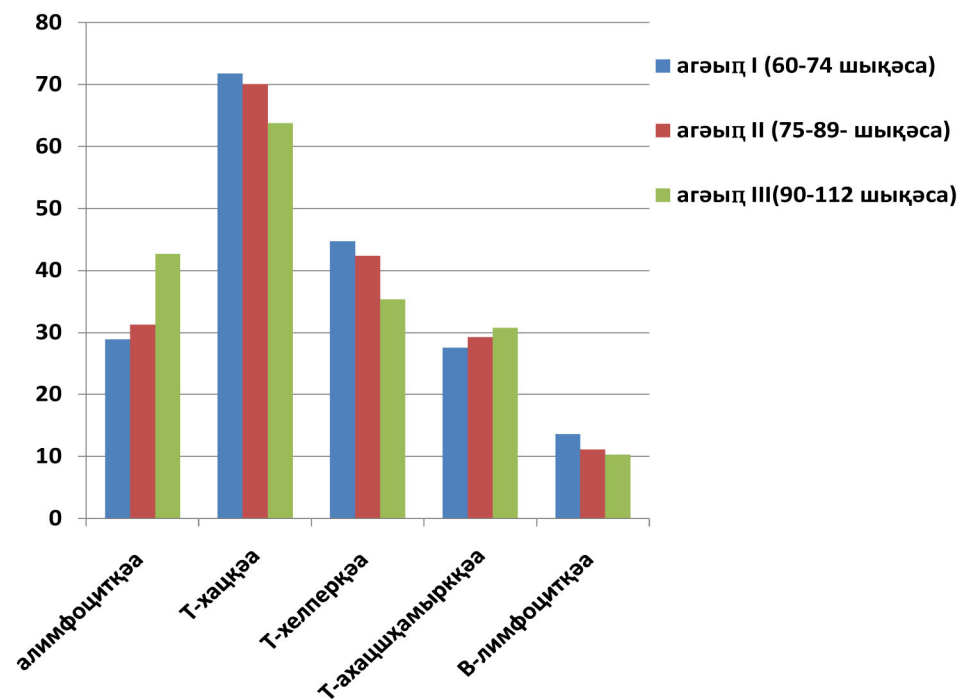
Асахьа 1. Шьтралатәи аиммунитет аказшыарбақәа

Асахьа 1 акны излаабо ала аперифериахьтәи ашыа акны иалоу ашыахацышқәа рзеипштә хыцхьазара ақәра иацлацыцхьаза еиха-еиха иагхоит.

Дара ашыахацышқәа рпопуляция аонытқагы иубаратәи икоуп анеитрофилтә гранулоцитқәа (НГ) рхыцхьазара шмачхауа. НГ рфагоцитартә активра, насгы рыхәлагаларатәи рырсаратәи усурақәа еиха иубаратәи иаарпшын ауаа быргцәа ргәыц ағы. NK-хацқәа реиҕырцшратә хыцхьазара ауаа рықәрадура иадхәаланы иацлон, атыхәтәаны зегь реиха ирацәаны иархәеит ақәра ду змоу абыргцәа ргәыц ағы.

Асахьа 2 акны излаабо ала, ауаа рықәра иазхацыцхьаза алимфоцитқәа рхыцхьазареизхара инаваргыланы имөапысуеит аперифериаҕтәи ашыа иалоу азеипштә Т-лимфоцитқәа (CD3⁺ CD19⁻) рхыцхьазара аитцахара. Уи аамтазы азеипштә Т-лимфоцитқәа рсубпопуляцияқәа рҕы Т-хелперқәа (CD3⁺ CD4⁺), процентла иаагозар, рхыцхьазара рықәра иазхацыцхьаза иагхоит, убасқан ахацшхамыркратә Т-лимфоцитқәа (CD3⁺ CD8⁺) рхыцхьазара ақәра ду змоу рҕы хычы-хычыла иацлоит.

Асубпопуляцияқәа (Т-хелперқәа/Т-ахацшхамыркқәеи) реизыка-заашьа еиха иубаратәи аеапсахуан ақәра ду нызцуаз ауаа ргәыц ағы. В-лимфоцитқәа (CD19⁺ CD3⁻) процентлатәи рхыцхьазара еиханы иаарпшын ауаа быргцәа ркны, урт рықәра иацлацыцхьаза иара ашышыхәа имачхоит.



Асахьа 2. Еиғарқшуа реанрааларатә иммунитет аказшьарбақәа

Ауафы имоу иштралатәии реанрааларатәи иммунитеткәа иқәра иадхәаланы еиғарқшуа иантахцаа, иаабейт рхыцхьазаратә казшьарбақәа еиғарығешырцсахуа реанрааларатә иммунитет аан Т-лимфоциткәа рпопулиациясы, штралатәи аиммунитет аан –

НК-ацкәа рҕы. Ускан, ацхьатәикәа рхыцхьазара иубаратәи иагхоит, аабатәикәа рхыцхьазара иубаратәи иацлоит. Иаидкыланы иаагозар, арака иаабо аказшьарбақәа егырт арегионкәа ирызкны алитература иану атцаратә лцшәкәа иреипшуп. Даара иубартамзаргы анейтрофилтә гранулоциткәа (НГ) рфагоцитартә активра еиғар ицсыгеуп ақәранцыра ду змоу ауаа ргәыц (III агәыц) иатцанакуа рҕы акәымкәа, иара ус ажәра зныцшуа ауаа ргәыц (II агәыц) ағы.

Абасала ишыақәыргылоуп, хағалатәи ауафы иеизхара ақәыпшра аамтаз аиммунатә еибаркыра аусура ацакы еиғар-еиғар ишазхауа, аха иқәра иазхацицхьаза иаабоит ауафы ииммунатә еибаркыра аусура шыпсыҕо.

Убас шакәугы, 90 шықаса еиғарны изхыцуа агеронтцәа хәа изышьтоу ауаа рҕы, хара иаабейт чыдарақәак рзы ахыцхьазарақәа шылакугы, инедкыланы урт риммунатә еибаркыра хәартара аланы икоуп хәа азухәаратә ишыкоу.

Алитература

- Козлов 1987: Козлов В.И. Абхазское долгожительство. М., 1987. С. 5–16.
- Каландия 2006: Каландия Т.З. Периферическое звено гемопоэза и некоторые биохимические показатели у лиц различных возрастных групп, проживающих в Абхазии. Автор. дис. на соиск. уч. ст. к. б. н. М., 2006. 99 с.
- Матуа, Трапш, Шевцова 2017: Матуа А.З., Трапш Х.З., Шевцова З.В. Некоторые параметры врожденного и адаптивного иммунитета у жителей Абхазии разных возрастов // Успехи геронтологии. Приложение. Спб., 2017. Т. 30. № 6. С. 47.
- Ройт, Бростофф, Мейл 2000: Ройт А., Бростофф Дж, Мейл Д. Развитие иммунной системы в онтогенезе (пер. с англ.) // Иммунология. М., 2000. С. 216.
- Трапш, Матуа, Горухчиева 2019: Трапш Х.З., Матуа А.З., Горухчиева Ф.А. Сравнительное исследование популяции лимфоцитов у лиц пожилого, старческого возраста и долгожителей Абхазии // Материалы Международной н.-практ. конф. «Молодые ученые в медицине и биологии». Сочи, 2019. С. 60–65.
- Хавинсон, Линькова, Полякова и др. 2011: Хавинсон В.Х., Линькова Н.С., Полякова В.О. и др. Возрастная динамика дифференцировки иммунных клеток тимуса человека // БЭБИМ, Спб., 2011. Т. 151. № 5. С. 569–572.
- Ярилин 2003: Ярилин А.А. Старение иммунной системы и тимус // Клиническая геронтология. М., 2003. № 3. С. 8–17.
- Matua, Akhuba, Trapsh et al. 2019: Matua A.Z., Akhuba L.O., Trapsh Kh.Z. et al. Study of longevity factors in residents of Abkhazia // Conference Centenary of human population genetics. M., 2019. P. 77.

А. З. Матуа, Х. З. Трапш, Ф. А. Горухчиева,
С. Т. Амаба, С. Д. Смыр, А. А. Джидарян, Д. Т. Кубрава, А. А.
Амичба, И. Г. Конджария, З. В. Шевцова, З. Я. Миквабия

ИССЛЕДОВАНИЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У ЖИТЕЛЕЙ АБХАЗИИ В СРАВНИТЕЛЬНО-ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

Аннотация. В работе были изучены показатели врожденного и адаптивного иммунитета у жителей Абхазии трех возрастных групп: пожилого, старческого возраста и долгожителей. Иммунологическое исследование

дование включало определение общего количества лейкоцитов, популяции и субпопуляции CD3+, CD4+, CD8+ T-лимфоцитов, CD19+ B-лимфоцитов, CD16+/56+NK-клеток и фагоцитарной (поглотительной и переваривающей) активности нейтрофильных гранулоцитов (НГ). Более значимые возрастные изменения иммунологических параметров были выявлены, среди показателей адаптивного иммунитета – в популяции T-лимфоцитов, и среди параметров врождённого иммунитета – в NK-клетках. Фагоцитарная активность НГ, была наименее активной, не у долгожителей, а у людей старческого возраста. В целом, не смотря на количественное снижение ряда иммунологических показателей, у людей, перешедших 90-летний рубеж, наблюдали достаточно сохраняющую иммунную систему.

Ключевые слова: врожденный и адаптивный иммунитет, T-B-лимфоциты, NK-клетки, фагоциты, долгожители, возрастная динамика.

A. Z. Matua, K. Z. Trapsh, F. A. Gorukhchieva, S. T. Amaba,
S. D. Smyr, A. A. Dzhidaryan, D. T. Kubrava, A. A. Amichba,
I. G. Kondzharia, Z. V. Shevtsova, Z.Y. Mikvabia

RESEARCH OF IMMUNOLOGICAL PARAMETERS AMONG RESIDENTS OF ABKHAZIA IN A COMPARATIVE AGE ASPECT

Annotation. In the process of work, the indicators of congenital and adaptive immunity among residents of Abkhazia of three age groups were studied: elderly, senile age and centenarians. Immunological research included determining the total white blood cell count, population, and subpopulations of CD3 +, CD4 +, CD8 + T-lymphocytes, CD19 + B-lymphocytes, CD16 + / 56 + NK cells and phagocytic (absorbing and digesting) activity of neutrophilic granulocytes (NG). More significant age-related changes in immunological parameters were identified among indicators of adaptive immunity – in the population of T-lymphocytes and among the parameters of innate immunity - in NK cells. The phagocytic activity of NG was not the least active in centenarians, and in people of senile age. In general, despite quantitative decrease in a number of immunological parameters in people crossed the 90-year age limit, there is a fairly safe immune system.

Key words: congenital and adaptive immunity, T-B lymphocytes, NK cells, phagocytes, centenarians, age dynamics.

З. Я. Миквабия

КЛИНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАНЕНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ

Аннотация. Анализ последствий огнестрельных ранений конечностей представляет большой интерес, поскольку в мире отмечается неуклонный рост пострадавших от огнестрельных ранений как среди военнослужащих, так и среди гражданского населения. Под нашим наблюдением на лечении находилось 98 больных с огнестрельными ранениями конечностей – как во время Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг., так и в мирное время. Из них мужчин 84,5 % и 15,5 % женщин. В работе рассматриваются осложнения у больных с огнестрельными повреждениями, среди которых ложные суставы и дефекты мягких тканей, хронический остеомиелит, повреждения нервов, нейрогенные деформации и укорочения, контрактуры суставов, повреждения суставов. Огнестрельные повреждения приводили к развитию самых разнообразных последствий, что требовало индивидуального, но при этом комплексного подхода к выбору тактики и метода оперативного лечения.

Ключевые слова: огнестрельные ранения, повреждения конечностей, осложнения.

Лечение последствий огнестрельных повреждений конечностей представляет большую проблему. Прежде всего, это связано с большим разнообразием и обширностью повреждений (Анисимов 1992: 17; Ревской, Люфтинг, Николаенко 2007: 272; Самохвалов, Котенко, Бадалов 2011: 12–18; Шаповалов 1999: 127–148). Нередко у одного больного встречаются повреждения сразу нескольких анатомических структур конечностей, что затрудняет выбор оптимального метода лечения (Атаев, Атаев, Каллаев 2012: 40–41; Ахмедов, Тихилов 2018: 5–13; Беслекоев, Федосеев, Анипченко 2005: 19–21; Кесян 2001: 207–208; Николаенко 2000: 216). Поэтому анализ последствий огнестрельных ранений конечностей представляет интерес не только для военных травматологов-ортопедов и хирургов, но и для практического здравоохранения в целом (Брижань 2010: 34; Брюсов, Дедушкин, Николенько 1993: 116–117; Ефименко, Шаповалов, Дулаев 2003: 4–12; Загалов, Джангобеков 2007: 70–73).

На лечении под нашим наблюдением находилось 98 больных с последствиями огнестрельных повреждений конечностей, которые развивались у пострадавших после получения огнестрельных ранений как во время военных действий, так и в мирное время. Наиболее часто за помощью обращались лица мужского пола трудоспособного возраста (таблица 1).

Таблица 1

Распределение больных по полу и возрасту

Пол	Возраст в годах										ВСЕГО	
	19–30		31–40		41–50		51–60		61 и ст.			
	К	%	К	%	К	%	К	%	К	%	К	%
Муж.	24	24,5	29	29,5	22	22,4	7	7,2	1	1,0	83	84,5
Жен.	5	5,2	6	6,2	2	2,0	1	1,0	1	1,0	15	15,5
Всего	29	29,7	35	35,7	24	24,4	8	8,2	2	2,0	98	100,0

Лиц мужского пола было 83 (84,5 %), женского – 15 (15,5 %) пострадавших. Последствия огнестрельных повреждений конечностей наиболее часто (35 пострадавших) встречались у больных в возрасте от 31 до 40 лет, что составило 35,7 %. В возрастные периоды 19–30 лет и 41–50 лет последствия также встречались часто 29 (29,7 %) и 24 (24,4 %) соответственно. Только в возрастных периодах 51–60 лет и 61 год и старше данные последствия встречались значительно реже – всего в восьми (8,2 %) и двух (2,0 %) случаях соответственно.

Рассмотрим зависимость последствий повреждений от вида поражающего оружия: наиболее часто последствия огнестрельных повреждений конечностей встречались после пулевых ранений (таблица 2).

Таблица 2

Распределение больных по виду поражающего оружия

Вид поражающего оружия	Количество пострадавших	%
Пулевое	76	77,6
Минно-взрывное	20	20,4
Дробовое	2	2,0
Всего	98	100,0

Наибольшее количество пострадавших обратилось с последствиями пулевых огнестрельных повреждений конечностей, тогда как с минно-взрывными (осколочными) повреждениями обратилось значительно меньше пострадавших – 76 (77,6 %) и 20 (20,4 %) больных соответственно. В двух (2,0 %) случаях обратились больные по поводу последствий ранений дробью.

Последствия огнестрельных повреждений конечностей, послуживших причиной для госпитализации, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Последствия огнестрельных повреждений конечностей

	Количество осложнений	%
Ложные суставы и дефекты	62	63,35
Хронический остеомиелит	47	48,0
Дефекты мягких тканей	41	41,9
Повреждения нервов	27	27,5
Нейрогенные деформации	23	23,4
Деформация и укорочение	20	20,4
Контрактуры суставов	9	9,2
Повреждение сосудов	5	5,1

Более чем у половины пострадавших были ложные суставы и дефекты костей, хронический остеомиелит, дефекты мягких тканей – 62 (63,3 %), 47 (48,0 %) и 41 (41,9 %) наблюдений соответственно. Значительно реже мы имели дело с больными с повреждениями нервов, нейрогенными деформациями, укорочением и деформацией костей – соответственно 27 (27,5 %), 23 (23,45 %) и 20 (20,4 %) наблюдений. В редких случаях были выявлены контрактуры суставов и повреждения сосудов – 9 (9,2 %) и 5 (5,1 %) наблюдений. Таким образом, у 98 больных выявлено 234 осложнения, то есть в среднем на одного пациента приходилось по 2,3 осложнения. У 8 (8,2 %) пациентов было по одному осложнению, у 53 (54,0 %) пострадавших выявлено по 2 осложнения и 28 (28,6 %) больных имели по три осложнения, а у 9 (9,2 %) пациентов было выявлено по четыре осложнения.

Наиболее часто больные обращались по поводу ложных суставов и дефектов костей конечностей. Величина укорочения колебалась от 1 до 22 см (таблица 4).

Таблица 4

Распределение больных по величине костного дефекта

	1–4 см	5–10 см	10–20 см	Более 20 см	ВСЕГО	%
Плечо	7	4	1	–	12	19,4
Предплечье	3	–	–	–	3	4,8
Бедро	4	9	5	–	18	29,0
Голень	13	9	6	1	29	46,8
ВСЕГО	27	22	12	1	62	100
%	43,5	35,5	19,4	1,6	100	

Наиболее часто встречались ложные суставы и дефекты костей голени – 29 случаев, что составило 46,8 %, значительно реже пострадавшие обращались с ложными суставами и дефектами бедренной и плечевой костей – 18 (29,0 %) и 12 (19,4 %) наблюдений соответственно. В 3 (4,8 %) случаях выявлены поражения костей предплечья.

Также по таблице 4 видно, что у 27 (43,5 %) больных величина дефекта составляла 1–4 см, у 22 (35,5 %) пациентов дефект достигал 5–10 см, у 12 (19,4 %) – дефект составлял 10–20 см. У одного больного дефект большеберцовой кости был 22 см.

С хроническим остеомиелитом находилось на лечении 37 пострадавших с последствиями огнестрельных ранений, у которых выявлено 47 остеомиелитических очагов. Остеомиелит отмечен в различных костях скелета, но наиболее часто была поражена большеберцовая кость (таблица 5).

Таблица 5

Распределение пострадавших по локализации остеомиелитического процесса

	Количество костей	%
Плечевая кость	3	6,4
Лучевая кость	5	10,6
Локтевая кость	4	8,5
Кости кисти	1	2,1
Бедренная кость	7	14,9
Большеберцовая кость	18	38,3
Таранная кость	3	6,4

Продолжение табл. 5

Пяточная кость	4	8,5
Кости переднего отдела стопы	2	4,3
ВСЕГО	47	100

Наиболее часто больные обращались с остеомиелитом большеберцовой кости – 18 наблюдений, что составило 38,3 %. Остеомиелит другой локализации был значительно реже. У десяти больных было поражено по две кости. В трех случаях отмечалось поражение обеих костей предплечья, а еще у семи больных в остеомиелитический процесс вовлекались кости, составляющие суставы верхних и нижних конечностей (таблица 6).

Таблица 6

Распределение пострадавших с остеомиелитом костей, составляющих суставы

Суставы	Кости	Количество
Локтевой	Плечевая	1
	Локтевая	1
Лучезапястный	Лучевая	1
	Кости запястья	1
Коленный	Бедренная	2
	Большеберцовая	2
Голеностопный	Большеберцовая	3
	Таранная	3

Поражение суставов верхних конечностей отмечено в двух случаях. При этом у двух больных были поражены плечевая, локтевая, лучевая кости и запястье. Суставы нижних конечностей были поражены у пяти пациентов с поражением двух бедренных, пяти большеберцовых и трех таранных костей.

Более чем у половины больных отмечена свищевая форма остеомиелита, значительно реже выявлялась безсвищевая форма и остеомиелит, развившийся на почве дефекта мягких тканей (таблица 7).

Таблица 7

Распределение больных по форме остеомиелитического процесса

	Количество	%
Свищевая	21	56,8
Безсвищевая	10	27,0
Дефект	6	16,2
ВСЕГО	37	100

В большинстве случаев отмечалась свищевая форма хронического остеомиелита – у 21 (%) от числа наблюдаемых больных. У 10 (%) больных свищи в момент поступления отсутствовали, а у 6 (%) пациентов с дефектом мягких тканей костные фрагменты выступали в рану, поддерживая очаг воспаления.

Дефекты мягких тканей были у 41 пострадавшего. По классификации Каплана – Марковой они распределялись следующим образом (таблица 8):

Таблица 8

Дефекты мягких тканей по классификации Каплана – Марковой

	ПА	ПБ	ПВ	ША	ШБ	ШВ	ВСЕГО
Количество больных	8	10	5	6	8	4	41
%	19,5	24,4	12,2	14,6	19,5	9,8	100

Наиболее часто обращались пациенты со ПА, ПБ и ШБ степенью поражения мягких тканей. Несколько реже встречались пациенты со ПВ, ША и ШВ степенью. Степень поражения мягких тканей усугублялась еще и тем, что они нередко сочетались с поражением сосудов и нервов, а также тем, что в рану выступали костные фрагменты.

У 23 больных с нейрогенными деформациями было выявлено 27 поврежденных нервов (таблица 9).

Таблица 9

Частота повреждения нервов

Нервы	Количество	%
Локтевой	5	18,6
Лучевой	3	11,1
Срединный	2	7,4
Седалищный	1	3,7
Большеберцовый	1	3,7
Малоберцовый	15	55,5
ВСЕГО	27	100

При этом у 20 (86,9 %) больных выявлено застарелое повреждение одного нерва (14 – малоберцовых, четыре локтевых и два лучевых). У двух (8,7 %) – по два нерва (в одном случае – срединный и седалищный, во втором – большеберцовый и малоберцовый) и у одного (4,4 %) больного были повреждены все три нерва предплечья – срединный, лучевой и локтевой.

У пяти пострадавших были повреждены сосуды, причем повреждение только сосудов было у одного (20,0 %) больного с поражением всех сосудов голени, а именно передней и задней большеберцовых артерий. У остальных четырех (80,0 %) больных выявлено повреждение вместе с нервами и сосудов. Причем у двух пациентов выявлено повреждение лучевой артерии и лучевого нерва. У одного пострадавшего было выявлено повреждение лучевой артерии и всех нервов предплечья (срединного, лучевого и локтевого). Еще у одного пациента выявлено застарелое повреждение сосудов и нервов голени – большеберцовой артерии, малоберцового и большеберцового нервов.

Таким образом, огнестрельные повреждения конечностей приводили к развитию самых разнообразных последствий. Тяжесть их была обусловлена тем, что у одного пострадавшего отмечалось сразу несколько последствий, что требовало индивидуального, но при этом комплексного подхода к выбору тактики и методов оперативного лечения.

Литература

Анисимов 1992: Анисимов В.М. Учение об огнестрельной ране и ее лечение / Н. Новгород, 1992. 17 с.

Атаев, Атаев, Каллаев 2012: Атаев А.Р., Атаев Э.А. Каллаев Н.О. Лечение инфекционных осложнений огнестрельных ранений конечностей // Современная медицина. 2019. № 2 (14). С. 40–41.

Ахмедов, Тихилов 2018: Ахмедов Б.А., Тихилов Р.М. Оперативное лечение внутрисуставных огнестрельных повреждений крупных суставов конечностей // Травматология и ортопедия России. СПб., 2018. № 2. С. 5–13.

Беслекоев, Федосеев, Анипченко 2005: Беслекоев У.С., Федосеев М.М., Анипченко А.Н. Восстановление дефектов длинных костей конечностей после огнестрельных остеомиелитов // Военно-медицинский журнал. СПб., 2005. № 6. С. 19–21.

Брижань 2010: Брижань И.К. Система лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей / Автореф. дис. на соиск. уч. степ. д.м.н. М., 2010. 34 с.

Брюсов, Дедушкин, Николенко 1993: Брюсов П.Г., Дедушкин В.С., Николенко В.К. Организационно-лечебные аспекты хирургической помощи раненым с огнестрельными переломами длинных костей конечностей // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. Ярославль, 1993. С. 116–117.

Ефименко, Шаповалов, Дулаев 2003: Ефименко Н.А., Шаповалов В.М., Дулаев А.К. Характеристика боевой травмы и лечебные мероприятия при огнестрельных переломах длинных костей конечностей // Военно-медицинский журнал. СПб., 2003. № 5. С. 4–12.

Загалов, Джангобеков 2007: Загалов С.Б., Джангобеков Д.С. Проблемы организации лечебно-эвакуационной травматологической помощи пострадавшим с огнестрельными и минно-взрывными повреждениями конечностей // Травматология и ортопедия России. 2007. № 1 (43). С. 70–73.

Кесян 2001: Кесян Г.А. Новые подходы в комплексном лечении огнестрельных ранений конечностей // Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.м.н. М., 2001. С. 207–208.

Николенко 2000: Николенко В.К. Хирургическое лечение огнестрельных переломов длинных костей // Научно-практическая конференция с международным участием «Новые технологии в медицине». Курган, 2000. С. 216.

Ревской, Люфтинг, Николенко 2007: Ревской А.К., Люфтинг А.А., Николенко В.К. Огнестрельные ранения конечностей. М., 2007. 272 с.

Самохвалов, Котенко, Бадалов 2011: Самохвалов И.М., Котенко П.К., Бадалов В.И. Совершенствование оказания первой врачебной и квалифицированной помощи раненым в современной войне. / Современная военно-полевая хирургия и хирургия повреждений: материалы конференции. СПб., 2011. С. 12–18.

Шаповалов 1999: Шаповалов В.М. Огнестрельные переломы костей конечностей (результаты фундаментальных исследований) / Состояние и перспективы развития военной травматологии и ортопедии. Монография. М, 1999. С. 127–148.

З. И. Амқаб

АУАФЫ ИМАХАШЬАХА АХЫ АНАҚӘШӘЛАКТӘИ АХӘРАҚӘА РЫХҚБАЦҚБАҚӘА РЫҒЦААРА

Аннотация. Ауаа рымахашьаха ахы анақәшәлактәи ахәрақәа рыҕаара аинтерес ду айоуп, избанзар адунеи зегь ағы иазгәаҕоуп ус еиҕи икоу ахәрақәа, аруаа рыөһыйҕеиҕи, аҕынчуааҕсыра рыөһыйҕагь, рхыҕхьаза-ра шацлаз. Хара хатҕаарақәа раан игәатан Аҕсны Аҕыһыңытәылатә еи-башьрашықәсқәа раан ахәра зауз, иара убас аҕынч ҕстазаараан ахәра зауз 98-өык ауаа. Уртҕ рҕынтә 84,5 % хацәоуп, 15,5 % хәсоуп.

Ихадароу ажәақәа: ахақәшәара, амахашьаха рыхәра, зкашыа цәгьоу ахқбаҕқбақәа.

Z. Y. Mikvabiya

CLINICAL ANALYSIS OF THE EFFECTS OF GUNSHOT WOUNDS OF THE LIMBS

Annotation. Analysis of the consequences of gunshot wounds of the limbs is of great interest, since there is a steady increase in the number of victims of gunshot wounds throughout the world, both among military personnel and among the civilian population. Under our supervision and treatment, there were 98 patients with gunshot wounds of the limbs – both during the Patriotic War of the people of Abkhazia 1992–1993, and in peacetime. Of these, 84.5% are men and 15.5% are women. The work considers complications in patients with gunshot injuries, including pseudoarthrosis and soft tissue defects, chronic osteomyelitis, nerve damage, neurogenic deformations and shortening, joint contracture, joint damage.

Gunshot injuries led to the development of the most various consequences, which required an individual, but at the same time an integrated approach to the choice of tactics and method of surgical treatment.

Key words: gunshot wounds, limb injuries, complications.

С. М. Бебия, В. Д. Лейба, Е. А. Жукова

ПРОБЛЕМЫ СОСТОЯНИЯ КАШТАНОВЫХ ЛЕСОВ АБХАЗИИ

Аннотация. Охарактеризовано состояние каштановых лесов Республики Абхазия. Отмечено неудовлетворительное их фитосанитарное состояние. Отмечается, что ведущую роль в ослаблении и гибели каштановых насаждений играют грибные патогены, наибольший вред наносит *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr. Обосновывается необходимость дальнейших исследований по спасению вида каштана посевного от исчезновения по всему ареалу его распространения.

Ключевые слова: каштан посевной, каштановые леса, фитосанитарное состояние, *Cryphonectria parasitica*, естественное возобновление.

Род Каштан (*Castanea* Mill.) включает около 20 видов листопадных деревьев и кустарников, распространенных в теплых и умеренно теплых областях северного полушария. На Кавказе, в том числе Республике Абхазия естественно произрастает единственный третично-реликтовый южно-европейско-балканско-кавказско-малоазиатский вид этого рода – каштан посевной (*Castanea sativa* Mill.). Он играет важную ландшафтообразующую роль (Колаковский 1982: 282). Каштан посевной является одной из крупных и ценных лесообразующих, лесоплодовых, медоносных древесных пород. Обычно это дерево первой величины, до 35 м высотой, с широкой округлой кроной. На южных макросклонах Западного Закавказья произрастает от берега моря до 1 800 м над уровнем моря. Однако по вертикали собственный лесной каштановый пояс он образует на отметках от 500 до 1 000 м над уровнем моря. В верхней части распространения, в субальпийском поясе, каштан произрастает в основном в виде кустарника.

Каштан – мезофильная и кальцефобная древесная порода. Предпочитает влажные затененные склоны и довольно рыхлые глубокие бурые лесные почвы. Карбонатных почв избегает. Произрастает преимущественно на склонах, прилегающих к долинам крупных рек Кодор, Гумиста, Бзыбь, Псоу и др. Образует как насаждения с собственным господством, так и смешанные с дубом иберийским (*Quercus iberica* Stev.), грабом кавказским (*Carpinus caucasica* Grossh.), буком восточным (*Fagus orientalis* Lipsky) и др. породами. Чистые насаждения каштана встречаются крайне редко.

Наиболее распространенными типами леса являются: каштанник мертвопокровный (*Castanetum nudum*), каштанник овсяницевый (*Castanetum festucosum*) с овсяницей горной (*Festuca drymeja* Mert. et Koch), каштанник трахистемоновый (*Castanetum trachystemosum*) с трахистемомом восточным (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don fil.). Из кустарниковых типов можно отметить: каштанник лавровишневый (*Castanetum laurocerasosum*) с лавровишней лекарственной (*Prunus laurocerasus* L.), каштанник желто-рододендроновый (*Castanetum luteo rhododendrosom*), каштанник рододендроновый (*Castanetu. rhododendrosom*) с рододендромом понтийским (*Rhododendron ponticum* L.).

В естественных условиях каштан возобновляется семенным или порослевым путем, на пожарищах и прикорневыми отпрысками. Среди широколиственных древесных пород каштан посевной один из тех, что лучше других способен возобновляться вегетативным (порослевым, прикорневыми отпрысками) путем и формировать высокопродуктивное насаждение.

В прошлом каштановые леса в Абхазии занимали значительные площади: до 4,5 % от общей лесопокрытой площади.

На протяжении многих десятилетий на этих территориях проводились рубки главного пользования, самовольные хищнические рубки, а также так называемые «санитарные рубки». Кроме того, в лесах происходит интенсивный выпас скота. Все это – отрицательные антропогенные факторы, которые и нанесли значительный ущерб состоянию каштановых лесов, существенно ухудшив их фитосанитарное состояние. Наблюдается усыхание как отдельных деревьев, так и целых участков каштановых насаждений. Ведущую роль в ослаблении и гибели каштановых насаждений играют грибные патогены. Наибольший вред наносит *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr. (Лукмазова 2011: 229–237).

В качестве примера приведем описание каштанового насаждения на пробной площади (ПП) размером 0,2 га, которая была заложена нами в Цмурском лесничестве Псху-Гумистинского заповедника (Республика Абхазия) в 2018 году. ПП заложена во влажном ущелье р. Восточной Гумисты на склоне до 45° крутизны, на гипсометрической отметке 725 м н. у. м. с географическими координатами: N. – 4308904, E. – 04102438. Экспозиция ПП юго-восточная. Почвы мелкощебнистые, мощные. Подстилающая порода – сланцы. Условия местопроизрастания идеально подходят для хорошего роста и развития каштана. На ПП осуществлены таксационные, лесотипологические, лесопатологические описания насаждений, количественный и качественный учет естественного возобновления.

Живой напочвенный покров развит, покрытие 90 %. Состоит в основном из овсяницы горной (*Festuca drymeja* Mert. et Koch), ежевики (*Rubus*

sp.). Реже встречаются: молочай (*Euphorbia* sp.), двулепестник парижский (*Circaea lutetiana* L.), купена многоцветковая (*Polygonatum multiflorum* (L.) All.), шалфей клейкий (*Salvia glutinosa* L.), цицербита Буржо (*Cicerbita bourgaei* (Boiss.) Beauverd), колокольчик длинностолбчатый (*Campanula longistyla* Fom.), трахистемон восточный (*Trachystemon orientale* (L.) D. Don), папоротники (*Polystichum setiferum* (Forssk.) Moore ex Woynar, *Pteridium aquilinum* Kuhn.), плющ (*Hedera colchica* (C. Koch) C. Coch) и др.

В подлеске: черника кавказская (*Vaccinium arctostaphylos* L.) зверобой кустарниковый (*Hypericum xylosteifolium* (Spach.) Robson), лавровишня лекарственная (*Prunus laurocerasus* L.), рододендрон желтый (*Rhododendron luteum* Sweet), эпимедиум колхидский (*Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautv.). Тип леса каштанник овсяницево-бонитетный II кл. бонитета (*Castanetum festucosum*) с овсяницей горной (*Festuca drymeja* Mert. Et Koch). Древо-стой смешанно-широколиственный с доминированием каштана посевного. В примеси древостоя единично встречаются: граб кавказский (*Carpinus caucasica* Grossh.), дуб иберийский (*Quercus iberica* Stev.), ольха бородастая (*Alnus barbata* C.A. Mey.), клен светлый (*Acer laetum* C.A. Mey.).

Усредненный состав древостоя 10 Кш, ед.: Гр, Ол, Кл. Сомкнутость полога древостоя 07–08. Древостой разновозрастный, сложный, двухъярусный. Общее количество деревьев на ПП – 53, средняя высота деревьев первого яруса 24 м, второго яруса – 16 м. Общий запас древесины 27,25 м³, что в переводе на один гектар составляет 136 м³.

Площадь захламлена валежником. Примерно 15 лет назад прошел низовой пожар, нижние части стволов деревьев повреждены огнем. Все деревья первого яруса и большая часть второго суховершинят. Все деревья каштана заражены *Cryphonectria parasitica*. Санитарное состояние насаждений неудовлетворительное.

В количественном отношении возобновление главных лесообразующих пород удовлетворительное. Общее количество подростка высотой до трех метров составляет в пересчете на один гектар 12 тыс. штук, в том числе каштана 7 тыс. Однако подрост каштана также заражен на 90 % *Cryphonectria parasitica*. В целом жизненная позиция каштана сильно ослаблена, и без осуществления серьезных мер по оздоровлению каштана в насаждении произойдет смена его широколиственными породами, что с лесоводственной точки зрения и в практическом отношении крайне нежелательно.

Проблема каштана уже давно остро стоит на всем ареале его распространения в Закавказье, на юге Европы, в странах Средиземноморья (Бебия 1989: 77–82; Тугуши 1971: 73–77). Ученые многих стран занимаются этой

проблемой, и в структурах ООН создана специальная программа по спасению каштана. Тем не менее, к сожалению, пока не удается разработать эффективного комплекса мер по спасению каштана.

Безусловно, исследования и поиски в этом направлении, призванные спасти ценный реликтовый вид, необходимо продолжать. То, что каштан занесен в список редких и исчезающих видов региональных «красных» книг, недостаточно. Нужны практические действия: леса должны быть обеспечены соответствующей надежной охраной.

Никаких несанкционированных рубок в каштанниках допускать нельзя. Для сохранения и восстановления каштановых лесов необходимо регулировать побочное пользование в них (выпас домашнего скота, сбор пищевых и лекарственных растений и другие антропогенные действия, ухудшающие условия произрастания каштана).

Целесообразно обеспечить естественное семенное возобновление каштана, а также селекционные работы по отбору в природе и размножению в лесных культурах устойчивых форм каштана.

Литература

Бебия 1989: Бебия С.М. Реликтовые каштановые леса // Проблемы экологии Абхазии. Сухум, 1989. Вып. 4. С. 77–82.

Колаковский 1982: Колаковский А.А. Флора Абхазии. Тбилиси, 1982. Т. II. 282 с.

Лукмазова 2011: Лукмазова Е.А. Лесопатологическое состояние естественных и искусственных насаждений каштана посевного в Республике Абхазия // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб., 2011. Вып. 196. С. 229–237.

Тугуши 1971: Тугуши К.Л. Сохраним и восстановим каштановые леса Кавказа // Лесное хозяйство. М., 1971. № 10. С. 73–77.

С. М. Бебия, В. Д. Лейба, Е. А. Жукова

АԢСНЫ АХЪА-БНАҚӘА РҒАҒЫЛАЗААШЬА АПРОБЛЕМА

Аннотация. Иазаатғылоуп Аҕсны ахъа-бнақәа рҒаҒылазаашьа. Иарбоуп урҒ рфитосанитарта ҒаҒылазаашьа шееим. ИазҒаатоуп ахъаҕлақәа рыҕсычереи рықәзаареи еихарак изыбзоуроу акәыкәбаатә потогенқәа шракәу, урҒ рахьтә аҕхастә ҒәҒәаны ишыкәнаҕо *Cryphonectria*

parasitica (Murrill) M.E. Barr. АхьаӀлақәа реиқәырхаразы анаџс атӀаа-рақәа рымџаӀгара ишацӀатәу атәы хәоуп.

Ихадароу ажәақәа: ахьа-бнақәа, афитосанитарта тагылазаашьа, *Cryphonectria parasitica*, аҟсабаратә еиҟарҟыцра.

S. M. Bebia, V. D. Leyba, E. A. Zhukova

PROBLEMS OF THE CONDITION OF CHESTNUT FORESTS OF ABKHAZIA

Annotation. The condition of chestnut forests of the Republic of Abkhazia is characterized. Their unsatisfactory phytosanitary condition is noted. It is noted that fungi pathogens play a leading role in the weakening and death of chestnut stands; *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr causes the greatest harm. The necessity of further research to rescue the species of chestnut seed from extinction throughout the area of its distribution is substantiated.

Key words: chestnut seed, chestnut forests, phytosanitary condition, *Cryphonectria parasitica*, natural renewal.

Н. Б. Ермаков, В. Д. Лейба,
О. М. Шевчук, Ю. В. Плугатарь

НАХОДКА ТРЕТИЧНОГО РЕЛИКТА *Osmunda regalis* L. В ЛЕСАХ КОЛХИДСКОЙ РАВНИНЫ (РЕСПУБЛИКА АБХАЗИЯ) И ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЕГО ПРОИЗРАСТАНИЯ

Аннотация. Приведена эколого-фитоценотическая характеристика нового местонахождения третичного реликта *Osmunda regalis* L. – редкого и исчезающего вида флоры Абхазии. Популяция *O. regalis* представлена пятью особями в хорошем жизненном состоянии в составе сообщества длительнопроизводного условнокоренного ольхово-грабового леса с вечнозеленым подлеском ассоциации *Oplismeno-Carpinetumbetuli* на территории Очамчёрского района Республики Абхазия, в окрестностях с. Куачара.

Ключевые слова: *Osmunda regalis* L., третичный реликт, грабовые леса, Колхидская равнина.

В процессе исследований разнообразия растительности Колхидской равнины на территории Республики Абхазия в 2017 году нами было обнаружено новое местонахождение уникального и редкого для флоры Кавказа растения – *Osmunda regalis* L. (чистоус величественный). Это вид одного из самых высоких папоротников Кавказа, достигающий высоты 2 м, внесённый в Красную книгу СССР (Бородин 1984: 480) и в настоящее время внесённый в Красную книгу Российской Федерации (Красная книга Российской Федерации 2008: 855), а также в список редких и исчезающих видов растений Республики Абхазия (Читанава, Читанава 2012: 34–94).

В настоящее время имеется информация о всего лишь единичных местонахождениях этого вида на территории Западного Кавказа и практически отсутствует информация об особенностях эколого-фитоценологических условий его произрастания, а без этого невозможно оценить его современное состояние и разработать систему мер сохранения популяций.

Osmunda regalis (далее *O. regalis*) относится к числу растений с космополитным типом ареала. Реликт отмечен на территории Евразии, Северной и Южной Америки, Африки, Азии. Однако такое распространение не является следствием успешности его расселения, а, наоборот, характеризует

современное отражение былого обширного распространения данного вида как одного из древнейших реликтов, ископаемые остатки которого находят в отложениях, начиная с палеогена (Малеев 1936: 1–54; Колаковский 1961: 460; Колаковский 1980: 46; Гулисашвили, Махатадзе, Прилипко 1975: 233). Ареал *O. regalis* имеет четко выраженный дизъюнктивный тип с обширными географическими разрывами. В большинстве изолированных частей ареала он характеризуется низкой встречаемостью и часто относится к категории редких и исчезающих видов. Поэтому столь актуальна необходимость сохранения данного вида на всем протяжении ареала.

Имеются очень разрозненные данные об особенностях биотопов *O. regalis* (Molina, Reyes-Garcia, Pardo-de-Santayana 2009: 45–55; Landi, Angiolini 2011: 49–68; Gdulal, Dyderski 1, Jagodziński 2014: 171–178). Местобитания в самом общем плане представляют собой в основном заболоченные луга и болота. Вместе с тем ряд авторов (Gdulal, Dyderski 1, Jagodziński 2014: 171–178) отмечают произрастание данного вида в Польше (у северо-восточной границы ареала в Европе) в более широком диапазоне местообитаний – на заболоченных лугах, в переувлажненных ольшаниках и в заболоченных сосновых лесах. Данные об особенностях других экотопов, в которых произрастает *O. regalis*, практически отсутствуют.

Цель нашего сообщения – охарактеризовать в геоботаническом отношении местообитание *O. regalis* в новой географической находке на территории Колхидской низменности (Абхазия).

Латинские названия видов растений в данном сообщении приводятся в соответствии с Кодексом ботанической номенклатуры (Czerepanov 1995: 516).

Реликт O. regalis был найден в сообществе длительнопроизводного условнокоренного ольхово-грабового леса с вечнозеленым подлеском ассоциации *Oplismeno-Carpinetum betuli* на территории Очамчёрского района Республики Абхазия, в окрестностях с. Куачара (координаты 42°48'57,7"N, 41°25'16,2"E). Популяция насчитывала пять взрослых особей в хорошем жизненном состоянии, относительно равномерно распределенных по контуру сообщества.

В настоящее время какого-либо влияния хозяйственной деятельности в данном сообществе не наблюдается, однако, учитывая, что вся территория Колхидской равнины активно использовалась человеком на протяжении длительного исторического периода, а также в соответствии с особенностями возрастной структуры древостоя, этот фитоценоз можно отнести к условнокоренному зональному типу леса. В условно одновозрастном древесном ярусе, в верхнем подъярусе доминирует граб (*Carpinus betulus*) с

примесью ольхи (*Alnus barbata*) – 8Г2О, средняя высота 26 м, сомкнутость кроны 0,65. Второй подъярус развит слабее (сомкнутость – 0,15, средняя высота 14 м), сформирован молодым поколением *Carpinus betulus* (30 лет) с единичной примесью ильма шершавого (*Ulmus scabra*). В состав яруса также входят экземпляры лианы *Hedera colchica*, взбирающиеся по стволам деревьев до высоты 11 м.

Кустарниковый ярус типичен для зональных лесов колхидского типа – имеет высокие показатели покрытия (35 %) и видовой насыщенности – 16 видов. Основными доминантами выступают *Smilax excelsa* (12 %), *Rubus anatolicus* (5 %), *Rhododendron luteum* (5 %), содоминанты: *Lonicera caprifolium*, *Crataegus microphylla*, *Viburnum orientale*, *Ilex colchica*, единично отмечены *Euonymus latifolius*, *Frangula alnus*, *Pyrus caucasica*, *Mespilus germanica*, *Rosa canina*, *Vaccinium arctostaphylos*, а также подрост *Fraxinus excelsior* и *Carpinus betulus*.

Травяной ярус имеет проективное покрытие 60 %, среднюю высоту 40 см, максимальную высоту 60 см, насчитывает 22 вида. Доминантами и субдоминантами выступают *Oplismenus undullatus* (10 %), *Athyrium filix-femina* (5 %), *Carex sylvatica* (3 %), *Dryopteris cartusiana* (3 %). В качестве доминанты в травяном ярусе также выступают полукустарник *Ruscus aculeatus* (15 %) и стелющиеся по земле лианы *Hedera colchica* (15 %) и *H. caucasigena* (5 %), заметную роль играют виды *Osmunda regalis* (1 %), *Ruscus colchicus* (1 %). Единично отмечены *Festuca gigantea*, *Carex divulsa*, *C. pendula*, *Luzula forsteri*, *Juncus tenuis*, *Dryopteris remota*, *Truellum thunbergii*, *Persicaria maculosa*, *Lysimachia punctata*, *Iris pseudacorus*, *Solidago canadensis*. Моховой покров в сообществе развит слабо. Единично присутствуют виды родов *Polytrichum*, *Dicranum* и *Plagiomnium*.

Видовой состав данного сообщества отражает основные параметры экологических условий произрастания *O. regalis*. Прежде всего, это достаточно сильное затенение, обусловленное хорошо развитыми первым и вторым ярусами лесного фитоценоза. Вторым важным фактором – это влажные условия экотопа и высокое богатство почв, которые индицируются преобладающей группой типичных лесных мезофитов, мезомегатрофов (*Carex sylvatica*, *C. divulsa*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris cartusiana*, *D. remota*, *Ruscus aculeatus*, *R. colchicus*, *Hedera colchica*, *H. caucasigena*, *Festuca gigantea*, *Luzula forsteri*), предпочитающих хорошо развитые дренированные и аэрированные почвы. Вместе с тем на признаки небольшого проточного переувлажнения местообитания указывает группа гигромезофитов (*Oplismenus undullatus*, *Carex pendula*, *Juncus tenuis*, *Truellum thunbergii*, *Persicaria maculosa*, *Lysimachia punctata*, *Iris*

Ихадоу ажэакэа: *Osmunda regalis L.*, ахҭатәи аамҭа-хьааха иаҭанакуа ареликт, ахьаца бна, Колхидатәи адәкаршәра.

N. B. Ermakov, V. D. Leyba, O. M. Shevchuk, J. V. Plugatar

FINDING THE TERTIARY RELIKT *Osmunda regalis L.* IN THE FORESTS OF THE KOLHIDA PLAIN (REPUBLIC OF ABKHAZIA) AND THE ECOLOGICAL-PHYTOCENOTIC CONDITIONS OF ITS GROWTH

Annotation. *The ecological and phytocenotic characteristics of the new location of the tertiary relict *Osmunda regalis L.*, a rare and endangered species of the flora of Abkhazia, are given. The population of *O. regalis* is represented by five individuals in good condition as part of a community of long-term semi-indigenous alder-hornbeam forest with evergreen understory of the *Oplismeno-Carpinetumbetuli* association in the territory of the Ochamchira region of the Republic of Abkhazia near Kachar.*

Key words: *Osmunda regalis L.*, tertiary relict, hornbeam forests, Colchis plain.

С. И. Хачева

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИОТЫ ГРИБОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АБХАЗИИ

Аннотация. *В статье приводятся предварительные результаты исследований биоразнообразия ксилотрофных грибов, приспособившихся к широколиственным формациям восточной части Абхазии. Приведены данные по 23 видам ксилотрофных грибов, относящимся к 16 родам, восьми семействам, четырем порядкам.*

Ключевые слова: биоразнообразие, ксилотрофные грибы, Абхазия.

Введение. Грибная гетеротрофная компонента лесного биогеоценоза является одной из важнейших структур, отвечающей за процессы утилизации биомассы и принимающей непосредственное участие в формировании других структур лесного сообщества. Структура лесного микоценоза складывается из нескольких микогоризонтов, отличающихся составом грибов различной пищевой специализации, их экологическими и функциональными особенностями (Стороженко 2000: 37–42).

Предметом настоящих исследований является изучение биоразнообразия ксилотрофных (дереворазрушающих) грибов низовых и предгорных лесов восточной части Абхазии, анализ таксономической и экологической структуры выявленной биоты грибов.

Изучение биоты ксилотрофных грибов проводилось маршрутным методом в с. Уатап (Отап) Очамчирского района и в пригороде г. Ткуарчала Акармара. Почвенно-растительный покров Абхазии отличается необычайным богатством и разнообразием растительных группировок, чрезвычайной пестротой и мозаичностью почв, часто даже не поддающихся детальному картированию. Причиной этого является, прежде всего, глубоко и сложно расчлененный рельеф. Высокое биоразнообразие наблюдается в низовых и предгорных лесах, территория которых в ледниковый период являлась убежищем для представителей теплолюбивой и влаголюбивой третичной флоры, а сейчас вследствие сильной расчлененности рельефа имеет большой спектр экологических условий при общем благоприятном термическом режиме (Куфтырева, Лашхия, Мгеладзе 1961: 342).

Лесные экосистемы села Уатап (Отап) являются смешанными широколиственными лесами. Основным типом растительного покрова в этих ме-

стах являются болотистые ольховые леса в комплексе с водно-болотной растительностью, сменяющиеся на более высоких, сухих, дренируемых участках широколиственным дубово-грабовым и грабово-буковым лесом.

В Акармаре были исследованы широколиственные формации, первый ярус в которых занимают граб, бук, ясень, и в древостое отмечается широкое развитие каштана, занимающего второй ярус. Его массивы прилегают к долинам рек Джампал и Мыку (Моква) и др.

Материал и методы

Объектом настоящих исследований являлись дереворазрушающие грибы отдела *Basidiomycota* класса *Basidiomycetes*. Изучались преимущественно пороидные грибы – виды различного таксономического статуса, имеющие трубчатое или производное от него строение гименофора (Бондарцева 1998: 391). Основным материалом стали собственные сборы и наблюдения, проведенные по стандартным методикам (Бондарцев 1953: 1106). Изучение микобиоты проводилось за период летней полевой практики с 2016 по 2017 год. Собранные образцы обрабатывали и гербаризировали в соответствии с методическими рекомендациями А.С. Бондарцева (Бондарцев 1953: 1106). Определение грибов осуществлялось в Государственном научном учреждении «Институт экологии АНА» с использованием определителей, справочных руководств (Ryvarden, Gilberston 1993: 1–387; Ryvarden, Gilberston 1994: 388–743; Бондарцева 1998: 391).

Результаты и обсуждение

Ниже приводится аннотированный список видов, составленный по результатам обработки настоящих сборов и представленный в алфавитном порядке. Виды приведены в соответствии с номенклатурной электронной базой данных (Index Fungorum 2018) и десятым изданием «Словарь грибов Эйнсуорта и Бисби» (Kirk, Cannon, Minger, Stalpers 2008: 771).

При указании мест сбора приняты следующие сокращения:

кв. 1 – с. Уатап (Очамчырский район);

кв. 2 – Акармара (г. Ткуарчал).

Номенклатура древесных пород приводится по А. Колаковскому (Колаковский 1961: 459): граб – *Carpinus caucasica* Grossh., каштан – *Castanea sativa* Mill., ольха – *Alnus barbata* С.А. Мей, бук – *Fagus orientalis* Lipsky.

Аннотация к каждому виду включает данные о местонахождении, типе местообитания, субстратах, на которых они были обнаружены, дате сбо-

ра и экологических особенностях. Звездочкой отмечен вид, который был определен как по морфопризнакам, так и путем метода секвенирования.

Bjerkandera adusta (Willd.) P.Karst. – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Fagus orientalis*, 26.07.2017. – Там же, на валеже *Alnus barbata*. Вызывает белую гниль. Мезофил.

Fomes fomentarius (L.) Fr. – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Carpinus caucasica*, 26.07.2017. Ксерофил. Вызывает вначале сердцевидную, светло-желтую, затем белую гниль с черными линиями, отделяющими загнившую древесину от здоровой.

Ganoderma applanatum (Pers.) Pat. – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на пне *Alnus barbata*, 05.07.2014. Ксерофил. Гниль белая.

G. australe (Fr.) Pat. – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 02.07.2016. Ксерофил. Гниль белая.

Hericium cirrhatum (Pers.) Nikol. – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Castanea sativa*, 26.07.2017. Мезофил. Гниль белая.

Irpex lacteus (Fr.) Fr. – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 02.07.2016. Мезофил. Гниль белая.

Kneiffiella flavipora (Berk. et M.A. Curtis ex Cooke) Zmitr. et Malysheva (синоним – *Schizopora flavipora* (Berk. et M.A. Curtis ex Cooke) Ryvarden) – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Alnus barbata*, 26.07.2017. Мезофил. Гниль белая.

Lenzites betulina (L.) Fr. – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 05.07.2014. Ксерофил. Гниль белая.

Mycocacia uda (Fr.) Donk – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Fagus orientalis*, 26.07.2017. Мезофил. Гниль белая.

Picipes badius (Pers.) Zmitr. et Kovalenko (синоним – *Polyporus badius* (Pers.) Schwein) – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 02.07.2016. Мезофил. Гниль белая.

Phellinus sp. – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 05.07.2014.

Phlebia tremellosa (Schr.) Nakasone et Burds. (синоним – *Merulius tremellosus* Schrad) – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Fagus orientalis*, 26.07.2017. Мезофил. Гниль белая.

Schizophyllum commune Fr. – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Carpinus caucasica*, 26.07.2017. Ксерофил. Гниль белая.

Skeletocutis sp. – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Alnus barbata*, 26.07.2017.

Stereum hirsutum (Willd.) Pers. – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Carpinus caucasica*, 02.07.2016. Ксерофил. Гниль белая.

S. subtomentosum Pouzar – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Carpinus caucasica*, 02.07.2016. Ксерофил. Гниль белая.

Trametes gibbosa (Pers.) Fr. (синоним – *Pseudotrametes gibbosa* (Pers.) Bondartsev et Singer) – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 02.07.2016 – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Fagus orientalis*, 26.07.2017. Мезофил. Гниль белая.

T. hirsuta (Wulfen) Lloyd – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Alnus barbata*, 05.07.2014 – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Carpinus caucasica*, 26.07.2017. Ксерофил. Гниль белая.

T. pubescens (Schumach.) Pilát – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Alnus barbata*, 05.07.2014 Ксерофил. Гниль белая.

**Trametes sp.* (*Trametes cubensis* (Mont.) Sacc.) – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Alnus barbata*, на валеже *Carpinus caucasica*, очень часто. Ксерофил. Гниль белая.

T. versicolor (L.) Lloyd – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Carpinus caucasica*, 26.07.2017. Ксерофил. Гниль белая.

T. trogii Berk. (синоним – *Coriolopsis trogii* (Berk.) Domański) – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 02.07.2016. Ксерофил. Гниль белая.

Trichaptum bifforme (Fr.) Ryvarden – кв. 1, ольховые леса с примесью граба, на валеже *Carpinus caucasica*, 05.07.2014 – кв. 2, буково-грабовый лес с примесью каштана, на валеже *Carpinus caucasica*, 26.07.2017. Ксерофил. Гниль белая.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено 23 вида ксилотрофных грибов, которые относятся к 16 родам, 8 семействам, 4 порядкам. По числу видов доминирует порядок *Polyporales*, на долю которого приходится 16 видов или 69,6 % от общего их числа. В остальные порядки входит от 1 до 3 видов. Наибольшее число родов отмечается в следующих семействах: *Polyporaceae* (5 родов), *Meruliaceae* (4 рода), что составляет 56,3 % от выявленного количества родов.

Выявленная биота грибов является ксилосапротрофами или разрушителями мертвой древесины (сухостойные и валежные деревья, пни, ветви). Именно ксилосапротрофы играют важную роль в биологическом круговороте веществ в лесных экосистемах, выполняя в природе функцию деградации мертвого органического вещества, в первую очередь – лигнин-

целлюлозного комплекса растительных тканей. В зависимости от того, какие вещества в древесине разлагает грибок, выделяют две физиологические группы грибов: грибы бурой гнили и грибы белой гнили (Рипачек 1967: 276). Грибы бурой гнили (целлюлозоразрушающие) вызывают так называемое деструктивное разложение древесины, именуемое также красной или бурой гнилью, и разлагают только целлюлозу (полисахариды). Грибы белой гнили (лигнинразрушающие) кроме целлюлозной части древесины разлагают также и лигнин и вызывают коррозионное разложение древесины, которое называется белой гнилью, или в случае образования заметных ямок в древесине, пестрой гнилью (Рипачек 1967: 276). В наших исследованиях весь выявленный видовой состав представлен лигнинразрушающими грибами, большинство из которых поражает листовые породы. Бурая гниль чаще всего продуцируется грибами, предпочитающими древесину хвойных пород.

Каждый вид имеет свою экологическую нишу в соответствии с наследственными свойствами. Конкуренция в лесных экотопах реализуется согласно адаптивным возможностям, определяемым генетической природой гриба, где кроме субстрата, имеют значение условия окружающей среды (Бондарцева 2001: 5–49). В зависимости от влажности местообитания выделяют три основные группы грибов: ксерофилы, мезофилы, гигрофилы. Большая часть выявленных видов являются ксерофилами (62 %), они могут расти на открытых местах, в условиях пониженной влажности. Эта группа грибов преобладает на антропогенных территориях и может служить индикатором состояния лесных экосистем. С повышением высоты над уровнем моря изменяются условия среды и, как следствие, видовое разнообразие ксилотрофных грибов характеризуется присутствием видов, предпочитающих влажные или мезофильные условия. Мезофилы (38 %) поселяются в местах, перекрытых кронами деревьев: на валежных стволах, пнях, почве, могут встречаться и на живых древесно-кустарниковых породах.

Изучение биоты ксилотрофных грибов носило фрагментарный характер и в дальнейшем необходим мониторинг местообитаний грибов с целью выявления новых и рекомендуемых к охране видов.

Литература

Бондарцев 1953: Бондарцев А.С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. М.-Л., 1953. 1106 с.

Бондарцева 1998: Бондарцева М.А. Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые. СПб., 1998. Вып. 2. 391 с.

Бондарцева 2001: Бондарцева М.А. Стратегии адаптации и функции афиллофороидных базидиомицетов в лесных экосистемах // Купревичские чтения. Минск, 2001. Т. III. С. 5–49.

Куфтырева, Лашихия, Мгеладзе 1961: Куфтырева Н.С., Лашхия Ш.В., Мгеладзе К.Г. Природа Абхазии. Сухуми, 1961. 342 с.

Колаковский 1961: Колаковский А.А. Растительный мир Колхиды. М., 1961. 459 с.

Рипачек 1967: Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М., 1967. 276 с.

Стороженко 2000: Стороженко В.Г. Стратегии и функции грибных сообществ лесных экосистем // Грибные сообщества лесных экосистем. М.-Петрозаводск, 2000. С. 37–42.

Index Fungorum 2018: Index Fungorum (Электронный ресурс). GB, 2018. URL: <http://www.speciesfungorum.org>. (Дата обращения 08.12.2018).

Kirk, Cannon, Minger, Stalpers 2008: Kirk P.M., Cannon P.F., Minger D.W., Stalpers J.A. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 2008. 10th ed. 771 p.

Ryvarden, Gilberston 1993: Ryvarden L., Gilberston R.L. European polypores. Part 1. Abortiporus–Lindtneria // Synopsis Fung. 5. Oslo: Fungiflora, 1993. P. 1–387.

Ryvarden, Gilberston 1994: Ryvarden L., Gilberston R.L. European polypores. Part 2. Meripilus–Tyromyces // Synopsis Fung. 7. Oslo: Fungiflora, 1994. P. 388–743.

С. И. Хачева

**АПСНЫ АФАДАТӘИ АХӘТАҚӘА РҒЫ АКӘЫКӘБААҚӘА
РБИОТАҚӘА РБИОЕИЦШЫМЗААРЕИ РЕКОЛОГИАТӘ
ЧЫДАРАҚӘИ**

Аннотация. Астатиаҕы иаагоуп аксилотрофтә кәыкәбаақәа рбиоеицшымзаара аҕиҕаара аҕиҕаақәа. Аҕсны афадатәи ахәтаҕы абыҕь-кәакьатә шыақәгылашыа иацәиәоит. Ирзаатҕылоуп 23 хкы аксилотрофтә кәыкәбаақәа.

Ихадароу ажәакәа: абиоеицшымзаара, аксилотрофтә кәыкәбаақәа, Аҕсны.

S. I. Khacheva

**BIODIVERSITY AND ECOLOGICAL FEATURES OF THE
BIOTA OF FUNGI IN EASTERN PART OF ABKHAZIA**

Annotation. The article presents preliminary results of studies of the biodiversity of xylophilic fungi confined to broad-leaved formations of the eastern part of Abkhazia. Data on 23 species of xylophilic fungi belonging to 16 genera, eight families, and four orders are given.

Key words: biodiversity, xylophilic fungi, Abkhazia.

М. В. Цыбулевская

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛОКАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *Rapana thomasiana* crosse (Mollusca, Gastropoda) В ЧЕРНОМ МОРЕ У БЕРЕГОВ АБХАЗИИ

Аннотация: *Rapana thomasiana* (далее *R. Thomasiana*) является одним из самых крупных и доминирующих моллюсков, встречающихся повсеместно у берегов Республики Абхазия. Однако наибольшая частота встречаемости связана с мидиевыми колониями. В период с конца сентября до начала октября 2018 г. в рамках ежегодного мониторинга проведено исследование локальных популяций *Rapana thomasiana* в трех участках акватории Черного моря: в Сухумской бухте, в морских акваториях, прилегающих к прибрежным районам сел Эшера (н. п. Шицкуара, Сухумский район) и Арсаул (Приморское, Гудаутский район). Определены и сопоставлены основные популяционные характеристики *R. thomasiana*. Изучен и сопоставлен размерный, массовый, возрастной и половой состав популяций рапаны в исследованных выборках. Возраст исследованных особей брюхоногого моллюска не превышает пяти лет, как и размер раковин остается в пределах до 70–80 мм. Половая структура популяции рапаны характеризуется неравным соотношением полов с преобладанием самцов в каждой выборке. Полученные данные позволяют оценить современное состояние и перспективы развития локальных популяций рапаны в Черном море у берегов Абхазии.

Ключевые слова: *Rapana thomasiana*, акватория Сухумской бухты, с. Эшера (н. п. Шицкуара), с. Арсаул (Приморское), численность, биомасса, размерно-массовые показатели, пол, возраст.

Rapana thomasiana, обнаруженная в Черном море в 40-х годах прошлого века, в настоящее время является самым известным представителем не только фауны моллюсков, но и, пожалуй, всей фауны моря. Появившись в Черном море благодаря развитию морского судоходства, *R. thomasiana* продолжает демонстрировать уникальные адаптивные возможности. Вселившаяся рапана заняла экологическую нишу хищного брюхоногого моллюска и массово распространилась по всей акватории Черного моря. Это вызвало существенные изменения в биоценозе двустворчатых моллюсков

Черного моря – одни доминирующие виды заменились другими. Все это дает ценную информацию для популяционной биологии и экологии брюхоногих моллюсков. Обладая толерантностью к широкому спектру внешних условий, рапана встречается от уреза воды до глубины 50 м, проявляя экологическую и морфологическую пластичность *R. thomasiana* имеет склонность к тотальному уничтожению пищевых объектов в районе обитания, что дает основания считать ее нежелательным вселенцем в новых районах колонизации (Бондарев 2010: 69–90).

Рапана стала визитной карточкой Черного моря и Абхазского побережья, в частности. Рапана является важнейшим звеном экосистемы моря, так, например, исследование бентосных сообществ в прибрежных водах Сухумской бухты показало, что в период с 2006 по 2014 год значительное увеличение количества рапаны в этом районе привело к сокращения площади поселений мидий (Дбар, Цыбулевская 2008: 89–94; Цыбулевская 2018: 197–198). Потенциальная опасность рапаны для биоценозов двустворчатых моллюсков и фильтраторов, в частности, определяет необходимость постоянного мониторинга состояния популяций этого моллюска.

Учитывая все эти положения, особенно важно заострить внимание на изучении этого вида, чтобы расширить представление о современном состоянии и перспективах развития популяции рапаны в нашей акватории. Изучение *R. thomasiana* представляет значительный интерес для фундаментальных биологических исследований, а также для природоохранной деятельности и использования этого ценного морепродукта в экономических и продовольственных целях. Анализ структурных характеристик изученных популяций является основой оценки их состояния и перспектив развития.

Основная цель данной работы – изучение и оценка состояния локальных популяций брюхоногого моллюска *R. thomasiana* в Черном море у берегов Абхазии на разных участках на момент проведения исследования. С учетом цели исследования, можно выделить следующие задачи: определение численности и биомассы; исследование размерных, весовых и возрастных характеристик; изучение половой структуры черноморской популяции *R. thomasiana* в акватории Черного моря у берегов Республики Абхазия; определение коэффициента упитанности *R. thomasiana*.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили живые особи рапаны, собранные в конце сентября – начале октября 2018 г. с трех участков с различными экологическими характеристиками: 1) Сухумская бухта, на обрастаниях

затонувшей баржи «Эмба», непосредственно в зоне г. Сухума; 2) в море у берега с. Эшера (н. п. Шицкуара) Сухумского района; 3) в море у с. Арсаул (Приморское) Гудаутского района (рисунок 1).



Рисунок 1. Карта сбора *Rapana thomasiana* в Черном море у берегов Республики Абхазия

Биотопы *R. thomasiana* на изученных участках имеют как сходство, так и различия по определенным факторам. Район Сухумской бухты является важной хозяйственной зоной с сильным загрязнением, а участок сбора в с. Эшера (н. п. Шицкуара) расположен вдалеке от источников загрязнения и изначально является благополучным в экологическом отношении. Участок сбора в с. Арсаул (Приморское) характеризуется невысоким количеством кормовой базы. Грунты на участках – галечники с остатками крупного обломочного материала (скалы, валуны). Кормовой основой на всех участках является *M. galloprovincialis*.

Тотальная выборка всех живых особей для полного биологического анализа была осуществлена на обследованной площади с помощью легкого водолазного снаряжения на глубинах 4–10 м. В процессе исследований для каждой особи были определены: высота раковины (с точностью до 0,1 мм), сырая масса моллюска с раковиной и без раковины (с точностью до 0,1 г), пол (женский, мужской) и возраст (годы), а также определение коэф-

фициента упитанности моллюсков (формула Фультона). Пол особей устанавливали по наличию/отсутствию полового органа (пениса) у самцов и самок, возраст определялся по нерестовым меткам на раковине (Чухчин 1961: 163–168).

Оценка состояния и перспектив развития изученных популяций дана на основе анализа количественных данных и диаграмм основных структурных характеристик, указанных выше. Математическая обработка полученных результатов: составление таблиц, схем, диаграмм с помощью Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Общее количество моллюсков *R. thomasiana*, собранных с трех участков за указанный период – 98 особей: в акватории Сухумской бухты – 47, в морской акватории, прилегающей к прибрежным районам с. Эшера (н. п. Шицкуара) – 31 и с. Арсаул (Приморское) – 20 особей. Средняя численность особей *Rapana thomasiana* на участках составляла: Сухумская бухта – 0,47 экз./м², с. Эшера (н. п. Шицкуара) – 0,31 экз./м², с. Арсаул (Приморское) – 0,2 экз./м², тогда как средняя биомасса моллюсков: Сухумская бухта – 26,22 г/м², с. Эшера (н. п. Шицкуара) – 17,63 г/м², с. Арсаул (Приморское) – 4,19 г/м².

Rapana thomasiana – многолетний моллюск, продолжительность его жизни 8–12 лет (Вершинин 2003: 175). В представленных выборках возраст особей варьировал в пределах от двух до пяти лет. Самой многочисленной группой в море у с. Арсаул (Приморское) были особи двух лет – 65 %, в Сухумской бухте преобладали четырехлетние особи – 66,9 %, а в море у с. Эшера (н. п. Шицкуара) особи трех лет – 38,7 %. В популяции с. Эшера (н. п. Шицкуара) рапаны двухлетнего возраста не представлены, как и в море у с. Арсаул (Приморское) не оказались моллюски возраста пяти лет (рис. 2).

По данным выборок прошлых лет возраст моллюсков также не превышал трех лет и ежегодно в каждой из выборок доминировали особи, возрастом два года. Относительно значений размерных показателей, то в каждой выборке начиная с 2005 года особи с размером раковины 40–50 мм составляли большинство (Цыбулевская 2015а: 328–333).

График размерной структуры (рис. 3) демонстрирует существенные различия между локальными популяциями *R. thomasiana* на исследованных участках. В выборках диапазон размерного ряда рапаны составляет: особи с наименьшим размером раковины – 34 мм, обнаружены в акватории Сухумской бухты, тогда как моллюски с наибольшим размером – 79 мм

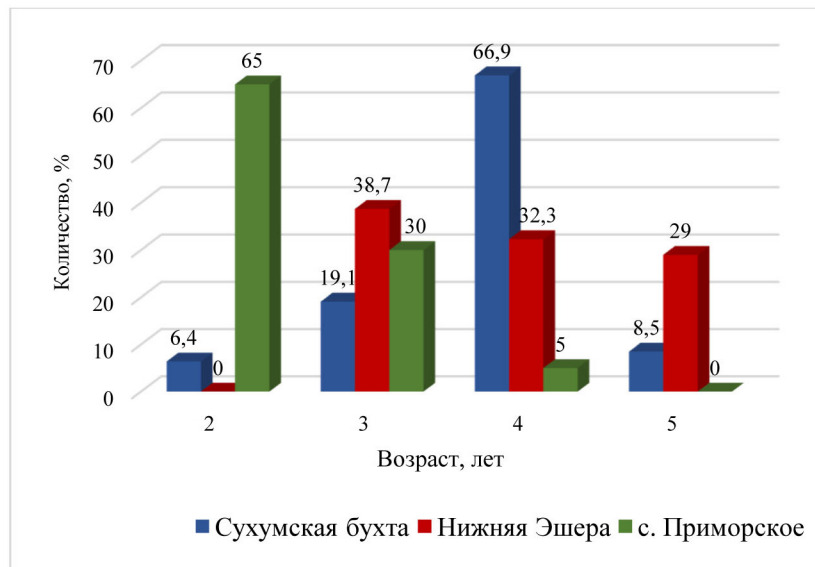


Рисунок 2. Возрастной состав популяции *Rapana thomasiana*

найлены в районе с. Эшера (н. п. Шицкуара). Промеры раковин рапаны из популяции Сухумской бухты показал, что наибольшую часть составили особи размерной группы 61–70 мм – 61,7 %, в с. Эшера (н. п. Шицкуара)

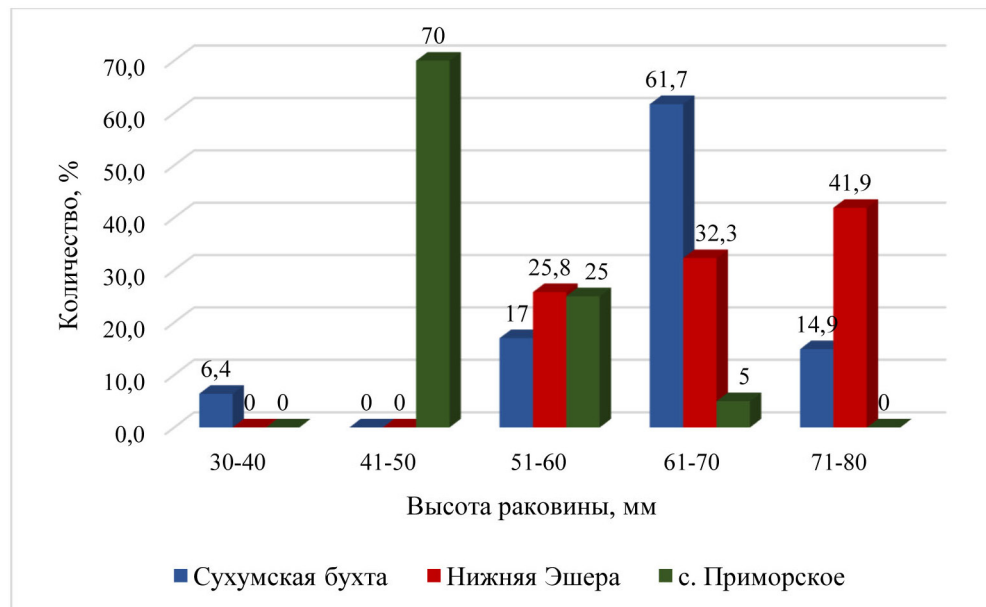


Рисунок 3. Размерный состав популяции *Rapana thomasiana*

– особи размерной группы 71–80 мм – 41,9 %, а в выборке из моря у с. Арсаул (Приморское) 70 % составили особи размером 41–50 мм.

Анализ изменения общей массы рапаны позволяет судить об условиях ее существования, в том числе о степени пищевой обеспеченности. Исследованные моллюски имели массу от 9,7 до 94,0 г, в среднем значение массы моллюсков из трех выборок было 24,8 г. Учитывая, что *R. thomasiana* – ценный морепродукт, обладающий вкусным и питательным мясом, значение приобретает исследование коэффициента упитанности *R. thomasiana* в абхазской акватории Черного моря. Он является показателем степени истощенности рапан и показателем здоровья популяции у берегов Абхазии. Коэффициент упитанности по формуле Фультона:

$$K = P \cdot 100 / L^3,$$

где P – масса мягкого тела, г;

L – длина тела, мм.

Значение коэффициента упитанности *Rapana thomasiana*, обитающих в Сухумской бухте, при средней величине раковины – 63,6 мм составляет 21,17. У особей из акватории с. Эшера (н. п. Шицкуара) коэффициент упитанности при длине 66,9 мм составляет 21,3, а у моллюсков из выборки из моря в районе с. Арсаул (Приморское), при средней длине 49 мм коэффициент равен 10,07. Коэффициент упитанности для моллюсков из трех выборок невелик, что может указывать на определенную степень голодания *R. thomasiana*.

Обеспеченность пищей является главным условием роста рапаны, а также влияет на половую структуру популяций. Анализ половой структуры *Rapana thomasiana*, наряду с изучением возрастной структуры позволяет прогнозировать ее численность на ряд ближайших поколений или лет.

Исследование половой структуры популяции из акватории Сухумской бухты показало, что из 47 особей: девять особей были представлены самками и 38 – самцами, т. е. соотношение полов составляет 1:4,2. В выборке из с. Эшера (н. п. Шицкуара) из 31 моллюска: шесть особей были самками, а 25 – самцами, т. е. соотношение полов представляло 1:4,2. В море у с. Арсаул (Приморское) из собранных 20 особей, девять являются самками, а 11 – самцами, т. е. соотношение полов составляет 1:1,2. Таким образом, половая структура популяции рапаны характеризуется неравным соотношением полов, с преобладанием самцов в каждой выборке. Так же, как и для большинства ранее изученных локальных популяций черноморской рапаны (Цыбулевская 2015б: 181–182) в размерно-половой структуре отмечено преобладание самцов в крупноразмерных группах, а среди самых крупных особей самки отсутствуют либо присутствуют единично.

Исследования размерных характеристик самцов и самок в популяции *Rapana thomasiana* из трех участков на момент исследования показывают, что средняя высота раковины самцов превышает таковую у самок (рис. 4).

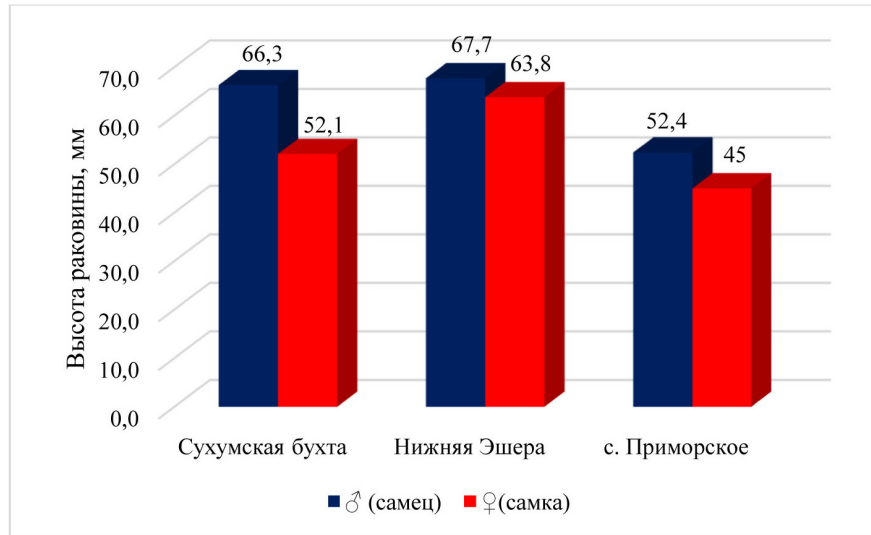


Рисунок 4. Средняя длина раковины самцов и самок в популяции *R. thomasiana*

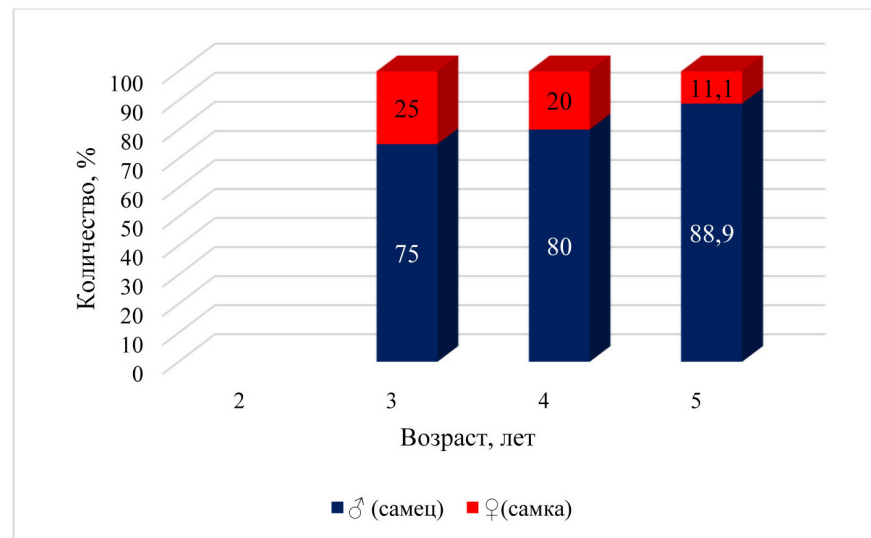


Рисунок 5. Средняя общая масса (с раковиной) самцов и самок в популяции

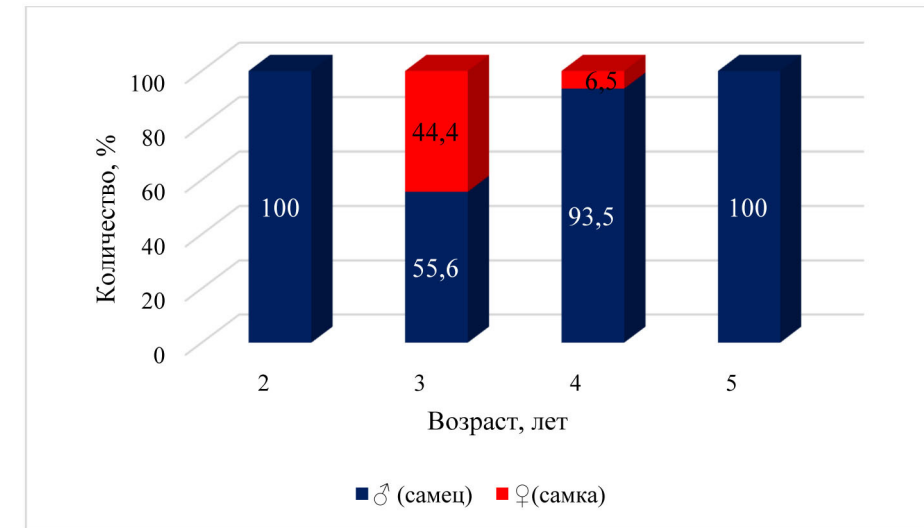


Рисунок 6. Соотношение полов по возрасту в популяции *Rapana thomasiana* из акватории Сухумской бухты

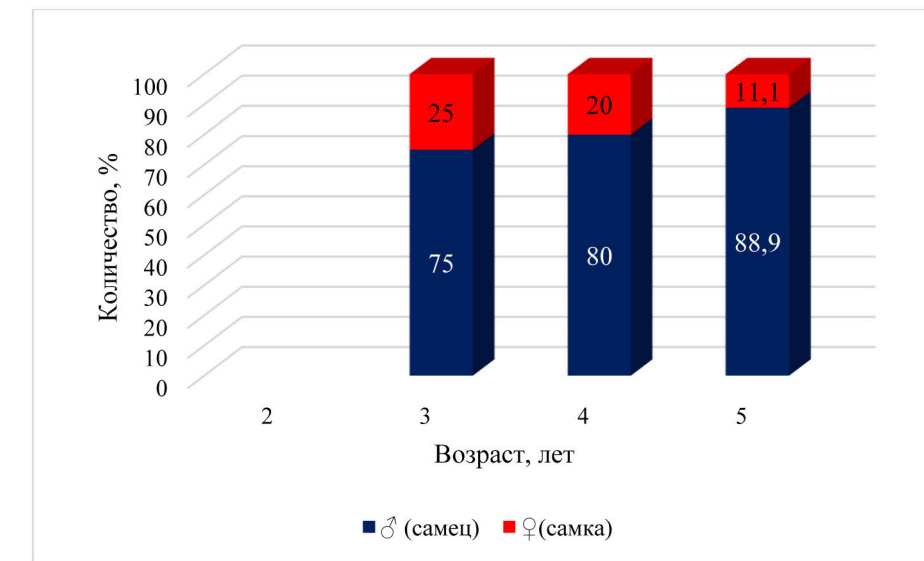


Рисунок 7. Соотношение полов по возрасту в популяции *Rapana thomasiana* из с. Эшера (н. п. Шицкуара)

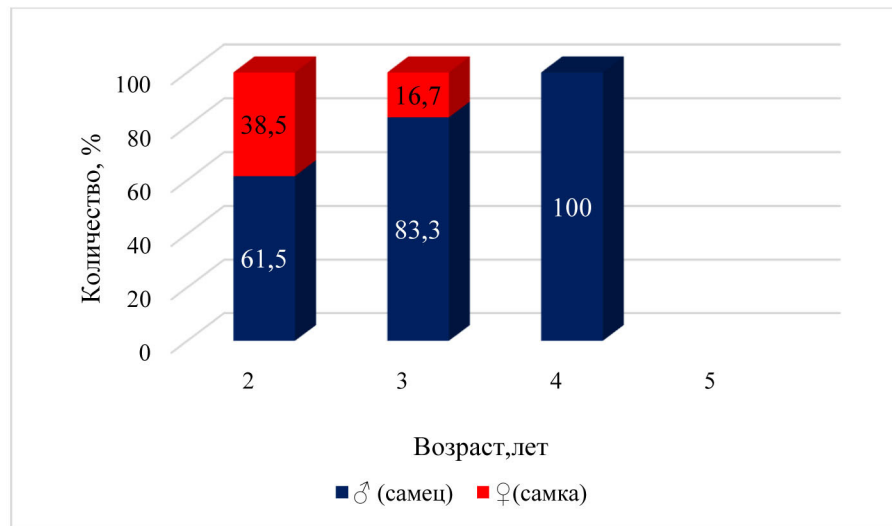


Рисунок 8. Соотношение полов по возрасту в популяции *Rapana thomasiana* из морской зоны у с. Арсаул (Приморское)

Анализ показателей средней общей массы (с раковиной) самцов и самок *R. thomasiana* показал, что средняя общая масса самцов больше показателей средней массы (с раковиной) самок (рисунок 5).

В задачи нашего исследования входило изучение половозрастных характеристик черноморской популяции *Rapana thomasiana* у берегов Абхазии. При исследовании половозрастных особенностей во всех возрастных группах популяции *R. thomasiana* на трех участках – Сухумская бухта (рис. 6), с. Эшера (н. п. Шицкуара) (рисунок 7) и с. Арсаул (Приморское) (рисунок 8), – преобладали самцы.

Заключения и выводы

Rapana thomasiana является одним из самых крупных и доминирующих моллюсков у берегов Республики Абхазия, встречающийся повсеместно, но наибольшая частота встречаемости связана с мидиевыми колониями. Популяции *R. thomasiana*, обитающие в исследованных выборках, отличаются по размерным, массовым, половым и возрастным характеристикам. На основании проведенных исследований можно считать, что современный этап существования популяции в Черном море у берегов Абхазии характеризуется пластичными процессами приспособления к условиям среды. Подтверждением этого стало снижение размерно-массовых характеристик

всех возрастных групп, и упитанности (биопродуктивности) популяции рапаны в целом. В связи с уменьшением кормовой базы – мидий, размеры и масса рапаны уменьшилась, но общее число особей остается на относительно высоком уровне. Возраст особей на протяжении определенного времени не превышает пяти лет, как и размер раковин остается в пределах до 70–80 мм.

Половая структура популяции рапаны характеризуется неравным соотношением полов, с преобладанием самцов в каждой выборке. Исследования размерно-массовых характеристик самцов и самок в популяции *R. thomasiana* из трех участков исследования показывают, что средняя высота раковины и средняя общая масса самцов превышают таковые у самок.

Низкий коэффициент упитанности моллюсков, по сравнению с первоначальными показаниями, свидетельствует о голодании *R. thomasiana* у берегов Абхазии. На основе полученных результатов исследований можно сделать вывод о необходимости исключения рапаны из перечня промысловых биологических ресурсов моря у берегов Республики Абхазия.

Крупный и агрессивный хищник рапана в новых местах появления воспринимается как нежелательный вселенец, способный серьезно ухудшить экологическую ситуацию. Учитывая все положения, необходимо проводить постоянный мониторинг состояния популяции *Rapana thomasiana* в Черном море у берегов Абхазии.

Литература

Бондарев 2010: Бондарев И.П. Морфогенез раковины и внутривидовая дифференциация рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) // *Ruthenica*. М., 2010. Т. 20. № 2. С. 69–90.

Вершинин 2003: Вершинин А.О. Жизнь Черного моря. М., 2003. 175 с.

Дбар, Цыбулевская 2008: Дбар Р.С., Цыбулевская М.В. Особенности биологии и состояние популяции рапаны *Rapana thomasiana* Crosse (Mollusca, Gastropoda) в Черном море у берегов Абхазии // Материалы международной научной конференции «Современные основы формирования сырьевых ресурсов Азово-черноморского бассейна в условиях изменения климата и антропогенного воздействия». Ростов н / Д., 2008. С. 89–94.

Цыбулевская 2015а: Цыбулевская М.В. Современное состояние популяции *Rapana thomasiana* Crosse (Mollusca, Gastropoda) в Черном море у берегов Абхазии // Материалы международной научной конференции молодых

ученых «Современные вопросы экологического мониторинга водных и наземных экосистем». Ростов н / Д., 2015. С. 328–333.

Цыбулевская 2015б: Цыбулевская М.В. К вопросу о половой структуре популяции *Rapana thomasiana* (Mollusca, Gastropoda) в водах Черного моря у берегов Абхазии // Тезисы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Pontus Euxinus 2015» (с международным участием) по проблемам водных экосистем, посвященной 100-летию со дня рождения д.б.н., проф., чл.-кор. АН УССР В.Н. Грезе. Севастополь, 2015. С. 181–182.

Цыбулевская 2018: Цыбулевская М.В. Популяционные характеристики *Rapana thomasiana* в Черном море за период 2013–2017 гг. (на примере Сухумской бухты, Абхазия) // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Моря России: методы, средства и результаты исследований». Севастополь, 2018. С. 197–198.

Чухчин 1961: Чухчин В.Д. Размножение рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Черном море // Труды Севастопольской биологической станции. Севастополь, 1961. Т. 14. С. 163–168.

М. В. Цыбулевская

**АМШЫН ЕИҚӘА АЦСНЫ АМШЫНЦШАХӘАҒЫ АЛОКАЛТӘ
ПОПУЛИАЦИЯ *Rapana thomasiana* crosse (Mollusca, Gastropoda)
АИҒЫРЦШРАТӘ КАЗШЬАРБА**

Аннотация. *Rapana thomasiana* (анағс *R. Thomasiana*) Аңсны амшынцшахәа иахәаҕанакуа захьынцъара иуңыло, иреиҕау, аңыжәара змоу моллиускуп. Аха уи лассы-ласс иахьуңыло зыдхәало амидиатә колониакәа ирыдхәаланоуп. 2018 шықәса цәыббрамза аңҕәамтә инаркны жьтаарамза алагамтанза, есышықәсатәи агәатарақәа ирылагзаны, Амшын Еиқәа х-тыңк рәы алокалтә популяция *Rapana thomasiana* тҕаауп: Ақәатәи абухтағәы, Ешыра иазааигәоу амшынтә акваториағә (Ақәа араион иатәу аиланхарта Шыцкәара), иара убас Арсаул (Гәдоутә ақалақь иатәу ақытә Приморск).

Ихадароу ажәақәа: *Rapana thomasiana*, Ақәатәи абухта акваториа, ақытә Ешыра (аиланхарта Шыцкәара), ақытә Арсаул (Приморск), ахыңхьазара, абиомасса, ашәагаатә-хыңхьазаратә рбагақәа, ақәра.

М. V. Tsybulevskaya

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE LOCAL
POPULATIONS OF *Rapana thomasiana* crosse (Mollusca, Gastropoda)
IN THE BLACK SEA AT THE SHORES OF ABKHAZIA**

Annotation: *Rapana thomasiana* (hereinafter *R. Thomasiana*) is one of the largest and most dominant mollusks found throughout the coast of the Republic of Abkhazia. However, the highest frequency of occurrence is associated with mussel colonies. In the period from the end of September to the beginning of October 2018, as part of annual monitoring, local populations of *Rapana thomasiana* were studied in three areas of the Black Sea: in Sukhum Bay, in the marine areas adjacent to the coastal areas of the villages of Eshera (l. Shitskuara, Sukhum district) and Arsaul (v. Primorskoye, Gudauta district). The main population characteristics of *R. thomasiana* were identified and compared. The size, mass, age and sex composition of the *Rapana* populations in the researched samples were studied and compared. The age of the studied individuals of the gastropod mollusk does not exceed five years, just as the size of the shells remains in the range of up to 70–80 mm. The sex structure of the *Rapana* population is characterized by an unequal sex ratio with the predominance of males in each sample. The data obtained allows us to estimate the current state and prospects for the development of local populations of *Rapana* in the Black Sea off the coast of Abkhazia.

Key words: *Rapana thomasiana*, water area of the Sukhum bay, Eshera village (l. Shitskuara), Arsaul village (Primorskoye), abundance, biomass, size-mass indices, sex, age.

Л. Я. Айба

КУЛЬТУРА АЛЫЧИ (*Prunus cerasifera Ehrh*) В АБХАЗИИ

Аннотация: Алыча относится к числу наиболее распространенных культур в садоводстве Республики Абхазия. Востребованность ее в промышленном производстве очевидна, т. к. сама данная культура и продукты ее переработки составляют одну из основ рациона местного населения и гостей страны. Возделывание алычи в промышленных масштабах возможно посредством получения саженцев укоренением одревесневших черенков. Этот метод не только распространен, но и эффективен с экономической точки зрения.

Ключевые слова: алыча, черенки, технологии, питание, производство.

Дикорастущая алыча (*Prunus cerasifera Ehrh*) произрастает на огромных территориях. Ареал ее распространения охватывает восточные страны, включая районы полуострова Малая Азия и горных систем Тянь-Шаня, Гималаев, Памира, Гиндукуша, Копетдага, а также Иранское нагорье, Кавказ, достигает Карпат и южных отрогов Альп.

В состав вида *P. cerasifera Ehrh* входят три подвида: алыча типичная (кавказская дикорастущая) *P. cerasifera subsp. cerasifera*; алыча восточная (дикорастущая среднеазиатская) *P. cerasifera subsp. orientalis* (M. Pop) Erem et Garcov; алыча крупноплодная (культурная) *P. cerasifera subsp. macrocarpa Erem et Garcov*.

Различия между этими подвидами достаточно существенны, первые два представлены дикорастущими формами. Алыча типичная занимает нишу в западной части ареала – от Кавказа и Передней Азии. Алыча восточная распространена в Средней Азии, Афганистане, Иране, в горах Талыша. Все возделываемые сорта относятся к подвиду алыча крупноплодная (Еремин 1969: 96–100).

В плодах алычи содержится:

сахара органических кислот – от 5 до 13 %;

пектиновые вещества – до 5 %;

витамины В2, В, Е, Р, РР – 1,5 %.

В ядрах семян алычи – до 42 % масла, близкого по качеству к миндальному¹.

Из плодов алычи производят разнообразные продукты питания: ком-

пот, джем, пастилу, начинку для конфет, натуральный сок, соус и др.

Данная культура успешно возделывается в зоне среднегорий с умеренным климатом, где она исторически возникла (Ермаков 1965: 17–26), Канаева 1980: 74). Алыча как плодовое растение распространена в Абхазии, Грузии, Азербайджане, Армении, Средней Азии, на Северном Кавказе и в Крыму (Канаева 1988: 9–10, Витковский, Каск 1977: 23).

В Республике Абхазия алыча как дикорастущее растение встречается в зоне от прибрежной полосы до 1 000 м н.у.м. и выше.

Лучшие формы дикорастущей алычи, несомненно, являются остатками древней абхазской садовой культуры в бывших горных поселениях Псху, Ажара, Аибга, Цабал, Лата и др. Растет алыча отдельными деревьями и группами, не образуя сплошных лесных насаждений. Особенно распространена алыча на приусадебных участках, при этом встречаются самые разнообразные сорта и формы. В настоящее время в республике производство плодов этой культуры, как в сыром, так и в переработанном виде, не соответствует возрастающим потребностям. Поэтому среди основных задач промышленного садоводства – увеличение производства плодов и улучшение их качества. Достичь этого возможно за счет закладки промышленных садов и применения методов интенсивной технологии выращивания лучших сортов, за счет отбора качественного посадочного материала.

Из коллекции ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА» из числа выделенных перспективных сортов рекомендованы следующие: Неберджайская ранняя, Гульдидава, Обильная (л), Кубанская комета, Жемчужина, Путешественница, Лыхны, Глобус, Рубиновая, Васильевская-69, Пурпуровая.

Все сорта, возделываемые в республике, как правило, размножаются методом окулировки. Чтобы вырастить стандартные саженцы алычи при использовании этого метода, требуется три года. Для сокращения сроков и соответственно снижения себестоимости при получении стандартного посадочного материала мы использовали способ выращивания посадочного материала путем укоренения из одревесневших черенков в открытом грунте (Былда 1967: 27–28; Бурый 1901: 3–33; Васильев 1968: 203–208).

Для уточнения сортовых различий по способности рекомендованных сортов к укоренению одревесневшими черенками алычи для производства в открытом грунте было проведено черенкование в разные сроки: в ноябре, декабре и январе. Лучшую укореняемость показали сорта Пурпуровая, Лыхны, Комета К, Жемчужина, а также клоновый подвой для косточковых культур Кубань 86. Самый высокий процент укореняемости черенков получен при посадках в ноябре.

¹ Дикий дачник (Электронный ресурс): <http://www.wildgarden.ru> (Дата обращения 21.07.2019)

Высокий выход стандартных саженцев от числа высаженных черенков (таблица 1) составили сорта Комета К (65,4 %), Лыхны (59,5 %), Жемчужина (59,9 %), Гульдидава (69,9 %) Пурпуровая (50,9 %) и клоновый подвой Кубань 86 (77,8 %).

Таблица 1

Приживаемость и высота двухгодичных саженцев алычи в зависимости от сроков черенкования по данным ГНУ «ИСХ АНА» (среднее за 2015–2018 гг.)

Сорт	Ноябрь		Декабрь		Январь	
	Приживаемость, %	Высота саженцев, см	Приживаемость, %	Высота саженцев, см	Приживаемость, %	Высота саженцев, см
Неберджайская ранняя	29,1	97,8	11,6	88,4	5,5	40,0
Гульдидава	69,9	103,1	40,4	92,6	33,3	58,4
Обильная (л)	26,2	70,1	19,6	66,6	10,4	50,0
Комета К	65,4	105,8	38,7	90,3	27,8	58,6
Жемчужина	59,9	88,7	31,4	69,9	21,0	60,1
Путешественица	59,7	94,6	34,4	55,0	12,6	40,1
Лыхны	59,5	90,6	31,0	50,2	15,5	41,4
Глобус	29,9	105,4	17,7	80,4	8,4	66,7
Рубиновая	24,4	80,5	18,1	70,0	7,7	60,0
Васильевская-69	31,6	97,8	20,0	66,0	4,4	50,0
Пурпуровая	50,9	68,4	11,0	58,8	4,0	49,0
Кубань 86	77,8	90,0	60,4	85,0	36,1	80,6

Результаты исследования по установлению оптимальной длины черенка и глубины посадки в условиях Республики Абхазия продемонстрировали, что приживаемость одревесневших черенков алычи была высокой (при длине черенка 25 см и глубине посадки 12–15 см, а также при длине черенка 30 см и глубине посадки 16–20 см. В процессе опытов по установлению бороздования, обработки индолилмасляной

кислотой (ИМК) и бенлатом на укореняемость одревесневших черенков лучшие результаты получены в варианте с обработкой ИМК и бенлатом, но без бороздования.

Алыча чрезвычайно востребована как продукт в повседневном питании местного населения. Из плодов ее вместе с аджикой и зеленью готовят отличные по вкусовым качествам соусы ахэаса-сызбал, акэаха, которые круглый год используют в качестве подливы и острой приправы к мясным, рыбным, овощным и другим блюдам. Соусы эти отличаются освежающе-кислым вкусом и содержат большое количество витаминов, особенно витамина С (Хашба 1966а: 1–25). Вкусовые и пищевые качества этих соусов весьма высоки благодаря добавляемой к ним аджики, в состав которой входит свыше десяти компонентов различных овощей и других продуктов (перец горький, соль, чеснок, ядро грецкого ореха, а также семена кориандра (киндза), укропа, пажитника, базилика огородного, чабера, сельдерея, мяты и др.) Соус ахэаса-сызбал готовится из сока неспелых зеленых плодов алычи, употребляют его в пищу все лето, начиная с мая. Хранится он недолго, в течение нескольких дней. Соусы акэаха еикэацаа готовятся из сока спелых плодов для длительного хранения в течение одного года и более. Различают эти соусы по степени кислоты и разности консистенции: первый соус более жидкий, подается к мясным, рыбным и другим блюдам, второй используется как острокислая приправа для приготовления лобио (фасоль), харчо и др. (Вавилов 1931: 85–107; Витковский, Каск 1977: 23; Екимов 1929: 37–38). Ценится также высушенный алычовый лаваш ахэасаркчы, который в виде тонких плотных пластин подается в качестве приправы к различным блюдам. В нем содержится до 15 % органических веществ, он обладает приятным кислым вкусом и лечебными свойствами. Алычовый лаваш заготавливают для длительного хранения. По данным В.П. Екимова (1929), во время Первой мировой войны военным в Сухумском округе было дано задание заготовить 3 275 кг сушеной алычи, для чего потребовалось собрать 49 140 кг свежих плодов, т. е. выход готовой продукции от свежих плодов составляет 6,7 % (Хашба 1966: 1–25).

Почвенно-климатические условия Абхазии благоприятны для промышленного возделывания крупноплодной алычи. Основными достоинствами ее являются раннее вступление в плодоношение (на второй-третий год после закладки) и высокая урожайность. Алыча успешно произрастает на различных по рельефу и почве участках, что свидетельствует о высокой степени ее пластичности, и поэтому она может занять значительные площади без ущерба для ведущих субтропических культур.

Экономическая эффективность получения саженцев методом укоренения одревесневших черенков на 50 % выше по сравнению с методом получения саженцев с помощью окулировки.

Для размножения одревесневшими черенками в условиях Абхазии в первую очередь стоит использовать легкоукореняющиеся сорта Комета К, Лыхны, Жемчужина, Пурпуровая.

Литература

Бурый 1901: Бурый Б.П. Вегетативное размножение древесных и кустарниковых пород // Лесной журнал. СПб., 1901. № 6. С. 3–33.

Былда 1967: Былда А.З. Особенности размножения некоторых эфиромасличных культур зелеными черенками // Садоводство. М., 1967. № 5. С. 27–28.

Вавилов 1931: Вавилов Н.И. Дикие родичи плодовых деревьев азиатской части СССР и Кавказа и проблема происхождения плодовых деревьев // Тр. по прикл. бот., ген. и сел., 1931. Т. 26. Вып. 3. С. 85–107.

Васильев 1968: Васильев А.А. Выращивание корнесобственных саженцев крупноплодной алычи способом зеленого черенкования // Труды Одесского СХИ. Одесса, 1968. С. 203–208.

Витковский, Каск 1977: Витковский В.Л., Каск К.Э. Алыча в северо-западной зоне СССР // Бюл. ВНИИР. /Л., 1977. Вып. 75. 23 с.

Екимов 1929: Екимов В.Т. Алыча Закавказья и географическая изменчивость ее признаков // Труды Всесоюзного съезда по генетике Т. 3. Л., 1929. С. 37–38.

Еремин 1969: Еремин Г.В. Алыча. М., 1969. С. 96–100.

Ермаков 1965: Ермаков Б.С. Укоренение черенков с применением искусственного тумана в совхозе «Память Ильича» Московской области // Доклады ТСХА. М., 1965. Вып. 3. Ч. 2. С. 17–26.

Канаева 1980: Канаева Н.В. Перспективные сорта алычи в условиях влажных субтропиков // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции ВНИИР им. Вавилова. Л., 1980. Т. 68. Вып. 2. С. 74.

Канаева 1988: Канаева Н.В. Алыча – перспективы развития в Абхазии // Материалы научно-практической конференции «Как возродить былую славу пловодства Абхазии». Сухуми, 1988. С. 9–10.

Хашба 1966: Хашба Л.Х. «Алыча, сортимент и культура ее в Абхазии». Сухуми, 1966. С. 1–25.

Л. И. Айба

АПСНЫ АХӘАСА (*Prunus cerasifera Ehrh*) АКУЛЬТУРА

Аннотация. *Аҟсны абаҟчаазараҭ аҟәаса зегь реиҟа ирылайәаны иҟоу акультурақәа иреиуоуп. Ааглыхраҭ ари акультура ауаа хымҟада ирҟахуп, избан акәзар, иара аҟәаса ахатәагы, иалырхуа аалыҟгы аҟыҟантәи ауааҟсыреи асасҟеи рзы ихадароу афатәхкқәа ируакуп. Ааглыҟтә мҟахыла аҟәаса аарыхра алыршахоит иара аҟәасайла иавҟиаауа реиҟахарала. Усеиҟи иҟоу аусеиҟекаара иахьрылайәоу адагы, аекономика аганахьалагы еиҟа иманиәалоуп.*

Ихадароу ажәакәа: *аҟәаса, авҟиаа, атехнологиақәа, афатә, ааглыхра.*

Л. У. Ayba

CHERRY PLUM CULTURE IN ABKHAZIA

Annotation: *Cherry plum is one of the most common crops in the horticulture of the Republic of Abkhazia. Its demand in industrial production is obvious, because the culture itself and its processed products constitute one of the foundations of the diet of the local population and visitors. Cherry plum cultivation on an industrial scale is possible by obtaining seedlings by rooting of lignified cuttings. This method is not only widespread, but also effective from an economic point of view.*

Key words: *cherry plum, cuttings, technology, nutrition, production.*

Г. А. Хватыш

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВЫХ ГИБРИДОВ F₁ ТОМАТА И F₁ ОГУРЦА В ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ НА СОЛНЕЧНОМ ОБОГРЕВЕ В АБХАЗИИ

Аннотация. В статье речь идет о необходимости расширения практики тепличных хозяйств – для обеспечения населения свежими овощами. Способ выращивания гибридных семян в защищенном грунте является наиболее эффективным, обеспечивает высокую урожайность и качество плодов. В работе представлены результаты исследований 2015–2018 годов, а также показатели биохимической оценки плодов томата и огурца.

Ключевые слова: Рентабельность, теплицы, химический состав, томаты, огурцы.

Чтобы население и гости Республики Абхазия были обеспечены свежими овощами круглый год, в условиях влажных субтропиков нужно делать ставку на защищенный грунт.

Наличие сооружений с защищенным грунтом – зимних и весенних остекленных или пленочных теплиц – значительно улучшает снабжение населения теплолюбивыми овощами (томаты, огурцы и др.) ранней весной и в осенне-зимний периоды (Брежнев, Кононков 1977: 39–65).

В условиях Абхазии целесообразно строить на больших площадях весенние пленочные теплицы на солнечном обогреве. При этом необходимо предусматривать возможность аварийного обогрева. Реализация такого рода проектов позволит получать более ранний урожай в весенне-летний период и продлить плодоношение до поздних осенних месяцев.

Экономические показатели по весенним теплицам свидетельствуют о высокой их эффективности. Именно в весенних остекленных и пленочных теплицах в условиях влажных субтропиков при выращивании томатов и огурцов можно добиться наивысшей рентабельности (она составляет 119 и 104 %), в то время как в зимних теплицах рентабельность составляет лишь 16 % (Тарасенко, Еременко 1987: 5–15).

Повысить рентабельность производства овощей в защищенном грунте при росте урожайности возможно за счет использования высокоурожайных гибридов F₁ томата и F₁ огурца. Рентабельность производства находится в

прямой зависимости от себестоимости продукции и цен реализации, в свою очередь зависящих от сроков выхода раннего урожая (Хватыш 1970: 12–18).

При выращивании гибридных семян в условиях защищенного грунта достигается более высокая урожайность, повышается качество плодов томатов, огурцов и их скороспелость (Хватыш 2004: 85–120).

Необходимо отметить, что в Абхазию завозится большое количество семян гибридов и сортов различных овощных культур из других стран, которые реализуются в овощеводческих хозяйствах и среди населения. Большинство этих гибридов и сортов на данный момент не изучены, мы не знаем, как они поведут себя в условиях Абхазии, не знаем, насколько перспективно использовать их во влажной субтропической зоне. Используя семена гибридов и сортов, которые не прошли апробацию, отдельные овощеводческие хозяйства и крестьяне рискуют получить очень низкий урожай.

Учитывая необходимость изучения разнообразия гибридов F₁ и сортов различных овощных культур в защищенном и открытом грунте, специалисты Государственного научного учреждения «Институт сельского хозяйства АНА» с 2006 года ведут научно-исследовательскую работу на территории поселка городского типа Гулрыпш.

В данной статье представлены результаты исследования разнообразия гибридов первого поколения томатов и огурцов, выращенных в 2015–2018 годах в пленочных теплицах на солнечном обогреве (первый оборот).

Одной из важнейших задач изучения гибридов F₁ томата и F₁ огурца является выделение наиболее урожайных, скороспелых, а также относительно устойчивых к болезням и вредителям гибридов.

Основным материалом для изучения служили гибриды F₁ томата и F₁ огурца от селекционно-семеноводческой фирмы «Гавриш» (г. Москва).

За основу была взята технология выращивания коллекции гибридов F₁ томата и F₁ огурца в защищенном грунте, все мероприятия проводились согласно рекомендации Адлерской овощной опытной станции НИИОХ (Тарасенко, Еременко 1987: 5–15). Предметом изучения была коллекция гибридов F₁ томата и огурца, выращиваемых в экспериментальном хозяйстве ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА» (пгт. Гулрыпш).

Во время вегетации изучаемых гибридов F₁ томата и F₁ огурца осуществлялся уход за растениями, проводились фенологические наблюдения, было сделано морфологическое описание растений и плодов, учет урожая и биохимическая оценка плодов гибридов F₁.

Изучение поведения гибридов F₁ томатов и огурцов, выращиваемых в весенних пленочных теплицах на солнечном обогреве, показало, что отдельные фазы роста и развития гибриды проходят в зависимости от

внешних условий. При этом решающим условием для получения высокого урожая томатов и огурцов при правильной агротехнике является благоприятный тепловой режим. Повышение температуры в конце апреля и в мае до 20–25 °С намного ускорило рост и развитие растений коллекционных гибридов F₁ и томата и огурца.

В пленочных теплицах на солнечном обогреве в период с 2015 по 2018 год мы изучили 36 гибридов F₁ томата и 38 гибридов F₁ огурца. Посев семян гибридов F₁ томата проводился с 19 февраля, посадка рассады с 28 марта по 6 апреля. Посев семян гибридов F₁ огурца проводился с 28 января по 9 февраля, рассада высаживалась с 9 марта по 14 марта. Каждый образец изучали не менее двух-трех лет.

Томаты

В таблице 1 представлены данные по скороспелости и урожайности выделенных гибридов F₁ томата при выращивании в весенней пленочной теплице на солнечном обогреве. Выяснилось, что решающим условием высокого урожая томатов является благоприятный тепловой режим, поскольку темпы роста и развития именно томата – больше, чем какого-либо другого овощного растения – зависят от внешних условий.

Таблица 1

Скороспелость и урожайность гибридов F₁ томата при выращивании в весенней пленочной теплице на солнечном обогреве в условиях Абхазии (пгт. Гулрыпш)

№	Название гибридов F ₁	Число дней от массовых всходов 1-го сбора плодов	Урожай				Товарных плодов (% к общему)	Средний вес товарного плода, г
			За 1-й месяц плодоношения		Общий			
			кг, с 1 м ²	%, к стандарту	кг, с 1 м ²	%, к стандарту		
1.	Ля-ля-фа F ₁ (стандарт)	120	6,6	100	9,5	100	93	97
2.	Биг-Биф F ₁	122	7,4	111	9,7	101	94	105
3.	Валдай F ₁	117	8,0	121	10,5	101	94	98

Продолжение табл. 1

4.	Цинто F ₁	118	9,0	130	9,7	100	94	95
5.	3558 F ₁	120	7,0	102	10,6	111	93	85
6.	3554 F ₁	118	7,2	118	10,0	105	93	85
7.	Аксай F ₁	120	7,3	110	9,8	104	94	92

В годы изучения гибридов F₁ томата в связи с резким кратковременным похолоданием в марте и апреле (9–10 °С ночью, 13–15 °С днем) рост и развитие растения томата проходили медленно, задерживалась и продолжительность прохождения отдельных фенофаз. В период похолодания в теплице по возможности включали аварийный обогрев.

Еще одним из факторов, лимитирующих рост и развитие растений – особенно в защищенном грунте, является свет. Томат очень требователен к освещенности. В нашем опыте освещенность в пленочных теплицах в целом соответствовала биологическим требованиям растения томата, массовое созревание плодов в годы изучения приходилось на период с 20 по 25 июня. Продолжительность периода плодоношения у большинства гибридов F₁ томата составила от 56 до 60 дней. У выделенных гибридов F₁ томата по дружности выхода урожая с единицы площади за первый месяц плодоношения урожай составил от 7,4 до 9,0 кг с 1 м², а общий урожай составил от 9,5 до 10,6 кг (см. таблицу 1).

Плоды выделенных гибридов F₁ томата отличались высокими вкусовыми и товарными качествами, а также относительной устойчивостью к болезням.

Одним из показателей, определяющих качества продукции сортов и гибридов F₁ томата, является количество содержания ряда химических веществ в урожае.

Многие исследователи подчеркивают, что химический состав плодов томата, огурца и у других овощных культур зависит от сорта или гибрида, условий питания, полива, сроков посева семян, почвенно-климатических и географических условий и ряда других факторов.

При этом ученые располагают весьма скудными данными о биохимической оценке овощных культур, выращенных в защищенном и в открытом грунте в зоне влажных субтропиков Республики Абхазия

Целью нашего опыта была биохимическая оценка гибридов F₁ томата и F₁ огурца. Исследования проводилась в биохимической лаборатории ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА». Полученные результаты о биохимической оценке у выделенных гибридов F₁ томата представлены в таблице 2. Таблица демонстрирует, что по химическому составу плоды гибридов F₁ томата не имеют больших различий.

Следует отметить, что при выращивании гибридов F_1 томата в пленочных теплицах на солнечном обогреве в зоне влажных субтропиков химический состав достаточно хорошо накапливается в плодах (см. таблицу 2).

Таблица 2

Химический состав гибридов F_1 томата при выращивании в весенней пленочной теплице на солнечном обогреве (пгт. Гулрыпш)

№	Название гибридов F_1 томата	Средний вес товарного плода, г	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг/100	Сахарная кислота	манноза	сахароза	сумма
1.	Ля-ля-фа F_1	109	6,9	18,2	5,9	3,86	0,89	4,75
2.	Цинто F_1	105	6,3	25,2	6,4	4,26	0,89	5,15
3.	Биг-Биф F_1	120	6,8	19,2	4,9	3,30	0,27	3,47
4.	Валдай F_1	118	7,6	20,3	5,8	4,86	0,32	5,18
5.	Аксай F_1	111	6,1	20,9	4,9	3,30	0,17	3,47

Огурцы. В таблице 3 приведены результаты, полученные при изучении гибридов F_1 огурца с точки зрения скороспелости и урожайности. Продолжительность периода от массового всхода до начала созревания плодов у большинства гибридов F_1 огурцов составила от 58 до 62 дней. Продолжительность плодоношения – от 82 до 85 дней.

Таблица 3

Скороспелость и урожайность гибридов F_1 огурцов при выращивании в весенней пленочной теплице на солнечном обогреве в условиях Абхазии (пгт. Гулрыпш)

№	Название гибрида F_1 огурцов	Число дней от массовых всходов 1-го сбора	Урожай				Товарных плодов (% к общему)	Средний вес товарного плода, г
			За 1-й месяц плодоношения		общий			
			кг, с 1 м ²	%, к стандарту	кг, с 1 м ²	%, к стандарту		
1.	Кураж F_1 (стандарт)	61	6,2	100	20,5	100	92	105

Продолжение табл. 3

2.	Кибрия F_1	60	7,5	120	21,5	105	93	103
3.	Кассандра F_1	60	7,0	113	21,2	104	92	105
4.	4097 F_1	62	7,0	113	21,0	103	91	104
5.	Пасалимо F_1	61	6,8	111	20,5	100	92	100
6.	Маша F_1	60	6,2	100	20,5	100	92	95
7.	Караоке F_1	62	7,4	119	19,6	97	93	105

По общей урожайности (за период вегетации растений) выделились гибриды F_1 : Кибрия F_1 , Кассандра F_1 , 4097 F_1 , Пасалимо F_1 . Урожай по этим гибридам составил от 20,5 до 21,5 кг с 1 м² (см. таблицу 3), огурцы отличаются высокими вкусовыми качествами, а также относительной устойчивостью к болезням.

Биохимическая оценка гибридов F_1 огурцов при выращивании в весенней пленочной теплице на солнечном обогреве в условиях Абхазии представлена в таблице 4.

Таблица 4

Химический состав гибридов F_1 огурцов при выращивании в весенней пленочной теплице на солнечном обогреве (пгт. Гулрыпш)

№ п/п	Наименование гибридов F_1	Средний вес 1-го плода, г	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Сахара, %		
					монозы	сахарозы	суммы
1.	Кураж F_1	91,5	4,5	10,69	3,58	0,48	4,06
2.	Кассандра F_1	78,0	4,9	11,45	3,00	0,72	3,72
3.	Маша F_1	100,4	4,0	10,18	3,30	0,21	3,51
4.	Пасалимо F_1	87,4	4,1	10,94	3,04	0,68	3,72
5.	Кибрия F_1	100,2	4,5	10,94	2,32	0,76	3,08
6.	4097 F_1	98,3	5,2	13,49	13,49	2,62	3,70
7.	Караоке F_1	98,3	4,5	9,67	3,58	0,17	3,75

У плодов гибридов F_1 огурца по химическому составу больших различий не наблюдается (см. таблицу 4).

В заключение отмечу, что выращивание высокоурожайных гибридов F_1 огурцов и F_1 томатов в пленочных весенних теплицах на солнечном обогреве обеспечит значительный рост производства ранних огурцов, томатов и повысит рентабельность овощеводства в целом.

Литература

Брежнев, Кононков 1977: Брежнев Д.Д., Кононков П.Ф. Овощеводство в субтропиках и тропиках. М., 1977. С. 39–65.

Тарасенко, Еременко 1987: Тарасенко В.С., Еременко Е.А. Овощеводство защищенного грунта зоны влажных субтропиков. Сочи, 1987. С. 5–15

Хватыш 1970: Хватыш Г.А. Круглогодичное выращивание овощных культур в открытом грунте в Абхазии. Сухум, 1970. С. 12–18.

Хватыш 2004: Хватыш Г.А. Овощеводство влажных субтропиков Кавказа. Сухум, 2004. С. 85–120.

Гь. А. Хватыш

АҔСНЫ АМРАЦХАРРАКНЫ АТАХӨАҚӘА РҒЫ F₁ АТОМАТИ F₁ АНАШЕИ РГИБРИД ӨЫЦҚӘА РЫЦААРА АЛЦШӨАҚӘА

Аннотация. АстатиаҒы иазаатгылоуп ауааҒсыра утратыхла реиқәыр-шәаразы атахөатә аазартәқәа рымехак артбаарада Ғсыхәа шықам атәы. Ихәоу адгыыл аҒы агибридтә жәләқәа раазара еиҒа алышәа аиу-еит, аалыҒ ахатәбзиарагы аҒаөрагы еигьхоит. АстатиаҒы иаагоуп 2015–2018 шықәсқәа рзы имөаҒгаз атҒаамтәқәа рылҒиәәқәа, иара убас атомати анашеи рбиохимиа тә рбагақәа.

Ихадароу ажәәқәа: заарыхра аҒсоу, атахөақәа, ахимиа тә еилазаара, атомат, анаша.

G. A. Khvatysh

RESULTS OF THE STUDY OF NEW F₁ TOMATO AND F₁ CUCUMBERS HYBRIDS IN FILM GREENHOUSES WITH SOLAR HEATING IN ABKHAZIA

Annotation. The article describes the need to expand the practice of greenhouses - to provide the population with fresh vegetables. A method of growing hybrid seeds in sheltered soil is the most effective. It provides high yield and quality of fruits. The paper presents the results of studies in 2015-2018, as well as indicators of biochemical assessment of tomatoes and cucumbers.

Key words: Profitability, greenhouses, chemical composition, tomatoes, cucumbers

Г. В. Кенигсбергер, В. П. Елистратов

КАЛИБРОВКА СТАЦИОНАРНОЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ТРАССЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКОЙ СРЕДЫ

Аннотация. Работа посвящена определению геометрических характеристик трассы акустического зондирования: расстояния между приемником и излучателем и глубинами их установки. По полученным оценкам времен распространения звуковых сигналов по лучам сделана идентификация лучей и построена модель лучевой картины, с использованием которой выполнены оценки геометрических характеристик. Затем проверена адекватность построенной лучевой картины. Для этого с использованием лучевой программы и измеренных характеристик трассы выполнен расчет времен распространения сигналов, показавший высокое совпадение экспериментальных и расчетных оценок.

Ключевые слова: Гидроакустическая трасса, акустическая томография, распространение подводного звука, лучевая картина, скорость звука, калибровка, источник звука, приемник, корреляция, задержка сигнала, глубина постановки.

Введение

Акустическая томография широко признана в качестве перспективного метода мониторинга течений и поля температуры в океане. Томография дает возможность зондировать районы, недоступные для контактных измерений.

Проведенные в течение последних лет эксперименты (Годин, Михин, Мохов 1996: 501–509; Скипа, Андрианова, Богушевич 2011; Вировлянский, Казарова, Любавин 2007: 216–225) продемонстрировали, что в глубоком океане и томография течений, и томография температуры работоспособны вплоть до расстояний в 1000 км. Акустическая томография основана на обращении времен распространения звука по лучам, и для нее необходимо, чтобы приходы лучей были разрешимы во времени и идентифицируемы. Другими словами, необходимо установить однозначное соответствие между теоретически предсказанными лучами и пиками в измеренной временной зависимости акустического давления.

Существует особый случай, когда традиционная томография применима в прибрежной зоне. При определенных условиях в море образуется

звуковой канал (ПЗК), т. е. достаточно глубокий минимум скорости звука на определенном горизонте. В таком канале звук распространяется от источника к приемнику по лучам, не взаимодействующим с дном, и можно использовать эти лучи для традиционной томографической инверсии (Вировлянский, Казарова, Любавин 2007: 216–225). Для условий Черного моря типичным является наличие ПЗК, находящегося в пределах горизонтов 60–90 м в течение большей части года.

Важнейший вопрос этой задачи – обеспечить точность регистрации моментов прихода сигналов, максимально возможно уменьшить флуктуации моментов их регистраций, обеспечить максимальную точность измерения времени распространения сигналов (Годин, Михин, Мохов 1996: 501–509; Скипа, Андрианова, Богушевич 2011).

В акватории Черного моря, в районе Сухумского мыса, была создана гидроакустическая стационарная трасса для измерения пространственного распределения температуры морской среды и скорости течений. На расстоянии 60 м от берега в направлении восток – запад была выполнена постройка на дне с наклонным рельефом двух разнесенных гидроакустических обратимых преобразователей, сигнальные кабели которых были выведены в лабораторию. Один из кабелей подключался к усилителю мощности, другой к приемнику, что обеспечивало излучение и прием акустических сигналов на трассе. Чтобы акустическая трасса стала инструментом для измерения гидрофизических характеристик среды, необходимо с высокой точностью знать ее геометрию: рельеф дна, расстояние между излучателем и приемником и глубины их установки. Иначе говоря, необходимо было выполнить калибровку акустической трассы.

Задача выполняется в два этапа. На первом этапе геометрические характеристики получают методом решения прямой задачи. Времена распространения сигналов по лучевым траекториям определяются экспериментально. Затем создается предполагаемая модель лучевой картины, и на ее основе выполняются расчеты геометрических характеристик с использованием измеренных задержек сигналов и вертикального профиля скорости звука $C(z)$. На втором этапе проверяется адекватность использованной лучевой картины. Проверка заключается в расчете задержек сигналов по лучам с использованием профиля $C(z)$ и полученных геометрических параметров трассы с последующим сопоставлением расчетных и экспериментальных задержек.

В качестве зондирующих применялись широкополосные частотно-модулированные сигналы с линейным законом изменения частоты (ЛЧМ).

Описание эксперимента

По результатам постановки предполагалось, что преобразователи лежат на наклонном дне, на глубинах z_1 и z_2 . Глубина z_1 приблизительно равна 36 м, глубина z_2 приблизительно равна 42 м, на расстоянии r , которое примерно равно 100 м, как показано на рисунке 1.

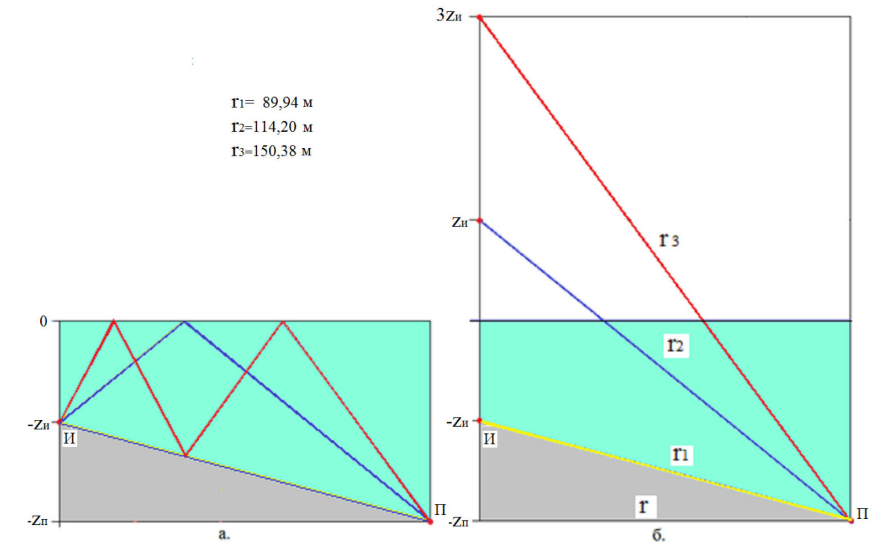


Рисунок 1. Структурная схема стенда излучения-регистрации ЛЧМ-сигнала и схема размещения на дне обратимых преобразователей

С целью получения более точных оценок расстояния между преобразователями и глубинами их постановки был создан стенд, структурная схема которого показана на рисунке 1. Был выполнен эксперимент, который включал излучение ЛЧМ-сигналов излучателем, прием приемником сигналов, прошедших волновод, регистрацию принятых излученных сигналов и их копий в компьютере. Во время эксперимента в середине трассы между преобразователями было выполнено измерение вертикальных профилей скорости звука (показано на рисунке 2).

В ходе измерений излучались серии по 50 ЛЧМ-сигналов длительностью 1 с (с полосой частот от 2 до 10 кГц). Такая полоса сигнала обеспечивает разрешение приходов сигналов с точностью порядка 0,0001 с. Период повторения сигналов составлял 4 с. Результатом регистрации были 200-секундные серии принятых и излученных сигналов, показанные на рисунке 3.

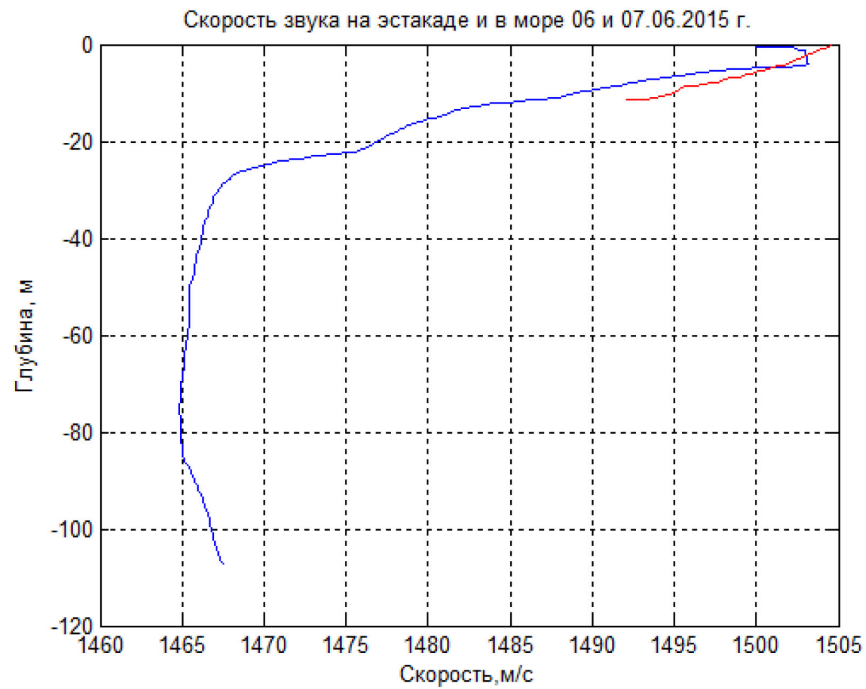


Рисунок 2. Вертикальные профили скорости звука: красная линия на глубине 13 м; синяя – в районе установки преобразователей 1 и 2.

Результаты обработки сигналов

Далее была выполнена взаимно-корреляционная обработка серий из 50 зарегистрированных импульсов ЛЧМ-сигналов. Целью обработки являлась оценка задержки принятых сигналов относительно излученных. Структурная схема программы обработки показана на рисунке 4.

На рисунке 5 показан результат обработки массивов из 50 ЛЧМ-сигналов для пары преобразователей (1 и 2). На рисунке наблюдается тройка хорошо разрешимых по времени импульсов приходов сигналов по трем траекториям и обозначены времена прихода сигналов в секундах.

Анализ рисунка позволяет идентифицировать лучи и заключить, что наблюдается три момента прихода сигналов.

Первый, с задержкой $\tau_1 = 0,061$ с, соответствует рефрагированному (придонному) лучу 1, второй, с задержкой $\tau_2 = 0,076$ с, имеющий одно отражение от поверхности (луч 2), и третий, с задержкой $\tau_3 = 0,101$ с (это луч 3), имеющий два отражения от поверхности и одно отражение от дна. Приходы сигналов, имеющие большее количество отражений, не обнаружены из-за потери энергии при отражениях и наличия шумов.

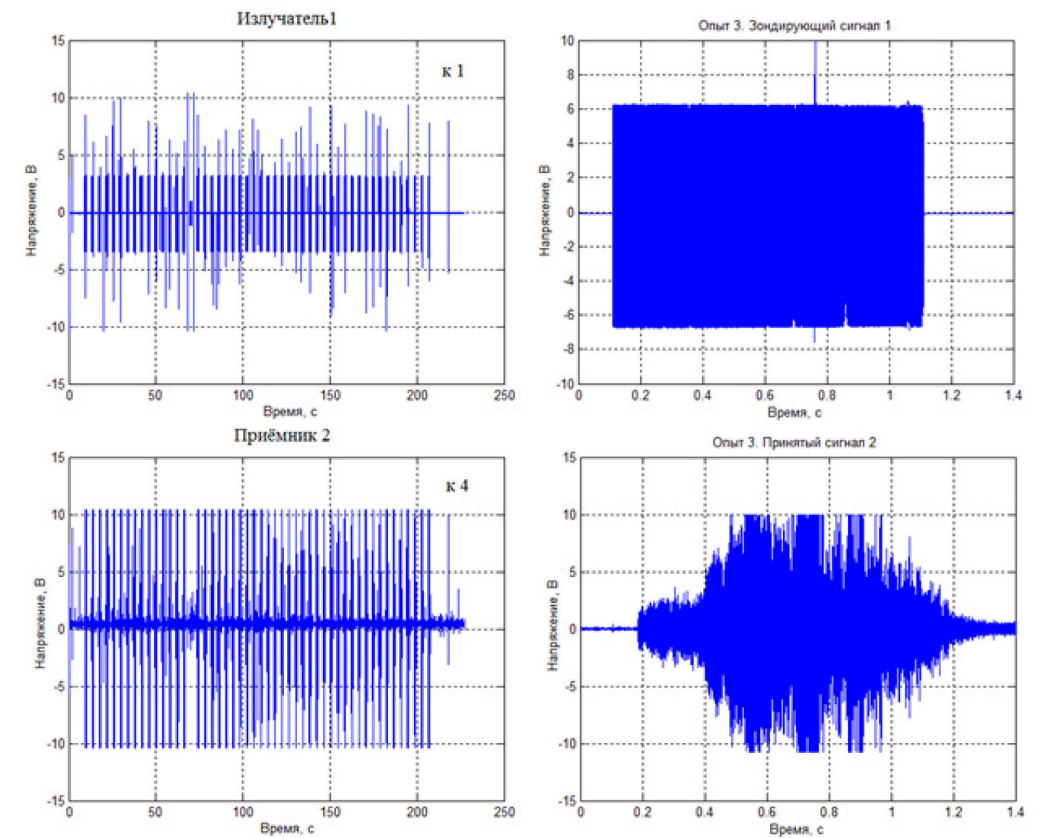


Рисунок 3. Зарегистрированные сигналы: справа – серии из 50 импульсов, слева – одиночные сигналы. Одиночный зондирующий сигнал усилен в два раза

Оценка расстояния между источником и приемником и глубинами их постановки (прямая задача)

С учетом малого расстояния между излучателем и приемником, пренебрегая влиянием рефракции и считая траектории лучей линейными, выполним приблизительный расчет расстояний пробега сигналов по лучам с использованием полученных задержек τ_1 , τ_2 и τ_3 . В соответствии с имеющейся зависимостью скорости звука, показанной на рисунке 5, для придонного луча принята средняя скорость c , равная 1466 м/с, для отраженных лучей c равна 1486 м/с. В таблице 1 приведены оценки задержек для трех лучей, в нижней строке приведены значения расстояний пробега сигналов по лучам.

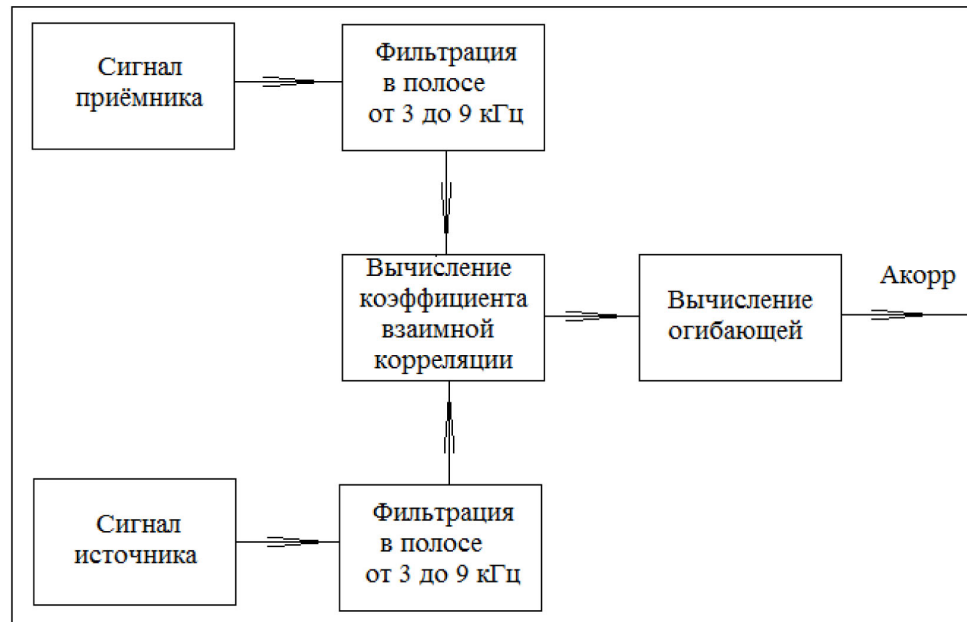


Рисунок 4. Структурная схема программы обработки

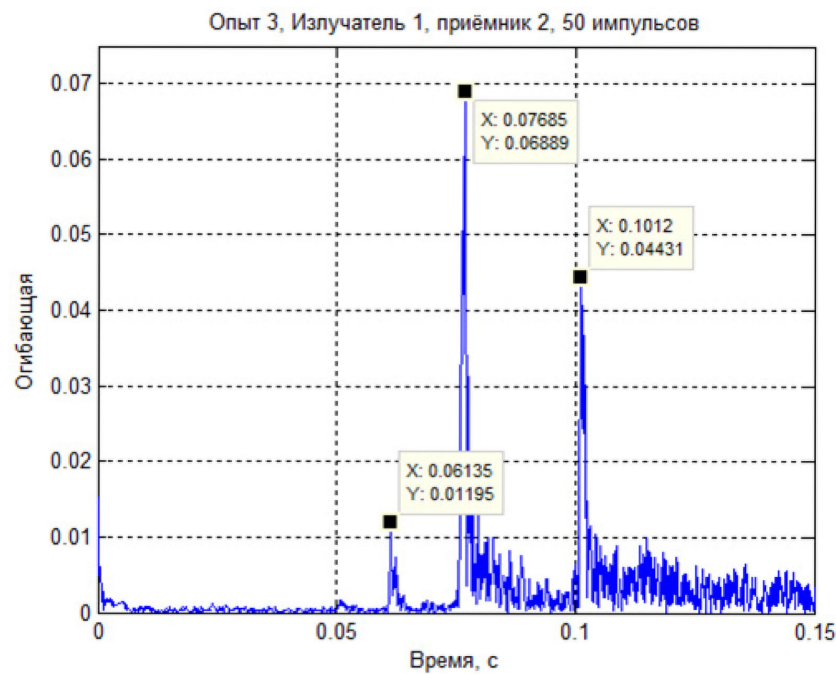


Рисунок 5. Результаты обработки массивов из 50 ЛЧМ-сигналов для пары преобразователей (1 и 2)

Таблица 1

	Рефрагированный луч	Отраженный луч	Дважды отраженный луч
Время распространения сигнала: $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \text{ с}$	0,06135	0,07685	0,1012
Расстояния по лучам: $r_1, r_2, r_3, \text{ м}$	89,94	114,20	150,38

Лучевые картины поля представлены на рисунках 6.1 и 6.2. На рисунке 6.1 показан ход лучей рефрагированного придонного луча и имеющих одно и два отражения от свободной поверхности; на рис. 6.2 – лучевая картина для трех лучей с использованием зеркальных источников.

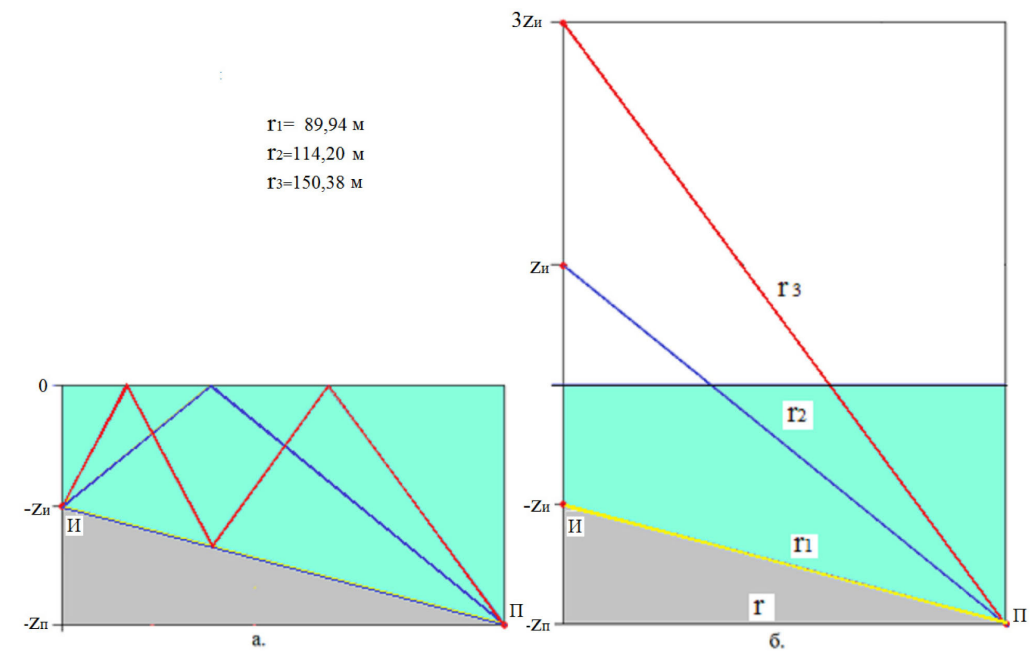


Рисунок 6.1. Трехлучевая структура поля

Рисунок 6.2. Та же структура, представленная с использованием зеркальных источников

На рисунке 6.1 показана предполагаемая трехлучевая структура поля, связывающая излучатель **И** и приемник **П**, где отраженный луч показан красным цветом, дважды отраженный – синим. На рисунке 6.2 показана та же структура, преобразованная с использованием зеркальных источников. На этом рисунке видны три прямоугольных треугольника: у треугольников общее основание r и известны их гипотенузы, равные длинам лучей r_1 , r_2 и r_3 . Для определения неизвестных глубин источника z_u , приемника z_n и горизонтального расстояния r между ними составляется система из трех квадратных уравнений, связывающих длины катетов и гипотенуз. Решение системы дало следующие оценки $z_u = 24$ м, $z_n = 51,6$ м, $r = 85,6$ м.

Этот результат и есть решение поставленной задачи, в предположении верности выполненной идентификации лучей, оценка (калибровка) расстояния между преобразователями и глубинами их постановки. Полученные геометрические оценки в дальнейшем могут использоваться как паспортные данные стационарной трассы для получения текущих оценок характеристики гидрофизических полей морской среды с использованием измеренных (текущих) оценок времени распространения сигналов по лучевым траекториям,

Проверка адекватности полученных оценок глубин преобразователей и расстояния между ними (обратная задача)

С использованием программы для расчета лучевых картин точечного источника звука и имеющегося профиля скорости звука, показанного на рисунке 5, была выполнена проверка достоверности полученных оценок – глубин приемника и излучателя и горизонтального расстояния между ними путем вычисления времени задержек сигналов при распространении по лучам.

В программу в качестве исходных данных были введены параметры трассы: глубина излучателя 24 м, глубина приемника 51,6 м, горизонтальное расстояние 85,6 м и результаты расчетов. На рисунке 7 показана рассчитанная лучевая картина. В таблице 2 для анализа представлены времена задержки сигналов, полученные в результате эксперимента и рассчитанные лучевой программой.

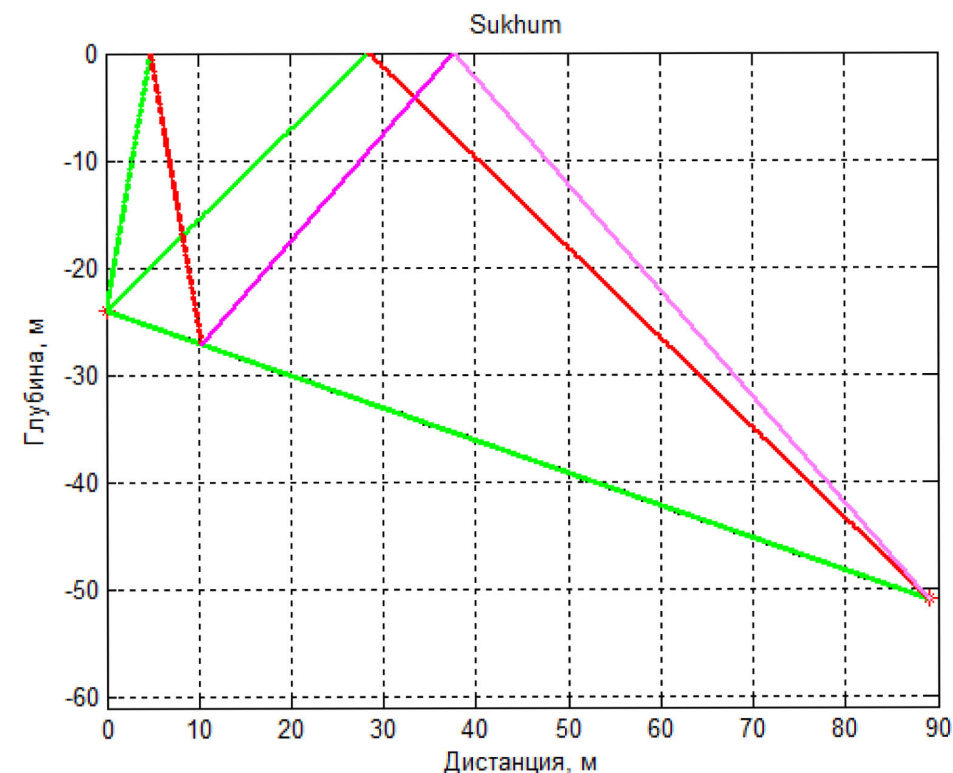


Рисунок 7. Лучевая картина

Таблица 2

	Время распространения сигнала, с		
	Рефрагированный луч	Отраженный луч	Дважды отраженный луч
Экспериментально: зондированием ЛЧМ-сигналами	0,06135	0,07685	0,1012
Теоретически: расчетом лучевой картины	0,06179	0,07725	0,1082
Разность значений, с	0,00044	0,00040	0,0070
Процент отклонения	0,71	0,52	6,5

Сопоставление данных таблицы 2 показывает, что наблюдается высокая степень совпадения расчетных и экспериментальных данных. Разность из-

меренных и рассчитанных задержек составляет 0,71 %, 0,52 % и 6,5 % от их основной величины. Таким образом однозначно установлено соответствие между измеренными временами распространения сигналов по лучам и результатами теоретических расчетов, подтверждена правильность выполненной идентификации лучей и доказано, что полученные оценки глубин преобразователей и расстояние между ними близки их значениям.

Литература

Вировлянский, Казарова, Любавин 2007: Вировлянский А.Л., Казарова А.Ю., Любавин Л.Я. Восстановление средней температуры океана по измерениям времени пробега звуковых импульсов // *Акустический журнал*. М., 2007. Т. 53. № 2. С. 216–225.

Годин, Михин, Мохов 1996: Годин О.А., Михин Д.Ю., Мохов А.В. Акустическая томография океанских течений по методу согласованной невязимости // *Акустический журнал*. М., 1996. Т. 42. № 4. С. 501–509.

Скипа, Андрианова, Богусевич 2011: Скипа М.И., Андрианова О.Р., Богусевич В.К. Разработка теоретических основ для создания систем горизонтального акустического зондирования динамических сред, выявления устойчивых информационных признаков для идентификации неоднородностей в морской среде. Одесса, 2011.

Г. В. Кенигсбергер, В. П. Елистратов

АМШЫН АГИДРОФИЗИКАТӘ КАЗШЬАРБАҚӘА РШӘАРАЗЫ АСТАЦИОНАРТӘ ГИДРОАККУСТИКАТӘ МҒАДУ АИХШАРБА

Аннотация. *Аусумтә азкуп аккустикатә мғаду агеометриатә қазшьарбақәа рғәатара: адкылагеи ашәахәашьтәгеи ирыбжьюуи уртә ашьақәгылақәа рйәулареи. Абжьытә сигналқәа ашәахәақәа рыла раларйәараан аамтә иунатә ахәшьарала иқайан ашәахәақәа ридентификация, еиҫекаан ашәахәа асахья амодел, уи ахархәарала инагзан агеометриатә қазшьарбақәа рыхәшьара. Анағс игәатан еиҫекааз ашәахәа асахья ашьашәалара.*

Ихадароу ажәақәа: *агидроаккустикатә мғаду, аккустикатә тамография, азайәғәтәи абжьы аларйәара, ашәахәа асахья, абжьы аласра, абжьы ахьйхьыртә, адкылага, аизықазашья, абжьы аанкыларә, ашьақәгыла айәуларә.*

G. V. Königsberger, V. P. Elistratov

CALIBRATION OF THE STATIONERY HYDROACOUSTIC ROUTE FOR MEASUREMENT OF HYDROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF MARINE ENVIRONMENT

Annotation. *The work is devoted to the determination of the geometric characteristics of the path of acoustic sounding: the distance between the receiver and the emitter and the depth of their installation. Based on the obtained estimates of the propagation times of sound signals along the rays, the identification of the rays was made and a model of the radiation pattern was constructed, using which the geometric characteristics were estimated. Then a check was made of the adequacy of the constructed beam pattern. To do this, using the beam program and the measured characteristics of the route, the times of signal propagation were calculated, which showed a high match of experimental and calculated estimates.*

Key words: *Hydroacoustic route, acoustic tomography, underwater sound propagation, ray pattern, sound speed, calibration, sound source, receiver, correlation, signal delay, setting depth.*

АҚӘРАНЫХӘА • ЮБИЛЕИ

Р. С. Дбар, А. И. Марколия. И. И. Сизов

70 ЛЕТ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АБХАЗСКОЙ АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Аннотация. Дается краткая историческая справка о исследовательской деятельности государственного научного учреждения, с 1948 г. носившего названия: Экспедиция физического института АН СССР (ФИАН), Сухумская научная морская станция Акустического института, Сухумский филиал Акустического института, Сухумский филиал НИИ «Атолл», НИИ гидрофизических измерений, Гидрофизический институт Академии наук Абхазии (ГИАНА) и, наконец, Государственное научное учреждение «Институт экологии Академии наук Абхазии».

Ключевые слова: гидролокация, подводный звуковой канал, звуковое поле, рыболокация, морская реверберация.

В 1944 году Акустической лаборатории Физического института АН СССР (ФИАН) было поручено проведение исследований возможности улучшения параметров гидролокационной техники, стоящей на вооружении Военно-морского флота СССР. Целью исследований было увеличение дальности обнаружения и точности целеуказания кораблей и подводных лодок противника.

Для экспериментальных исследований по этой проблеме первый отряд Восточно-Черноморской экспедиции Акустической лаборатории ФИАН, возглавляемый д. т. н., профессором Ю.М. Сухаревским, при содействии командующего Черноморским флотом адмирала Ф.С. Октябрьского высадился на территории Сухумского мыса 1 октября 1948 года.

Эта дата считается днем образования Гидрофизического института Академии наук Абхазии (ГИАНА) – ныне Государственное научное учреждение «Институт экологии Академии наук Абхазии».

Одной из важнейших программ экспедиции 1948 года были исследования отражения звука от надводных кораблей и подводных лодок.

По результатам экспедиции была определена необходимость систематического проведения морских исследований в разные сезоны года и в различных метеоусловиях. Это привело ученых-физиков к идее создания собственной стационарной гидроакустической экспериментальной базы,



Профессор
Юрий Михайлович Сухаревский

основной задачей которой было исследование законов формирования звуковых полей в океане. Претворение этой идеи в жизнь и осуществил профессор Ю.М. Сухаревский.

В качестве места для строительства морской базы Сухумский мыс был выбран не случайно, поскольку он отличается уникально крутым углом наклона дна. Этот критерий для выбора этого уголка побережья Абхазии оказался определяющим, поскольку подобного угла наклона дна нет не только в Черном море, но и в других морских районах СССР. Этот фактор обеспечивает ученым возможность круглый год проводить исследования в условиях, имитирующих характеристики глубоководной Северо-западной части Тихого океана.

Севернее вдоль побережья расположены протяженные участки плоского дна, имитирующие условия северных морей, как и Тихий океан имеющих для обороны страны стратегическое значение. Кроме того, выбор Сухумского мыса в качестве базы для морских исследований определялся близостью порта для стоянки кораблей, наличием железной дороги, а также судоремонтной и строительной базы.

Первые регулярные измерения, выполненные в течение 1949 года, показали, что флуктуации уровня эхосигналов, связанные с неоднородностью и динамикой морской среды, вносят существенную неопределенность в установление их амплитуд. Возникла необходимость использовать статистическую методику измерений. Так было положено начало применения статистических методов в гидроакустике. В результате этих же экспериментов были впервые получены надежные оценки величины поглощения звука в морской воде по ослаблению уровня эхо-сигналов в зависимости от расстояния.

Прибывшая в 1949 году в Сухум группа специалистов-акустиков – представителей предприятий промышленности и Военно-морского флота убедила в надежности полученных результатов и дала положительную оценку проведенных работ.

Тогда же было принято решение о создании постоянно действующей Сухумской морской экспедиции Акустической лаборатории ФИАН, которая в 1954 году была преобразована в Сухумскую научную морскую станцию (СНМС). На протяжении многих лет, вплоть до распада СССР, в Сухум постоянно приезжали научные работники из различных городов Советского Союза и представители Военно-морского флота – для осуществления морских экспериментальных работ.

На первом этапе осуществлялись исследования отражательной способности надводных кораблей и их кильватерных струй. Затем начались аналогичные исследования с подводными лодками, в том числе имевшими акустические покрытия. Тогда же в условиях Черного моря были выполнены эксперименты по изучению эффекта подводного звукового канала (ПЗК), открытого в Тихом океане в 1946 году советским физиком Л.Д. Розенбергом и теоретически обоснованного академиком Л.М. Бреховских (за работы по ПЗК авторам была присуждена Государственная премия СССР).

Впоследствии проводившиеся в 1954 году исследования звукового поля в море в области геометрической тени привели к важнейшему для развития гидролокации открытию эффекта дальних зон акустической освещенности, обусловленных существованием ПЗК. Выяснилось, что в дальних зонах существует сильная фокусировка звука, увеличивающая уровень сигнала. Эффект дальних зон акустической освещенности обеспечил возможность дальней гидролокации на звуковых частотах на расстояниях в несколько десятков километров.

В то время в лабораториях Сухумской научной морской станции уже работали собственные молодые специалисты, именно на молодое поколение и была сделана ставка после отъезда московских ученых.

Первым директором СНМС был безвременно погибший в авиационной катастрофе к.ф.-м.н. Ю.Б. Упадышев. Именно в то время на Станции начинали работать молодые специалисты В.И. Ильичев, Е.П. Мастеров, В.М. Матангин, Э.П. Гулин, И.И. Сизов, В.П. Лесуновский, К.И. Малышев, В.А. Хромов, Г.И. Толстобров, В.В. Медведовский, Т.Г. Толстоброва, Г.С. Чернышев и другие.

В 60-х годах отряд молодых специалистов пополнился выпускниками различных вузов страны: на СНМС стали приходить хорошо подготовленные специалисты, которые активно включались в работу по тематике Станции. Среди этих специалистов были В.А. Захаров, В.И. Казаков, В.П. Елистратов, В.М. Резников, И.Л. Невский, Л.И. Самсонов, Е.В. Чернышева, Е.А. Ривелис, Ю.В. Хоха, Г.В. Кенигсбергер и многие другие.



Доктор физико-математических наук, профессор, академик АН СССР Виктор Иванович Ильичев

В первые годы исследования велись по двум основным направлениям: с одной стороны – по увеличению дальности, точности и надежности обнаружения морских целей и, с другой, – по снижению шумности водных объектов и их отражательной способности. В рамках этих задач выполнялись длительные систематические измерения звукового поля в море. В процессе работ использовалось экспериментальное оснащение, включающее помимо акустических излучателей и звукоприемников, установленных на дне моря, также фоторегистраторы, электротермометры и электроглубиномеры, впервые разработанные учеными станции.

Одновременно был расширен и круг научных задач: проводились исследования рассеяния звука морским грунтом, морской реверберации, исследования шумовых полей

кораблей и подводных лодок (Сухаревский 1996: 28).

В 1963 г. предприятие возглавил молодой ученый В.И. Ильичев, выросший в коллективе СНМС, в последующем – академик АН СССР, директор Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН, председатель президиума Дальневосточного научного центра АН СССР, вице-президент АН СССР (Горская 2015: 248).

В 1965 году, учитывая научную квалификацию коллектива и возможность самостоятельного решения научных задач, СНМС была преобразована в Сухумский филиал Акустического института – СФАИ. Численность коллектива научной станции в это время достигла 250 человек.

Со временем росла и укреплялась материальная база, развивался научный потенциал. К 1958 году на СНМС имелись оснащенные научным оборудованием научно-исследовательские суда «Зея», «Сигнал» и «Ингур», были построены здания главной лаборатории, двух береговых лабораторий, сооружен морской свайный павильон с эстакадой.

На дне моря на различных глубинах были установлены три исследовательские многочастотные гидроакустические базы.



НИС «Ингур», 2010 г.



Морской павильон

История института включает в себя весьма интересный опыт международного сотрудничества, показывающий важность выбора морского полигона для задач гидрофизики, экологии и других смежных научных дисциплин. Здесь следует упомянуть давнюю историю с созданным еще в 1959–1960 годах на китайском острове Хайнань неудачным двойником бывшей Сухумской научной морской станции (СНМС), а также участием сухумского института в организации гидроакустических исследований в Китайской Народной Республике (Мазепов 2005: 173).

В соответствии с совместным решением академий наук СССР и КНР от 18.01.58 г. в 1959–1960 гг. была организована советско-китайская комплексная экспедиция в Южно-Китайском море. Она положила начало развитию прикладной гидроакустики в КНР, а участвовавшие в ней китайские специалисты впоследствии стали кадровой основой при создании Института акустики Академии наук КНР.

В 1958 году группа сотрудников Академии наук КНР прибыла в Акустический институт, а затем на СНМС – как на одну из наиболее технически оснащенных в то время экспериментальных гидроакустических баз в СССР. Руководил этой группой профессор Ван Дэчжао, ученик известного французского ученого Поля Ланжевена, создавшего подводный акустический эхолот для обнаружения айсбергов и выигравшего впоследствии международный конкурс, объявленный после гибели «Титаника».

С китайской скрупулезностью гости в течение недели знакомились с лабораториями, морскими и береговыми сооружениями, производственными и хозяйственными помещениями, а также с исследовательскими судами. Сам профессор Ван даже участвовал в пробном выходе НИС «Ингур» на Новофонскую банку.

Результаты этого знакомства и последовавших за ним действий нашли воплощение в созданной менее чем через год Морской научной станции Академии наук КНР на острове Хайнань. Станция в Китайской Народной Республике представляла собой практически двойника СНМС в Сухуми.

Для базы в КНР была выбрана свободная бухта на самой южной оконечности острова, по соседству с имевшейся военно-морской базой КНР и рыбацким поселком Юй Линь. Были скопированы (с сухумских образцов) лабораторные и производственные помещения, морской слип, причал и необходимая инфраструктура. В пешей доступности от станции на берегу коралловой бухты возникли уютные одноэтажные домики-общежития.

Однако в созидательном порыве китайские специалисты не учли, что южнее острова Хайнань на 30–50 км простирается шельфовая зона с глубинами не более 30–40 м, и это затруднило применение постоянно действующих стационарных подводных систем. Предложения советских специалистов использовать для этих целей острова, расположенные ближе к Вьетнаму, реализовать из-за политической ситуации в регионе было невозможно.

Морские эксперименты проводились специалистами из СССР и, в частности, из Сухуми по девяти важнейшим направлениям, охватывавшим практически весь спектр существовавших тогда экспериментальных работ по гидроакустике. Заблаговременно были переоборудованы два военных судна, установлена привезенная из СССР экспериментальная и серийная аппаратура. Отдельные образцы и макеты дорабатывались в ходе эксперимента.

В дальнейшем, помимо научных результатов китайской стороне были переданы оба переоборудованных судна и все технические средства, изготовленные и привезенные из СССР для проведения морских экспериментальных работ.

История же с неудачным выбором места для Морской научной станции Академии наук КНР еще раз продемонстрировала уникальность сухумской станции. Недаром ее создатель Юрий Михайлович Сухаревский лично объехал и исследовал в свое время все побережье Крыма и Кавказа, не напрасно Командующий Черноморским флотом СССР адмирал С.Ф. Октябрьский выделил ему специально для этого персональный «виллис».

Следующий десятилетний этап деятельности СФАИ характеризуется значительным расширением тематики исследований и дальнейшим укреплением материальной базы филиала. Появились новые научные направления: проводились исследования в области классификации морских целей, пассивная гидролокация, исследования по рыбопромысловой гидроакустике. Был получен ряд важных результатов, явившихся вкладом в



Флаг Абхазии на Северном полюсе. Полярная станция СП-18 (1970 г.)

гидроакустическую науку и имеющих большую практическую ценность. Многие научные результаты были получены не только в Черном море, поскольку специалисты станции, а впоследствии и института – бывали постоянными участниками океанических экспедиций на научно-исследовательских судах Академии наук СССР. Им приходилось работать во всех океанах, на всех широтах – зимовать на станции «Северный полюс-18» и высаживаться на ледяной припай Антарктиды. Примечательно, что на СП-18 в 1970 году четверо сотрудников сухумского филиала института (В.В. Медведовский, А.А. Алаев, В.В. Мальков и А.Н. Никитин) впервые в истории Абхазии водрузили флаг тогда еще Абхазской АССР на Северном полюсе (к сожалению, в свое время из-за режимных ограничений сухумские ученые были лишены возможности придать этот факт гласности).

В конце 60-х годов СССР обладал мощным рыбодобывающим флотом (страна входила в первую тройку рыбодобывающих государств мира), од-

нако по производству рыбопоисковой аппаратуры (РПА) уступал Японии и даже Норвегии.

В это время было принято совместное решение двух союзных министерств – Министерства судостроительной промышленности и Министерства рыбной промышленности СССР об организации специального конструкторского бюро на заводе «Прибой» в г. Таганроге и создании межведомственного Совета по рыбопромысловой гидроакустике. Главным предприятием по рыбопромысловой гидроакустике в Советском Союзе становится СФАИ, его директор В.И. Ильичев был назначен председателем Совета, а научный руководитель тематики И.И. Сизов – зампреда Совета по науке. Заседания Совета проводились поочередно в городах, где находились профильные предприятия, – в Таганроге, Санкт-Петербурге (в те годы – Ленинград), Калининграде и Сухуме.

На заводе «Прибой» были созданы головные образцы уникальной РПА – буксируемая рыбопоисковая станция «Кумжа», гидролокатор для китобойного промысла «Финвал», навигационно-рыболокационный комплекс «Сарган» и др. Именно тогда впервые в мире были разработаны опытные образцы рыбопоисковой техники на основе параметрических преобразователей. Для отдельных образцов РПА первые морские испытания проводились на базе СФАИ, с непосредственным участием сухумских специалистов.

* * *

В рамках открытого направления работ, впервые появившегося на сухумском предприятии, нашлось место и для гражданской тематики. В журнале «Рыбное хозяйство» было объявлено о Всесоюзном конкурсе на разработку акустического рыбосчетного устройства. В составе группы молодых инженеров, которые с энтузиазмом подключились к работе, был Г.В. Кенигсбергер. Затем группу возглавил А.И. Марколия. Появились свежие идеи, затем – авторское свидетельство и натурные испытания приборов в реках, водоемах и рыбоходах плотин – на Камчатке, Дальнем Востоке, Карелии, на Дону. В результате наш рыбосчетчик «АРСУ-4» получил две медали ВДНХ СССР, был отмечен грамотой на международной выставке «Инрыбпром-75» в Ленинграде, а руководитель работы А.И. Марколия написал монографию и успешно защитил по этой теме кандидатскую, а затем и докторскую диссертации.

После испытаний «АРСУ-4» на Кочетовском гидроузле (р. Дон) было предложено создать автоматизированный рыбопропускной шлюз (со-

вместная разработка с участием сотрудников Азовского НИИ рыбного хозяйства, защищенная авторским свидетельством). По предложению заинтересованных подразделений Министерства рыбной промышленности СССР началось серийное изготовление рыбосчетных устройств в специальном цехе в Бердянске, расположенном на территории филиала завода «Прибой».

Эта работа продолжалась и после Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг.: по заказу одного из астраханских рыбоводных хозяйств были разработаны и впоследствии успешно применялись несколько опытных моделей акустических счетчиков для учета мальков и молоди осетровых рыб.

Вызывает интерес и еще одно направление, которое развивалось на сухумском предприятии. В начале 60-х годов за рубежом, в частности во Франции и США, начали активно создаваться технические средства для освоения морских глубин: поселение «Прекоинтернет-1» и подводный дом «Диоген» (Жак-Ив Кусто) в Красном море (1962–1963 гг.), подводные лаборатории «Силэб» и «Силэб-2» на Бермудских островах (1964–1965 гг.). В СССР подобные работы развернулись чуть позднее (Чернов 1970: 139–225). В рамках «рыбной» тематики Сухумский филиал заключил договор с Лабораторией подводных исследований Ленинградского гидрометеорологического института (ЛГМИ).

В 1966–1970 гг. в СССР практически одновременно создавались три подводных дома-лаборатории: у нас в Сухуме – серия подводных домов «Садко» (1966 г.), «Садко-1» (1967 г.) и «Садко-2» (1968–1970 гг.); в Крыму группой энтузиастов из Донецка – подводный дом «Ихтиандр» (1966 г. – мыс Тарханкут и 1967 г. – бухта Ласпи); в Голубой бухте (г. Геленджик), ныне Южное отделение Института океанологии РАН – подводная лаборатория «Черномор» (1968–1969 гг.).

По договору с ЛГМИ сухумские специалисты принимали участие в осуществлении программы биоакустических исследований, а также обслуживали подводные научные работы в районах Сухумского мыса и Новоафонской банки.

В 1970–1975 гг. подводники из ЛГМИ обеспечили сухумским специалистам обширную программу биоакустических исследований на шельфе Японского моря (в Уссурийском заливе и на островах архипелага Римско-Корсакова). Были разработаны и успешно использовались подводная видеоакустическая установка, мобильные средства подводного наблюдения и контроля.



Подготовка к установке подводного дома «Садко» в Черном море, на Сухумском мысе

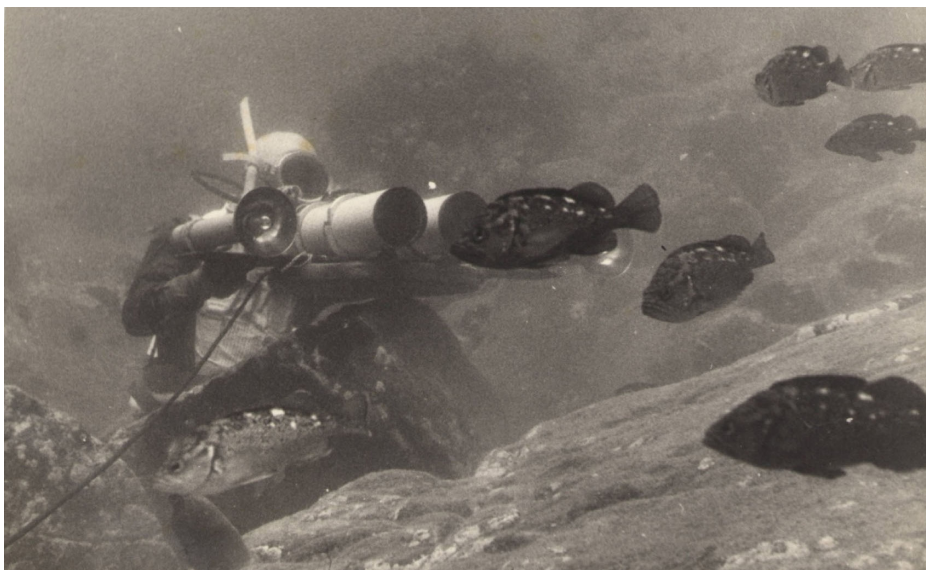
В 1975 году СФАИ был включен в качестве филиала в состав вновь созданного научно-исследовательского института «Атолл» и получил новое имя – Сухумский филиал научно-исследовательского института «Атолл» (СФНИИ «Атолл») (Кенигсбергер, Марколия, Сизов 2006: 9–23).

В этот период существенно – до 500 сотрудников – увеличился коллектив, и 200 человек непосредственно занимались наукой. Головной институт специализировался в области разработки стационарных гидроакустических систем (СГАС) и комплексов освещения подводной обстановки.

На сухумский филиал были возложены задачи обеспечения эффективного функционирования СГАС в морских условиях, которые требовали знания не только характеристик антенн, но и гидролого-акустических характеристик акватории, в которой устанавливались антенны. Необходимо было разработать алгоритмы согласованной со средой обработки гидроакустической информации. Все это привело к необходимости решить сложную комплексную задачу – провести совместную метрологическую аттестацию

гидроакустических систем и морских районов их установки. Потребовалось творческое сотрудничество специалистов различного профиля – гидроакустиков, программистов, океанологов, специалистов в области радионавигации, радиоинженеров, судоводителей. Понадобилась специальная техника, была выполнена разработка соответствующей измерительной аппаратуры. Все 16 лет до распада Советского Союза филиал института наращивал объемы работы.

Капитальным строительством и оснащением филиала техническими средствами в этот период занимался его директор, к. т. н. В.М. Матангин.



Подводная видеоакустическая система в Японском море

Чтобы все поставленные задачи были выполнены в срок и с надлежащим качеством, был построен лабораторно-производственный корпус (ЛПК) площадью 5 000 кв. м, появились и новые ЭВМ (БСЭМ-6) с высоким быстродействием. В 1979–1980 гг. Военно-морским флотом СССР филиалу были переданы два специально созданных научно-исследовательских судна «Вектор» и «Модуль». Разработка технического оснащения этих уникальных судов была отмечена Государственной премией СССР.

На шельфовом склоне в районе Нового Афона, в 17 км от Сухума, на глубине 40 м была установлена и успешно функционировала уникальная стационарная система «Посейдон–Вятка». Система, состоящая из двух протяженных линейных антенн типа «Север» и векторной антенны «Вят-

ка», была соединена кабельной линией цифрового канала связи с вычислительным центром института.

В те же годы был создан крупный вычислительный центр, а суда оснащены разработанным и изготовленным в филиале измерительным радио-гидроакустическим оборудованием. Был выполнен ряд научно-исследовательских работ, связанных с созданием стационарных гидроакустических систем, и разработан программно-аппаратный комплекс средств измерения и контроля характеристик водной среды и донного грунта гидроакустическими методами.



Установка в море изделия «Пеленг» (1972 г.)

С 1979 г. с использованием радиогидроакустического измерительного комплекса и научно-исследовательских судов «Вектор» и «Модуль» начались исследования в 13 научных экспедициях в различных районах Северного Ледовитого, Тихого и Атлантического океанов. Эти работы, в частности, и позволили специалистам «Атолла» в 1987 г. завершить разработку стационарного гидроакустического комплекса «МГК-608», а также выполнить экспериментальную оценку его тактико-технических характеристик.

Решение задач, стоявших перед филиалом в области гидроакустическо-

го наблюдения применительно к стационарным системам, требовало не только знания электроакустических характеристик самих антенн, но и акустических характеристик мест их установки, а также разработки соответствующих алгоритмов обработки гидроакустической информации. В комплексе задача метрологической аттестации гидроакустических систем и мест их установки в стратегически важных районах океана весьма сложна и объемна, и для ее решения потребовалась не только специальная техника, но и разработка соответствующей измерительной аппаратуры.

Учитывая важность метрологических аспектов при решении общих задач гидроакустического наблюдения, при поддержке руководства Абхазии в 1990 году было принято решение об организации на базе Сухумского филиала самостоятельного научно-исследовательского института гидрофизических измерений – НИИ ГФИ. Под руководством директора НИИ ГФИ, к.ф.-м.н. Г.Н. Кузнецова был осуществлен ряд научно-исследовательских работ, связанных с использованием стационарных акустических систем. Разработан комплекс уникальных гидроакустических средств измерения и контроля различных характеристик водной среды и донного грунта. Еще в 1991 году в интересах создания единой метрологической основы натуральных гидроакустических измерений и комплексного метрологического контроля приемно-излучающих систем сухумские специалисты совместно с НПО ВНИИФТРИ подготовили необходимые документы для создания межотраслевой морской лаборатории метрологии Государственной акустической службы (ГАС). Лабораторию предлагалось создать на базе морского полигона в его акватории. По заказу НИИ ГФИ был разработан рабочий проект технического перевооружения имевшейся эстакады с морским павильоном.

Одновременно специалисты НИИ ГФИ участвовали в проводившейся по заказу НПО ВНИИФТРИ разработке методов и средств метрологической аттестации образцовых излучателей и приемных измерительных систем в натуральных условиях. Была также выполнена совместная ОКР «Аномалия» по калибровке гидроакустического полигона Военно-морского флота СССР в Белом море.

Накануне распада Советского Союза стало ощутимо снижаться финансирование, однако объем выполненных задач сохранился на прежнем уровне. В 1991 г. была организована последняя экспедиция. Из-за недостатка средств в ней уже не могли участвовать научно-исследовательские суда «Вектор» и «Модуль», аппаратура к месту испытаний была доставлена по железной дороге, а морской эксперимент выполнен на судах Военно-морского флота СССР.

Последствия Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. оказались для Института весьма плачевными: были утрачены все научно-исследовательские суда, вышел из строя уникальный радиогидроакустический измерительный комплекс, сократилось число сотрудников, особенно ученых, не стало источников финансирования научных исследований и разработок. Все это резко ограничило возможности выполнения морских экспериментальных работ. Однако руководство Республики Абхазия сочло возможным с учетом сохранившихся научно-технических мощностей организовать на их базе Гидрофизический институт Академии наук Абхазии.

Первый после Отечественной войны народа Абхазии директор ГИАНА А.И. Марколия был назначен Президентом Республики Абхазия В.Г. Ардзинба. Коллективу сотрудников института его представлял вице-премьер правительства Республики Абхазия, доктор исторических наук Ю.Н. Воронцов.

Первоначально исследования выполнялись по следующим основным направлениям:

- мониторинг акватории Черного моря с использованием гидроакустических методов в интересах народного хозяйства Республики Абхазия;
- региональные изменения климата и их воздействие на наземные экосистемы Абхазии;
- мониторинг абхазской акватории Черного моря в интересах экологии, рекреации, рыболовства и оценки морских биоресурсов;
- изучение взаимосвязей в экосистеме побережья Республики Абхазия с целью контроля и поддержания устойчивого равновесия в системе берег – море при изменении антропогенной нагрузки.

ГИАНА сохранил связи с родственными научными предприятиями Российской Федерации, такими как Акустический институт, Крыловский государственный научный центр, Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор», НИИ «Атолл», имевшими опыт научного сотрудничества с институтом в Сухуме и заинтересованными продолжать его. Более 15 лет Институт в основном существовал на средства, получаемые по договорам с этими предприятиями.

При этом проводились:

- исследования сейсмических и гидроакустических полей сигналов и шумов побережья и акватории Черного моря в интересах создания охраняемых систем наблюдения и обнаружения;
- разработка и изготовление аппаратуры для сейсмоакустических исследований.

Одним из важных традиционных направлений работы Гидрофизиче-

ского института являлись экспериментальные исследования гидродинамических источников турбулентной составляющей помехи работе судовых гидроакустических средств. С увеличением скорости судна эти помехи становятся определяющими и от этого в значительной степени зависит эффективность использования в народном хозяйстве промысловых, гидрографических и научно-исследовательских судов. Уникальным средством такого экспериментального моделирования явился морской стенд «Дельфин», созданный еще в 1962 г. в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова (Крыловский государственный научный центр, головной в России в области морского судостроения (КНЦ)). По своим техническим характеристикам этот стенд превосходил известные мировые образцы, и при строительстве нескольких поколений судов и других морских средств были использованы полученные на нем научные результаты. После 17-летнего перерыва, вызванного Отечественной войной народа Абхазии 1992–1993 гг., конструкции стенда оказались в основном разрушены, а измерительная система физически и морально устарела. Сменившим А.И. Марколия на посту директора ГИАНА В.Н. Кеца совместно со специалистами КНЦ стенд «Дельфин» был восстановлен, были налажены и отработаны методики и технологии его эксплуатации, заново изготовлены акустические антенны, датчики,



Взлет изделия «Дельфин». 2017 г.



Подготовка к установке в море очередной разработки института

схемы питания, измерительная аппаратура, выполненная на основе цифровых технологий. В рамках Государственной целевой программы Российской Федерации «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. экспериментальные работы по договору были успешно выполнены.

Однако нерегулярность договоров и малые объемы финансирования не позволили развернуть совместные экспериментальные исследования в полном масштабе.

Начиная с 2012 г., институт регулярно принимает участие в работах по программам российско-абхазских грантов – Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). С российской стороны в них участвовали Акустический институт, Институт прикладной физики РАН, Институт океанологии РАН, Московский государственный университет, Институт космических исследований, Южный федеральный университет.

В сентябре – октябре 2013 г. впервые после распада СССР совместно с коллегами из Акустического института им. акад. Н.Н. Андреева были осуществлены регулярные измерения пространственно-временных характеристик температуры морской среды на континентальном шельфе Республики Абхазия. Работа явилась реализацией «Акустическая диагностика и мониторинг параметров морской среды в прибрежной и шельфовой зоне российской и абхазской акваторий Черного моря», ко-

торый был поддержан РФФИ в рамках абхазо-российского сотрудничества.

Особую ценность работе придавал факт, что на протяжении более 25 лет какие-либо целенаправленные исследования водной среды на континентальном шельфе Республики Абхазия не проводились.

В результате использования современных технологий были получены очень ценные сведения.

В 2015 и 2016 году в акватории Черного моря, в прибрежной зоне, проходили натурные испытания экспериментального образца мощной параметрической антенны (ПА).

Антенна, разработанная совместно коллективом ученых Акустического института им. акад. Н.Н. Андреева и Таганрогского технологического института Южного федерального университета в рамках проекта Международного научно-технического центра, была передана в ГИАНА для испытаний. Задача антенны – обеспечивать одномодовое возбуждение морского волновода в полосе частот более двух октав. Таким образом были впервые созданы практические возможности для исследования частотной дисперсии скорости распространения звука в морских волноводах.

В результате в условиях мелкого моря и на океаническом шельфе эффективность активных гидроакустических средств была повышена в 10–30 раз. Антенна имеет 24 независимых канала для цифрового формирования сигналов с дистанционным управлением через интернет. В настоящее время ПА проходит ремонт и модернизацию в Таганрогском технологическом институте Южного федерального университета.

В дальнейшем предполагается экспериментальная демонстрация применения развитых принципов дистанционного акустического мониторинга акватории Черного моря на трассах Сухум – Кодор, а в перспективе и Сухум – Крым.

* * *

Сегодня Институт располагает морским павильоном, слипом для швартовки малотоннажных судов с тельфером для спуска / подъема морского яла и катеров, функционируют уникальный гидроакустический опытный бассейн объемом 420 кубометров и эстакада с морским павильоном, что позволяет устанавливать исследовательскую аппаратуру на глубине до 12 м. Существует также парк пьезоэлектрических, электродинамических и пневматических гидроакустических излучателей. Сохранено производство и станочный парк.

Биологические исследования моря проводились в институте, начиная с 60-х годов XX века. Они охватывали области, интересные с точки зрения

распространения звука в воде, в частности изучалась проблема – как на распространение звука в воде влияют скопления планктона и их распределение в морях и океанах, а также проблема биологического обрастания на подводных объектах.



*Сборка параметрической антенны на территории ГНУ
«Институт экологии АНА»*

На протяжении многих лет эти исследования проводила гидробиолог Т.М. Мастерова.

В 1999 г. в Гидрофизическом институте были созданы еще два научных подразделения: отдел биологических ресурсов моря для оценки состояния рыбных ресурсов моря и отдел гидрологического и метеорологического мониторинга. С самого начала гидрометеорологические исследования организовал и возглавил академик АНА Я.А. Экба. Со временем эти отделы приобрели значимость в научной и прикладной тематике института.

25 января 2012 года на базе выделившихся из состава Гидрофизического института АНА отдела гидрологического и метеорологического мониторинга и отдела биоресурсов моря Постановлением президиума АНА был создан Институт экологии АНА. Сегодня это ГНУ «Институт экологии Академии наук Абхазии».



Гидрологические исследования речных бассейнов молодыми специалистами отдела береговых процессов и карстологии. Монтаж автоматической гидрометеорологической станции на Пицундской низменности: Институт экологии АНА располагает единственной в Абхазии сетью метеостанций и проводит изучение климата за последние 100 лет

Решением президиума Академии наук Абхазии директором вновь созданного института назначен к. б. н. Дбар Р.С.

В 2016 году Институту экологии в процессе объединения институтов и исследовательских задач были переданы лабораторные корпуса и коммуникации Гидрофизического института.

В 2018 году было принято решение Правительства Республики Абхазия о передаче Институту экологии АНА всего имущественного комплекса Гидрофизического института на площадке «Маяк».

Главной задачей современного Института является проведение фундаментальных и прикладных исследований в области экологии, биологии, ге-

оэкологии, геофизики и гидрофизики. Исследовательская работа в Институте осуществляется с использованием современных технических средств и методов.

Основными направлениями деятельности Института являются:

- фундаментальные и прикладные исследования структурно-функциональной организации наземных и водных экологических систем в аспекте их трансформации;
- комплексные исследования состояния и использования водных ресурсов и прилегающей акватории Черного моря;
- экологический мониторинг, а также разработка рационального использования водных, земельных и биологических ресурсов в Республике Абхазия;
- разработка методов совершенствования и расширения системы особо охраняемых природных территорий Республики Абхазия;
- мониторинг состояния окружающей среды в зонах интенсивной хозяйственной деятельности;
- изучение состояния биологических ресурсов Черного моря и выработка мер по организации устойчивого рыболовства;
- разработка гидроакустических методов измерения гидрофизических характеристик морской среды;
- анализ пространственно-временной изменчивости режима атмосферных осадков за вековой период;
- изучение современных динамических процессов морских и речных берегов;
- изучение биологического разнообразия Абхазии и сохранение редких и исчезающих видов;
- выявление опасных инвазивных организмов на территории Республики Абхазия и разработка мер борьбы с ними;
- разработка методов биоиндикации с использованием афиллофороидных грибов для оценки состояния лесных экосистем;
- разработка правовых вопросов экологии и охраны окружающей среды;
- инженерно-экологические и инженерно-гидрометеорологические изыскания на территории Республики Абхазия.

Сегодня правопреемник ГИАНА – ГНУ «Институт экологии АНА» продолжает привлекать для совместных работ на уникальном морском полигоне в Республике Абхазия ведущих ученых-гидрофизиков, океанологов, биологов и экологов из Российской Федерации. Так, Инсти-



Институт экологии АНА осуществляет широкий круг исследовательских задач как прикладного характера (оценка биоресурсов моря, разработка мер борьбы с опасными инвазивными организмами, сохранение биоразнообразия и др.), так и фундаментальных исследований

тут экологии совместно с ведущими исследовательскими учреждениями Российской Федерации (Институт географии РАН, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Институт минералогии Уральского отделения РАН, Туапсинский филиал РГГМУ, ФГБОУ ВО МГТУ, АО АКИН) реализует исследовательские проекты по различным направлениям.

Представители разных поколений, работающие сегодня в ГНУ «Институт экологии АНА» берегут историю и чтут традиции своего научно-исследовательского учреждения, которому идет уже восьмой десяток лет. И как бы ни менялись названия, ни расширялись исследовательские задачи, каждое новое поколение исследователей было неизменно предано науке и делу, которому всем им выпало служить. Задачи, которые стоят сегодня перед Институтом экологии АНА, имеют важное значение для экономики Республики Абхазия, и их реализация возможна с учетом богатого опыта и на уникальной исследовательской базе, созданной старшим поколением ученых.

Литература

Горская 2015: Личность в науке. В.И. Ильичев: документы жизни / Авт. и сост. Н.В. Горская. Н. Новгород, 2015. 248 с.

Кенигсбергер, Марколия, Сизов 2006: Кенигсбергер Г.В., Марколия А.И., Сизов И.И. СНМС – ГИАНА (из истории Сухумского филиала НИИ «Атолл») // Труды научно-практической конференции «Современные технологии создания средств наблюдения», посвященной 30-летию НИИ «Атолл». Дубна, 2006. С. 9–23.

Мазепов 2005: Мазепов В.И. Воспоминания о Китае. Владивосток. 2005. 173 с.

Сухаревский 1996: Сухаревский Ю.М. Из истории гидроакустики. О первых шагах отечественной экспериментальной гидроакустики – история создания и работы Сухумской научной морской станции Акустического института АН СССР. М., 1996. 28 с.

Чернов 1970: Чернов А.А. Гомо акватикус. М., 1970. С. 139–225.

Р. С. Дбар, А. И. Марколия, И. И. Сизов

АМШЫН ЕИҚӘА АПСУА АКВАТОРИА АГИДРОФИЗИКАТӘ ТЦААРА 70 ШЫҚӘСА АХЫЦРА

Аннотация. *Аусумтәҕы иаагоуп 1948 шықәса инаркны СССР Атҕаарадыр-рақәа ракадемия (АИА) Афизикатә институт аекспедиция, Акустикатә институт Акәатәи амишын-тҕаарадырратә станция, Атҕаарадырратә институт агидрофизикатә иаарақәа, ААР Агидрофизикатә институт, Ахәынтқарратә тҕаарадырратә еиҕкаара (АҒЕ) «ААР Аекологитә институт» хәа ахьзқәа змаз аинститут иаазыркәҕу атоурых.*

Ихадароу ажәакәа: *агидролокация, азаҕантәи абжьытә канал, абжьытә дәы, аҕсыз-локация, амишын ареверберация.*

R. S. Dbar, A. I. Markolia. I. I. Sizov

SEVENTY YEARS OF HYDROLOPHYSICAL RESEARCHES IN THE BLACK SEA WATER AREA OF ABCHAZIA

Annotation. *A brief historical background on research activities of a state scientific institution is given, which has been named since 1948 as: Expedition of*

Physical Institute of the USSR Academy of Sciences (FIAN), Sukhum Marine Scientific Station of the Acoustical Institute, Sukhum Branch of the Acoustic Institute, Sukhum Branch of the "Atoll" Research Institute, Research Institute of Hydrophysical Measurements, Hydrophysical Institute of the Academy of Sciences of Abkhazia (GIANA) and, finally, the State Scientific Institution "Institute of Ecology of the Academy of Sciences of Abkhazia".

Key words: *sonar, underwater sound channel, sound field, fishing, marine reverberation.*

З. Я. Миквабия, А. А. Гварамия

ВЛАДИМИРУ СПИРИДОНОВИЧУ БАРКАЯ – 90 ЛЕТ



Отметил солидный юбилей – 90 лет – Владимир Спиридонович Баркая. Заместителя директора Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии Академии наук Абхазии по науке, руководителя отдела патофизиологии крови, кандидата медицинских наук, профессора Абхазского государственного университета, члена-корреспондента Российской академии естественных наук знают коллеги, без малейшего преувеличения, во многих уголках мира.

Владимир Спиридонович Баркая – потомственный сухумчанин, выпускник 2-го Московского медицинского института им. Пирогова (1958). По окончании вуза был рекомендован в аспирантуру при Академии медицинских наук СССР, которую прошел на базе Центрального ордена Ленина института переливания крови (ЦОЛИПК) (ныне – Гематологический научный центр Министерства здравоохранения РФ) под руководством академика Н.А. Федорова.

В кандидатской диссертации «Изменения кроветворения при термических ожогах», которую В.С. Баркая защитил в 1964 году, впервые была

доказана роль гуморальных факторов в реакции гемопоэза на ожоговую травму.

В 1961 году В.С. Баркая вместе с супругой З.В. Шевцовой возвращается в родной Сухуми и начинает работать в Институте экспериментальной патологии и терапии АМН СССР, возглавляемом академиком Б.А. Лапиным. На первом этапе работы в институте научные интересы В.С. Баркая сосредоточены на вопросах экспериментальной радиобиологии, на моделировании радиационных поражений и разработке методов их профилактики. В этот период по итогам исследований им получены приоритетные данные о лечебном действии аутоотрансплантатов кроветворной ткани из локально защищенных (посредством экрана) участков костного мозга обезьян, облученных γ -лучами (исследования проводились совместно с академиками Б.А. Лапиным и Г.С. Стрелиным).

В последующих экспериментах по локальной защите кроветворной ткани В.С. Баркая впервые установил, что лечебным свойством обладают и аутоотрансплантаты из гипоксических участков кроветворной ткани (локальная гипоксия); эффективность экранирования возрастает при одновременном введении радиопротекторов как в защитных концентрациях, так и в малых дозах, не эффективных при изолированном применении; в условиях экранирования защитные дозы препаратов эффективны даже задолго (12–18 часов) до лучевой нагрузки.

Приоритетные данные получены В.С. Баркая в процессе исследований по сравнительной характеристике патологических процессов, формирующихся как при кратковременном остром, так и при пролонгированном облучении γ -лучами низкой интенсивности: установлено их принципиальное сходство. Эти данные легли в основу разработанной самим ученым и апробированной им на обезьянах схемы химической защиты от радиации малой мощности (0,0094–0,0079 Гр/мин). О том, насколько значима эта схема, свидетельствует факт, что она была отмечена в Итоговой резолюции состоявшегося в 1977 году 10-го симпозиума социалистических стран по космической биологии и медицине.

Во время исследований, которые проводились на обезьянах, В.С. Баркая была получена и охарактеризована модель фракционированного облучения малыми дозами γ -излучения, сходными с дозами, установленными для ликвидаторов Чернобыльской аварии (0,25 Гр). Впоследствии эта модель была предложена для испытаний средств защиты и терапии при данном уровне лучевой нагрузки, которые проводились совместно с коллегами из НИИ военной медицины Министерства обороны Российской Федерации.

О роли В.С. Баркая в становлении Научно-исследовательского инсти-

тута экспериментальной патологии и терапии (НИИЭПиТ) после Отечественной войны народа Абхазии (1992–1993 гг.) стоит сказать особо. Институт был фактически обескровлен, многие сотрудники во время войны покинули Сухум и приступили к работе в других научных учреждениях и даже других странах. Пострадало материально-техническое оснащение института, лаборатории были разграблены, часть обезьян, несмотря на усилия, которые предпринимали сотрудники института, рисковавшие жизнью под обстрелами ради сохранения бесценного богатства – обезьян, была похищена, некоторые животные погибли.

Между тем Владимир Спиридонович Баркая и Зинаида Всеволодовна Шевцова остались верны своему институту.

– Связи, наши личные контакты с учеными многих стран мира – вот наше спасение! – к такому выводу пришел Владимир Спиридонович Баркая и тут же стал восстанавливать наработанные десятилетиями связи. Хотя и это было непросто: Абхазии была объявлена блокада, не было ни телефонного, ни почтового сообщения. И тем не менее коллеги, работавшие в ведущих научных учреждениях России, узнали, что НИИЭПиТ в Сухуме жив, что в нем продолжается работа, обсуждаются планы и институт надеется на поддержку, сотрудничество и совместные исследования.

Первые контакты были установлены с Гематологическим научным центром и Институтом эндокринологии Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Взяв на себя в этот самый сложный период научную и научно-организационную деятельность, В.С. Баркая продолжает работать как ученый. Он говорит, что если бы не помощники В.Н. Фоменко, Ж.В. Елистратова, Л.И. Джелиев и другие и, конечно, если бы не единомышленники А.А. Джокуа, И.Г. Конджария и А.З. Матуа, которые постоянно были рядом, если бы не мощная поддержка коллег из России, не удалось бы столько сделать. А между тем коллеги из России восхищаются подвижничеством Владимира Спиридоновича.

В комплексных исследованиях ряда лабораторий института под руководством В.С. Баркая получен уникальный материал о тяжелых последствиях влияния стрессорных факторов военного и послевоенного времени на организм обезьян и о сроках восстановления их соматического здоровья.

На обезьянах под руководством В.С. Баркая были разработаны и охарактеризованы:

- модель «донора», полученная эксфузией крови в количестве, соответствующем одной донорской дозе. Она впервые использована для

изучения ряда реологических показателей обезьян и предложена для оценки влияния на гемопоэз современных технологий получения компонентов крови;

- предложена для испытания фармакотерапии некоторых анемических состояний модель гемолитической анемии, индуцированная метгемоглобинообразованием;

Вышеперечисленные материалы легли в основу кандидатских диссертаций Н.А. Хашиг, Л.О. Ахуба и Ж.Д. Собекия).

Что же касается совместных исследований с коллегами, которые были налажены благодаря неустанной и упорной деятельности В.С. Баркая сначала как руководителя лаборатории, а затем и как заместителя директора НИИЭПиТа Академии наук Абхазии по науке, то и в этом были достигнуты серьезные успехи:

- получены новые данные о стабильности кроветворения у долгожителей абхазской национальности (90–135 лет) в течение всей их жизни, имеющей генетическую основу – принадлежность к «0» (I) группе крови (работа проводилась совместно с лабораторией гематоцитологии Гематологического научного центра, Москва); (Материалы послужили основой кандидатской диссертации Т.З. Каландия);
- разработан эффективный способ лечения местнорасположенных злокачественных новообразований сочетанием лазерного излучения с фотосенсибилизатором (исследования реализованы совместно с коллегами из ЦКБ РАН, Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф. Владимирского, Института эволюционной биологии, Лейпцигского университета). Владимир Спиридонович Баркая по итогам этой работы является соавтором патента на изобретение № 2446842 от 10.04.2012;
- получены приоритетные данные о выраженном положительном влиянии дегидроэпиандростерона (ДГЭА) на высшую нервную деятельность обезьян, достигших предела биологического возраста (совместно с лабораторией гормонального анализа Эндокринологического научного центра, Москва). В.С. Баркая – соавтор доклада на XIV Европейском конгрессе эндокринологов (Вена, 2012).

Сегодня В.С. Баркая – признанный высококвалифицированный специалист в области экспериментальной патологии и медицинской приматологии, его перу принадлежат 130 научных работ в ведущих советских, российских журналах и журналах других зарубежных стран, а также в печатных изданиях, выходивших в ЧССР, ГДР, ВНР. На счету ученого более десятка докладов на международных конференциях.

В.С. Баркая является профессором базовой кафедры биологического факультета Абхазского государственного университета, в течение многих лет наряду с чтением лекций успешно руководит дипломными работами, подготовкой специалистов лабораторного дела – врачей-биохимиков.

Огромна роль Владимира Спиридоновича Баркая в подготовке молодой научной смены в послевоенный период. Помогая лично молодым коллегам в работе, он щедро делится собственными научными наработками. Он без сожаления расстается с частью материала, над которым работал долгие годы и которого, как считали коллеги, хватило бы не на одну, а как минимум на две докторские диссертации. А он уверен, что важно работать не на собственное имя, а на науку вообще и растить перспективных молодых ученых, всячески помогая им. Под его руководством защищены пять кандидатских диссертаций.

В.С. Баркая снова и снова задействует связи, чтобы ученые из Республики Абхазия как можно чаще выезжали на конференции, симпозиумы – как в Россию, так и в другие страны.

И хотя 90 лет – возраст весьма солидный, Владимир Спиридонович Баркая неизменно на передовой своего родного НИИЭПиТа – старейшего приматологического центра в Европе. И авторитет ученых института и В.С. Баркая лично расширяют международные позиции современной Республики Абхазия.

З. Я. Миквабия

**К ЮБИЛЕЮ АКАДЕМИКА АКАДЕМИИ НАУК АБХАЗИИ,
ВИДНОГО ВИРУСОЛОГА ЗИНАИДЫ ВСЕВОЛОДОВНЫ
ШЕВЦОВОЙ**



Нынешний 2019 год – юбилейный для одной из самых уважаемых и авторитетных ученых НИИЭПиТ АНА, академика АНА Зинаиды Всеволодовны Шевцовой.

Зинаида Всеволодовна Шевцова родилась в 1929 году в Сухуме, в семье интеллигентов. Окончив с золотой медалью Сухумскую четвертую женскую школу, поступила во 2-й Московский государственный медицинский институт им. И.В. Сталина (впоследствии институт был переименован и по сей день носит имя Н.И. Пирогова).

Стать врачом-исследователем З.В. Шевцова решила с детства, с тех пор, как начала зачитываться историями из жизни микробиологов. На первом курсе З.В. Шевцова стала активно работать в научном студенческом обществе и проявила склонность к научной работе. Материалы ее исследования «Влияние медикаментозного амиталового сна на экспериментальную дифтерийную интоксикацию» были признаны лучшими, а сама студентка

была приглашена на научную конференцию в Свердловск, где выступила с докладом. Зинаида Всеволодовна вспоминает, что список ее научных работ, насчитывающий сотни интереснейших исследований, начинается с той самой студенческой работы.

По окончании института в 1953 году она была рекомендована в аспирантуру при Институте эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи АМН СССР по специальности «Медицинская микробиология». В 1961 году З.В. Шевцова защитила кандидатскую диссертацию на тему «Влияние облучения рентгеновскими лучами на иммуногенез и напряженность иммунитета животных, иммунизированных живой бруцеллезной вакциной» и по решению президиума АМН СССР была направлена в НИИЭПиТ АМН СССР, в свой родной город Сухуми.

По счастливому совпадению, в это время в Москву приехал директор ИЭПиТ АМН СССР Борис Аркадьевич Лапин. Он подбирал кадры для новой институтской лаборатории, в которой предполагалась большая и интересная работа для вирусолога.

З.В. Шевцову без преувеличения можно считать основоположником нового для отечественной приматологии направления – изучения вирусной патологии обезьян в сравнительном аспекте с аналогичными инфекциями человека. По сути, ей принадлежит заслуга в создании лаборатории вирусных инфекций, которой она руководит и сегодня. Впервые под руководством З.В. Шевцовой были описаны такие спонтанные вирусные инфекции обезьян, как геморрагическая лихорадка, гепатит А, коронавирусная инфекция, энцефаломиокардит. Выделенные штаммы вирусов охарактеризованы и сданы в Государственную коллекцию вирусов Министерства здравоохранения СССР при НИИ вирусологии им. Д.И. Ивановского. Установлено сходство этих инфекций с одноименными заболеваниями человека и разработаны их экспериментальные модели на обезьянах.

Особенно следует выделить работу З.В. Шевцовой по изучению этиологии неизвестной ранее вирусной инфекции – геморрагической лихорадки обезьян. Большое исследование завершилось открытием нового вируса, разработкой экспериментальной модели, на которой были изучены патогенетические механизмы, общие для геморрагических лихорадок человека. Результаты этой работы обобщены в докторской диссертации ученой «Геморрагическая лихорадка обезьян (этиология, клинико-морфологические особенности, патогенез)», которую она защитила в Москве в 1974 году.

Оригинальные исследования были проведены З.В. Шевцовой и в области онковирусологии.

Наиболее значимыми достижениями З.В. Шевцовой являются следующие:

- разработка новой экспериментальной модели гепатита А на макаках резусах с помощью оригинального штамма вируса гепатита А (ВГА-Ч-3), выделенного от больного человека. Модель не менее адекватна этой инфекции человека, чем предшествующие аналоги на шимпанзе и мармозетках, но более доступна и экономически выгодна. (За эту разработку З.В. Шевцова получила авторское свидетельство.)
- совместно с коллегами из ФРГ З.В. Шевцова проводила на этой модели испытания протективных свойств инактивированной культуральной вакцины против гепатита А.
- в результате исследований, совместных с коллегами из США, З.В. Шевцова получила от павиана гамадрила с лимфомой клеточной линии, продуцирующей не описанный ранее Эпштейна–Баррподобный вирус герпеса павианов (ГВП), обладающий трансформирующей активностью;
- в результате исследований ученой удалось охарактеризовать иммунный статус макак и павианов в возрастном и видовом аспекте;

Разработана модель коклюшной инфекции на макаках, на которой проводится изучение иммунобиологических и протективных свойств генетически аттенуированных штаммов *Bordetella pertussis* (совместно с сотрудниками НИИЭМ им Н.Ф. Гамалеи).

Стоит подчеркнуть еще раз, что самым серьезным научным достижением ученой является открытие неизвестного ранее мировой науке вируса, названного ею вирусом геморрагической лихорадки обезьян (ГЛО). Выделенный и изученный ею штамм «Сухум-64» принят в Государственную коллекцию вирусов Министерства здравоохранения СССР при НИИ вирусологии им. Д.И. Ивановского как новый самостоятельный вид (американские исследователи описали это заболевание и вирус на два года позже).

В настоящее время вирус под названием «Сухум-64», классифицированный Международным комитетом по таксономии и классификации вирусов, хранится и в Банке вирусов США.

Хотя в научном мире принято давать открытиям, в том числе и открытым вирусам имена авторов, природная скромность не позволила Зинаиде Всеволодовне назвать выделенный вирус собственным именем «Шевцова» и она предложила назвать его в честь родного города – «Сухум».

В группу геморрагических лихорадок (ГЛ) человека (человек погибает от кровоизлияний во всем организме) включено 16 самостоятельных заболеваний. Одни известны давно: желтая лихорадка, лихорадки Денге,

Крымская, но есть и обнаруженные недавно, во второй половине XX века – Эбола, Марбург, Ласса, Мачупо...

Эти заболевания протекают у людей очень тяжело, с большим процентом смертности. Гибнут от них и человекообразные обезьяны, занесенные в Международную красную книгу. Инфекции относят к природно-очаговым, источниками являются дикие животные (обезьяны и грызуны). Несмотря на то, что возбудители этих лихорадок существенно отличаются друг от друга, заболевания протекают однотипно. Средства эффективной профилактики отсутствуют. Применяемые методы лечения малоэффективны, поскольку происхождение заболевания и само оно изучено недостаточно. Однако еще в 70-е годы прошлого столетия была опубликована статья «Экспериментальная геморрагическая лихорадка обезьян – модель геморрагических лихорадок человека», и ее авторы З.В. Шевцова и академики РАН Б.А. Лапин и М.П. Чумаков уже тогда предлагали использовать экспериментальную лихорадку макак в качестве модели лихорадки человека.

В то время предложение осталось без внимания. И вот спустя 40 лет, после появления вирусов Эбола, Ласса и других возник острый интерес к использованию модели, полученной на макаках с помощью вируса «Сухум-64».

Именно на такой экспериментальной модели (с другими вирусами запрещено работать в лабораториях – опасно для жизни сотрудников) возможно моделирование заболевания и испытание терапевтических средств эффективного лечения геморрагических лихорадок человека. Актуальность этой проблемы обусловлена еще и тем, что возбудители этих лихорадок внесены в список биотеррористических агентов.

В настоящее время к использованию вируса ГЛО «Сухум-64» для моделирования геморрагической лихорадки на обезьянах приступили американские коллеги наших ученых из НИИЭПиТ Академии наук Абхазии. И этим исследованиям в научном мире придается очень большое значение.

Сегодня Зинаида Всеволодовна Шевцова – руководитель лаборатории иммунологии и вирусологии НИИЭПиТ АНА, академик Академии наук Абхазии, академик Российской академии естественных наук, заслуженный деятель науки Республики Абхазия, кавалер ордена «Ахьдз-Апца» III степени.

Доктор медицинских наук, профессор З.В. Шевцова – автор 180 научных трудов, часть из которых опубликована в соавторстве с академиками Б.А. Лапиным, М.П. Чумаковым, П.Г. Сергиевым, В.М. Ждановым, М.К. Ворошиловой, а также с известными американскими и германскими вирусологами.

Перу ученой принадлежит глава «Моделирование вирусных инфекций человека на обезьянах» в монографии «Воспроизведение заболеваний че-

ловека на обезьянах», изданной в 2017 году под руководством академика РАН Б.А. Лапина.

Зинаиду Всеволодовну Шевцову и ее работы знают коллеги из многих стран. Она неоднократно представляла советскую науку на международных конференциях и симпозиумах, выезжала для совместных исследований в страны Европы (Венгрия, Чехословакия, ФРГ), дважды – в США.

Научно-исследовательскую работу З.В. Шевцова на протяжении полувека совмещает с преподавательской – на базовой кафедре экспериментальной биологии и медицины Абхазского государственного университета. Она преподает вирусологию, общую и клиническую иммунологию и инфекционные болезни. 30 лет Зинаида Всеволодовна заведовала этой кафедрой. В помощь студентам медико-биологического профиля ею изданы учебные пособия «Вирусология» и «Иммунология».

Ученики Зинаиды Всеволодовны Шевцовой – успешные ученые, кандидаты наук, они востребованы и достойно работают как в Республике Абхазия, так и в научных и медицинских учреждениях России, ближнего и дальнего зарубежья.

Зинаида Всеволодовна Шевцова – счастливая мать и прекрасная жена. Супруг З.В. Шевцовой – заместитель директора Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии Академии наук Абхазии по науке, руководитель отдела патофизиологии крови, кандидат медицинских наук Владимир Спиридонович Баркая.

Л. Я. Айба, Э. Ш. Губаз

НАДЕЖДА ЛАКОБА. АВТОРИТЕТ В АГРАРНОЙ НАУКЕ

(К 80-летию со дня рождения)



Есть люди, работа рядом с которыми и общение приносят огромную радость и заряд энергии. Именно такая наша коллега, уважаемая Надежда Павловна Лакоба.

Родилась Н.П. Лакоба в семье известного общественного деятеля и крупного хозяйственника Павла Лакоба. После окончания средней школы стала студенткой Сухумского педагогического института им. А.М. Горького. Успешно окончив учебу, в 1964 г. она начинает работать в качестве лаборанта плодового отдела Сухумской опытной станции Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства им. академика Н.И. Вавилова. В 1967 г. – без отрыва от производства – поступила в аспирантуру ВНИИР и под руководством доктора сельскохозяйственных наук Ф.Д. Лихоноса взялась за подготовку диссертации на тему: «Биологические особенности яблонь в условиях Абхазии», которую успешно защитила.

В январе 1970 года Н.П. Лакоба была переведена на должность младшего научного сотрудника, а в марте 1971 г. она становится страшим научным сотрудником Станции и возглавляет отдел плодовых культур.

Исследовательскую деятельность Н.П. Лакоба начинала еще студенткой и, по ее собственным словам, работа в коллективе под руководством известного ученого Л.Х. Хашба, первого ученого со степенью кандидата сельскохозяйственных наук среди абхазов, человека высокой нравственности, оказалась для нее большой удачей.

Н.П. Лакоба прошла блестящую школу ВНИИРа, где работали, без преувеличения, корифеи мировой сельскохозяйственной науки – Д.Д. Брежнев, В.В. Витковский, Я.С. Нестеров, Ф.Д. Лихонос и другие. Совместная работа со специалистами высочайшего профессионального уровня способствовала формированию Н.П. Лакоба как исследователя, расширению ее научного кругозора. Присущие Н.П. Лакоба целеустремленность, любознательность, трудолюбие и скрупулезность, позволили ей глубоко погрузиться в суть проблемы, связанной с репродукцией растений, освоить новые для этой сферы методы исследования. Надеждой Павловной привлечены свыше тысячи сортообразцов субтропических южноплодовых и орехоплодных растений, тем самым она обогатила генетический фонд коллекции Института материалом для выведения новых сортов и форм. (Считаем важным подчеркнуть, что бесценный генофонд культурных растений ГНУ «ИСХ АНА» является не только национальным достоянием Республики Абхазия, но и всей мировой сельскохозяйственной науки.)

Благодаря ее настойчивости и энергии, личным связям с руководством Всесоюзного института растениеводства, были подготовлены национальные кадры высшей квалификации. Под руководством Н.П. Лакоба впервые в условиях Абхазии были изучены свыше 700 сортообразцов семечковых и косточковых культур. Из них выделены и районированы сорта яблонь – Мельба, Старкримсон, Старкинг, Синап горный и груш – Конференция, Ле Лектье, Бере Боск, Бере Жиффар, которые хорошо приспособились к условиям Абхазии и пригодны для закладки высокопродуктивных, интенсивных садов.

Н.П. Лакоба всегда отличала способность комплексно рассматривать проблему, стремление досконально изучить предмет, в частности, все составляющие репродуктивного процесса – от заложения цветочных почек до распространения семян, включая ритм цветения, способы опыления и т.д. Показатели изучались в связи с различными факторами, влияющими на репродукцию растений – генетическими, эколого-ценотическими, метеорологическими и географическими.

Но не только профессиональными качествами отличается Надежда Павловна. Ее ответственность, активность, объективность и доброжелатель-

ность в большой степени сформировали атмосферу научного коллектива, где она пользуется непререкаемым авторитетом.

Во время выступлений Надежды Павловны на ученом совете, на общем собрании коллектива или, как это было в прежние годы, на партийных собраниях, всегда устанавливалась абсолютная тишина. Ее слушали с уважением, а она, обладая даром убеждения и ораторскими способностями, всегда говорит аргументированно, по существу.

Н.П. Лакоба прекрасно знает историю своего многострадального народа. В восьмидесятые годы, когда в Абхазии обострилась общественно-политическая обстановка, когда грузинские «ястребы» допускали грубые выпады в адрес нашего народа, она умела привести неопровержимые исторические факты и показать – «кто есть кто».

Н.П. Лакоба – автор свыше 50 опубликованных научных работ по интродукции, биологии и технологии возделывания субтропических плодовых культур в условиях Абхазии. За научные достижения она отмечена почетными грамотами Президиума Верховного Совета Абхазии, Министерства сельского хозяйства СССР, Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук.

Мы, ее младшие коллеги, относимся к Надежде Павловне по-особому. Это счастье, что в начале профессионального пути нам довелось работать под ее чутким руководством. Период для нашей страны был тяжелый, и мы не состоялись бы как научные сотрудники без ее поддержки и помощи.

И при этом Надежда Павловна – очень деликатный человек. В нашем народе о таких, как Н.П. Лакоба говорят: наступая на траву, она и траву старается не помять.

Сегодня Н.П. Лакоба – ведущий ученый в своей области в Абхазии, специалист по субтропическим плодовым культурам. К сожалению, сегодня, несмотря на все усилия, которые прилагает Институт для привлечения в науку талантливых людей, в Абхазии по-прежнему ощущается дефицит специалистов высшей квалификации в аграрной сфере.

Надежда Павловна как ведущий ученый, внесший значительный вклад в теоретическую разработку и практическое внедрение новых субтропических плодовых культур, известна не только в Республике Абхазия, но и в научных кругах стран постсоветского пространства.

Юбилей Н.П. Лакоба встречает в расцвете творческих сил. У нее множество замечательных замыслов.

От имени учеников, коллег, всей научной общественности нашей Республики желаем дорогой Надежде Павловне здоровья, долгих лет жизни и плодотворной творческой работы на благо абхазской сельскохозяйственной науки.

Р. С. Дбар

ОКЕАНОЛОГИЯ КАК ДЕЛО ЖИЗНИ*(К 85-летию Вадима Владимировича Медведовского)*

Вадим Владимирович Медведовский родился 1 ноября 1934 г. на Украине, в поселке Клевань Ровенской области, в семье рабочего.

В 1952 году поступил на первый курс Одесского гидрометеорологического института, который окончил в 1957 году по специальности «океанология».

Судьбу Вадима Медведовского решила преддипломная практика в Сухуми, он проходил ее на Научной морской станции Акустического института Академии наук СССР, и впоследствии получил распределение в это научное учреждение. В то время на станции бурно кипела жизнь. Станция неоднократно меняла названия (в дальнейшем станция стала именоваться Сухумским филиалом НИИ «Атолл», потом – Гидрофизическим институтом Академии наук Абхазии), задачи у ученых были масштабные и интересные. Буквально каждый день работы – все 62 года – для Вадима Владимировича был наполнен важными исследованиями, требующими

сосредоточенности, серьезных научных знаний и постоянной работы над собой.

Масштабы задач и ответственности росли вместе с карьерой: сначала младший научный сотрудник, старший научный сотрудник, потом руководитель группы гидрологических исследований, заместитель начальника научно-исследовательского отделения.

В числе основных задач предприятия в целом и его подразделения в частности были исследования условий обнаружения в морской среде подводных объектов с помощью методов гидроакустики. Тогда это направление науки развивалось мощными темпами. Часть работ ученые станции проводили в интересах Военно-морского флота СССР, часть – в интересах рыбного хозяйства (для определения условий применения рыбопоисковой аппаратуры, гидролокаторов и эхолотов, а также скоплений морских организмов: рыб, ракообразных, китов и т. п.).

Группа ученых во главе с В.В. Медведовским исследовала изменения в морской среде, оказывающие влияние на гидроакустические процессы в мировом океане. Объектами исследований были параметры и изменчивость физических и химических свойств вод Атлантического, Тихого, Северного Ледовитого океана и примыкающих к ним морей.

Чтобы решить поставленные задачи, нужно было проводить исследования непосредственно на местах, и В.В. Медведовский вместе с коллегами отправлялся в многомесячные экспедиции на научно-исследовательских судах. В общей сложности В.В. Медведовский был участником 16 экспедиций. И хотя все эти экспедиции были организованы Академией наук СССР, но ученые, которые служили большой многонациональной стране, всегда помнили, что живут в Абхазии, которую очень любили.

Среди дорогих сердцу Вадима Владимировича фотографий особое место занимает фото 1959 года, когда во время дрейфа на ледовой станции «Северный полюс» они с товарищами подняли над полюсом флаг тогда еще Абхазской автономной советской социалистической республики, причем они сшили этот флаг сами, с трудом, но все-таки подобрали нужные цвета.

Дрейф на ледовой станции «Северный полюс-18», пришедшийся на 1959–1960 годы, был первой экспедицией из 16, в которых Вадим Владимирович принимал участие.

В 1972 году он участвовал в боевом походе кораблей ВМФ в Атлантическом океане, в 1976 – в экспедиции в Атлантическом океане по программе «Polex».

Как-то ученый подсчитал, что в общей сложности провел в море около 12 лет. По результатам этих экспедиций им написано 12 работ, которые легли в основу конкретных опытно-конструкторских разработок. К сожалению, направления и темы этих работ не позволяют рассказывать о них более подробно, однако в основе каждой – глубочайшие знания, научный опыт, а порой еще и дерзость и находчивость.

В течение всего периода работы В.М. Медведовский организовывал и проводил исследования гидрологических и гидрохимических характеристик водных масс Черного моря. Эта работа требовала скрупулезности: ежедневно четыре раза в сутки измерялась температура морской воды от поверхности до глубины 100 м, ставились буйковые станции с вертушками БПВ и комплексами «Исток», переносным электротермометром регулярно измерялись температурные разрезы до глубины 100 м в точках 500 м, 1, 3 и 5 км от вершины Сухумского мыса. Проводились анализы проб морской воды по многим показателям, в том числе на содержание хлора, сероводорода, растворенного кислорода и др. Именно группа Медведовского разработала в свое время методику определения составляющих воздуха в морской воде. Для этого он сам лично заказал необходимое оборудование и инструментарий, в том числе и сложный, эксклюзивный – на заводе «Дружная горка» под Гатчиной. А чертежи инструментов, которые он по-домашнему называет склянками, у него сохранились.

Собран ученым и богатый материал по грунтам. По заказу его группы была осуществлена съемка подводного рельефа до глубин 500 м, создана батиметрическая карта в масштабе 50 м в 1 см подводного полигона института и Новоафонской банки.

К сожалению, все работы выполнялись в сопровождении оборонных тем, и после того, как им присваивался гриф «С» или «СС», то есть «СЕКРЕТНО» или «СОВЕРШЕННО СЕКРЕТНО», публиковать или ссылаться на эти материалы авторы уже не имели права.

В.В. Медведовский вспоминает, что однажды благодаря его личным контактам с академиком Л.М. Бреховских ему все-таки удалось, минуя строгих режимных цензоров, «пропихнуть» в журнал «Океанология» две небольшие статьи по тематике работ Акустического института. Для ученых, которые при огромном вкладе в мировую науку, оставались безвестными, сама возможность увидеть опубликованными хоть малую толику от результатов многолетнего труда, оказалась радостным событием.

Ученый с сожалением рассказывает, что во время Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. много бесценного материала было потеряно и пропало безвозвратно.

Однако какие-то работы Вадиму Владимировичу удалось восстановить по отрывочным записям, и в данный момент он дорабатывает и готовит к печати интереснейшие исследования по гидрологии Сухумского залива.

В конце 90-х годов В.В. Медведовский возглавил информационно-аналитический отдел Государственного комитета по экологии и охране природных ресурсов Республики Абхазия. Из множества важных для Абхазии проектов сам он считает самыми ценными – по озеру Рица и по рекам Абхазии. Результатом этой работы стали два увесистых тома документов и целый ряд интересных нестандартных предложений, которые, вне всякого сомнения, дождутся счастливого момента реализации.

В этот период он принимает самое активное участие в просветительской и образовательной работе, выступает с лекциями в разных районах и городах Абхазии перед школьниками и студентами – в рамках проектов экологического ведомства и экологического общества Абхазии «Апсабара» он рассказывает молодежи о вкладе ученых Абхазии в мировую науку, об исследованиях различных ее уголков.

В то же время В.В. Медведовский продолжает работать старшим научным сотрудником Гидрофизического института АНА, который недавно вошел в Государственное научное учреждение «Институт экологии АНА».

Он по-прежнему мыслит широко, масштабно, нестандартно, память и ум его по-молодому остры и, что особенно ценно, неравнодушны. Вадим Владимирович – автор 26 публикаций в открытой печати, публикаций глубоких, острых, интересных.

В качестве старшего преподавателя географического факультета Абхазского государственного университета В.В. Медведовский читал студентам лекции по геологии, геоморфологии, гидрологии и науках о Земле.

Вадим Владимирович – заслуженный деятель науки Республики Абхазия. Многие его коллеги знают: не случилось распада Советского Союза, научные заслуги Вадима Викторовича были бы отмечены наградами совершенно иного масштаба. Ведь в то время, когда Советская страна с колоссальной военной мощью держала в напряжении весь мир, именно такие люди, как Вадим Владимирович, благодаря своим знаниям и интеллекту способствовали созданию научного и военного приоритета Родины.

С. М. Читанава

ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛОРЫ КОЛХИДЫ СТАЛИ СУДЬБОЙ*(80 лет исполнилось Зурабу Иосифовичу Адзинба)*

12 октября 2019 года известному абхазскому ботанику, географу, спелеологу, заведующему отделом флоры и растительности Государственного научного учреждения «Ботанический институт АНА», мудрому руководителю, прекрасному человеку, доброму, отзывчивому другу и коллеге Зурабу Иосифовичу Адзинба исполнилось 80 лет.

З.И. Адзинба родился в Сухуме в семье известного краеведа и этнографа, общественного и научного деятеля Иосифа Есхаковича Адзинба. И.Е. Адзинба оставил значимый след в истории как собиратель и переводчик фольклорных текстов, как автор многочисленных статей по культуре, этнографии, археологии, краеведению родной Абхазии, как автор книги «Археологические памятники Абхазии», ставшей давно уже библиографической редкостью, и, что очень важно, как человек, сыгравший большую роль в становлении Абхазского государственного музея, в придании ему надлежащего статуса и расширении экспозиции и демонстрацион-

ных площадей. К сожалению, И.Е. Адзинба рано ушел из жизни, прожив всего 40 лет.

Воспитывала Зураба Иосифовича Адзинба мама, Кетеван Гегелашвили. Она совмещала ответственную работу в органах внутренних дел Абхазии с заботой о сыне, много рассказывала ему об отце, о его работе, познакомила сына с друзьями отца и сделала все, чтобы они стали и его друзьями тоже, а любовь к родной стране – делом жизни.

Но все это будет позже. А в 1947 году З.И. Адзинба поступает в первый класс Сухумской 2-й средней школы, в 1955 году переходит в Абхазскую среднюю школу № 10 (под таким именем была воссоздана историческая Горская школа в Сухуме, закрытая в 1941 году Постановлением Совета Министров Грузинской ССР).

В 1958 году З.И. Адзинба становится студентом биолого-географического факультета Сухумского государственного педагогического института им. А.М. Горького. По тропам, исхоженным в свое время его отцом, теперь он сам с друзьями-ровесниками исследует родные горы с рюкзаком за плечами. В качестве курсовой работы «Орография Абхазии» Зураб Иосифович представляет составленную им карту-схему Абхазии.

Следующей его курсовой работой стало физико-географическое исследование, характеризующее Рица-Ауадхарский район. Исследование было опубликовано в одном из научных периодических сборников института.

Зураб Иосифович еще учится на пятом курсе, а его уже приглашают на работу в качестве лаборанта на кафедру зоологии СГПИ.

Окончив учебу с отличием, Зураб Иосифович становится старшим инструктором Абхазского областного совета по туризму. За короткий период он сумел организовать два десятка туристических секций в разных учреждениях Абхазии и получает повышение – становится инструктором отдела культуры Абхазского областного совета профсоюзов.

В 1965 году З.И. Адзинба избирают председателем Объединенного профкома Сухумского государственного педагогического института им. А.М. Горького. По совместительству он ведет и педагогическую работу, читает лекции, проводит практические занятия.

Как председатель профкома он организует встречи для студентов и преподавателей, приглашает интересных людей. Он делает это с легкостью, потому что большинство интересных и известных не только в Абхазии, но и во всем Советском Союзе людей – его друзья.

В 1967 году З.И. Адзинба предлагают работу во Всесоюзном научно-исследовательском институте туризма, впервые созданном в Абхазии. Впоследствии этот институт был преобразован в Центральную научно-иссле-

довательскую лабораторию туризма и экскурсий (ЦНИЛТЭ) при центральном Совете по туризму СССР.

В качестве сотрудника этой организации З.И. Адзинба вместе с коллегами Ю.Н. Вороновым, А.И. Тарасовым, В.Р. Агрба исследует и популяризирует богатые природно-рекреационные возможности Кавказа и непосредственно Абхазии. Результаты этой работы отражены в многочисленных отчетах, кратких тезисных публикациях и вышедшей в свет в Москве созданной им туристической карте Абхазии.

З.И. Адзинба является одним из первых исследователей многих карстовых пещер Абхазии. Вместе с другом и единомышленником В.А. Юшиным они впервые измеряют высоту потолков гигантских залов Новоафонской пещеры оригинальным, ранее не апробированным способом, а ведь высота там немалая – до 90 метров. Вместе с Г.Ш. Смыр и Ю.Н. Вороновым они досконально обследуют карстовую пещеру «Пропасть абхазских спелеологов» на горе Акуя на левом берегу реки Псырцха, в окрестностях Нового Афона. Сегодня она известна в спелеологическом мире как пещера Акуя – с богатыми натечными образованиями и уникальными палеонтологическими и археологическими находками. Результаты проведенных исследований с глубоким анализом были опубликованы в центральном на тот период профильном журнале «Пещеры Грузии».

В это время З.И. Адзинба завершает учебу в заочной аспирантуре на кафедре физической географии ТГУ и работает над природно-рекреационной оценкой ситуации в северо-западной Абхазии.

После того как лабораторию туризма в 1975 году переводят в Москву, у Зураба Иосифовича начинается новый этап жизни и работы. Но он все так же связан с природой родной Абхазии.

Известный флорист, систематик, палеоботаник, член Ученого совета ЦНИЛТЭ профессор Альфред Алексеевич Колаковский приглашает его на работу в отдел флоры и растительности Сухумского ботанического сада (ныне – ГНУ «Ботанический институт АНА»). Они знакомы давно: А.А. Колаковский, читавший лекции на биолого-географическом факультете СГПИ, сразу приметил способного студента, а потом З.И. Адзинба не раз привозил А.А. Колаковскому из экспедиций редкие и интересные растения.

Начав карьеру с должности младшего научного сотрудника, З.И. Адзинба изучает особенности флоры и растительности Абхазии. Под руководством учителя А.А. Колаковского он изучает географию и экотопологию редких эндемичных представителей флоры Абхазии и публикует статью за статьей. Обобщив полученные научные материалы, в 1983 году он блестяще защищает кандидатскую диссертацию на тему «Гео-

графия и экотопология эндемиков флоры Абхазии». В 1987 году эта работа была опубликована в виде отдельной монографии «Эндемы флоры Абхазии» с множеством оригинальных авторских фото и списком 500 абхазских топонимов с синонимами и оригинальной картой локализации мест произрастания растений, собственноручно собранных автором во время многочисленных экспедиций.

Среди главных направлений научной деятельности Зураба Иосифовича Адзинба – вопросы охраны уникальных природных растительных комплексов Абхазии. Он один из первых предложил по результатам многолетних исследований Рицинского заповедника и прилегающих к нему территорий западной Абхазии создать на базе заповедника Национальный парк. Ведь в бассейне реки Бзып в пределах Рицинского заповедника фактически сконцентрирована половина всей флоры Абхазии, включающая многие реликты и эндемы. В 1996 году Постановлением Правительства Республики Абхазия был создан Рицинский Реликтовый национальный парк.

В 1987 году в Москве в издательстве «Агропром» выходит коллективная монографическая работа группы ботаников отдела ботаники Сухумского Ботанического сада и сотрудников заповедника под руководством А.А. Колаковского «Пицунда-Мюссерский заповедник». Она посвящена вопросам охраны природы и сохранению биоразнообразия природных комплексов.

Это первая книга из серии о заповедниках СССР, в которой приводится карта растительности. Работу по составлению профилей и картированию растительности – помимо собственной общефлористической темы – взял на себя и блестяще выполнил З.И. Адзинба.

В 1999 году З.И. Адзинба избирают членом-корреспондентом Международной академии наук экологии и безопасности человека и природы (МАНЭБ). При этом были учтены его заслуги и множество ценнейших предложений по охране окружающей среды и улучшению состояния заповедного дела для сохранения биоразнообразия.

В большинстве научных работ З.И. Адзинба делает акцент на необходимости сочетать охрану природы с грамотным природопользованием. Он является автором и соавтором монографий, учебников и карт: «Эндемы флоры Абхазии», «Пицунда-Мюссерский заповедник», «Лекарственные растения флоры Абхазии» (2001), «География Абхазии для средней школы» (2003, 2011), «Рицинский Реликтовый национальный парк» (2005).

После Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. Зураб Иосифович Адзинба вместе с Р.С. Дбаром стоял у истоков создания экологического общества «Апсабара», которое послужило основой для создания

в декабре 1993 года Министерства экологии Республики Абхазия. Все последующие годы, начиная с 1996 г., являясь членом правления Экологического фонда Республики Абхазия, З.И. Адзинба активно сотрудничал с государственным экологическим ведомством, принимал участие в его просветительских проектах, выступал перед школьниками в разных уголках страны, помогал в издании первой республиканской юношеской экологической газеты «Ашьақьар / Росток» и подготовке теле-радиопрограммы в рамках экологического проекта «Ажвейпшаа / Ажэеипшьаа».

Важно отметить, что среди сегодняшних специалистов Института экологии АНА и сотрудников Госкомитета по экологии и охране природы Республики Абхазия немало тех, кто в свое время слушал лекции Зураба Иосифовича Адзинба.

Именно З.И. Адзинба выступил инициатором подготовки и издания карты Республики Абхазия (1997), и его предложение горячо поддержал Первый Президент Республики Абхазия В.Г. Ардзинба.

В разговоре с В.Г. Ардзинба обрела реальные очертания идея книги, посвященной жизни и работе в Абхазии выдающегося ботаника, исследователя флоры Абхазии, Колхиды, а впоследствии и Огненной Земли в далекой Аргентине Николая Михайловича Альбова. Зураб Иосифович находит отдельные статьи ботаника в архивах Санкт-Петербурга и Тбилиси, отправляется в Шамбези (Швейцария), где Н.М. Альбов работал над определением собранных в Абхазии растений, и собирает большой материал.

В 2016 году выходит книга – итог многолетней работы – «Очарованная Абхазия. Жизнь и странствия Николая Альбова», одним из составителей которой и является З.И. Адзинба.

В 1997 году Зураб Иосифович возглавил отдел флоры и растительности Ботанического института АНА: нужно продолжать работать, сохранять традиции и после ухода из жизни Альфреда Алексеевича Колаковского, с которым его связывали не только рабочие, но и очень близкие личные отношения.

Главной ценностью отдела, а по сути, не имеющей цены – является уникальный Гербарий, начало которому положил в конце XIX века ботаник П.С. Панютин – Гербарий с полевыми сборами выдающихся ботаников Н.М. Альбова, Ю.Н. Воронова (Ю.Н. Воронов приходился дедом историку и общественно-политическому деятелю Ю.Н. Воронову. – *Ред.*), А.А. Гроссгейма, а впоследствии и А.А. Колаковского, который долгое время сохранял этот Гербарий при отделе. Важно, что Гербарий Колхидской флоры и сегодня продолжает пополняться сборами сотрудников отдела во главе с Зурабом Иосифовичем Адзинба.

В настоящее время Гербарий Колхидской флоры внесен в список мировых гербариев с пометкой «особо ценный».

Когда речь заходит о Гербарии, коллеги каждый раз вспоминают, как во время пожара, случившегося в 1986 году в здании Сухумского Ботанического сада, Зураб Иосифович, рискуя жизнью и опережая пожарных, спасал уникальные экспонаты. И ему удалось спасти большую их часть. А в трудовой книжке появилась благодарственная запись – «за проявленное мужество и находчивость во время пожара, за спасение научных и материальных ценностей».

С 1990 года З.И. Адзинба читает специальный курс лекций по флоре Абхазии и биогеографии в Абхазском государственном университете, является руководителем многих курсовых и дипломных работ, неоднократно являлся председателем государственной аттестационной комиссии АГУ по специальности «география». В 1996 году ученый совет АГУ присвоил ему звание доцента кафедры ботаники.

Еще одним важным направлением деятельности Зураба Иосифовича является подготовка кадров для проведения экскурсий по Абхазии. И чем больше стремящихся работать в этой перспективной для туристической Абхазии отрасли, тем строже подход к отбору людей, желающих проявить себя в этом ответственном деле.

Абхазия, богатая археологическими, культурными и природными памятниками, не может позволить себе представлять их гостям, демонстрируя при этом поверхностные знания. Познакомившись с интересными лекциями Зураба Иосифовича по географии нашей страны, увидев красоты ее на слайдах, познакомившись с данными об абхазских водопадах, уникальных растениях и карстовых полостях, молодые экскурсоводы становятся патриотами родной природы и готовятся к работе уже совершенно с другим настроем.

Это неудивительно, ведь Зураб Иосифович лично прошел вдоль и поперек родные горы, он является участником многих экспедиций по исследованию флоры Абхазии и Колхиды. Он – автор более 100 научных работ, опубликованных как в отечественных, так и в иностранных периодических изданиях, и множества газетных и журнальных статей, постоянный участник международных научных симпозиумов, конгрессов и конференций.

В частности, в 1991 году его доклад, посвященный эндемичным видам флоры Абхазии, с демонстрацией цветных слайдов, который он сделал на французском языке на Международной конференции в Женеве, посвященной экологии Альп, был принят участниками конференции овацией, что в научной среде встречается крайне редко.

Завершена и подготовлена к изданию очередной работы З.И. Адзинба «Кальцефильные эндемы Колхиды» – с составленной им картой, на которую нанесены места распространения этих растений. Работа посвящена эндемичным растениям, обитающим на известняковых горах Северной Колхиды, центром которой является Абхазия.

Параллельно Зураб Иосифович курирует подготовку к переизданию книги своего отца «Археологические памятники Абхазии». Книга дополнена статьями по этнографии, собранными сказками, интересными материалами об истории абхазского костюма и другими публикациями Адзинба-старшего.

Новое издание получило и другое имя. В книге, названной «Записки краеведа», будет представлено много интересных фотоиллюстраций и – впервые – будет опубликована карта Абхазии, составленная самим выдающимся краеведом Исхаком Еснатовичем Адзинба. Именно эта карта, с потрясающим мастерством выполненная В.А. Юшиным, украшает стену на первом этаже Абхазского государственного музея, приглашая поближе познакомиться с секретами богатой природы и истории нашей страны.

В 2019 году вышла еще одна книга, подготовленная к изданию З.И. Адзинба и автором этих строк, – А.А. Колаковский. «Определитель растений Абхазии», книга, готовая к печати в 2005 году и так необходимая ученым и студентам.

Человек «энциклопедического ума» – так называем его мы, младшие коллеги, потому что на любой вопрос он готов дать ответ, все подробно разъяснить, поделиться знаниями.

И в солидном возрасте Зураб Иосифович Адзинба находится в отличной физической форме. Он с легкостью взбирается по скалам за редкими растениями во время экспедиций, показывая пример молодым коллегам.

Портрет нашего друга Зураба будет неполным, если мы обойдем вниманием прекрасную семью нашего юбиляра. С супругой Христиной Георгиевной они вместе уже 60 лет, воспитали двоих детей – сына и дочь. Теперь у них четверо уже взрослых самостоятельных внуков. Христина Георгиевна много лет преподавала географию в школе, с юности она – постоянная спутница Зураба Иосифовича в большинстве его горных экспедиций.

Зураб Иосифович Адзинба пользуется в коллективе Ботанического института АНА заслуженным и непререкаемым авторитетом, является членом совета старейшин Института. Его трепетное отношение ко всему, что связано с историей родной страны, служит примером для новых поколений молодых.

АШӘКӘ ҒЫЦҚӘА • НОВЫЕ КНИГИ

Колаковский А.А. Определитель растений Абхазии / А.А. Колаковский; отв. ред. З.И. Адзинба, С.М. Читанава. Сухум: Academia, 2019. 584 с.

Экба Я. А. Ахсалба А.К. Физическая экология атмосферы (статика и термодинамика атмосферы, физика образования, режим выпадения, химсостав и радиоактивность атмосферных осадков на территории Абхазии / Сухум: Academia, 2018. 431 с илл. ISBN 978-5-6042191-2-6

АЦХЬАҒЦӘА РЗЫ • К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

При подготовке к печати Вестника Академии наук Абхазии № 8 (серия «Естественные науки») по технической причине произошла ошибка.

Авторы статьи на стр. 57 указаны не в полном составе.

Следует читать:

М. В. Кременецкая, И. Е. Антонова, С. И. Серафимов

К ВОПРОСУ ОБ ИНТРОДУКЦИИ ВИДОВ РОДА *Betula L.* в АБНИЛОС

Редакция «Вестник АНА» поздравляет М.В. Кременецкую, выступившую на страницах нашего журнала впервые, и публикует сведения об авторе.

Кременецкая Мария Вячеславовна – студентка 4 курса бакалавриата биологического факультета Санкт-Петербургского государственного университета. Телефон: +79313358311; E-mail: kremenmasha@gmail.com

АВТОРЦӘА ИРЫЗКНЫ • СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Айба Лесик Янкович – доктор сельскохозяйственных наук, академик АНА, директор ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА»; Телефон: +7(940) 9215766; E-mail: kivi_50@mail.ru

Амаба Сима Тариеловна – старший лаборант лаборатории иммунологии и вирусологии Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии АНА; Телефон: +7(940) 9988900. E-mail: simaamaba@mail.ru

Амичба Астанда Арнольдовна – младший научный сотрудник лаборатории иммунологии и вирусологии Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии АНА; Телефон: +7(940) 9999646; E-mail: astanda999@gmail.com

Бебия Сергей Михайлович – доктор биологических наук, профессор, академик АНА, зав. отделом интродукции растений ГНУ «Ботанический институт АНА»; Телефон: +7(940) 9272667. E-mail: bebia_sergei@mail.ru

Гварамия А.А. – доктор физико-математических наук, ректор Абхазского государственного университета, академик АНА, академик АМАН, академик РАЕН; Телефон: +7(840) 2231019. E-mail: apsul@mail.ru

Горухчиева Фаина Афтондиловна – старший лаборант лаборатории иммунологии и вирусологии Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии АНА; Телефон: +7(940) 7177878; E-mail: faina.goruhchieva@bk.ru

Губаз Эдуард Шамильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, директор ГНУ «Ботанический институт АНА»; +7(940) 7773497; E-mail: eduard_gubaz@mail.ru

Дбар Роман Саидович – кандидат биологических наук, директор ГНУ «Институт экологии АНА», и.о. академика-секретаря Отделения физико-математических и технических наук Академии наук Абхазии; Телефон: +7(940) 9212265; E-mail: romandbar@mail.ru

Джидарян Ануш Ашотовна, старший лаборант лаборатории иммунологии и вирусологии НИИЭПиТ АНА; Телефон: +7(940) 7747686; E-mail: anush-jidarjan@mail.ru

Елистратов Валерий Павлович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник гидрофизического и гидрографического отдела Государственного научного учреждения «Институт экологии АНА»; +7(940) 9906462; E-mail: elist-trat@yandex.ru

Ермаков Николай Борисович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории флоры и растительности ФГБУН «Ордена

Трудового Красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; Телефон: +7(978) 9290760; E-mail: brunnera@mail.ru

Жукова Екатерина Александровна – кандидат биологических наук, зав. сектором учета и мониторинга зеленых насаждений садов Русского музея (С.-Петербург); Телефон: +7(911) 2121893; +7(911) 9392416; E-mail: evaluktazova@mail.ru

Кенигсбергер Генрих Викторович – заместитель директора по науке, начальник отделения гидрофизики и гидрографии ГНУ «Институт экологии АНА»; Телефон: +7(940) 9219178; E-mail: kenigsbergger@mail.ru

Конджария Ирина Георгиевна – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии и вирусологии НИИЭПиТ АНА; Телефон: +7(940) 9957713; E-mail: irinakonjaria@yandex.ru

Кубрава Джэнни Тамазовна – младший научный сотрудник лаборатории иммунологии и вирусологии НИИЭПиТ АНА; Телефон: +7(940) 9922415; E-mail: jenny-vanacha@yandex.ru

Лейба Виталий Датинович – директор Абхазской научно-исследовательской лесной опытной станции; Телефон: +7(940) 9215983; E-mail: abnilos@gambler.ru

Марколия Анатолий Иванович – доктор физико-математических наук, член-корреспондент АНА, генеральный директор ГНУ «Сухумский физико-технический институт АНА»; Телефон: +7(940) 9218264; E-mail: gnpo_sfti@mail.ru

Матуа Алиса Зауровна – кандидат медицинских наук, зав. отделом иммунологии и вирусологии НИИЭПиТ АНА; Телефон: +7(940) 9957713; E-mail: azmatua76@mail.ru

Миквабия Зураб Ясонович – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Академии наук Абхазии, директор Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии Академии наук Абхазии; Телефон: +7(940) 7772466; E-mail: niiepit@rambler.ru

Пачулия Ниязбей Лукич – доктор математических наук, зав кафедрой математического анализа АГУ, профессор, академик АНА; Телефон: +7(940) 9272927; E-mail: niaz-pachulia@rambler.ru

Плугатарь Юрий Владимирович – доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН «Ордена Трудового Красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; Телефон: +7(978) 2194919; E-mail: y.plugatar@mail.ru

Сизов Иван Иванович – кандидат физико-математических наук, начальник отдела гидрофизических исследований ГНУ «Институт экологии АНА»; Телефон: +7(940) 7746216; E-mail: sizov@yandex.ru

Смыр Сабина Джумковна – студентка кафедры экспериментальной биологии и медицины АГУ. Телефон: +7(940) 7323277; E-mail: s.smyr97@mail.ru

Тимошенко Анатолий Павлович – кандидат физико-математических наук, начальник научного отдела (вакуумно-плазменных технологий) Государственного научного учреждения «Сухумский физико-технический институт АНА»; Телефон: +7(940) 7708168; E-mail: timanat1@mail.ru

Трапи Хамида Зурабовна – старший лаборант лаборатории иммунологии и вирусологии НИИЭПиТ АНА; Телефон: +7(940) 9943423; E-mail: trapsh_777@inbox.ru

Хачева Софья Илларионовна – старший научный сотрудник отдела биотических исследований ГНУ «Институт экологии АНА», старший преподаватель кафедры экологии и морфологии животных АГУ; Телефон: +7(940) 9272512; E-mail: khacheva2014@yandex.ru

Хашиба Лиана Автандиловна – преподаватель кафедры математического моделирования в экономике АГУ; Телефон: +7(940) 9637767; E-mail: liana.khashba@yandex.ru

Хватыш Георгий Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом овощных, зернобобовых и кормовых культур ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА»; Телефон: +7(940) 9651462;

Цыбулевская Майя Васильевна – младший научный сотрудник ГНУ «Институт экологии Академии наук Абхазии», преподаватель АГУ; Телефон: +7(940) 7703857; E-mail: m.tsybulevskaya@mail.ru

Чачаков Александр Федорович – кандидат технических наук, ученый секретарь, начальник лаборатории вакуумно-плазменных технологий научного отдела ГНУ «Сухумский физико-технический институт АНА»; Телефон: +7(840) 2296291;

Читанова Савелий Михайлович – кандидат биологических наук, председатель Госкомитета Республики Абхазия по экологии и охране природы; Телефон: +7 (940) 7771512; E-mail: saveliszas@mail.ru

Шевцова Зинаида Всеволодовна – зав. лабораторией иммунологии и вирусологии Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии АНА; доктор медицинских наук, профессор, академик АНА; Телефон: +7(940) 9206055 E-mail: zinshev@gmail.ru

Шевчук Оксана Михайловна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ароматических и лекарственных растений ФГБУН «Ордена Трудового Красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; Телефон: +7(978) 0420778; E-mail: oksana_shevchuk1970@mail.ru

«ААР АДЫРРАҒАРА» АВТОРЦӘА РЗЫ • ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК АНА»

В «Вестник АНА» принимаются ранее не публиковавшиеся материалы (статьи, архивные документы, фольклорно-этнографические записи, рецензии на изданную научную литературу, научное наследие выдающихся ученых и т.д.). Авторы представляют один распечатанный экземпляр работы и ее электронную версию (электронный адрес: westnikana@mail.ru). На титульном листе указываются Ф.И.О. автора, место работы, должность, ученая степень, контактные телефоны, адрес электронной почты. Публикации в «Вестнике АНА» бесплатные. Опубликованные в «Вестнике АНА» материалы размещаются также на сайте Академии наук Абхазии (www.anra.info) в формате pdf.

Требования к оформлению текста:

1. Максимальный объем статей до 1 п.л. (40 000 знаков), рецензий – до 0,5 п.л.
2. Используемый текстовый редактор – Word, статьи на абхазском языке набираются шрифтом Times New Roman (абх), статьи на русском языке – шрифтом Times New Roman, на английском – Times New Roman (анг), кегль 14, межстрочный интервал 1.5, текст должен начинаться с титульной страницы, страницы текста – пронумерованы.
3. Ссылки на литературу – внутритекстовые, в круглых скобках, по образцу: (Инал-ипа 1965: 77).
4. К статье прилагается библиография в алфавитном порядке. В списке литературы указываются только те работы, на которые даются ссылки в статье.

Образцы оформления:

Монография:

Бебия 2002: Бебия С.М. Пихтовые леса Кавказа. М., 2002. 250 с.

Статья в журнале:

Альбов 1893: Альбов Н. М. Этнографические наблюдения в Абхазии (Доклад, читанный на заседании этнографического отделения Императорского Русского географического общества 22.12.1892 г.) // Живая старина. СПб., 1893. Т. III. Вып. 3. С. 297–329.

Статья в сборнике:

Шевцова и др. 1968: Шевцова З.В., Куксова М.И., Крылова Р.И., Агрба В.З. Сравнительная чувствительность макак резус к различным способам заражения вирусом геморрагической лихорадки обезьян // Вопросы физиологии и экспериментальной патологии: Сборник трудов ИЭПит АМН СССР. Сухуми, 1968. С. 307–310.

Полевые материалы:

ПМ–Колаковский: *Campanula mirabilis* N. Albov. Бзыбский хр., г. Брдышха, в трещинах скал, 2 700 м, 28.08.1950 г. Собр. Колаковский. Опр. М.С. Яброва

При ссылках на работы одного и того же автора, опубликованные в одном и том же году, следует различать работы, добавляя буквы а, б, в (в случае зарубежных изданий – латинские буквы a, b, c) к году издания (Альбов 1893а: 67).

Смысловые примечания (пояснения и дополнения к основному тексту) публикуются в сносках внизу страницы. Нумерация сносок сплошная. Отсылки к литературе в сносках должны быть такими же, как и в основном тексте.

Иллюстрации (диаграммы, графики, рисунки, таблицы) должны быть высокого качества, представляются в электронном варианте и должны быть продублированы в программах Word и Execl. Используемый иллюстративный материал может быть защищен авторскими правами, поэтому необходимо указывать автора каждой иллюстрации.

Все сокращения должны быть расшифрованы и поданы отдельным списком в конце статьи.

Статья подается вместе с аннотацией и списком ключевых слов (на абхазском, русском и английском языках).

АҢҒАКЫ • CONTENT

**АФИЗИКО-МАТЕМАТИКАТӘ, АТЕХНИКАТӘ
ТҢААРАДЫПРАҚӘА •
PHYSICAL AND MATHEMATICAL AND ENGINEERING
SCIENCES**

Markolia A.I., Timoshenko A.P., Chachakov A.F. Investigation of the electro-physical characteristics of semiconductor films of P and N-type bismuth tellurium formed on aluminum when exposed to a transverse heat flux

Markolia A.I., Timoshenko A.P., Chachakov A.F. Studies of thin low-temperature thermoelectric semiconductor films formed on the installation with a magnetron sputtering system 19

Pachulia N.L. On points of strong summability of Fourier integrals

Khashba L.A. On points of φ -strong summability and double Fourier series

**АМЕДИЦИНА-БИОЛОГИАТӘ, АҚЫҒАНХАМӨАТӘ
ТҢААРАДЫПРАҚӘЕИ АДГҒЫЛ ИАЗКУ
АТҢААРАДЫПРАҚӘЕИ •
BIOMEDICAL, AGRICULTURAL SCIENCES AND
EARTH SCIENCES**

Matua A.Z., Trapsh K.Z., Gorukhchieva F.A., Amaba S.T., Smyr S.D., Dzhydaryan A.A., Kubrava D.T., Amichba A.A., Konjaria I.G., Shevtsova Z.V., Mikvabia Z.Y. The study of immunological parameters among residents of Abkhazia in a comparative age-related aspect

Mikvabia Z.Y. Clinical analysis of the effects of gunshot wounds of the limbs
Bebia S.M., Leyba V.D., Zhukova E.A. Problems of the condition of chestnut forests of Abkhazia

Ermakov N.B., Leyba V.D., Shevchuk O.M., Plugatar J.V. Finding the tertiary relict *Osmunda regalis* l. in the forests of the Kolhida plain (Republic of Abkhazia) and the ecological-phytocenotic conditions of its growth

S.I. Khacheva Biodiversity and ecological features of the biota of fungi in eastern part of Abkhazia

M.V. Tsybulevskaya Comparative characteristics of the local populations of *rapana thomasiana crosse (mollusca, gastropoda)* in the Black sea at the shores of Abkhazia

Ayba L.Y. Cherry plum culture (*Prunus cerasifera Ehrh*) in Abkhazia

Khvatysh G.A. The results of the study of new F_1 hybrids of tomato and cucumber in film solar-powered greenhouses in the Republic of Abkhazia

Kenigsberger G.V., Elistratov V.P. Calibration of a stationary sonar track for measuring the hydrophysical characteristics of the marine environment

АҚӘРАНЫХӘА • ANNIVERSARIES

Dbar R.S., Markolia A.I., Sizov I.I. 70 years of hydrophysical research in the Black Sea water area of Abkhazia
Z.Y. Mikvabia, A.A. Gvaramia Vladimir Spiridonovich Barkaya turns 90

Z.Y. Mikvabia On the anniversary of the academician of the Academy of Sciences of Abkhazia, a prominent virologist *Zinaida Vsevolodovna Shevtsova*

Ayba L.Y., Gubaz E.S. Nadezhda Lakoba. Authority in agricultural science (For the 80th anniversary)

Dbar R.S. Hydrophysics as a matter of life (For the 85th anniversary of *Vadim Medvedovsky*)

Chitanava S.M. Studies of the Colchis flora became destiny (*Zurab Iosifovich Adzinba turned 80*)

Авторцәа ирызкны / Information about the authors

Ашкәы ҕыцкәа / New books

«ААР Адырратара» авторцәа рзы аинформация / Information for the authors of the journal “Bulletin of the ASA”

Ацсны Атцаарадырракәа ракадемия Адырратара

Асерия «Ацсабаратә тцаарадырракәа»

№ 9

Вестник Академии наук Абхазии

Серия «Естественные науки»

Редакторы: **Н.С. Барциц, Ю.С. Соловьева, Г.А. Страничкина,
С.О. Хаджим,**

Технический редактор: **К.Р. Бигвава**

Компьютерная верстка: **А.Ш. Беренджи**

В «Вестнике АНА» использованы фото Ю. Соловьевой, а также фотоматериалы, предоставленные ГНУ «Институт экологии АНА», ГНУ «Сухумский физико-технический институт» и семьей Баркая – Шевцовой.