

**АҘСНЫ АҘЦААРАДЫРРАҚӘА РАКАДЕМИА**

---

**АКАДЕМИЯ НАУК АБХАЗИИ**

---

**ACADEMY OF SCIENCES OF ABKHAZIA**



**ACADEMIA**

АЦСНЫ АТЦААРАДЫРРАҚӘА РАКАДЕМИА

# АДЫРРАТТАРА

№ 10

Асериа

«Апсабаратә тцаарадыррақәа»

**Аредактор хада**

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

**Асериа аредакциятә еилазаара**

Асериа атакзыпхықәу аредакторцәа:

*Бабиа Сергеи Михаил-иңа* – абиологиятә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР академик

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

*Аиба Лиосик Ианкәа-иңа* – ақытанхамәатә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР академик

*Дбар Роман Саид-иңа* – абиологиятә тцаарадыррақәа ркандидат, адоцент

*Лашәриа Роберт Андреи-иңа* – афизика-математикатә тцаарадыррақәа рдоктор, апрофессор, ААР алахэыла-корреспондент

*Маланзиа Виктор Илия-иңа* – абиологиятә тцаарадыррақәа ркандидат, адоцент

*Марколиа Анатоли Иван-иңа* – атехникатә тцаарадыррақәа рдоктор, ААР алахэыла-корреспондент

*Чачаков Александр Фиодор-иңа* – атехникатә тцаарадыррақәа ркандидат

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

Акәа  
Academia  
2020

ББК 72.4 (5Абх)  
В 38

Атыжымта акыпцхь иаздырхиет: *М. Г. Кэыйниа, И.П. Соловиова, Г.А. Страничкина, С.О. Хэцым*

**Ацсны атцаарадыррақэа ракадемия Адырратара** / Аред. хада З. Ць. Цьапуа. Асериа «Ацсабаратэ тцаарадыррақэа». Акэа: Academia, 2020. № 10. 264 д.

2005 шықэсазы ишьатаркуп. Шықэсык знык итыцуеит

«ААР Адырратара» Ацсны атцаарадыррақэа ракадемия апрезидиум анапхгарала итыцуеит

Иахкыпцхьуа аматериалқэа аредакциатэ еилазаара ргэаанагара иакэым-шэаргы калоит

Аредакция атызтыц: 384900, Ацсны Ахэынтқарра, Акэа ак.,  
Академик Марр имоаду, 9  
Ател: +7(840)226 9740; +7(840)226 6635  
E-mail: [akademana@mail.ru](mailto:akademana@mail.ru)  
ААР асайт: [www.anra.info](http://www.anra.info)

ISBN 978-5-2960-8559-4

© Ацсны атцаарадыррақэа ракадемия, 2020  
© Academia

# ВЕСТНИК

## АКАДЕМИИ НАУК АБХАЗИИ

№ 10

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

Сухум  
Academia  
2020

Выпуск подготовили: *М. Г. Квициния, Ю. П. Соловьева, Г. А. Страничкина, С. О. Хаджим*

**Вестник Академии наук Абхазии** / Гл. ред. З. Д. Джапуа. Серия «Естественные науки». Сухум: Academia, 2020. № 10. 264 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](mailto:akademana@mail.ru)

Сайт АНА: [www.anra.info](http://www.anra.info)

ISBN 978-5-2960-8559-4

© Академия наук Абхазии, 2020

© Academia, 2020

# BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF ABKHAZIA

No. 10

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

Sukhum  
Academia  
2020

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, 2020. No. 10. 264 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](mailto:akademana@mail.ru)

Website: [www.anra.info](http://www.anra.info)

ISBN 978-5-2960-8559-4

© Academy of Sciences of Abkhazia, 2020

© Academia, 2020

## АЦАКЫ • СОДЕРЖАНИЕ

### АФИЗИКО-МАТЕМАТИКАТӘ, АТЕХНИКАТӘ ТЦААРАДЫРРАҚӘА • ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Марколия А. И., Тимошенко А. П.* Обработка формирования и нанесения коммутационного слоя никеля на плоские поверхности алюминия и молибдена ..... 11
- Марколия А. И., Тимошенко А. П.* Испытание и выбор оптимальной геометрии магнитного поля для установки с магнетронной распылительной системой. .... 23
- Кенигсбергер Г. В., Михеев В. И., Попов О. Е.* Трехэлементная приемная система как измеритель направления прихода звукового поля в условиях горизонтальной рефракции ..... 31
- Хагба Г. С.* Определение температурного поля двухслойного цилиндрического термоэлемента на основе  $Bi_2Te_3$  в стационарном случае ..... 39
- Хагба Г. С.* Определение нестационарного температурного поля при абляции – плавлении твердого вещества на основе Висмута (Bi) интегральным методом в одномерном случае ..... 48

### АМЕДИЦИНА-БИОЛОГИАТӘ, АҚЫҒАНХАМФАТӘ ТЦААРАДЫРРАҚӘЕИ АДГЫЛ ИАЗКУ АТЦААРАДЫРРАҚӘЕИ • МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ И НАУКИ О ЗЕМЛЕ

- Джокуа А. А.* Отдаленные последствия боевых черепно-мозговых травм (по данным электроэнцефалографических обследований участников Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг.) ..... 58
- Каландия Т. З., Шеремет И. П.* Исследование антител к гельминтам и распространенность гельминтозов у жителей Республики Абхазия ..... 61
- Кокоша Л. В., Пустоварова О. В., Осия А. О., Осия О. В.* Минеральная вода «Ауадхара» ..... 75
- Кокоша Л. В., Пустоварова О. В., Осия А. О., Осия О. В.* Минеральная вода источника «Приморская-2» ..... 93
- Цдыцьба Р. А.* Апснытәи ашыцламшә хкқәа еиуеипшым ациаатә гәыпқәеи ахаракырақәеи рґы раларцәара ..... 105
- Бебия С. М., Джакония Е. Ф., Титов И. Ю., Лейба В. Д.* Дерево-гигант в Псху-Гумистинском заповеднике ..... 113



<i>Антонова И. С., Кременецкая М. В., Лейба В. Д.</i> Особенности ранних онтогенетических состояний <i>Quercus myrsinifolia</i> Blume, интродуцированного в Республике Абхазия. . . . .	118
<i>Антонова И. С., Толченникова И. О.</i> К вопросу о потенциальных возможностях использования <i>Myrica rubra</i> в Республике Абхазия. . . . .	125
<i>Дбар Р. С., Кирия М. С.</i> Красный пальмовый долгоносик в Абхазии: инвазия, распространение и меры борьбы. . . . .	135
<i>Хачева С. И.</i> Ксилотрофные грибы – индикаторы состояния лесных экосистем Республики Абхазия. . . . .	142
<i>Айба Л. И.</i> Асны асубтропикатэ циаазара ахыцхыртакэа . . . . .	157
<i>Ильницкая Е. Т., Макаркина М. В., Айба В. Ш., Авидзба В. Б., Авидзба М. А., Адзынба Ю. Д.</i> ДНК-паспортизация растений винограда сорта Амлаху в коллекции ООО «Вина и Воды Абхазии» . . . . .	167
<i>Экба Я. А., Ахсалба А. К., Хинтуба Л. В., Начкебия Х. А.</i> Изменчивость основных климатообразующих факторов на территории Абхазии в период глобального потепления. . . . .	172
<i>Экба Я. А., Дбар Р. С., Червяцова О. Я., Мархолия В. В.</i> Формирование температурного режима карстовых пещер под влиянием естественных факторов. . . . .	184
<i>Экба Я. А., Дбар Р. С., Ахсалба А. К., Червяцова О. Я.</i> Источники радоновой радиации в карстовых пещерах Республики Абхазия . . . . .	197
<i>Дбар Р. С., Строчан Т. П., Жиба Р. Ю.</i> Опасные природные явления на территории Абхазии. Оценка рисков с использованием ГИС-технологий. . . . .	208

### АҚӘРАНЫҒА • ЮБИЛЕИ

<i>Губаз Э. Ш.</i> С природой на «ты». К 80-летию академика С. М. Бебия . . .	231
<i>Анқаб А. В.</i> Амилатгә цардырра – хэынтқарратгә хыкәкы хадахарц . . .	237
<i>Губаз Э. Ш.</i> Ученый и патриот (70 лет Лесику Янковичу Айба) . . .	242

### АЦАРАУАӨ ИХАҒСАХЬА • ПОРТРЕТЫ УЧЕНЫХ

<i>Л. М. Яковлева.</i> Наука и жизнь Бориса Лапина. . . . .	246
<i>Ю. П. Соловьева.</i> Памяти Владимира Спиридоновича Баркая . . . . .	249
<i>Р. С. Дбар.</i> Научные идеи живы и будут реализованы . . . . .	252
«ААР Адырратара» авторцәа рзы аинформация / Информация для авторов . . . . .	255
Авторцәа ирызкны / Список авторов . . . . .	257

# АФИЗИКО-МАТЕМАТИКАТӘ, АТЕХНИКАТӘ ТЦААРАДЫРРАҚӘА

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

*А. И. Марколия, А. П. Тимошенко*

### ОТРАБОТКА ФОРМИРОВАНИЯ И НАНЕСЕНИЯ КОММУТАЦИОННОГО СЛОЯ НИКЕЛЯ НА ПЛОСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЯ И МОЛИБДЕНА

**Аннотация.** Проведена отработка формирования коммутационных пленок никеля на поверхности образцов из антидиффузионных металлов алюминия и молибдена с толщинами от 1 до 10 мкм и проведены испытания их адгезии. Величина адгезии коммутационной пленки никеля к антидиффузионным металлам алюминия и молибдена ( $H_v > 100$  кГ/см<sup>2</sup>) превышала достаточную ( $H_v \geq 80$  кГ/см<sup>2</sup>).

**Ключевые слова:** ток и напряжение разряда, коммутационная пленка, адгезия, магнитное поле, сила и площадь отрыва.

#### Введение

Сравнительно недавно основными методами нанесения коммутационных пленок на поверхности антидиффузионных металлов являлись испарение и конденсация вещества в высоком вакууме. Такой метод называется методом «высокотемпературного вакуумного испарения». Метод «высокотемпературного вакуумного испарения» не всегда позволяет наносить пленки (например, тугоплавких металлов) на поверхности низкотемпературных материалов при температурах  $\sim (300-400)$  К.

К тому же метод «высокотемпературного вакуумного испарения» обладает относительно низкой скоростью напыления пленок.

Широко известные плазменные методы ионного распыления и осаждения на поверхности различных материалов имеют низкую скорость осаждения и радиационное воздействие на структуру напыляемых материалов. Магнетронные распылительные системы (МРС), которые являются также плазменными методами ионного распыления, появились позже и позволяют формировать пленки различных материалов, в зависимости от поставленной задачи с толщинами от единиц до сотен микрон, а также нанотолщин. Это позволяет существенно расширить область применения ионного распыления различных материалов, включая металлы, полупроводники и

диэлектрики. Под воздействием ионов коэффициент электронной эмиссии мал, а ионный ток на поверхности катода-мишени на порядок превышает электронный, что и создает условия для значительного увеличения скорости напыления – практически на два порядка.

Адгезия металлических пленок, нанесенных магнетронным способом на поверхность изделия, существенно выше, чем у пленок, нанесенных термическим способом в высоком вакууме. Это обусловлено тем, что решающую роль играют более высокая энергия конденсирующихся частиц и дополнительная активация напыляемой металлической поверхности изделия под воздействием плазмы. Процесс нанесения покрытий в установке с МРС в сравнении с термическим напылением более эффективен еще и потому, что атомы или молекулы при этом находятся в ионизованном или возбужденном состоянии.

Следует отметить также, что в плазменных установках распыление ионами поверхности изделий, предназначенных для очистки, происходит при энергии ионов  $E_i > E_0$ ;  $E_0$  – энергия связи атомов распыляемого материала, пороговая энергия. Величина пороговой энергии  $E_0$  для различных веществ меняется от долей до нескольких десятков эВ. Естественно, что при условии  $E_i < E_0$  распыления поверхности твердого тела не происходит.

Количественной характеристикой является коэффициент распыления  $S$ , который равен числу атомов, выбитых одним ионом. Вблизи порога энергии  $E_0$  величина  $S$  очень мала и составляет (5–10) атомов/ион. Однако при оптимальных условиях она достигает нескольких десятков атомов/ион. Величина коэффициента  $S$  зависит и от параметров ионов, бомбардирующих поверхность катода-мишени, таких как энергия, масса, угол падения к поверхности образца, а также от свойств распыляемых веществ: чистота поверхности, температура, кристаллическая структура, зернистость катода-мишени и масса атомов.

Распыленные частицы имеют энергию от нескольких долей эВ до порядка энергии ионов  $E_i$ . Усредненная энергия распыляемых частиц составляет десятки эВ и зависит не только от свойств материала мишени, но и характеристик бомбардирующих ионов, их энергии и интенсивности.

Металлы – алюминий (Al), никель (Ni) и молибден (Mo) – существенно отличаются по коэффициенту термического расширения ( $\kappa_{\text{трAl}} = 23,8 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  $\kappa_{\text{трNi}} = 12,8 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  $\alpha_{\text{Mo}} = 4,9 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  $\kappa_{\text{трSn}} = (21 - 31) \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$  в диапазоне температур (0–500) К, что приводит к затруднению сопряжения этих металлов. При этом заметим, что КТР олова изменяется значительно  $\kappa_{\text{трSn}} = (21 - 31) \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$  в диапазоне температур  $\Delta T = (0 - 500)$  К. Однако при формировании тонких коммутационных пленок никеля на поверхности алюминия и молибдена с последующей их пайкой оловом эти проблемы могут быть преодолены.

Кроме того, такая пара может иметь практическое применение при их внедрении в виде «сэндвичей» в объемные полупроводниковые термоэлементы, либо в виде оснований, на которых размещают термоэлементы для подвода (отвода) тепла. Все это и послужило проведению дальнейших исследований по отработке формирования таких «сэндвичей».

Ранее (Михеев, Тимошенко, Чачаков 2016) были проведены исследования по отработке формирования коммутационной пленки никеля и нанесения ее на плоскую поверхность молибдена. Испытания показали, что величина адгезии коммутирующей пленки никеля к поверхности молибдена составляла лишь  $N_v \approx 15 \text{ кг/см}^2$  при необходимой величине адгезии  $N_v \geq 80 \text{ кг/см}^2$ . Низкое значение величины адгезии, по-видимому, можно было связать с недостаточно качественной предварительной обработкой напыляемой поверхности образца. При этом в экспериментах использовалась установка МРС с воздушным охлаждением катодного узла (Тимошенко, Чачаков 2016). Установка отличалась эргономичностью и простотой в эксплуатации.

Целью настоящей работы является проведение исследований по отработке формирования и нанесения коммутационных пленок никеля на поверхности шлифов металлов алюминия и молибдена. При этом особое внимание было уделено предварительной качественной обработке поверхности напыляемых изделий.

В соответствии с поставленной задачей необходимо иметь значительную величину адгезии коммутирующей пленки никеля к поверхности изделий из алюминия и молибдена ( $N_v \geq 80 \text{ кг/см}^2$ ). Исследования по отработке формирования и нанесения тонких пленок никеля толщиной  $\Delta \approx (1-10) \text{ мкм}$  к плоской поверхности образца в виде диска из алюминия или молибдена проводились на модернизированной установке МРС «Батискаф» с изолированным и охлаждаемым водой катодным узлом (Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017).

### **Предварительные подготовительные работы по очистке поверхности изделий из алюминия и молибдена перед нанесением коммутационных пленок никеля**

Обычная механическая обработка металлической поверхности, в частности пятого и шестого классов, дает значительную шероховатость (до 50 мкм), и при нанесении полупроводниковых тонких пленок микронной или нанотолщины (0,1–10) мкм невозможно создать простейший термоэлемент (ТЭ) с качественным покрытием. Поэтому необходимо провести тщательную подготовку напыляемых поверхностей образцов, связанную с их обработкой и очисткой. Высокое качество напыляемых поверхностей и контроль за качеством этого процесса зачастую играют основную и решающую роль в достижении поставленной цели в решении задачи по отработке формирования необходимой толщины пленок из заданного материала.

Перед нанесением разнообразных покрытий на поверхности образцов в виде пленок различных материалов (металлов, полупроводников и диэлектриков) требуется тщательная их очистка от всех загрязнений и окислов, а также удаление неровностей и шероховатостей. Используются всевозможные методы очистки поверхности образцов, включая механические (полировальные и шлифовальные, а также пескоструйные), химические, гальванические и ультразвуковые.

Как показывает опыт, лучшая обработка поверхности изделия, в особенности при формировании на них тонких микротолщин (включая нано) пленок, является создание шлифа на поверхности изделий. При этом необходимо контролировать шлиф для напыляемой поверхности, который визуально под микроскопом (например, прибора ПМТ-3 М) определяется как наличие четкой видимой зернистости.

Перечисленные методы не могут в полной мере удовлетворить современным требованиям к качеству подготовки поверхности перед нанесением пленок. Завершающим этапом обычно служит ионная очистка поверхности образцов, размещенных в вакуумной рабочей камере (РК) установки с МРС. Это позволяет освобождать поверхность образцов от различных окислов, нитридов и карбидов и получать качественную чистую поверхность образцов для нанесения на них требуемых пленок. Результатом высококачественной очистки поверхности изделий для нанесения на них пленок различных материалов является высокая адгезия.

### **Описание экспериментальной установки**

Настоящий раздел посвящен краткому описанию установки с МРС. На рисунке 1 приведена схема магнетронной распылительной установки «Батискаф» с электрически изолированным катодным узлом (КУ) 2. На этой установке и была проведена отработка формирования и нанесения коммутационных пленок никеля на шлифы поверхностей изделий из алюминия и молибдена.

При развитии разряда вблизи поверхности мишени (3), где силовые линии электрического поля (4) перпендикулярны составляющим силовым линиям магнитного поля (10), образуются электронные потоки, совершая движения по циклоидам, увеличивают количество ионизованных атомов нейтрального газа (аргон). А это позволяет значительно увеличить интенсивность распыления рабочей поверхности катода-мишени (3) ионами аргона. В результате скорость напыления поверхности изделий (образцов) увеличивается почти на два порядка.

Следует отметить, что, расширяя испаряемые участки рабочей поверхности катода-мишени, можно увеличить использование ее площади.

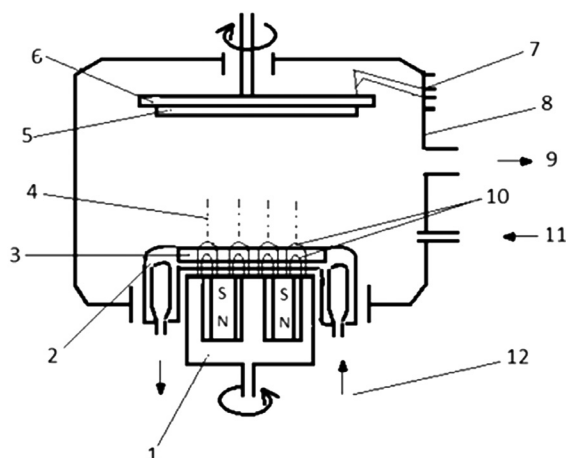


Рисунок 1. Схема устройства МРС с водяным охлаждением изолированного катодного узла: 1 – магнитная система; 2 – катодный узел; 3 – катод-мишень; 4 – силовые линии электрического поля (E); 5 – образец; 6 – держатель подложки; 7 – терморпара; 8 – вакуумная камера; 9 – откачка; 10 – силовые линии магнитного поля (H); 11 – напуск рабочего газа; 12 – водяное охлаждение.

Предварительно было проверено несколько вариантов конфигураций магнитного поля и выбран оптимальный вариант, при котором свечение разряда в виде двух сегментов, большого и малого (рисунок 2). При вращении магнитной системы распыление происходит поочередно через полпериода по большому и малому сегментам, при этом площадь малого попадает внутрь большого. Магнитную систему (1) и держатель подложки (6) катода-подложки вращали с одной и той же скоростью 1,75 об/мин, но в противоположные стороны. Все это в сочетании с выбранной оптимальной конфигурацией магнитного поля (форма свечения разряда) позволило увеличить коэффициент использования площади катода-мишени.

Исследования показали, что площадь используемой части испарения рабочей поверхности катода-мишени из никеля была значительной.

Обеспечение вакуума в РК, электропитания, снятия и подвода различных сигналов и управления подробно описано в работах (Тимошенко, Чачаков 2016; Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017). Объем РК с вакуумным патрубком составлял 30 литров, из них объем РК – 20 литров.

Рабочий вакуум ( $p \approx 3 \cdot 10^{-3}$  Па) достигался насосами – форвакуумным НВР-150 и турбомолекулярным ТМН-450.

В центральной части изолированного катодного узла (2) размещается распыляемый катод-мишень (3) в форме диска ( $\varnothing 75$ , h 1) из никеля. Изолированный катодный узел (2), охлаждаемый водой (12), крепится к нижнему фланцу

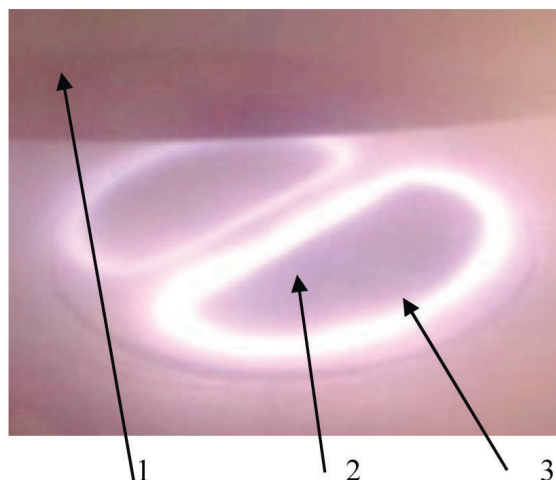


Рисунок 2. Фото свечения разряда (на катоде) в межэлектродном промежутке с магнитами сегментной конфигурации: 1 – держатель подложки, 2 – полупроводниковый катод-мишень; 3 – область плазменного свечения над катодом.

объема РК установки «Батискаф» (рисунок 1). К катоду для его охлаждения подводятся водяные шланги с диаметром проходного отверстия 10 мм.

Возможность подачи на держатель подложки отрицательного потенциала ( $\sim 1\ 000\ В$ ) при ионной очистке поверхности напыляемого образца (5), размещенного на подложке (6), улучшает качество поверхности и увеличивает адгезию пленки к материалу образца (металл, стекло и др.).

### **Обработка формирования и нанесения коммутационных пленок никеля на плоские поверхности алюминия и молибдена и их испытания на адгезию**

В процессе обработки технологии формирования и нанесения тонких пленок на образцах-свидетелях, размещенных на подложке держателя, периодически велась регистрация основных параметров установки МРС: разрядного напряжения  $U_p$ , тока разряда  $I_p$ , величины давления нейтрального газа  $p$  и – при необходимости – температуры подложки  $T_{\text{л}}$ .

По завершении нанесения тонких пленок (время определялось опытным путем) изделия извлекались из объема РК и заменялись новыми.

Образцы с пленками отправлялись в помещение, оборудованное стендами исследования их геометрических и электрофизических параметров (толщина, степень пространственной неоднородности, сопротивление квадрата, адгезия). Анализ состава пленок, если возникала необходимость, осуществляли спектральным методом.



*Рисунок 3. Стенд испытаний на адгезию коммутационных пленок, нанесенных на поверхности алюминия и молибдена*

Перед нанесением пленок с заданными свойствами на поверхности металлического образца, как упоминалось выше, проводилась отработка технологии нанесения и влияния параметров установки МРС на процесс формирования их пространственно-временных и электрофизических характеристик на образцах из стеклянных пластин. Применялись пластины стекла калиброванной толщины со снятым эмульсионным слоем, ранее используемые для ядерных исследований,

Измерение толщины металлической пленки на металле осуществляли без разрушения пленки путем одновременного использования образцов-свидетелей из стеклянных пластин, которые располагали вблизи поверхности напыляемых образцов. Толщина пленки определялась по сдвигу интерференционных полос, происходящему на ступеньках в соответствии с инструкцией и описанием прибора МИИ-4М.

Ступеньки создавали на пленках образцов-свидетелей из стекла посредством нанесения царапин резцами. Их можно было также создавать маской, например, из алюминиевой фольги или стеклянных пластин.

Изготовление ступенек на пленках, нанесенных на образцах-свидетелях полупроводников, во всех случаях требовало обеспечить плотное прилегание маски к напыляемой подложке. Полученные ступеньки должны были иметь четкие границы. При снятии пространственных распределений толщины пленки на стеклянных пластинках для изготовления ступенек использовались специально изготовленные резцы.

Одновременно с созданием ступенек на металлических пленках с использованием динамометра в держателе (ручке) резца можно было оценить адгезию пленок к стеклянным образцам.



Адгезию полупроводниковых и металлических пленок можно было оценивать по площади отрыва скотчем. Использовался также качественный метод оценки адгезии – метод «царапин» (Хасуи, Мorigаки 1985). На качество хорошей адгезии указывала ширина части пленки ( $\Delta \approx 0,2$  мм), полученная методом царапин специально изготовленным двойным резцом и не подверженная разрушению границ ступеньки. Такой метод следует считать оценочным для качества адгезии пленок, нанесенных на поверхности различных материалов.

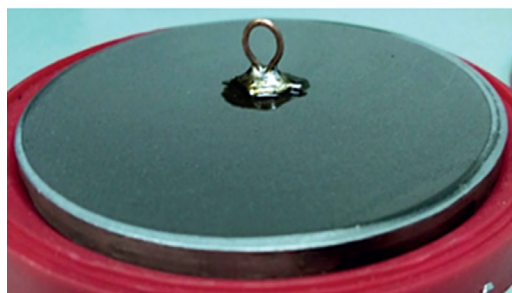
В настоящей работе в экспериментальных исследованиях испытания на определение величины адгезии проводились путем измерения силы и площади отрыва пленки. На фото (рисунок 3) представлен изготовленный стенд для измерения величины адгезии.

Для этих целей был приспособлен сверлильный станок, к основанию которого крепился диск с нанесенной коммутирующей пленкой никеля и напаянным на нее медным кольцом (рисунок 4а). В кольцо вставлялся крюк прибора динамометра, и далее проводился его отрыв с коммутационной пленкой никеля от плоскости диска алюминия (молибдена). При этом осуществлялось медленное перемещение динамометра, закрепленного за верхнее кольцо. Далее, по силе  $P$  и площади отрыва  $S$  (рисунки 4а и 4б) по формуле  $H_v = P/S$  определяли величину адгезии.

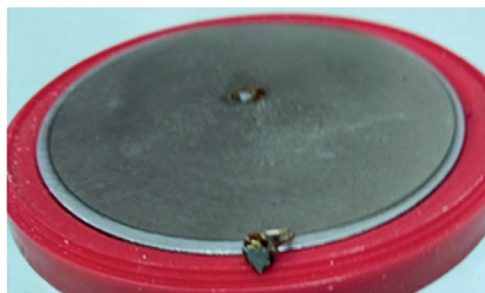
На рисунке 4б приведено фото диска алюминия с оторванным кольцом и частью пленки никеля. Площадь отрыва  $S$  пленки никеля оценивалась подсчетом при приложении к ней прозрачной миллиметровки и составила  $0,18$  см<sup>2</sup>.

Прозрачную миллиметровку создавали путем нанесения на нее тонкого слоя вакуумного масла. Точность определения величины площади отрыва составила  $\sim 1$  мм<sup>2</sup>.

Следует отметить, что качественное однородное пространственное распределение напыления получали при значительном межэлектродном расстоянии ( $L$  к-п  $\geq 100$  мм). При этом скорость напыления пленки существенно уменьшалась.



а



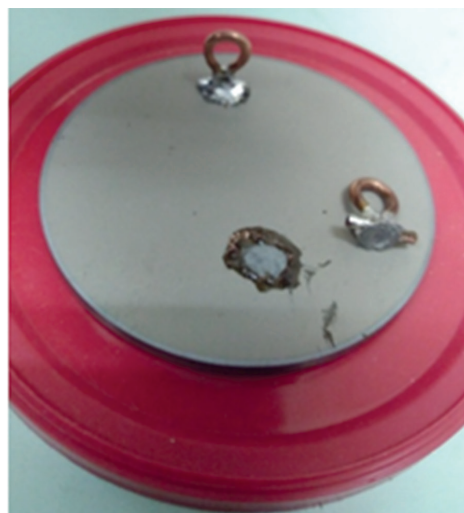
б

Рисунок 4а – фото диска алюминия с нанесенной на нем пленкой никеля и припаянным оловом кольцом из медной проволоки;

Рисунок 4б – фото того же диска с оторванным медным кольцом и частью пленки никеля



а



б

Рисунок 5а – фото диска молибдена ( $\varnothing 60$ ,  $h 3$ ) с нанесенной на шлиф ее поверхности пленки никеля ( $\Delta 5$  мкм); Рисунок 5б – фото диска молибдена с отрывом кольца и частью пленки никеля.

Был использован и другой способ определения величины адгезии: посредством увеличения массы подвешенного к припаянному кольцу груза вплоть до отрыва кольца с пленкой никеля с последующим взвешиванием груза и определением площади отрыва. Этот метод можно считать менее оперативным, но более надежным, в особенности при отсутствии соответствующих средств испытаний. При этом погрешность оценки величины адгезии увеличивалась.

В результате испытаний для пленки никеля толщиной 10 мкм получена адгезия:  $H_v = 20 \text{ кг}/0,18 \text{ см}^2 = 111,1 \text{ кг}/\text{см}^2$ , что превышает требуемую величину ( $H_v \approx 80 \text{ кг}/\text{см}^2$ ).

Исследования показали, что время нанесения пленки никеля толщиной 10 мкм на подготовленную поверхность диска алюминия (молибдена) составило более 2,5 часов, не считая времени, затраченного на ионную очистку (10 мин). Скорость нанесения при этом составила приблизительно 60 нм/мин. Нанесение пленки никеля проводили в диодном режиме в соответствии с рисунком 1 с учетом следующих параметров: напряжение разряда  $U_r \approx 450 \text{ В}$ , ток разряда  $I_r = 0,2 \text{ А}$ .

Расстояние между катодом-мишенью и подложкой составляло  $L_{к-п} = 50 \text{ мм}$ . При тех же электрических параметрах и большем межэлектродном расстоянии ( $L_{к-п} = 70 \text{ мм}$ ) время нанесения пленки никеля толщиной 10 мкм увеличилось до 4 часов 30 минут. Скорость нанесения пленки никеля при этом составляла 40 нм/мин.

Удовлетворительные результаты получены и при испытании с нанесенными пленками никеля на шлиф поверхности алюминия с толщинами пленок 5 и 1 мкм. Полученная при испытаниях величина адгезии ( $H_v \geq 104 \text{ кГ/см}^2$ ) превышала необходимую ( $H_v \approx 80 \text{ кГ/см}^2$ ).

Исследования при нанесении пленок толщиной 5 и 1 мкм были вызваны потребностью определить минимальное время для нанесения коммутационной пленки необходимой толщины. Суммарное время нанесения пленки толщиной 1 мкм сокращалось практически на порядок в сравнении со временем нанесения пленки толщиной 10 мкм. На практике для надежности достаточно нанести пленку никеля толщиной  $\Delta \approx 2 \text{ мкм}$ .

Аналогичная картина имеет место и при напылении коммутирующего слоя пленки никеля на шлифе диска молибдена ( $\varnothing 60, h 3$ ). На рисунке 5а для убедительности приведено фото диска молибдена с пленкой никеля толщиной 5 мкм. На рисунке 5б представлено фото этого же диска с припаянным оловом медным кольцом к коммутирующему слою никеля к поверхности шлифа диска молибдена и оторванным (на испытательном стенде) кольцом с пленкой никеля площадью  $S \approx 0,2 \text{ см}^2$ . При этом сила отрыва составляла  $P = 50 \text{ кГ}$ . Толщина пленки никеля, нанесенной на плоскость молибдена, составляла 5 мкм.

В результате величина адгезии пленки никеля, нанесенной на диске молибдена, была существенно выше необходимой ( $H_v \geq 80 \text{ кГ/см}^2$ ) и достигала  $H_v = P/S = 50 \text{ кГ}/0,2 \text{ см}^2 = 250 \text{ кГ/см}^2$ .

На рисунке 6а приведено фото микроструктуры поверхности пленки никеля толщиной  $\Delta 10 \text{ мкм}$ , нанесенной на поверхность шлифа диска алюми-

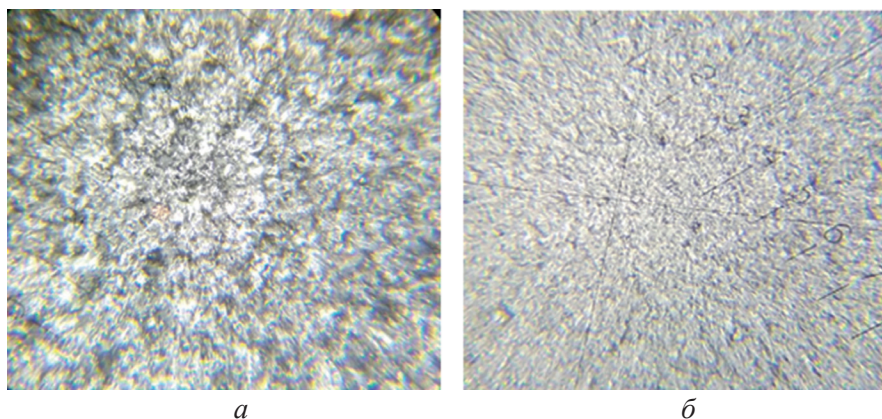


Рисунок 6а – фото микроструктуры пленки никеля, нанесенной на шлиф поверхности алюминия; 6б – фото микроструктуры пленки никеля – соответственно пленки толщиной  $\Delta 5 \text{ мкм}$ , нанесенной на поверхность шлифа диска молибдена. Толщина пленки никеля  $\Delta 5 \text{ мкм}$  (получено с помощью микроскопа ПМТ-3 М, увеличение 130 х).

ния; на рисунке 6б микроструктура пленки никеля, нанесенной на поверхность шлифа диска молибдена.

Микроструктура поверхности никеля, нанесенной на поверхность шлифа диска молибдена (рисунок 6б), отличается от аналогичной микроструктуры пленки никеля на шлифе поверхности диска из алюминия (рисунок 6а) более мелкой зернистостью. Это, по-видимому, обусловлено кристаллической структурой соответствующих шлифов металлов, на которых сформированы коммутирующие пленки никеля.

Следует отметить, что обработка формирования и испытания на адгезию пленки никеля на диске из алюминия потребовала больших усилий и времени, чем на диске молибдена.

### Заключение

Проведены исследования по обработке и нанесению коммутационных пленок никеля толщиной (1–10) мкм на поверхность изделий в виде дисков из алюминия и молибдена.

Исследования показали, что перед нанесением на поверхности изделий (образцов) коммутационных пленок необходимо уделять особое внимание подготовительным работам по очистке поверхности.

Величина адгезии на «сэндвичах»: коммутирующая пленка никеля – поверхность диска алюминия составляла  $H_v \geq 100$  кГ/см<sup>2</sup> и соответственно для пленки никеля на диске молибдена –  $H_v \approx 250$  кГ/см<sup>2</sup>.

Для формирования коммутирующих пленок на напыляемой поверхности изделия с величиной адгезии  $H_v \geq 100$  кГ/см<sup>2</sup> достаточно иметь толщину пленки никеля  $\Delta \approx 2$  мкм. При этом значительно сокращается время напыления пленки и расход материала катода-мишени.

*В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории ВПТ за помощь при изготовлении отдельных узлов и деталей средств диагностики, а также при проведении исследований и испытаний адгезии коммутирующих пленок никеля к поверхности шлифов металлических дисков из алюминия и молибдена.*

### Литература

Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017: Марколия А. И., Тимошенко А. П., Чачаков А. Ф. Магнетронная распылительная установка с изолированным катодным узлом. Вестник АНА, Сухум, Academia, 2017, в.7, С. 10–18.

Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017а: Марколия А. И., Тимошенко А. П., Чачаков А. Ф. Особенности формирования тонких пленок низкотемпературных полупроводниковых материалов. «Вестник АНА». № 7. Сухум, 2017. С. 48–59.

Михеев, Тимошенко, Чачаков 2016: В. К. Михеев, А. П. Тимошенко, А. Ф. Чачаков. Магнетронное осаждение полупроводниковых, защитных и коммутационных пленок. «Вестник АНА». № 6. Сухум. 2016. С. 254–265.

Тимошенко, Чачаков 2014: Тимошенко А. П., Чачаков А. Ф. Магнетронная распылительная система с воздушным охлаждением катода. 2014г. «Вестник АНА», № 6. Сухум, 2016. С. 273–285.

Хасуи, Моригаки 1985; А. Хасуи, О. Моригаки. Наплавка и напыление / Пер. с яп. В. Н. Попова под ред. к.т.н. Н. Г. Шестеркина. М., 1985.

*А. И. Марколия, А. П. Тимошенко*

## АЛИУМИНИ АМОЛИБДЕНИ ИКЪАКЪОУ РҚЭЫЦШЫЛАРАҒЫ АНИКЕЛЬ АКОММУТАЦИАТӘ ЦӘА АНЦАРЕИ АШЪАҚӘЫРГЫЛАРЕИ

**Аннотация.** *Игәәтәоуп 1 инакрны 10 мкм аҕынза ишәпоу антидиффузиатә металлқәа – алиумини амолибдени – рҕырышитәқәа рқэыцшыларәҕы аникель акоммутациатә цәа ашъақәгылашъа. Антидиффузиатә металлқәа – алиумини амолибдени – ирҕырышыны аникель акоммутациатә цәа адгъезиа ( $Hv > 100$  кГ/см<sup>2</sup>) иахәтәоу арбагақәа райкыс еухан ( $Hv \geq 80$  кГ/см<sup>2</sup>).*

**Ихадароу ажәакәа:** *афымца, акоммутациатә цәа, адгъезиа, амхылдызтә дәы, акәытхара амчи ақәзарей.*

*А. И. Markoliya, А. P. Timoshenko*

## TESTING THE FORMATION AND APPLICATION OF A NICKEL PATCH LAYER ON FLAT SURFACES OF ALUMINUM AND MOLYBDENUM

**Annotation.** *The formation of nickel patch films was tested on the surface of samples made of anti-diffusion aluminum and molybdenum metals with thicknesses from 1 to 10  $\mu\text{m}$  and their adhesion. The adhesion value of the switching nickel film to the antidiffusion metals of aluminum and molybdenum ( $Hv > 100$  kg / cm<sup>2</sup>) exceeded sufficient ( $Hv \geq 80$  kg / cm<sup>2</sup>).*

**Key words:** *discharge current and voltage, patch film, adhesion, magnetic field, separation power and area.*

## **ИСПЫТАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ С МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ**

**Аннотация.** *На установке с магнетронной распылительной системой (МРС) проведены испытания магнитов различной геометрии. Применение оптимальной сегментной конфигурации и вращающегося магнитного поля с тщательной юстировкой позволили использовать практически полностью распыляемую поверхность катода-мишени.*

**Ключевые слова:** *плазма, пленка, металл, полупроводник, диэлектрик, адгезия, распределение, магнитное поле.*

### **Введение**

Основными методами нанесения тонкопленочных покрытий до недавнего времени были термическое испарение и конденсация веществ в высоком вакууме. В последние годы получение тонкопленочных слоев различных материалов осуществлялось с использованием широкого класса установок с магнетронной распылительной системой (МРС). Технология формирования тонких пленок с использованием установки с МРС имеет значительные преимущества перед обычными плазменными системами напыления. Качество, толщина, однородность, высокая адгезия, отсутствие трещин и другие свойства сформированных пленок выгодно отличают напыление с использованием установки с МРС.

Установки с МРС с ионным распылением катода-мишени обладают рядом особенностей, среди которых наиболее важными являются следующие:

1. Распыление относительно сложных химических соединений и многокомпонентных сплавов с сохранением переноса их стехиометрии с катода-мишени на поверхности изделий (образцов);

2. Скорость распыления катода-мишени на несколько порядков превышает скорость распыления прочих ионно-плазменных распылительных систем;

3. Относительно низкий уровень рабочих напряжений (300–800 В) обеспечивает радиационную безопасность;

4. Низкое давление плазмообразующего газа  $p \approx (10^{-1} - 10)$  Па;

5. Получение покрытий с высокой степенью однородности на значительных площадях;

6. Возможность получения хорошей повторяемости пленок, наносимых на поверхность изделий;

7. В паровом плазменном потоке могут отсутствовать капельные фракции.

К серьезным недостаткам следует отнести малый коэффициент использования испаряемой поверхности катода-мишени ( $\kappa \approx 25\%$ ). Этот недостаток выходит на первый план, в особенности при использовании в качестве катода-мишени дорогостоящего полупроводникового материала на основе теллура и висмута.

Отметим, что анодом в установках с МРС зачастую служит подложка (диодные системы).

Наиболее существенными параметрами установок с МРС являются: напряжение разряда ( $U_p$ ), ток разряда ( $I_p$ ), плотность тока на поверхность изделий, размещенных на подложке ( $j$ ), удельная мощность ( $w$ ), величина индукции магнитного поля ( $B$ ) и рабочее давление ( $p$ ) в камере. Все перечисленные выше параметры взаимно связаны, и от них зависит стабильность разряда в межэлектродном промежутке и повторяемость процесса нанесения пленок.

Мощность, потребляемая МРС, составляет от единиц до нескольких десятков кВт при напряжении  $U$  от 300 до 800 В. Поэтому повышение мощности может происходить лишь за счет увеличения тока. Потребление большой мощности ведет к образованию электрических дуг между катодом и анодом на поверхности мишени, в особенности при наличии на их поверхностях окислов и неоднородностей различного рода.

Чтобы решить большую часть задач нашего эксперимента, достаточно иметь ограниченную величину мощности источника питания, потребляемой установкой с МРС. К числу таких задач можно отнести обработку технологии формирования и нанесения тонких пленок различных материалов (металлов, полупроводников, оксидов, нитридов, боридов и др.) на поверхности других материалов, например, металлов, полупроводников и диэлектриков. При этом достаточно иметь установку мощностью (1–2) кВт при плотности тока  $j \leq 30$  мА/см<sup>2</sup>.

Типичные значения основных параметров установок с МРС:

- энергия ионов (определяется напряжением разряда) – (300 ÷ 800) эВ;
- давление нейтрального газа (обычно аргон) – (0,3 ÷ 10) Па;
- магнитная индукция в области над катодом – (0,01 ÷ 0,1) Тл.

При решении задачи обработки формирования и нанесения тонкопленочных пленок для термоэлектрических преобразователей на основе низкотемпературных полупроводниковых материалов потребовалась доработка экспериментальной установки «Батискаф» (Тимошенко, Чачаков 2016).

### Описание установки

На рисунке 1 приведена схема модернизированной установки с МРС «Батискаф».

При локализации разряда вблизи поверхности мишени (3), в которой силовые линии электрического поля (4) перпендикулярны горизонтальным составляющим силовым линиям магнитного поля (10), достигается увеличение интенсивности распыления. Это происходит следующим образом: замкнутое магнитное поле локализует плазму непосредственно у распыляемой поверхности мишени. Электроны, эмитируемые с катода, под действием ионной бомбардировки захватываются магнитным полем и движутся по циклоидальным замкнутым траекториям у поверхности мишени. В ловушке электроны совершают движение до тех пор, пока не произойдет множество их столкновений с рабочим газом, приводящим к потере практически всей приобретенной в электрическом поле энергии. В результате увеличивается ( $\sim 10^2$ ) эффективность процесса ионизации и количество положительных ионов у поверхности катода. Иными словами, происходит увеличение интенсивности ионной бомбардировки поверхности катода-мишени, значительный рост скорости распыления и, следовательно, и скорости осаждения пленки. Расширением таких участков можно увеличивать площадь распыляемой поверхности катода-мишени.

Захват вторичных электронов магнитной ловушкой у поверхности мишени устраняет интенсивный перегрев подложки. Нагрев подложки осу-

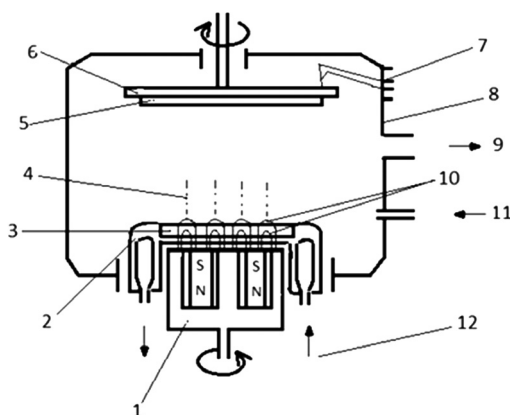


Рисунок 1. Схема установки с МРС с водяным охлаждением и электрически изолированным КУ: 1 – магнитная система; 2 – КУ; 3 – катод-мишень; 4 – силовые линии электрического поля E; 5 – изделие; 6 – подложка; 7 – термопара; 8 – вакуумная РК; 9 – откачка; 10 – силовые линии магнитного поля H; 11 – рабочий газ; 12 – водяное охлаждение.



ществляется за счет энергии конденсации распыляемых атомов, а также кинетической энергии осаждаемых атомов при рекомбинации их ионов, а также излучения из плазмы.

При формировании тонких термоэлектрических пленок необходимо не только строгое сохранение стехиометрии исходного материала при переносе его с катода-мишени на подложку, но и исключение возможности попадания посторонних примесей. Например, катод-мишень вставляется в обечайку из стали X18H10T. При разрядах происходит распыление конструкционных материалов стали X18H10T, которая содержит такие элементы, как хром, никель, титан, железо. Спектральный анализ сформированных пленок из полупроводниковых материалов на основе теллура и висмута показал, что в них действительно присутствуют составляющие элементов нержавеющей стали, которые могли ухудшить их термоэлектрические свойства. Для предотвращения попадания в пленки побочных материалов обечайку крепления катода-мишени изготовили из алюминия. Были проведены и другие работы по модернизации установки (Тимошенко, Чачаков 2016), подробно описанные в работе (Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017).

Для предотвращения возможного перегрева отдельных участков поверхности катода-мишени и более равномерного напыления поверхности образцов (изделий), размещенных на подложке, был сохранен принятый ранее принцип (Тимошенко, Чачаков 2016; Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017), при котором подложка и магнит вращаются в противоположные стороны.

Получение вакуума в рабочей камере (РК), подвод электропитания, снятие и подвод различных сигналов и управление ими подробно описано в работах (Тимошенко, Чачаков 2016; Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017). Объем РК с вакуумным патрубком составляет 30 литров, из них объем РК – 20 литров. Обеспечение остаточного давления в РК  $p \approx 3 \cdot 10^{-3}$  Па достигается насосами: форвакуумным (АВР–150) и турбомолекулярным (ТМН–450).

В процессе отработки формирования и нанесения тонких пленок на плоские поверхности изделий регистрировали (периодически) основные параметры установки с МРС: напряжение  $U_p$  и ток разряда  $I_p$ , величина давления рабочего нейтрального газа (аргон) в РК  $p$ , а при необходимости и температуру подложки  $T_{пл}$ .

Температуру подложки можно было регистрировать постоянно в процессе напыления пленки с помощью термопары (хромель-копель), внедренной в подложку, и датчика температуры (милливольтметр), изолированного от корпуса установки.

Магнитную систему (1) и подложку 6 (рисунок 1) вращали с одной и той же скоростью (1,75 об/мин), но в противоположные стороны. При напы-

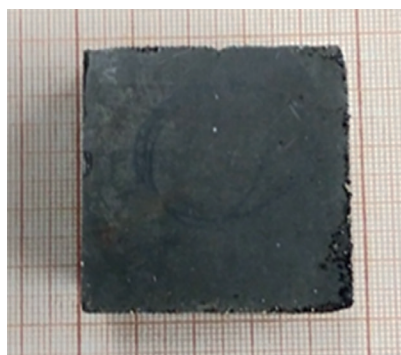
лении это способствовало более однородному пространственному распределению толщины формируемой пленки. Однородное пространственное распределение зачастую играет важную роль для решения задач по разработке и изготовлению пленочных как отдельных термоэлементов (ТЭ), так и термоэлектрических генераторов (ТГ).

Изолированный катодный узел, охлаждаемый водой, крепится к нижнему фланцу объема РК установки «Батискаф» (рисунок 1). К катоду для охлаждения подводятся водяные шланги с диаметром проходного отверстия 10 мм.

Экспериментально были проверены различные конфигурации магнитного поля.

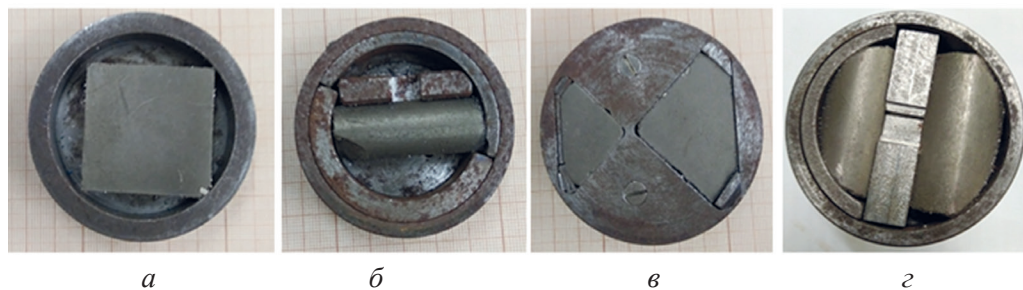
Для изготовления магнитов необходимой конфигурации использовались заводские заготовки самарий-кобальтовых магнитов в виде квадрата или прямоугольника различной формы и размеров. Использовались также заготовки магнитов овальной или полукруглой формы. Магнитопроводы магнитов в установках с МРС (Тимошенко, Чачаков 2016; Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017) изготавливались из железа типа АРМКО.

На рисунке 2а в качестве примера приведено фото заводской заготовки самарий-кобальтового магнита прямоугольной формы, а на рисунке 2б – образец заготовки железа типа АРМКО.



*Рисунок 2а. Заготовка самарий-кобальтового магнита квадратной формы; рисунок 2б – образец железа марки АРМКО*

На рисунках 3а, 3б, 3в, 3г приведены примеры изготовления нескольких типов магнитов, использованных во время испытания для выбора оптимальной геометрии магнита и конфигурации магнитного поля. Все эти магниты крепились в устройстве на штоке электродвигателя РД-09, которым осуществлялось вращение магнитного поля заданной конфигурации. Оптимальным был вариант свечения разряда в виде двух сегментов, большого и малого (рисунок 4а) при использовании магнита, изображенного на рисунке 3г. При этом во время вращения распыление происходит поочеред-



Рисунки 3а, 3б, 3в, 3г – постоянные магниты, создающие на катоде-мишени магнитное поле заданной конфигурации. Наружный диаметр магнита 90 мм, максимальный диаметр магнитного поля заданной геометрии – 74 мм.

но через полпериода по большому и малому сегментам, а площадь малого попадает внутрь большого.

На рисунке 4б показан вариант свечения плазмы при использовании магнита (рисунок 3в), на котором очевидно, что центральная часть катода-мишени не распыляется; центральная часть круга оставалась неиспользованной, что подтверждается соответственно рисунками 5а и 5б. На фото 5а и 5б также видно, что более полное использование площади поверхности катода-мишени происходит при применении сегментной конфигурации магнитного поля. Дальнейшие испытания показали, что распыление катода-мишени происходит практически на всей его распыляемой площади.

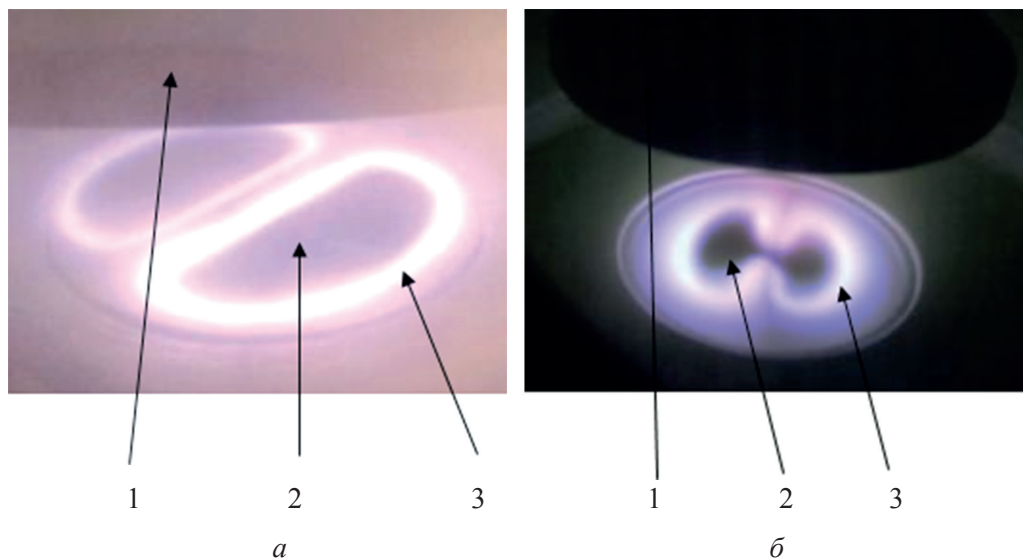
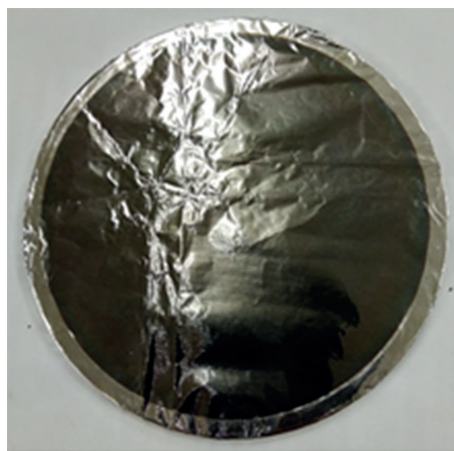
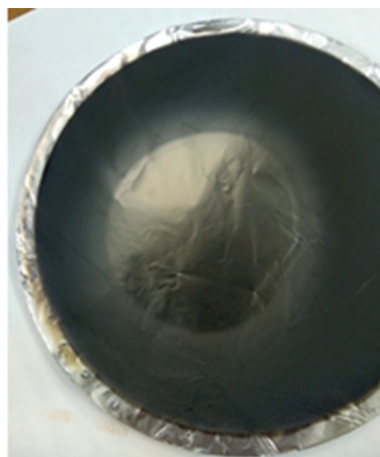


Рисунок 4 а и 4б. Фото свечения разрядов (на катоде) в межэлектродных промежутках с магнитами различной конфигурации: (1) – держатель подложки, (2) – полупроводниковые катоды; (3) – область плазменного свечения над катодом.



а



б

*Фото 5а. Напыление на алюминиевую фольгу с магнитным полем (Фото 4а). Фото 5б. Напыление на алюминиевую фольгу с магнитным полем (Фото 4.2б); значительная часть центра не запылена.*

Картина, аналогичная представленной на фото 3а и 3б, имела место на поверхности распыляемого катода-мишени.

Особое внимание в процессе испытаний было уделено юстировке, в особенности сегментной формы магнитов относительно центра магнитной системы (фото 1), при которой распылялась центральная область поверхности катода-мишени.

Можно отметить, что модернизация установки с МРС, а также подбор и испытания магнитных систем, создающих поля различной конфигурации, позволили определить оптимальную конфигурацию магнитного поля. Все это способствовало проведению на созданной установке с МРС «Батискаф» экспериментальных исследований широкого спектра и получению научных результатов. К положительным результатам также следует отнести разработку и создание некоторых стендов и методов исследований. Основные результаты изложены и опубликованы в работах (Гуния, Тимошенко, Чачаков 2015; Михеев, Тимошенко, Чачаков 2016; Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017; Марколия, Тимошенко, Чачаков 2019; Марколия, Тимошенко, Чачаков 2019а; Марколия, Тимошенко 2020).

В заключение отметим, что достигнуто практически полное использование площади испарения поверхности катода-мишени. Это служит несомненным достоинством установки «Батискаф», в особенности, при использовании дорогостоящего полупроводникового материала на основе теллура и висмута.

*Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела вакуумно-плазменной технологии ГНУ «СФТИ Академии наук Абхазии» за помощь при проведении экспериментов и испытаний магнитных систем различной конфигурации.*

### Литература

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. Сухум, 2015. № 5. С. 149–156.

Марколия, Тимошенко 2020: Марколия А.И., Тимошенко А.П. Отработка формирования и нанесения коммутационного слоя никеля на плоские поверхности алюминия и молибдена // Вестник Академии наук Абхазии 2020. № 10 Серия «Естественные науки» (в печати).

Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017: Марколия А.И., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Магнетронная распылительная установка с изолированным катодным узлом // Вестник Академии наук Абхазии. Сухум, 2017. № 7. С. 10–18.

Марколия, Тимошенко, Чачаков 2017а: Марколия А.И., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Особенности формирования тонких пленок низкотемпературных полупроводниковых материалов // Вестник Академии наук Абхазии. Сухум, 2017, № 7, С. 48–59.

Марколия, Тимошенко, Чачаков 2019: Марколия А.И., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Исследования электрофизических характеристик полупроводниковых пленок теллура висмута Р и N-типа, сформированных на алюминии, при воздействии на них поперечного теплового потока // Вестник Академии наук Абхазии. Серия «Естественные науки». Сухум, 2019. № 9. С. 10–22.

Марколия, Тимошенко, Чачаков 2019а: Марколия А.И., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Исследования тонких низкотемпературных термоэлектрических полупроводниковых пленок, формируемых на установке с магнетронной распылительной системой. Вестник Академии наук Абхазии. Сухум, 2019. № 9. С. 23–37.

Михеев, Тимошенко, Чачаков 2016: Михеев В.К., Тимошенко А.П., Чачаков А.Ф. Магнетронное осаждение полупроводниковых, защитных и коммутационных пленок // Вестник Академии наук Абхазии. Сухум, 2016. № 6. С. 254–265.

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

*А. И. Марколия, А. П. Тимошенко*

**АМАГНЕТРОНТӘ ЦСАҚЪАРАТӘ СИСТЕМА ЗМОУ  
АШЪАҚӘГЫЛАҚӘА РҒЫ АМХЫЛДЫЗТӘ ДӘЫ ИАЗЕИҒЫУ  
АГЕОМЕТРИА АЛХРЕИ АЦЫШӘАРЕИ**

**Аннотация.** *Амагнетронтә цсақъаратә система змоу ашъақәгылақәа рғы игәатан еиуеиңшым агеометрия змоу амхылдызқәа. Еиғбу асегменттә конфигурациеи ийәиуа амхылдызтә дәи ирыбзоураны акатод-йәкәа ақәыңшыларә зегъы ахархәара аҗара алнаршеит.*

**Ихадароу ажәәқәа:** *аплазма, ацәа, аиха, амғангагабжә, адиелектрик, ад-гъезиә, аихшара, амхылдызтә дәы.*

*A. I. Markolia, A. P. Timoshenko*

**TESTING AND SELECTION OF THE OPTIMAL GEOMETRY  
OF THE MAGNETIC FIELD FOR THE INSTALLATION WITH A  
MAGNETRON SPUTTERING SYSTEM**

**Annotation.** *Magnets of various geometries were tested on a setup with a magnetron sputtering system (MPS). The use of an optimal segment configuration and a rotating magnetic field with careful alignment made it possible to use an almost completely sputtered target cathode surface.*

**Key words:** *plasma, film, metal, semiconductor, dielectric, adhesion, distribution, magnetic field.*

*Г. В. Кенигсбергер, В. И. Михеев, О. Е. Попов*

## **ТРЕХЭЛЕМЕНТНАЯ ПРИЕМНАЯ СИСТЕМА КАК ИЗМЕРИТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА ЗВУКОВОГО ПОЛЯ В УСЛОВИЯХ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ**

**Аннотация.** *Приводятся технические характеристики созданной в Институте экологии Академии наук Абхазии трехэлементной гидроакустической системы, обеспечивающей прием звуковых сигналов в трехмерном пространстве. С использованием разработанной системы получены новые результаты о горизонтальной рефракции звукового поля в условиях акватории Сухумского мыса.*

**Ключевые слова:** *трехэлементная гидроакустическая система, горизонтальная рефракция, пространственное разрешение, акватория Сухумского мыса.*

Известно, что горизонтальная стратификация гидрофизических характеристик морской среды сопровождается рефракцией звука в вертикальной плоскости. Рельеф дна прибрежных вод Абхазии характеризуется значительной изменчивостью. Здесь имеются участки дна со слабым наклоном и относительно ровной поверхностью – Гудаутская и Очамчирская банки, а также места с изрезанным рельефом – такие, как Сухумская бухта и акватории в районах Сухумского мыса и Кодорского мыса. В этих районах резкое изменение батиметрических данных, т. е. распространение звука в клине и наличие сильных прибрежных течений оказывают существенное влияние на формирование звуковых полей. При этом – в отличие от условий глубокого моря – кроме вертикальной рефракции возникает явление горизонтальной рефракции, когда фронт звуковой волны меняет направление распространения в горизонтальной плоскости. И в этом случае время распространения сигналов между двумя точками определяется не только расстоянием между ними, но и степенью кривизны звукового луча. При этом изменяется не только время распространения, но и угол прихода сигнала.

Следовательно, при определении направления на источник звука возникает ошибка при оценке его пеленга. Для исследования явления горизонтальной рефракции в Институте экологии АНА разработана и изготовлена приемная система, обеспечивающая измерение углов приходов сигналов и времени, на которое они запаздывают. Приемная система включает систему трех гидрофонов с необходимым пространственным разрешением. Такая конфигурация позволяет осуществить векторный прием акустических сигналов, обеспечивающий представление о трехмерном распространении звука на шельфовом склоне.

Определение направления прихода сигнала выполняется при измерении времени взаимного запаздывания сигналов, зарегистрированных разными гидрофонами. Излучаемые и принимаемые сигналы синхронизированы во времени для возможности пеленгации сигнала. Такой метод триангуляции позволяет определить три проекции скорости распространения звука на три направления, что позволяет при известной скорости звука в точке приема получить оценки азимута на источник и вертикального угла прихода сигнала.

### Структурная схема трехэлементной приемной системы

Основными при проектировании требованиями, предъявляемыми к приемным трактам при решении задач координирования и измерения времени распространения, являются высокая идентичность амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик. На рисунке 1 представлена структурная электрическая схема системы.

Приемная система состоит из двух основных частей: погружаемой части и берегового прибора, которые содержат три идентичных приемных канала. Каждый канал включает: морской модуль, содержащий гидрофон, магистральный кабель и дифференциальный усилитель принятого гидрофоном акустического сигнала.

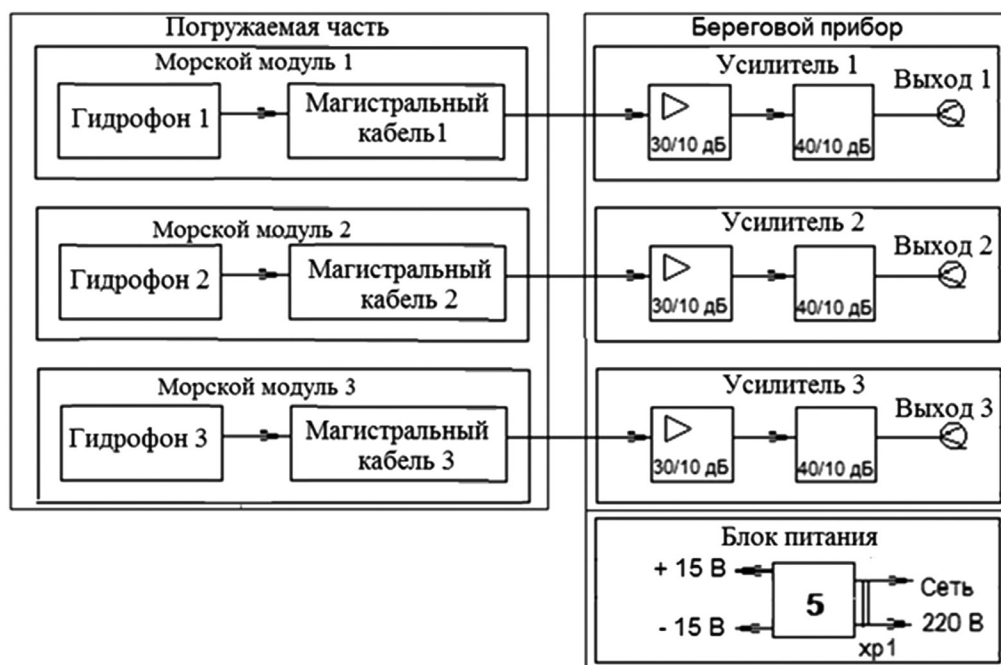


Рисунок 1. Электрическая структурная схема трехэлементной приемной системы



Регулировка усиления в каждом канале обеспечивается двумя аттенюаторами с общим ослаблением 70 дБ, ступенями через 10 дБ. Блок питания вырабатывает стабилизированные напряжения + 15 В, 0,3 А и – 15 В, 0,3 А.

### Конструкция приемного модуля

Конструкция приемного модуля, показанная на рисунке 2, состоит из гидрофона (1), выполненного из пьезоэлектрической сферы диаметром 50 мм, обтекателя (2), чехла (3), магистрального кабеля (4) и полипропиленовой набивки (5).

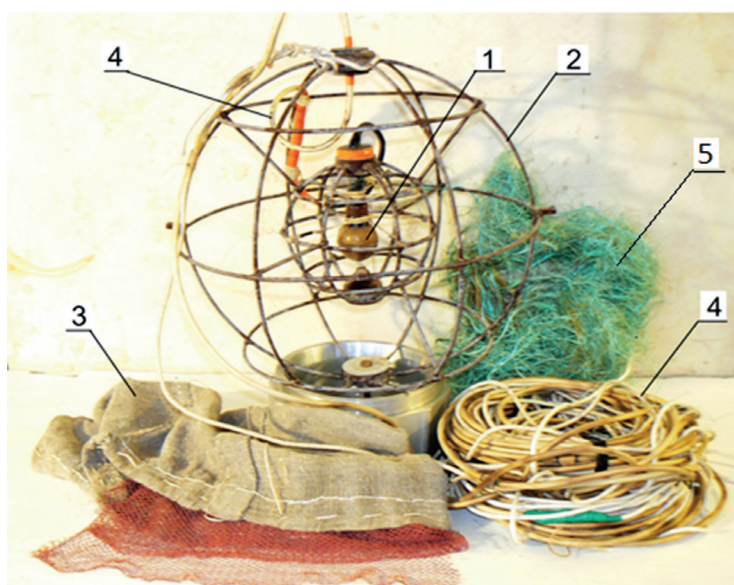


Рисунок 2. Конструкция морского модуля

Гидрофон (1) покрыт герметично звукопрозрачным полиуретаном и закреплен капроновым жгутом в центре обтекателя (2), который представляет собой сферический каркас, выполненный из стальной проволоки диаметром 6 мм. Каркас заполнен пропиленовыми нитями (5) и обтянут чехлом (3) из ткани типа мешковины. Такая конструкция модуля обеспечивает существенное снижение влияния шумов обтекания при его размещении в районе течений и позволяет значительно снизить уровень помех при приеме сигналов.

Магистральный кабель (4) предназначен для электрической связи морского модуля с береговым прибором. Кабель с продольной герметизацией, но не грузонесущий, поэтому при постановке на глубину совместно с ним используется шестимиллиметровый капроновый фал.

### Конструкция берегового прибора

Конструктивно прибор выполнен в виде переносного прибора, который показан на рисунке 3. Электрические элементы размещены на трех печатных платах.



Рисунок 3. Трехканальный приемный блок

Элементы источников питания находятся на отдельной печатной плате. Плата и силовой трансформатор крепятся к вертикальному шасси, которое экранирует сигнальные цепи от наводок цепей источника питания. Все платы электрически соединены разъемами. Шасси с платами помещаются в кожух и скрепляются с лицевой панелью.

Габаритные размеры прибора № 2 не более 170\*255\*360 мм, масса не более 6,0 кг.

### Основные технические данные системы

Количество приемных каналов	3
Чувствительность гидрофона, мкВ/Па	100
Сквозной коэффициент усиления каждого канала	3160
Регулировка усиления ступенчатая, через 10 дБ, в пределах	0 – 70
Максимальное значение уровня неискаженного выходного напряжения канала при нагрузке не менее 2 кВ	7,2
Сквозная частотная характеристика каждого канала по уровню 3Дб при длине кабельной линии 100 м, кГц	0,2 – 30
Потребляемая мощность от сети переменного тока при номинальном напряжении не превышает, ВА	10

### Конструкция трехэлементной приемной системы

Конструкция приемной системы представлена на рисунке 4. Приемные модули погружаемой части системы размещены на алюминиевой Т-образной раме так, что центры их гидрофонов находятся в углах равностороннего треугольника со сторонами равными 1500 мм. Цифрами 1, 2 и 3 обозначены номера гидрофонов и их кабельных выходов. Штриховкой на модуле 3 показана полипропиленовая набивка и положение гидрофона

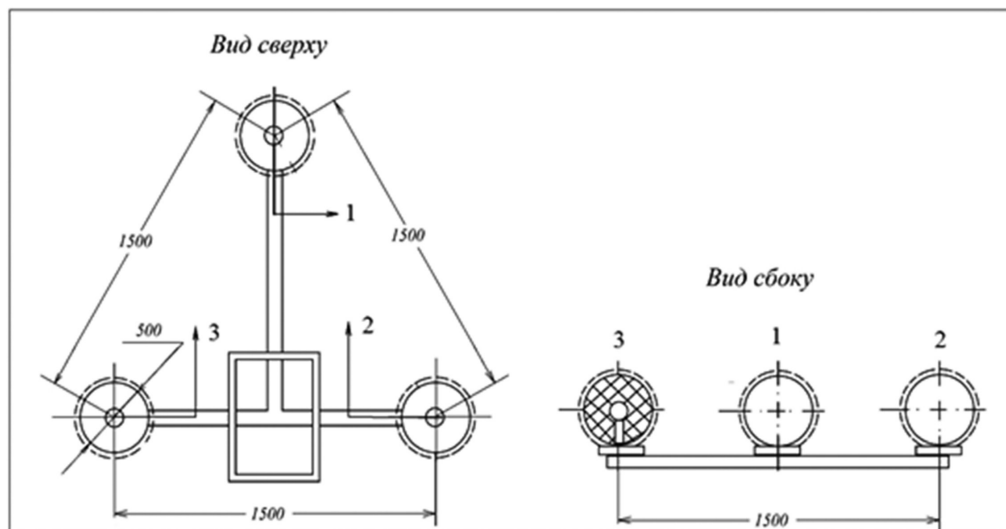


Рисунок 4. Конструкция приемной системы



Рисунок 5. Общий вид трехэлементной приемной системы – слева; вид системы на поверхности перед постановкой на дно – справа

На рисунке 5 показан общий вид погружаемой части приемной системы в сборе и на этапе постановки на дно. На рисунке видны три приемных модуля, их магистральные кабели и алюминиевая Т-образная рама.

### Результаты измерений явления горизонтальной рефракции, полученные с использованием трехэлементной приемной системы

В ходе исследований по программе проекта 17-52-40009 РФФИ–АНА были выполнены серии натуральных экспериментов в акватории Института экологии АНА. В этих экспериментах были исследованы особенности распространения акустических сигналов в шельфовой зоне. Получены новые результаты горизонтальной рефракции акустического сигнала (Есипов, Кенигсбергер, Попов и др. 2020: 833–838; Есипов, Попов, Кенигсбергер и др. 2019: 341–347).

На схеме, представленной на рисунке 6, трехэлементная приемная система **П** размещена на глубине 11 м у морской лаборатории. Излучатель **И** расположен на глубине 36 м и на расстоянии 76 м от приемной системы **П**. В эксперименте излучались импульсные ЛЧМ сигналы, которые принимались гидрофонами системы.

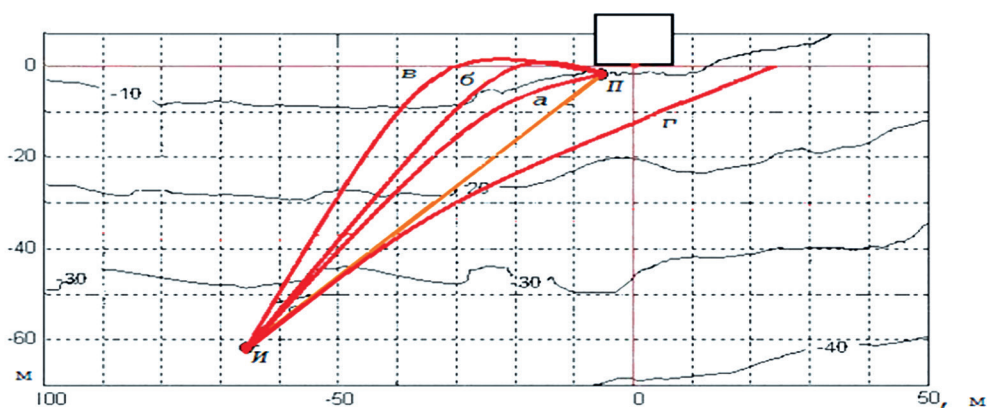


Рисунок 6. Схема распространения акустического сигнала на карте изобат в прибрежном клине акватории Института экологии АНА

На рисунке 7 показаны взаимнокорреляционные функции принятых тремя гидрофонами сигналов с излученным S1, S2 и S3. Длительность излученного сигнала 0,1 с, частотный диапазон от 5 до 15 кГц.

По результатам взаимнокорреляционной обработки сигналов получены следующие результаты: вертикальный угол прихода сигнала **а** соответствует наклону дна примерно на 25 градусов; сигнал **б** приходит сверху под

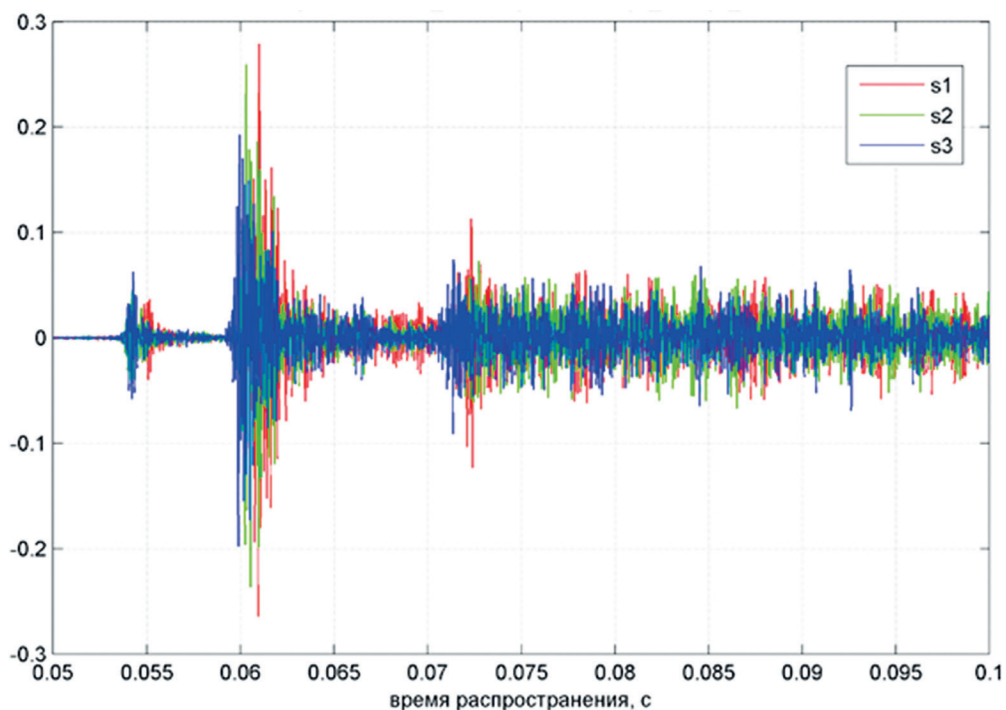


Рисунок 7. Взаимнокорреляционные функции трех принятых сигналов с излученным

углом примерно 30 градусов, плюс наклон приемной системы; сигнал **в** распространяется с одним отражением от дна и приходит примерно под углом скольжения 70 градусов сверху. Азимут от приемника на излучатель примерно 220 градусов (оранжевая линия). Первый приход а) – азимут 236 град, второй б) – 270 град и третий в) – 266 град. Сигнал г, вышедший по направлению к приемной системе, отклоняется левее точки приема.

### Выводы

Созданная в Институте экологии АНА трехэлементная гидроакустическая приемная система обеспечивает прием звуковых сигналов в трех измерениях.

В условиях шельфового склона дна в акватории Сухумского мыса получены новые результаты, показывающие влияние горизонтальной рефракции на лучевые структуры распространения акустического сигнала.

### Литература

Есипов, Кенигсбергер, Попов, Поддубняк, Солдатов, Михеев: Есипов И.Б., Кенигсбергер Г.В., Попов О.Е., Поддубняк В.Я., Солдатов Г.В., Михеев В.И. Го-

ризонтальная рефракция акустического сигнала на шельфе и в береговом клине Черного моря. Известия РАН (Серия физическая). Т. 84. М., 2020. № 6. С. 833–838

*Есипов, Попов, Кенигсбергер, Поддубняк, Михеев 2019:* Есипов И.Б., Попов О.Е., Кенигсбергер Г.В., Поддубняк В.Я., Михеев В.И. Эксперименты по оценке характеристик донной реверберации и влиянию батиметрической рефракции на азимутальные углы прихода акустических сигналов. Труды XXXII сессии Российского акустического общества от 14–19 октября 2019 г. М., 2019. С. 341–347.

*Г. В. Кенигсбергер, В. И. Михеев, О. Е. Попов*

### **Х-ХӘҒАҢК РЫЛА ИШЬАҚӘҒЫЛОУ АСИСТЕМА ИИААЛОУ АРЕФРАКЦИЯАН АБЖЬЫТӘ ДӘЫ ААИШЬА АГӘАҒАГА АҒАСАБАЛА**

**Аннотация.** *Астатиағы ирзаатғылоуп Аңсны аңаарадыррақәа ракаде-  
мия Аекология аинститут ағы иаңғаз, хғаны икоу ақәыңшыларағы  
абжьытә ңаақәақәа рыдкылара алзыршо, х-хәғәк рыла ишьақәғы-  
лоу агидроакустикатә система атехникатә қазыһақәа. Ари аңғамта  
иабзоурахеит Ақәатәи ашыңаа иахьайанакуа абжьытә дәы ишаалоу  
арефракция иазку адырра ғыңқәа рцәырйра.*

**Ихадароу ажәақәа:** *х-хәғәк рыла ишьақәғылоу агидроакустикатә си-  
стема, ишаалоу арефракция, ақәыңшыларатә ңшыртә, Ақәатәи ашы-  
ңаа азымехак.*

*G. V. Kenigsberger, V. I. Mikheev, O. E. Popov*

### **THREE-ELEMENT RECEIVING SYSTEM AS A MEASURING INSTRUMENT OF THE DIRECTION OF ARRIVAL OF THE SOUND FIELD IN CONDITIONS OF HORIZONTAL REFRACTION**

**Annotation.** *The technical characteristics of a three-element hydroacoustic system created at the Institute of Ecology of the Academy of Sciences of Abkhazia, which provides reception of sound signals in three-dimensional space, are given. Using the developed system, new results were obtained on the horizontal refraction of the sound field in the water area of the Sukhum Cape.*

**Key words:** *three-element hydroacoustic system, horizontal refraction, spatial resolution, water area of the Sukhum Cape.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ АБЛЯЦИИ – ПЛАВЛЕНИИ ТВЕРДОГО ВЕЩЕСТВА (НА ОСНОВЕ ВИСМУТА $\text{Bi}$ ) ИНТЕГРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ В ОДНОМЕРНОМ СЛУЧАЕ

**Аннотация.** Проведено исследование нестационарного температурного поля при абляции – плавлении твердого вещества (на основе висмута  $\text{Bi}$ ) интегральным методом в одномерном случае. Определены начальное распределение температур за время  $\tau_1$ , а также внутренняя теплота фазового превращения. Изучена зависимость температур от границы кипения и плавления как функции времени  $\tau$ , т. е.  $z(\tau)$  и  $s(\tau)$  при  $z(\tau)=q(\tau)$ . Показано, что основными факторами, определяющими в данном случае процесс переноса тепла являются:  $\chi$  – теплопроводность,  $a$  – температуропроводность,  $q$  – тепловой поток,  $L$  – внутренняя теплота фазового превращения.

**Ключевые слова:** кипение, плавление, тепловой поток, температура, теплопроводность.

Целью данной работы является определение характеристик нестационарного температурного поля твердого вещества (на основе висмута  $\text{Bi}$ ) при абляции – плавлении и определение температурных зависимостей плавления и кипения твердого вещества от границы твердой фазы и границы плавления как функции времени  $\tau$ , а также определение начального распределения температур за время  $\tau_1$  при  $\tau=\tau_1$ .

Основа методов взвешенных вычетов (остатков) включает как частный случай четыре метода, нашедших в большей или меньшей степени применение при решении нелинейных задач тепло- и массопроводности: 1) метод коллокаций, метод дельта-функции Дирака; 2) метод Галёркина; 3) метод моментов; 4) интегральный метод. (Последний метод наиболее распространен).

Методы коллокаций, моментов и метод Галёркина пока не получили столь широкого распространения при решении нелинейных задач, как интегральный метод, который возник и развился отдельно.

Как уже отмечено, интегральный метод является частным случаем методов взвешенных вычетов. Но по хронологии возникновения именно он является предшественником всех остальных методов, входящих в эту группу,

и развивался вне зависимости от них. Поэтому рассмотрим отдельно его основные положения (Мацевитый, Сафонов, Ганчин 2016: 28–36; Вержицкий 2002: 631–642).

В результате применения идей, лежащих в основе метода, – математическая модель нелинейной задачи теплопроводности, состоящая из уравнения в частных производных и краевых условий, сводится к модели, включающей обыкновенное дифференциальное уравнение и начальные условия. Преимущество последней в том, что она часто позволяет найти решение в замкнутой аналитической форме.

Основная идея интегрального метода заключается в том, что искомое решение удовлетворяет не исходному уравнению нестационарной теплопроводности, осредненному уравнению теплового баланса. Уравнение, которое называют интегралом теплового баланса, получают следующим образом.

Вводится на рассмотрение величина  $z(\tau)$ , которую называют глубиной проникания (аналог толщины пограничного слоя в гидродинамике). Эта величина характерна тем, что для всех  $x > z(\tau)$  температура среды равна температуре начального состояния, а тепло не распространяется за пределы  $z(\tau)$ .

Если умножить на  $dx$  уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial \tau} = 0 > 0$$

и проинтегрировать его в пределах от  $x=0$  до  $x=z$ , получим уравнение, называемое интегралом теплового баланса. Если задать профиль температур как функцию  $z(\tau)$  и  $x$  и, подставив выражение для профиля в интеграл теплового баланса, получим обыкновенное дифференциальное уравнение относительно  $z(\tau)$  с известным начальным условием  $z(0)=0$ . Решение этого уравнения дает  $z(\tau)$ , а из него находится  $T(x,\tau)$ .

### Постановка задачи

Полуограниченное твердое тело (на основе висмута  $Bi$ ) нагревается за счет постоянного теплового потока  $F$  на границе  $x=0$ . В момент времени  $\tau=0$  температура на границе тела достигает точки плавления.

Затем твердое тело начинает плавиться, а вся образующая жидкость немедленно удаляется. Граница тела и граница плавления совпадают:  $x=s(\tau)$ . (Коздоба 1975: 48–54; Yang, Liu GQ., He, Li 2012: 152–154, 204–209).

Требуется определить температурное поле в твердой фазе, так как при плавлении жидкость немедленно удаляется (Рисунок 1).



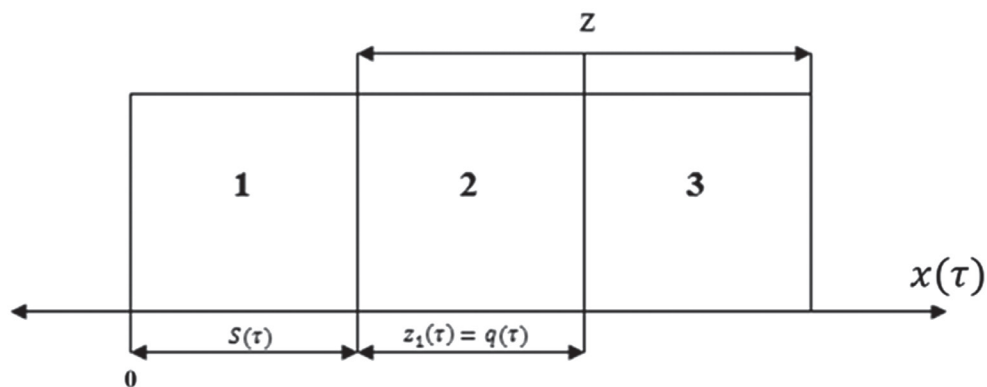


Рисунок 1. Схема абляции – плавления твердого тела (Vi) с полным удалением жидкой фазы:

1. Плавящийся материал, который немедленно сносится  $s(\tau)$ ;
2. Нагретая область твердого тела (Vi) при  $z_1(\tau) = s(\tau)$ ;
3. Ненагретая область твердого тела (Vi).

Математическая модель имеет вид

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial \tau} = 0, \quad s(\tau) \leq x \leq \infty, \quad \tau > 0; \quad (1)$$

$$F + \chi \frac{\partial T}{\partial x} = \rho L \frac{\partial s}{\partial \tau}, \quad x = s(\tau); \quad (2)$$

$$T[s(\tau), \tau] = 0, \quad x = s(\tau); \quad (3)$$

$$T(s, \tau) = -T_\infty, \quad x = z; \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x}(z, T) = 0, \quad x = z; \quad (5)$$

$$T(x, 0) = -T_\infty + \frac{F}{2\chi z_1} (z_1 - x)^2, \quad (6)$$

где

$$z_1 = \frac{2T_\infty \chi}{F}. \quad (7)$$

Выражение (6) описывает начальное распределение температур в пограничном слое, толщина которого  $z_1$  определяется выражением (7). Прогретый слой  $z_1$  образуется за время  $\tau_1$ , в течение которого температура поверхности достигает температуры плавления. Распределение температуры в твердом теле представим в виде квадратичной параболы, удовлетворяющей уравнениям (3), (4), (5).

$$T = T_{\infty} \left[ -2 \left( \frac{x-s}{z-s} \right) + \left( \frac{x-s}{z-s} \right)^2 \right] \quad (8)$$

Интегрируя уравнение (1) в пределах от  $s$  до  $z$ , определим интеграл теплового баланса. Учитывая условия (2), получим

$$\frac{d}{d\tau} \left( \theta + T_{\infty} z + \frac{\rho L a s}{\chi} \right) = \frac{aF}{\chi}, \quad (9)$$

где

$$\theta = \int_s^z T dx. \quad (10)$$

Подставив выражение (8) в уравнение (10) и используя равенство (9), имеем

$$\frac{aF}{T_{\infty} \chi} = \frac{d}{d\tau} (z - s) + \frac{ds}{d\tau} (1 + k_1), \quad (11)$$

$$\text{где } k_1 = \frac{a\rho L}{\chi T_{\infty}} \quad (12)$$

В уравнении (11) содержится два неизвестных, поэтому требуется дополнительно соотношение между  $z$  и  $s$ . Это соотношение может быть найдено из рассмотрения условий на границе плавления. Подставив выражение (8) в уравнение (2), получим

$$F - \frac{2\chi T_{\infty}}{z-s} = \rho L \frac{ds}{d\tau} \quad (13)$$

В результате для  $s$  и  $(z - s)$  составим систему двух дифференциальных уравнений (11) и (13). Начальные условия имеют вид:

$$s(0) = 0, \quad z(0) = \frac{2T_{\infty}\chi}{F}.$$

Предположим, что система имеет стационарное решение и что

$ds/d\tau = u = \text{const}$ . Из равенства (13) следует, что в этом случае

$(z - s)$  также является постоянной величиной, и из уравнения (11) получим

$$u = \frac{aF}{T_{\infty}\chi(1+k_1)}. \quad (14)$$

Для решения нестационарной задачи исключим из уравнений  $\frac{ds}{d\tau}$ .

Вводя обозначение

$$z = \frac{F(z-s)}{T_{\infty}\chi}, \quad (15)$$

получим дифференциальное уравнение для  $z$ . Пусть

$$\Phi = \frac{F^2\tau}{\rho L\chi T_{\infty}} \quad (16)$$

Тогда решение этого уравнения имеет вид

$$\Phi = \frac{1}{3} \left[ z - 2 + 2(1 + k_1) \ln \frac{z(1+k_1)-z}{2k_1} \right] \quad (17)$$

Подставив (17) в уравнение (13) и введя обозначение

$$S = \frac{SF}{T_{\infty}\chi}, \quad (18)$$

получим

$$S = -\frac{1}{3} \left[ z - 2 + 2k_1 \ln \frac{z(1+k_1)-z}{2k_1} \right], \quad (19)$$

где  $z = 2z_1(\tau_1)$ .

Соотношения (17) и (19) являются параметрическими уравнениями, определяющими перемещение границы кипения и плавления твердого вещества (Vi).

Где  $\rho$  – плотность;  $L$  – внутренняя теплота фазового или другого внутреннего превращения;  $a$  – коэффициент температуропроводности;  $\theta$  – перепад температур;  $\chi$  – коэффициент теплопроводности;  $k_1$  – критерий фазового перехода.

В качестве твердого тела или вещества мы используем висмут (Vi). Термодинамические свойства данного вещества: плотность  $\rho = 9,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$  прин. у., температура плавления  $271,4$  °С, температура кипения  $1\,564$  °С, коэффициент теплопроводности  $\chi = 7,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , коэффициент температуропроводности (Vi)  $a = \frac{10^6 \text{ м}^2}{\text{с}}$ , и коэффициент теплоты плавления фазового превращения  $L = 10\,878 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}$ .

Подставляя все термодинамические величины в (7) и (12), определим начальное распределение температур в прогретом слое  $z_1$  за время  $\tau_1$ , а также внутреннюю теплоту фазового превращения при температуре от  $100$  °С до  $1\,500$  °С.

Подставляя все термодинамические величины в (7) и (12), определим начальное распределение температур в прогретом слое  $z_1$  за время  $\tau_1$ , а также внутреннюю теплоту фазового превращения при температуре от 100 °С до 1 500 °С.

$$z_{1.1} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.2} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.3} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.4} = 12 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.5} = 18 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.6} = 25 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.7} = 32 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.8} = 35 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.9} = 36 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2; z_{1.10} = 44 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2.$$

$$k_{1.1} = 7,1 \cdot 10^2; k_{1.2} = 3,5 \cdot 10^2; k_{1.3} = 2,3 \cdot 10^2; k_{1.4} = 1,7 \cdot 10^2; k_{1.5} = 1,4 \cdot 10^2; k_{1.6} = 1,1 \cdot 10^2; k_{1.7} = 1 \cdot 10^2; k_{1.8} = 1 \cdot 10^2; k_{1.9} = 0,5 \cdot 10^2; k_{1.10} = 0,4 \cdot 10^2.$$

Далее, подставляя значения от  $z_{1.1}$  до  $z_{1.10}$  и от  $k_{1.1}$  до  $k_{1.10}$  в (17) и (19), причем глубина проникновения  $z(\tau)$  (нагретая область) совпадает с начальным распределением температур в прогретом слое, толщиной которого является  $z_1$  в течении времени  $\tau_1$ , следовательно,  $z(\tau) = z_1(\tau_1)$ .

Далее определяем границы кипения и плавления твердого вещества (висмута  $\text{Bi}$ ) в зависимости от времени  $\tau$ .

$$\Phi_1 = 0,2 \text{ см}^2; \Phi_2 = 0,5 \text{ см}^2; \Phi_3 = 0,6 \text{ см}^2; \Phi_4 = 0,7 \text{ см}^2; \Phi_5 = 1,3 \text{ см}^2; \Phi_6 = 2,0 \text{ см}^2; \Phi_7 = 2,8 \text{ см}^2; \Phi_8 = 3,1 \text{ см}^2; \Phi_9 = 3,3 \text{ см}^2; \Phi_{10} = 4,0 \text{ см}^2.$$

$$S_1 = -0,5 \text{ см}^2; S_2 = -1,9 \text{ см}^2; S_3 = -2,2 \text{ см}^2;$$

$$S_4 = -2,4 \text{ см}^2; S_5 = -3,5 \text{ см}^2.$$

И строим график зависимости температур от границы тела и границы плавления как функции времени  $\tau$  (рисунок 2).

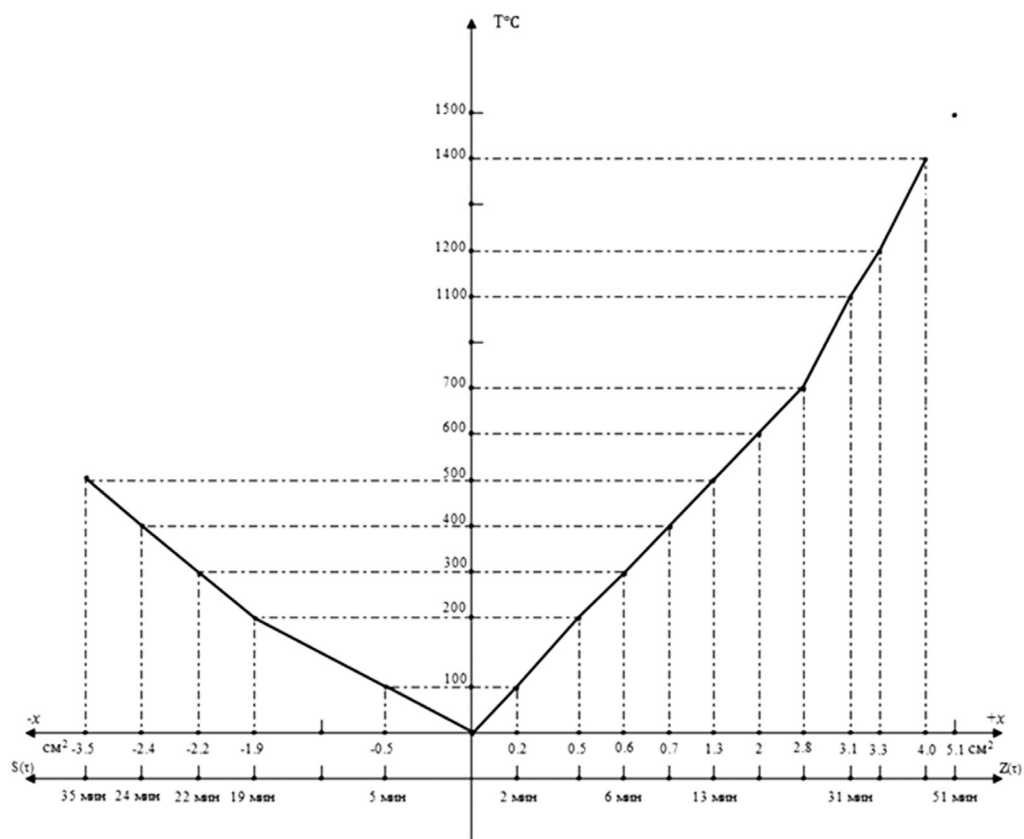


Рисунок 2. График зависимости температур от границы тела и границы плавления как функции времени  $\tau$

### Обсуждение результатов

Температура кипения и плавления висмута (Bi) естественно зависит от величины молекулярного веса. Висмут является нетипичным металлом. Помимо его химической инертности и устойчивости к окислению кислородом, он является диамагнетиком. Еще одной немаловажной величиной является температура кипения. Величина, при которой начинается процесс кипения жидкости, соответствует температуре насыщенного пара, который образуется над плоской поверхностью кипящей жидкости. Обычно она почти в два раза больше, чем температура плавления. При увеличении температуры висмута увеличивается температура тепловых колебаний молекул, возникают структурные дефекты решетки. Они выражаются в росте дислокации, перескоке атомов и других нарушениях. Это сопровождается разрывом межатомных связей и требует определенного количества энергии. В то же время происходит образование квазжидкого слоя на поверхности тела висмута (Bi). В этот период происходит разрушение и накопление дефектов, плавление твердого тела висмута (Bi).

### Научная новизна

В результате проведенных исследований твердого вещества (на основе висмута  $\text{Bi}$ ) при его абляции и плавлении, интегральным методом получены параметрические величины, определяющие границы твердого вещества с полным удалением жидкой фазы, а также границы плавления, зависящие от времени  $\tau$ .

### Заключение

Определена температурная зависимость плавления и кипения твердого вещества (на основе висмута  $\text{Bi}$ ) от границы твердой фазы и границы плавления как функции времени  $\tau$ . Определены начальное распределение температур за время  $\tau_1$ , где  $\tau = \tau_1$ , а также внутренняя теплота фазового превращения. Изучены отдельные механизмы переноса тепла.

### Литература

- Вержбицкий 2002: Вержбицкий В.М.* Основы численных методов. М., 2002. С. 631–642.
- Коздоба 1975: Коздоба Л.А.* Методы решения нелинейных задач теплопроводности. М., 1975. С. 48–54.
- Мацевитый, Сафонов, Ганчин 2016: Мацевитый Ю.М., Сафонов Н.А., Ганчин В.В.* К решению нелинейных обратных задач теплопроводности / Проблема машиностроения. Харьков, 2016. Т.19 № 1. С. 28–36.
- Yang, Liu, He, Li 2012: Yang S., Liu GQ., He Y., Li J.* Turbocharged Solid Propellant Ramjet For Article Missile. Applied Mechanics And Materials, 2012. vol. 152–154, 204–209.

Г. С. Хагба

**ЗНЫКТЭИ АТАГЫЛАЗААШЬАҒЫ АЛАРЦӘАРА АМЕТОД АЛА  
(ВИСМУТ ВІ АШЬАТЛАЛА ИКОУ) ИКЪАКЪОУ АМАТӘАШЬАР  
АРЦӘАРАҒЫ АБЛИАЦИААН ИСТАЦИОНАРТӘЫМ АШЫРАТӘ  
ДӘЫ АГӘАҒАРА**

**Аннотация.** *Имәәңгоуп зныктәи атагылазаашьаҒы аларцәара аметод ала (Висмут Вi ашьатлала икоу) икьакьоу аматәашьар арцәараҒы аблиааиан истааионартәым ашыратә дәы агәаҒара. ИгәаҒоуп:  $\tau_1$ , мамзаргыы  $z(\tau)$  и  $s(\tau)$  и,  $z(\tau)=q(\tau)$  аамҗа иалагзаны ашыра аихиара алагашьеи афазатә ҕыңсахра аөныйкатәи ашыреи.  $\tau$  аамҗа афункциа аҒасабала иҗаауп ашреи атәареи рхәаақәа ашыра иианыңиуа. ИазгәаҒоуп, ари атагылазаашьаҒы аҒхарраиагара зыбзоуроу фактор хадақзаны ишыкоу:  $\chi$  – аҒхарраиагара,  $a$  – ашыраиагара,  $q$  – аҒхарратә цәқәырңа,  $L$  – афазатә ҕыңсахрақәа аөныйкатәи аҒхарра.*

**Ихадароу ажәақәа:** *ашра, атәара, аҒхарратә цәқәырңа, ашыра, аҒхаррамөангара.*

G. S. Khagba

**DETERMINATION OF THE TEMPERATURE FIELD  
OF A TWO-LAYER CYLINDRICAL THERMOELEMENT BASED  
ON Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> IN THE STATIONARY CASE**

**Annotation.** *A study of the temperature field in a two-layer cylindrical system of the Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sample was carried out. For each layer, the current density, as well as the heat flux in hot and cold junctions, and the heat flux in the thermoelement are determined. It is shown that the main factors determining the heat transfer process under these conditions are: heat transfer coefficient, thermal conductivity coefficient, as well as thermo – EMF and current power.*

**Key words:** *heat emission, heat dissipation, Bio criteria.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ДВУХСЛОЙНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕРМОЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ $Bi_2Te_3$ В СТАЦИОНАРНОМ СЛУЧАЕ

**Аннотация.** Проведено исследование температурного поля в двухслойной цилиндрической системе образца  $Bi_2Te_3$ . Для каждого слоя определены плотность тока, а также плотность теплового потока в горячих и холодных спаях, и плотность теплового потока в термоэлементе. Показано, что основными факторами, определяющими при данных условиях процесс переноса тепла, являются: коэффициент теплопередачи, коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопроводности, а также термо – ЭДС и мощность тока.

**Ключевые слова:** тепловыделение, теплоотдача, критерии Био.

Целью данной работы является исследование температурного поля в двухслойном цилиндрическом термоэлементе  $Bi_2Te_3$  в стационарном режиме. Показать методы решения температурных полей и определить перепады температур в термоэлементе, и получить зависимость температур в двухслойном цилиндрическом термоэлементе от корней характеристического уравнения при фиксированном значении критериев Био.

Процесс распространения тепла происходит только в том случае, если температура в различных точках тел неодинакова. При этом в общем случае распространение тепла сопровождается изменением температуры в пространстве и времени. Совокупность значений температуры в данный момент времени для всех точек рассматриваемого пространства называется температурным полем. Различают стационарные и нестационарные температурные поля. Стационарное температурное поле наблюдается, когда температура в различных точках пространства не изменяется во времени. Если температура изменяется во времени, температурное поле называется нестационарным. Температурное поле изменяется по направлению одной, двух или трех координат. В соответствии с этим различают одномерные, двумерные или трехмерные поля.

В настоящее время разработаны и успешно применяются численные методы – решение многих теплофизических задач, расчет температурного состояния – твердых тел или температурных полей в потоках жидкости и газа и газовых прослойках, заключенных в неподвижных или вращающихся полостях, исследование закономерностей движения теплоносителя



с целью выявить механизм процессов теплообмена, исследовать структуру пограничного слоя, теплообмен и трение на твердой поверхности и т.п.

Одним из наиболее успешно развивающихся направлений использования математического эксперимента в теплофизических исследованиях является изучение характеристик цилиндрического термоэлемента в стационарном режиме.

Однако в стационарном режиме поток тепла в среде с постоянными свойствами без источников и стоков постояен (Анаточук 2003: 130–134; Головкин, Беспалов 2015: 285–289; Кошляков, Глипер, Смирнов 1970: 473–476). И это позволяет упростить определение температуры цилиндрического термоэлемента (рисунок 1), сведя задачу к анализу слоя с термоэлектрическим материалом. Для одномерного приближения и постоянных температурных слоев, соотношение для нахождения температуры приведено в работе (Кошляков, Глипер, Смирнов 1970: 473–476; Охотин, Ефремов, Охотин, Пушкарский 1976: 306–311).

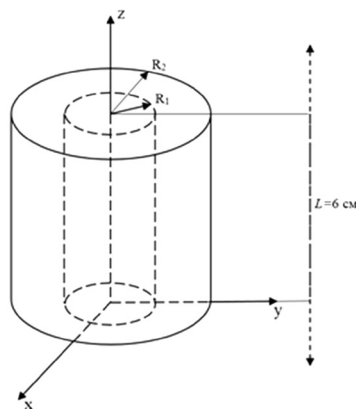


Рисунок 1. Двухслойный цилиндрический термоэлемент, где показана зависимость теплопередачи от радиуса  $r$ , где  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

$R_1$  – внутренний радиус;

$R_2$  – внешний радиус;

$0 < z < L$ ;

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

### Математическая модель

Математическая модель определения температуры цилиндрического термоэлемента в стационарном режиме имеет вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[ r \frac{\partial U}{\partial r} \right] + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \chi_m + U \frac{dU}{dr} = 0 \quad (1)$$

$$\chi_m \frac{\partial U}{\partial r} = Q + Dk_1 + \frac{D}{2} - J_1 \alpha (U + T_{cp}), \quad r = R_1 \quad (2)$$

$$\chi_m \frac{\partial U}{\partial r} = \beta [U - R_x (Q(1 - \frac{W}{Q_{общ}}) + Dk_2 + \frac{D}{2}), \quad r = R_2 \quad (3)$$

$$\frac{\partial U}{\partial z} = 0, \quad z = 0; \quad \frac{\partial U}{\partial z} = YU, \quad z = L,$$

где  $W$  – мощность теплового потока в термоэлектрическом материале;  
 $Wk_1$  и  $Wk_2$  – выделение тепла Джоуля в коммутации горячих и холодных спаев;

$R_1$  – внутренний радиус,  $R_2$  – внешний радиус;

$T = U + T_{cp}$  – температура в термоэлектрическом материале;

$L$  – высота цилиндра,  $0 < z < L$ ;

$T_{cp}$  – температура среды;

$\chi_m$  – средне интегральный коэффициент теплопроводности термоэлемента;

$J_i$  – плотность тока на горячем спае;

$\alpha$  – коэффициент термо ЭДС;

$Y = \frac{\beta}{\chi_3}$ , где  $\beta$  – коэффициент теплоотдачи с холодной стороны модуля;

$\chi_3$  – коэффициент теплопроводности покрытия боковой поверхности термоэлемента,

$Q_{общ}$  и  $Q$  – общее количество тока и тепловой поток от нагревателя;

$W$  – электрическая мощность термоэлемента (уточняется, как и плотность тока –  $J$ , методом инерции),

$R_x$  – термическое сопротивление холодных спаев.

Далее, используя косинус-преобразование Фурье и методы решения уравнения Гельмгольца в цилиндрических координатах [3], получим решение уравнения (1):

$$T_r = \frac{\pi r_1^2 L Y (T_r - T_x)}{Q} + 2 \sum_{n=1}^6 \frac{(\mu_n^2 + B_i^2) \cos \mu_n \left(\frac{z}{L_i}\right)}{(\mu_n^2 + B_i^2 + B_i) \mu} \times [C_1 I_0(\mu_n R_1 / L_i) + C_2 K_0(\mu_n R_2 / L_i)]; \quad (4)$$

$$T_x = \frac{\pi r_2 L Y (T_r - T_x)}{Q_{общ}} + 2 \sum_{n=1}^6 \frac{(\mu_n^2 + B_i^2) \cos \mu_n \left(\frac{z}{L_i}\right)}{(\mu_n^2 + B_i^2 + B_i) \mu} \times [C_1 I_0(\mu_n R_1 / L_i) + C_2 K_0(\mu_n R_2 / L_i)], \quad (4)'$$

где  $T_{cp1} = \frac{\pi r_1^2 L_i (T_r - T_x)}{Q}$ ;  $T_{cp2} = \frac{\pi r_2 L_i (T_r - T_x)}{Q_{общ}}$ .  $Li (i = 1, 2, \dots, 6)$ .

Постоянные коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$  определяются выражениями:

$$C_1 = \frac{A_1 B_2 (B_2 \chi_2 - B_1 \chi_1)}{A_2 (A_1 B_2 - A_2 B_1)}, \quad (5)$$

$$C_2 = \frac{(B_2 \chi_2 A_1 - B_1 \chi_1 A_2)}{A_1 B_2 - A_2 B_1}, \quad (6)$$

где введено обозначение:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= (\mu_n/L) I_1 (\mu_n R_1/L) - B_1 I_0 (\mu_n R_1/L); \\
 A_2 &= (\mu_n/L) I_1 (\mu_n R_2/L) - B_2 I_0 (\mu_n R_2/L); \\
 B_1 &= (\mu_n/L) K_1 (\mu_n R_1/L) + B_2 K_0 (\mu_n R_1/L); \\
 B_2 &= (\mu_n/L) K_1 (\mu_n R_2/L) + B_2 (\mu_n R_2/L);
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Коэффициенты теплоотдачи и теплопроводности в двухслойном цилиндрическом термоэлементе равны соотношениям:

$$\begin{aligned}
 \beta_2 &= -\beta/\chi_m; \quad \beta_1 = J_1 \alpha / \chi_m; \quad \chi_1 = [(Q - J_1 2T_{cp} + \frac{D}{2} + Dk_2) / J_1 \alpha] (L \sin \mu_n / \mu_n); \\
 \chi_2 &= R_x [Q(1 - \frac{W}{Q_{общ}}) + \frac{D}{2} + Dk_2] (L \sin \mu_n / \mu_n),
 \end{aligned}$$

где  $I_0, I_1, K_0, K_1$  – модифицированные функции Бесселя первого рода нулевого порядка и первого рода первого порядка, второго рода нулевого порядка, второго рода первого порядка;

$R_1, R_2$  – радиусы горячей и холодной поверхности термоэлемента;

$T_c$  – температура стенок термоэлемента;

$\mu_n$  – корни уравнения  $\mu \operatorname{tg} \mu = YL = \beta L / \chi_3$ ,  $Bi = \beta L / \chi_3$

Далее для определения температурного поля напишем значение табличных данных модифицированных функций Бесселя, а также значение первых и вторых корней характеристического уравнения  $\mu_n$  для двух значений критериев Био.

$I_0$	$I_1$	$K_0$	$K_1$
0,90	0,04	2,1	5,8
0,82	0,08	1,8	4,1
0,75	0,11	1,6	3,2
0,69	0,13	1,5	2,7
0,64	0,15	1,4	2,3
0,59	0,17	1,3	2,1

$$\mu_1 = 0,14; \quad \mu_2 = 3,8; \quad \mu_3 = 7,0;$$

$$\mu_4 = 10,1; \quad \mu_5 = 13,3; \quad \mu_6 = 16,4;$$

$$\mu_1 = 0,2; \quad \mu_2 = 3,8; \quad \mu_3 = 7,02;$$

$$\mu_4 = 10,1; \quad \mu_5 = 13,3; \quad \mu_6 = 16,4;$$

$$B_i = 0,01; \quad B_i = 0,02.$$

Полученные формулы позволяют определить величины  $J, W, Dk, Dk_2, Dc$  использованием метода итерации и найти все необходимые характеристики цилиндрического термоэлемента в двумерном случае в стационарном режиме (Туголуков 2006: 35–39; Saleemi, Toprak, Li, Johnsson, Muhammed 2012: 22; Susmita, Das, Bandyopadhyay, Pramanik 2017: 69).

С этой целью определяем количество теплоты  $Q$ , теплоотдачу  $U$  и плотность тока  $J$ , а также мощность теплового потока в горячих и холодных спаев и мощность теплового потока в термоэлементе.

$$Q = \frac{2\pi(T_r - T_x)}{\ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad Q = \alpha(T_r - T_x), \quad \bar{J} = 6\bar{E}, \quad T_r = 260^\circ\text{C}, \quad T_x = 60^\circ\text{C}, \quad T_{cp} \approx 6^\circ\text{C},$$

$$h = 6 \text{ см}, \quad h = L$$

$$R_x = 1 \text{ К/Вт} = 1^\circ\text{C/Вт}, \quad R_2 = 1,5 \text{ см}, \quad R_1 = 1 \text{ см}, \quad J = \frac{6}{2\pi\epsilon_0 r},$$

$$\Delta T = T_r - T_x, \quad \Delta T = 260 - 60 = 200^\circ\text{C},$$

$$W_{k1} = 18 \text{ Вт}, \quad W_{k2} = 9 \text{ Вт}, \quad L = 6 \text{ см}.$$

$$\frac{dQ_1}{dT} = \int_{R_1}^R \frac{JE}{T_r} dV = \int_{R_1}^R \frac{JE}{T_r} \pi r^2 h dr = \frac{J^2/6\pi^2 h}{T_r} \int_{R_1}^{R_2} r^2 dr = \frac{6\pi^2 h}{3T_r} (R_2^3 - R_1^3),$$

$$V = \pi r^2 h, \quad dv = dr,$$

$$\frac{dQ_2}{dT} = \frac{\mu 6\pi^2 h}{3T_x} (R_2^3 - R_1^3).$$

Далее запишем полученные значения величин:

$$\chi = 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ Вт / см}\cdot\text{град. при комнатной температуре},$$

$$\chi_3 = 1,2 \text{ Вт / см}\cdot\text{град.};$$

$$\alpha = 160 \text{ мкВ / град. при комнатной температуре};$$

$\chi_m = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Вт / см}\cdot\text{град. среднеинтегральный коэффициент теплопроводности};$

$$\beta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (В/К)}; \quad W_{k1} = 18 \text{ Ватт}; \quad W_{k2} = 9 \text{ Ватт}; \quad W = 27 \text{ Вт}; \quad Q_{\text{общ}} = 120 \text{ Вт}; \quad Q = 50 \text{ Вт};$$

$$J = 2,5 \text{ А/см}^2; \quad \epsilon = 25; \quad E = 2 \cdot 10^{-9} \text{ В/м}, \quad \chi_2 = 0,14 \text{ Вт/см}\cdot\text{град.}; \quad \chi_1 = 0,2 \text{ Вт/см}\cdot\text{град.};$$

$$\beta_2 = 10^{-2} \text{ (В/К)}; \quad \beta_1 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (В/К)}.$$

Подставляя полученные значения в выражениях (5), (6), (7), затем в (4) и (4)' определяем температурные поля двухслойного цилиндрического термоэлемента на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  в стационарном случае:

$$\begin{array}{ll} (T_r)_1 = 14 + 0,72 = 14,72^\circ\text{C} & (T_x)_1 = 9 + 0,72 = 9,72^\circ\text{C} \\ (T_r)_2 = 26 + 2 = 28^\circ\text{C} & (T_x)_2 = 16 + 2 = 18^\circ\text{C} \\ (T_r)_3 = 42 + 1 = 43^\circ\text{C} & (T_x)_3 = 26 + 1 = 27^\circ\text{C} \\ (T_r)_4 = 56 + 1 = 57^\circ\text{C} & (T_x)_4 = 35 + 1 = 36^\circ\text{C} \\ (T_r)_5 = 70 + 2 = 72^\circ\text{C} & (T_x)_5 = 43 + 2 = 45^\circ\text{C} \\ (T_r)_6 = 85 + 1 = 86^\circ\text{C} & (T_x)_6 = 53 + 1 = 54^\circ\text{C} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 (\Delta T)_1 &= 5^\circ\text{C} \\
 (\Delta T)_2 &= 10^\circ\text{C} \\
 (\Delta T)_3 &= 16^\circ\text{C} \\
 (\Delta T)_4 &= 21^\circ\text{C} \\
 (\Delta T)_5 &= 27^\circ\text{C} \\
 (\Delta T)_6 &= 32^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

И строим график зависимостей температур двухслойного цилиндрического термоэлемента от первых двух корней характеристического уравнения.

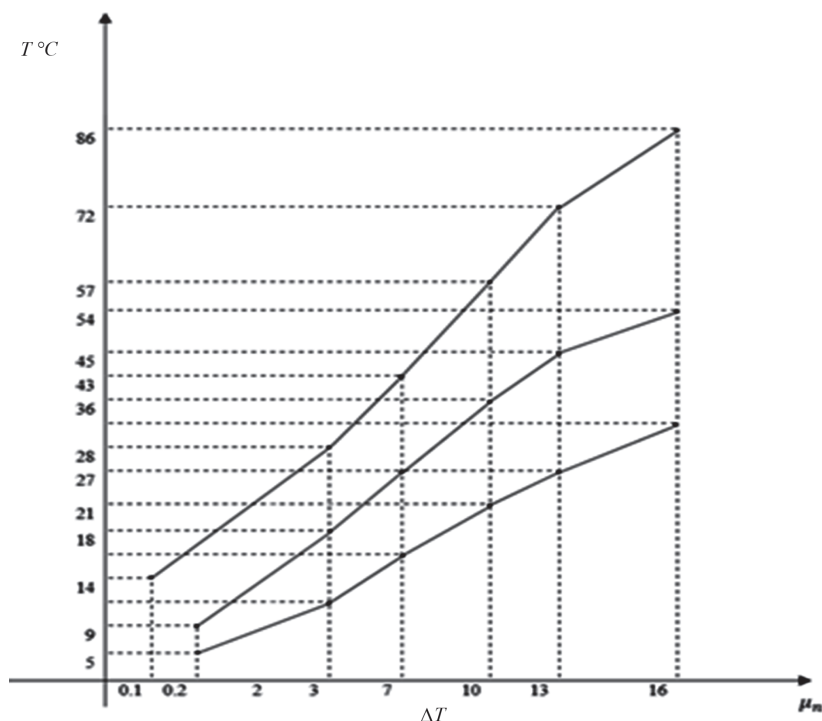


Рисунок 2. График зависимостей температур от первых двух значений корней характеристического уравнения для двух значений критериев Био

### Обсуждение результатов

Проведено исследование двухслойного цилиндрического термоэлемента на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . В результате были определены плотность тока, электрическая мощность термоэлемента, а также Джоулево тепловыделение в термоэлементе. Получен график зависимости температур в двухслойном цилиндрическом термоэлементе от первых двух значений корней характеристического уравнения для двух значений критериев Био. На рисунке 2 видно, что температура горячего спая  $T_r$  растет с уменьшением значений корней характеристического уравнения. Это вызвано увеличе-

нием концентрации носителей заряда, а также изменением коэффициента теплопроводности выше  $100^{\circ}\text{C}$ ; коэффициент теплопроводности теллура висмута увеличивается от  $0,1 \text{ Вт/см}\cdot\text{град.}$  при  $3^{\circ}\text{C}$ , до максимального значения  $0,6 \text{ Вт/см}\cdot\text{град.}$  при  $8^{\circ}\text{C}$  и с дальнейшим увеличением температуры. Уменьшение температуры  $T_x$  вызвана тем, что в области собственной проводимости полупроводников на горячем конце термоэлемента увеличивается концентрация электронов и дырок и начинается диффузия электронно-дырочных пар от горячего конца к холодному. При этом на горячем конце поглощается энергия, на холодном конце электронно-дырочные пары рекомбинируют с выделением энергии.

### Научная новизна

Показан процесс передачи тепловой энергии от более горячего спая к более холодному, а именно при контакте металл – полупроводник ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) и через двухслойные стенки термоэлемента. Определен коэффициент теплоотдачи, методом последовательных приближений, при этом использованы корни характеристических уравнений для двух значений критериев Био.

### Заключение

Определены температуры в двухслойном цилиндрическом термоэлементе в зависимости от первых шести корней характеристического уравнения, при двух значениях критериев Био. Изучены отдельные механизмы переноса тепла.

### Литература

*Анаточук 2003*: Анаточук Л. И. Термоэлектрические преобразователи энергии. Киев– Черновцы, 2003. С. 130–134.

*Головкин, Беспалов 2015*: Головкин А. Н. Разработка гибкого термоэлектрического модуля на основе кремнеземной стеклоткани и теллурида висмута ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) с высоким КПД / А.Н. Головкин, Е.С. Беспалов // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 285–289.

*Кошляков, Глипер, Смирнов 1970*: Кошляков И. С., Глипер Э. Б., Смирнов М. М. Уравнение частных производных в математической физике // М., 1970. С. 473–476.

*Охотин, Ефремов, Охотин, Пушкарский 1976*: Охотин А. С., Ефремов А. А., Охотин В. С., Пушкарский А. С. // «Термоэлектрические генераторы» М., 1976. С. 306–311.

*Туголуков 2006*: 5. Туголуков Е.Н. Решение задач теплопроводности методом конечных интегральных преобразований при автоматизированном проектировании технологического оборудования химической промышленности. Уч. пособие. Тамбов, 2006: С. 35–39.

*Saleemi, Toprak, Li, Johnsson, Muhammed 2012: 6. Saleemi M. Toprak M.S., Li Sh., Johnsson M, Muhammed M. Synthesis, Processing, and thermoelectric properties of bulk nanostructured of Materials Chemistry. 2012: Vol. 22. № 2. P. 725–730.*

*Susmita, Das, Bandyopadhyay, Pramanik 2017: Susmita P., Das R., Bhar R., Bandyopadhyay R, Pramanik R.A. Simple fast microwave-assisted synthesis of thermoelectric bismuth telluride nanoparticles from homogeneous reaction-mixture //Journal of Nanoparticle Research. Jadavpur Univ, dept Instrumental Sci, Калькутта, Индия, 2017: Vol. 19. № 2. P. 69.*

Г. С. Хазба

### АСТАЦИОНАРТӨ ТАГЫЛАЗААШЬАҒЫ $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ АШЬАҒАЛА Ө-ҒЫҒХАРАК ЗМОУ АЦИЛИНДРТӨ ТЕРМОЦЫРА АШЫРАТӨ ДӘЫ АГӨАҒАРА

**Аннотация.** *Имөаңгоуп  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  ағырңитәала ө-ғығхарак змоу ацилиндыртә еилазаашья ашыратә дәы агәатара. Ғығхарацыңхьаза игәатоуп ишуи ихьшәашәои аилартәакәа рғы афымцеи аңхарратә цәахәакәеи реиласра. Иазгәатоуп, аңхарра аиагара зыбзоуроу фактор хадақәаны ишыкоу: аңхарраиагара акоефициент, аңхарратәара акоефициент, аңхаррамөангара акоефициент, иара убас атермоЕДСи афымцамчхареи.*

**Ихадароу ажәакәа:** *аңхаррахылыра, аңхарратәара, Био иеиңшу ашәага-загақәа.*

G. S. Khagba

### DETERMINATION OF THE UNSTEADY TEMPERATURE FIELD DURING ABLATION - MELTING OF A SOLID (BASED ON Bi BISMUTH) BY AN INTEGRAL METHOD IN THE ONE-DIMENSIONAL CASE

**Annotation.** *The study of the nonstationary temperature field during ablation - melting of a solid (based on bismuth Bi) by an integral method in the one-dimensional case is carried out. The initial distribution of temperatures over time, as well as the internal heat of the phase transformation, are determined. The dependence of temperatures on the boiling and melting boundaries is studied as a function of time. It is shown that the main factors determining in this case the process of heat transfer are: - thermal conductivity, - thermal diffusivity, - heat flux, - internal heat of phase transformation.*

**Key words:** *boiling, melting, heat flux, temperature, thermal conductivity.*

АМЕДИЦИНА-БИОЛОГИАТӘ,  
АҚЫҒАНХАМҒАТӘ ТҶААРАДЫРРАҚӘИ  
АДҒЫЛ ИАЗКУ АТҶААРАДЫРРАҚӘИ

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ,  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ И НАУКИ О ЗЕМЛЕ

---

А. А. Джокуа

ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ БОЕВЫХ  
ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ТРАВМ

*(по данным электроэнцефалографических обследований участников  
Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг.)*

**Аннотация.** *Проведен клинический анализ электроэнцефалограмм (ЭЭГ) 287 участников Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. обоих полов, получивших боевые черепно-мозговые травмы различной степени тяжести (спустя полтора-два года после травмы). В структуре черепно-мозговых травм преобладали сотрясения и контузии головного мозга. У всех обследованных были отмечены нарушения ЭЭГ общемозгового характера функционального и органического генеза. Среди признаков нарушений лидирующими были проявления дисфункции стволового уровня структур мозга, а также признаки хронической недостаточности мозгового кровообращения – дисциркуляторная энцефалопатия. Наиболее характерные изменения показателей функционального состояния головного мозга касались выраженности (мощности) альфа-ритма.*

**Ключевые слова:** *боевые черепно-мозговые травмы, посттравматические поражения головного мозга, сосудистая мозговая недостаточность.*

Многочисленными клиническими исследованиями доказано, что имеются существенные различия между боевыми черепно-мозговыми травмами (далее БЧМТ) и травмами мирного времени. БЧМТ, как правило, возникают на фоне хронического стресса и сочетание таких факторов как стресс и ЧМТ объясняет более выраженную и стойкую неврологическую симптоматику травм боевого происхождения. Данные литературы (Сукиасян, Тадевосян 2014: 16), основанные на изучении клинической динамики посттравматических поражений ГМ свидетельствуют, что время, прошед-



шее после боевой травмы, определяет комплексный характер последствий ЧМТ (Суслина, Варакин, Верещагин 2006: 70; Челяпина, Шарова, Зайцев 2016: 17; Искра 2016: 41). В динамике посттравматических поражений ГМ в период до двух лет после травмы выделяют несколько синдромов: синдром вегетативной дистонии, церебрально-очаговый синдром, астенический синдром посттравматической эпилепсии, синдром вестибулярных нарушений. При расстройствах органической этиологии выделяют постконтузионный синдром (при ушибах, когда травмирована мозговая ткань) и дисфункции структур мозга разных уровней – коры, подкорковых, стволовых образований. Клиническая картина посттравматического синдрома со временем претерпевает существенные изменения, причем, как свидетельствуют клиницисты, независимо от тяжести БЧМТ (Oberman 2009: 978). Так, клиническое состояние, квалифицируемое в остром и подостром периоде как «острая стрессовая реакция» и «нарушение адаптации» спустя полтора-два года может трансформироваться в органическую патологию ГМ.

Исследованием клинической динамики посттравматических поражений ГМ участников Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. никто не занимался. Между тем после окончания боевых действий, с начала 1995–1996 гг. большое число лиц с полученными ЧМТ в анамнезе (после установления неврологического статуса) направлялись на ЭЭГ-обследование с жалобами на головные боли, головокружения, шум в ушах и голове, абсансоподобными состояниями (то есть приступами кратковременного выключения сознания, судорожными припадками).

### **Методы исследования**

Работа проведена по данным анализа ЭЭГ 287 участников Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. Запись ЭЭГ осуществлялась по стандартному международному протоколу (схема 10–20 в модификации Юнга), в монополярных и биполярных отведениях от лобных, височных, центральных, теменных и затылочных зонах с помощью компьютерной шестнадцатиканальной энцефалографической системы «Нейрон – Спектр».

На рисунке 1 приведен вариант нормы ЭЭГ здорового взрослого человека.

### **Результаты исследования**

Как показали наши исследования, у всех обследованных лиц отмечались в большей или меньшей степени выраженности (то есть грубые или значительные) нарушения ЭЭГ общемозгового характера функционального или органического генеза. В структуре ЧМТ (данные анамнеза) преобладали сотрясения ГМ разной степени тяжести (более чем у 64 % лиц) и ушибы

мозга (то есть контузии) в 42 % случаев. В 38 % случаев – повторные; реже отмечались осколочные ранения головы (в 7 % случаев). Одним из наиболее распространенных последствий травм выявлялась цереброваскулярная патология – то есть недостаточность мозгового кровообращения (дисциркуляторная энцефалопатия – это синдром прогрессирующего многоочагового и / или диффузного поражения ГМ, проявляющийся неврологическими, нейропсихологическими нарушениями и обусловленный хронической сосудистой мозговой недостаточностью или повторными эпизодами острых нарушений мозгового кровообращения). Известно, что в патогенезе ДЭ имеет значение как недостаточность притока артериальной крови к тканям ГМ, так и изменение реологических свойств крови и замедление венозного оттока (Суслина, Варакин, Верещагин 2006: 70). На записи ЭЭГ при недостаточности мозгового кровообращения регистрировались уплощенного типа электрограммы с полной редукцией (исчезновением) основного альфа-ритма и заменой его доминирующей высокочастотной БЭА (рисунок 2). Такие ЭЭГ-корреляты свидетельствуют о дисфункции мозговых структур (стволового уровня) и нарушении внутримозговых связей, в данном случае корково-подкорковых. У других обследованных отмечались признаки дисфункции срединностоловых структур мозга в виде билатерально-синхронной медленноволновой БЭА (рисунок 3).

В 14 % случаев нами отмечены нарушения электрогенеза функционального характера с органическим компонентом (у лиц с осколочными ранениями и тяжелыми контузиями). Следует отметить, что при тяжелых ЧМТ неизменно коррелятами нарушений электрогенеза были признаки лобной дисфункции, что согласуется с данными литературы (Изнак, Изнак, Олейчик, Абрамова и др. 2014: 54–59). Это указывает на важную роль функции лобных и префронтальных областей коры ГМ в патогенезе нарушений, возникающих после ЧМТ. В таких случаях на фоне функциональных нагрузок часто наблюдались признаки заинтересованности глубинных (медиобазальных) структур соседней височной доли. У 18 % пациентов нами выявлены ЭЭГ-корреляты повышенной судорожной готовности. На ЭЭГ регистрировались вспышки (пароксизмы) в виде разрядов генерализованных острых волн тета / дельта диапазонов. У четырех человек отмечалась эпилептическая активность, чаще всего генерализованная, в виде эпилептиформных комплексов (рисунок 4). Первичный очаг патологической активности на ЭЭГ не всегда выявлялся.

Таким образом, можно сделать заключение, что полученные нами данные совпадают с приведенными в литературе (Изнак, Изнак, Олейчик, Абрамова и др. 2014), что касается структуры БЧМТ и в количественном соотношении проявления посттравматических нарушений вполне сопоставимы.

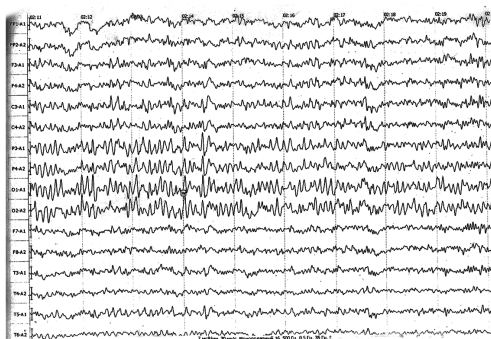


Рисунок 1. Вариант ЭЭГ взрослого здорового человека

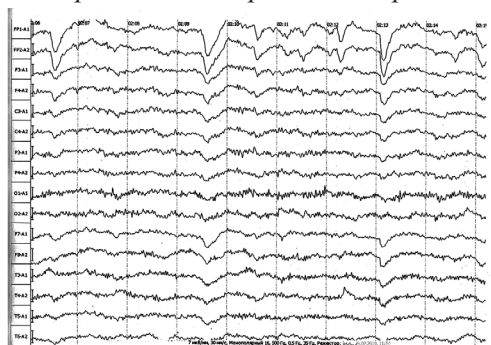


Рисунок 2. (На рисунках. 2, 3, 4-ЭЭГ лиц с БЧМТ через 1,5-2 года после травмы).

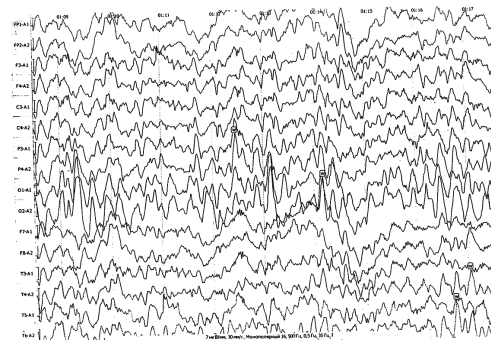


Рисунок 3.

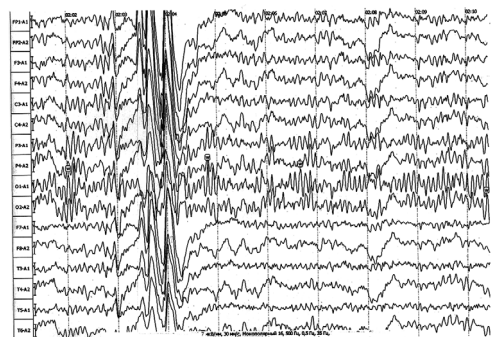


Рисунок 4.

### Литература

*Изнак, Изнак, Олейчик, Абрамова и др. 2014:* Изнак А.Ф., Изнак Е.В., Олейчик И.В., Абрамова Л.И., Сорокин С.А., Столяров С.А. ЭЭГ-корреляты лобной дисфункции как предикторы относительной фармакорезистентности при терапии эндогенных аффективных расстройств. Журнал неврол. и психиатрии. Спб., 2014. № 12. С. 54–59.

*Искра 2016:* Искра Д.А. Патогенетические аспекты применения цитофлавина в лечении хронической посттравматической головной боли. Журн. неврол. и психиатрии. Спб., 2016. Т. 116. № 11. С. 41–47.

*Суслина, Варакин, Верещагин 2006:* Суслина З.А., Варакин Ю.Я., Верещагин Н.В. Сосудистые заболевания головного мозга. Эпидемиология. Основы профилактики. М., 2006.

*Сукиасян, Тадевосян 2014:* Сукиасян С.Г., Тадевосян М.Я. Роль черепно-мозговой травмы в динамике боевого посттравматического стрессового расстройства / Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спб., 2014. Т. 114. № 4. С. 16–24.

*Челяпина, Шарова, Зайцев 2016:* Челябинина М.В., Шарова Е.В., Зайцев О.С. Синдром холинергической недостаточности при длительном угнетении сознания после тяжелой черепно-мозговой травмы / Журнал неврол. и психиатрии. Спб., 2016. Т. 116. № 7. С.17–24

*Obermann, Nebel, Schumann, Holle, Gizewski, Maschke, Goadsby, Diener, Katsarava 2009:* Obermann M., Nebel K., Schumann C., Holle D., Gizewski E.R., Maschke M., Goadsby P. J., Diener H.-C., Katsarava Z. Gray matter changes related to chronic posttraumatic headache. 2009. 73 (12): 978–983.

*Перечень сокращений, используемых в статье:*

ЭЭГ – электроэнцефалограмма;

БЧМТ – боевые черепно-мозговые травмы;

ГМ – головной мозг;

БЭА – биоэлектрическая активность;

ДЭ – дисциркуляторная энцефалопатия.

А. А. Цьокәуа

**АИБАШЬРААНТӘИ АХЫБАӨИ АХШЫБАӨИ ПРОУЗ ААХАҚӘА  
АКЫРШЫҚӘСА РЫШЬТАХЬ ИҚАРЦАЗ АНЫРРА  
(Аңсны ацьынцьтәылатә еибашьра (1992–1993 шш.) иалахәыз  
ауаа зхыжьыз аелектроенцефалографитә гәатарақәа рьлйшәақәа  
рышьатала)**

**Аннотация.** *Аклиникатә анализ рызун, аелектроенцефалограммала игәатәз, Аңсны Ацьынцьтәылатә еибашьра иалахәыз, зхыбаөи зхышыбаөи еу-еишым аахақәа зауз, 287-өык ауааңсыра (ахацәагыи аҳәсагыи) (ааха анроуз өышықәса-хышықәса рышьтахь). Аахақәа рөы еиҳа лассы-ласс иуңылоит ахшыбаө айысреи аконтузиен. Игәатәз зегьы рөы иуңылоит ЕЕГ азеиңихшыбаөтә еилагарақәа. Аңсахрақәа рөы еиҳа аңыжәара рьмоуп ахшыбаө аусура ашьақәкьара, рцәа иаланы инхаз ахшыбаө ах ашьаныкәара азымхара – адисциркулиартә енцефалопатиа.*

**Ихадароу ажәақәа:** *аибашьраан ахыбаөи ахшыбаөи проуз ааха, ахшыбаө аахашьтахьтәи анырра, ахшыбаө ах ашьа назго адақәа рзымхара.*

A. A. Djokua

**LONG-TERM EFFECTS OF WAR-RELATED  
CRANIOCEREBRAL INJURIES**

*(according to the data of electroencephalographic examinations of the participants in the Patriotic War of the people of Abkhazia 1992–1993)*

**Annotation.** *A clinical analysis of electroencephalograms (EEG) of 287 participants in the Patriotic War of the people of Abkhazia in 1992–1993 was carried out of both sexes, who received war-time craniocerebral injuries of varying severity (one and a half to two years after the injury). Brain concussions predominated in the structure of craniocerebral injuries. All examined had EEG disturbances of general cerebral character of functional and organic genesis. Among the signs of disorders, the leading were manifestations of dysfunction of the stem level of brain structures, as well as signs of chronic cerebrovascular insufficiency - dyscirculatory encephalopathy. The most characteristic changes in the indicators of the functional state of the brain concerned the severity (power) of the alpha rhythm.*

**Key words:** *war-time craniocerebral injuries, post-traumatic brain damage, cerebrovascular insufficiency.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИТЕЛ К ГЕЛЬМИНТАМ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГЕЛЬМИНТОЗОВ У ЖИТЕЛЕЙ АБХАЗИИ

**Аннотация.** На основе двух массивов данных – архивного материала Санитарно-эпидемиологической станции г. Сухума и собственных исследований авторов, проведенных на базе лаборатории «Аква+» (также в Сухуме) дается анализ наличия гельминтов у населения Республики Абхазия. В период с 2005 по 2012 год было обследовано 9 354 человек, из которых 4 791 инвазированы. В качестве наиболее распространенных гельминтозов выявлены аскаридоз, энтеробиоз и лямблиоз.

**Ключевые слова:** гельминтозы, эффективность вакцинации, обследованные, аскаридоз, энтеробиоз, трихоцефалез, лямблиоз, гименолепидоз, инвазия.

Гельминтоз – это паразитарное заболевание, вызываемое различными видами паразитических червей, и составляет очень большую группу заболеваний, которые имеют похожие клинические симптомы и подходы к лечению. Классификация гельминтозов основана, главным образом, на типе червя паразита. Гельминты поражают любые органы и ткани человека. В основе патогенеза – сенсбилизация организма продуктами обмена и распада паразитов, механические повреждения и т. д. Патогенез ранней стадии болезни определяется токсико-аллергизирующим воздействием ферментов, продуктов обмена личиночных форм гельминтов, а также эндогенными факторами воспаления (активированные в результате инвазии). Параллельно с неспецифической воспалительной реакцией развивается аллергическая реакция на антигены гельминтов. Патогенез хронической стадии болезни определяется видом гельминта, его локализацией, интенсивностью инвазии (Глазков 1977).

Гельминтозы ухудшают течение сопутствующих заболеваний, негативно сказываются на росте, развитии и трудоспособности человека, угнетают его иммунную и нервную систему. Новые данные показали, что кишечные гельминты способствуют высвобождению  $Th_2$  цитокинов, которые подавляют цитокины  $Th_1$ . В связи с этим люди, инвазированные гельминтозами, более подвержены инфицированию, в частности, туберкулезом после инфицирования *M. tuberculosis*.

В наибольшей степени патогенному влиянию гельминтозов подвержены беременные, а также дети из числа семей с неполноценным питанием.

Инвазии ведут к снижению трудовой деятельности в старшем возрасте и в целом наносят существенный медико-социальный и экономический ущерб (Борзунов, Веревищikov, Донцов, Зверева, Кузнецов, 2004).

Гельминтозы снижают эффективность вакцинации.

Продукты метаболизма гельминтов способствуют изменению биоценоза кишечника и увеличению доли условно-патогенной и патогенной микрофлоры.

Прогноз зависит от возбудителя, интенсивности инвазии, органа-мишени. При поражении ЦНС, глаз, сердца прогноз серьезный (Лейкина 1967).

Лямблиоз – крайне распространенное бытовое заболевание, которое вызывают лямблии, паразиты, попадающие в кишечник человека из внешней среды. Чаще всего диагноз лямблиоз ставят детям дошкольного и школьного возраста, однако нередко болеют и взрослые люди, пренебрегающие правилами личной гигиены (Лейкина 1967). Выделяют несколько степеней тяжести лямблиоза в зависимости от того, насколько сильно лямблии поражают печень и кишечник человека. Носителем инфекции являются практически все современные городские жители, однако на текущий момент инфицировано всего 10 % взрослого населения. Среди детей количество инфицированных лямблиями увеличивается до 40–50 %, согласно медицинской статистике.

Пути заражения и передачи заболевания могут быть различными:

- пищевой;
- контактно-бытовой;
- водный.

Водный путь особенно опасен: в водопроводной воде, как и в воде рек и озер, всегда содержатся цисты лямблий. Поэтому употребление сырой воды – гарантированный способ приобрести лямблиоз. Воду обязательно нужно фильтровать и кипятить. Только в процессе кипячения цисты лямблий уничтожаются, а вода становится безопасной для употребления (Гаврилова, Кирпичникова, Кузнецов, Романова, Старцева, Васильев 2016).

Также можно заразиться в бытовых условиях, взаимодействуя с загрязненными предметами (посуда, белье, предметы личного обихода). Дети, грызущие ногти, рискуют заразиться вдвойне.

Заболевание может протекать как в хронической, так и в острой форме. Попадая в организм, лямблии начинают питаться продуктами распада пищи в тонком кишечнике, затем, превратившись в цисты, переходят в толстую кишку. При дефекации цисты лямблий попадают во внешнюю среду, где сохраняют жизнедеятельность в течение 60–70 дней.

Эффективное лечение лямблиоза практически всегда позволяет избежать негативных последствий заболевания, однако в некоторых случаях болезнь

может перейти в тяжелую форму: начинается воспалительный процесс в тонком кишечнике, нарушается пищеварение, ухудшается состояние кожи. Нередко дерматиты и аллергические реакции и после завершения лечения сохраняются на коже долгое время. Распространенным последствием болезни является гастрит или дуоденит.

Аскаридоз (*Ascariidosis*) – заболевание, вызванное паразитированием нематод из рода *Ascaris* семейства Аскариды (*Ascariidae*). Аскаридоз является самым распространенным геогельминтозом (т. е. распространяется через почву) в мире. Этому заболеванию подвержены не только люди. Оно часто диагностируется у свиней, иногда у лошадей.

У людей заболевание вызывает человеческая аскарида (лат. *Ascaris lumbricoides*) из рода *Ascaris*. Часто именно этот род, а не само семейство, называют аскаридами. К этому роду относится еще только один вид – свиная аскарида (*A. suum*). Но имеются предположения, что на самом деле свиная и человеческая аскарида являются одним видом, так как они очень схожи между собой. Длина тела взрослой особи достигает 30 см, при этом самец меньше самки. Паразит имеет веретенообразную форму. Живые черви и те, которые покинули кишечник недавно, имеют красновато-желтый цвет. После смерти гельминта его тело становится беловатым. У самца хвостовой отдел загнут крючком к брюху, у самки – заострен в виде конуса. Рот глиста имеет три губы с зубцами по краям. Тело покрыто твердым кожно-мышечным мешком. Яйца аскариды с личинками попадают в пищеварительную систему хозяина, пробираются сквозь стенки кишечника и мигрируют в другие органы с кровотоком. Попадая в ротовую полость из легких, они проглатываются и снова оказываются в кишечнике, где и превращаются в половозрелых особей (Миропольская, Иванова, Молочный, Троценко 2014).

Яйца имеют характерную овальную форму, они размером 35–50 мкм в диаметре и длиной 40–70 мкм. У них довольно толстая оболочка. Развитие яиц происходит при температуре 22–26 градусов. Личинка становится инвазионной через 1,5–2 недели.

От 0,8 до 1,2 млрд человек во всем мире заражено аскаридозом, больше всего страдает население Африки (34 %) (к югу от Сахары) и Азии (80 %). Аскаридоз является наиболее распространенной формой гельминтозов, уступая лишь энтеробиозу. В Польше, России, в других странах Европы процент заболеваемости невысок. В высокоэпидемичных регионах аскаридозом заражено почти 90 % детей.

По состоянию на 2010 год зарегистрировано около 2 700 смертей от аскаридоза. Это лишь на 20 % меньше, чем в 1990 году, что свидетельствует об отсутствии значительной позитивной динамики на протяжении 20 лет (Гаврилова, Кирпичникова, Кузнецов, Романова, Старцева, Васильев 2016).



Токсокароз – паразитарное заболевание, вызываемое личинками аскарид. Характеризуется длительным течением и поражениями нескольких внутренних органов.

Половозрелые формы токсокар – крупные раздельнополые черви длиной 4–18 см локализуются в желудке и тонком кишечнике животных (собак). Интенсивность заражения у собак может быть очень высокой, особенно у молодых животных. Средняя продолжительность жизни половозрелых особей составляет четыре месяца, максимальная – шесть месяцев. Самка паразита за сутки откладывает более 200 тыс. яиц. В 1 г фекалий может содержаться 10 000–15 000 яиц, так что в почву попадают миллионы яиц, обуславливая тем самым высокий риск заражения токсокарозом (Миропольская, Иванова, Молочный, Троценко 2014).

Цикл развития возбудителя следующий: выделившиеся яйца токсокар попадают в почву, где в зависимости от ее влажности и температуры созревают за 5–36 суток, становясь при этом заразными. Заразность яиц сохраняется в почве длительное время, в компосте – несколько лет.

Жизненный цикл токсокары сложный. Выделяют основной цикл и два варианта вспомогательных. Основной цикл происходит по схеме: окончательный хозяин (собака) – почва – окончательный хозяин (собака). Вспомогательный цикл (вариант 1) идет трансплацентарно, в этом случае паразит в личиночной стадии переходит от беременной самки к плоду. Зараженный щенок становится функционально полноценным окончательным хозяином, источником заражения.

Вспомогательный цикл (вариант 2) осуществляется по цепи: окончательный хозяин (собака) – почва – резервуарный хозяин. В роли резервуарного хозяина могут быть представители грызунов, свиньи, овцы, птицы, земляные черви. Человек также выступает в роли резервуарного хозяина, но не включается в цикл передачи заражения, являясь для паразита биологическим тупиком. Дальнейшее развитие возбудителя происходит при условии, что резервуарный хозяин будет съеден собакой или другим окончательным хозяином.

У человека цикл развития возбудителя и его миграция осуществляется следующим образом: из яиц токсокар, попавших в рот, затем в желудок и тонкий кишечник, выходят личинки, которые через слизистую оболочку проникают в кровеносные сосуды и через систему воротной вены мигрируют в печень, где часть из них оседает, окружается воспалительной оболочкой. Часть личинок по системе печеночных вен проходит фильтр печени, попадает в правое сердце и через легочную артерию – в легкие. В легких часть личинок также задерживается, а часть, пройдя фильтр легких, по большому кругу кровообращения заносится в различные органы, оседая в них. Личинки токсокар могут локализоваться в различных органах и тканях – почках, мышцах,

щитовидной железе, головном мозге и др. В тканях личинки сохраняют жизнеспособность многие годы и периодически, под влиянием различных факторов, возобновляют миграцию, обуславливая рецидивы заболевания (Первомайский 1974).

Токсокароз – широко распространенная болезнь, регистрируется во многих странах мира. Основным источником заражения человека являются собаки, особенно щенки. Заражение происходит при непосредственном контакте человека с зараженным животным (обычно шерсть животного загрязнена яйцами) или если в рот попала земля, в которой также были яйца токсокар. Особенно подвержены заражению дети, когда они возятся в песке или играют с собакой. Взрослые заражаются при бытовом контакте с заразными животными или в процессе профессиональной деятельности (ветеринары, собаководы, работники коммунальных служб, водители, люди, работающие с почвой, с землей и др.). Человек может заразиться при употреблении сырого или не достаточно термически обработанного мяса. Описаны случаи заражения токсокарозом при употреблении в пищу печени ягненка (Первомайский 1974).

Распространение гельминтозных инвазий зависит от социальных, природных условий, географических особенностей конкретной местности. В Республике Абхазии, где преобладает субтропический климат и часть населения занято в сельском хозяйстве, условия для возникновения и распространения гельминтозных инвазий на протяжении всего года весьма благоприятны.

В нашей статье мы анализируем два массива данных: архивный материал Санитарно-эпидемиологической станции г. Сухума и собственные исследования, проведенные на базе лаборатории «Аква+» (также Сухум).

По архивным материалам Санитарно-эпидемиологической станции г. Сухума, за период с 2005 по 2012 год на наличие гельминтов было обследовано 9 354 человек, из которых 4 791 – инвазированы, и это 51 % от общего числа обследованных. Выявлены: аскаридоз, энтеробиоз, трихоцефалез, лямблиоз, гименолепидоз (карликовый цепень, свиной цепень, бычий цепень). В качестве наиболее распространенных гельминтозов выявлены аскаридоз, энтеробиоз и лямблиоз (рисунок 1). Следует отметить, что начиная с 2010 года отмечаются случаи инвазии карликовым цепнем (частота встречаемости этой инвазии в 2011 году составила 9 %). В том же году частота встречаемости трихоцефалеза составила 17 %, в предыдущие шесть лет и в последующий год эта инвазия не зафиксирована.

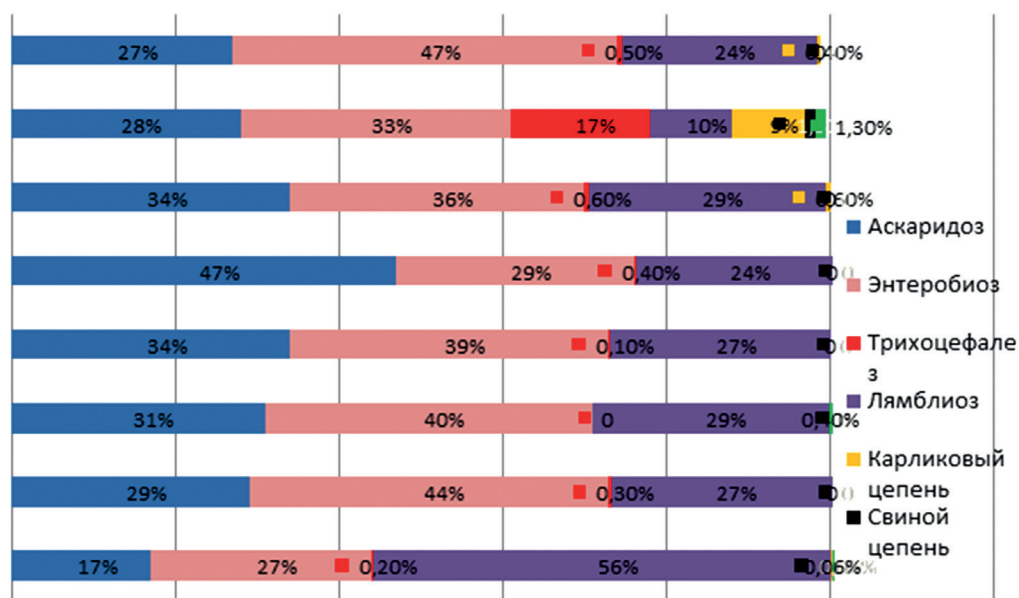


Рисунок 1. Частота встречаемости гельминтозных инвазий среди населения Абхазии

Анализ общей динамики гельминтозных инвазий (рисунок 2) за восемь лет (2005–2012) показал их высокий уровень (65 %) на протяжении трех лет в период с 2005 по 2007 год с последующей динамикой к снижению в два раза (32 %) в 2010 г. и ростом в последующие три года до 58 %.

Был проведен анализ динамики гельминтозных инвазий у женщин на ранних сроках беременности. Известно, что гельминтозные инвазии в два раза увеличивают частоту токсикозов при беременности и вызывают слабость родовой деятельности (Гаврилова, Кирпичникова, Кузнецов, Романова, Старцева, Васильев 2016). В 2006 году произошло увеличение числа инвазий по сравнению с 2005 годом (12 %) в три раза (37 %). Таким образом, в 2010 году зафиксирован самый низкий уровень частоты встречаемости гельминтозных инвазий.

В структуре заболеваемости, по данным Санитарно-эпидемиологической станции г. Сухума, первое место по распространенности занимает энтеробиоз – (36 %), второе – лямблиоз (33 %), на третьем месте – аскаридоз (29 %) (рисунок 3). Например, в странах СНГ первое место также занимает энтеробиоз (67,1 %), на втором месте по распространенности находится аскаридоз (19,6 %). В наших исследованиях он занимает третье место (Сергиев, Наркевич, Онищенко, Николаевский, Фролова, Богатырев, Бочков, Жильцов 1989). В то время как в странах СНГ третье место по распростра-

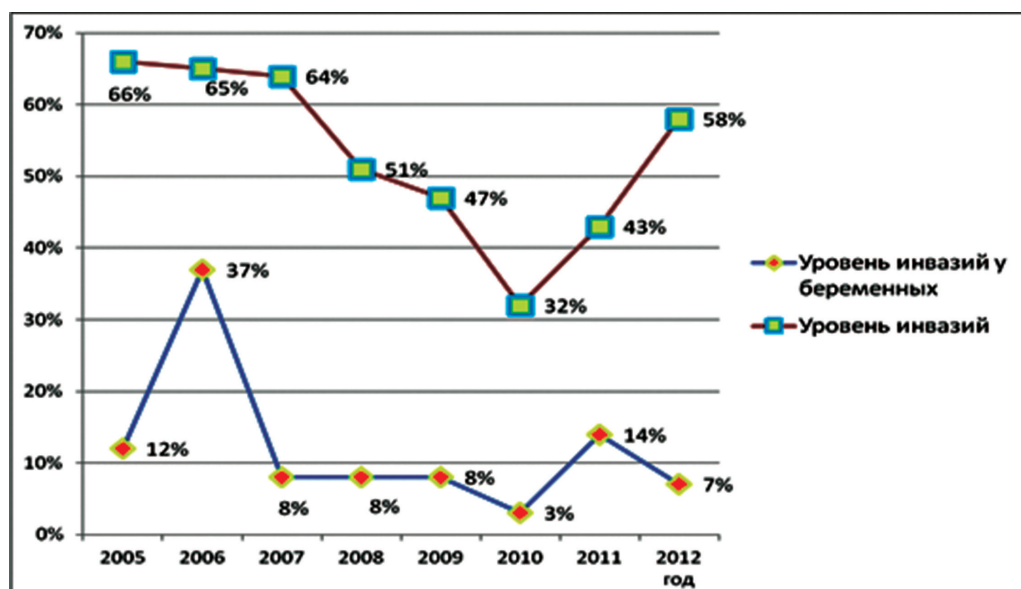


Рисунок 2. Динамика уровня инвазий на протяжении восьми лет (2005–2012)

ненности занимает трихоцефалез (7,0 %), по данным наших исследований он составил 1 % (Гаврилова, Кирпичникова, Кузнецов, Романова, Старцева, Васильев 2016).

Так как существует множество различных видов заболевания, то и диагностика гельминтозов включает множество методов исследования. Приведем лишь некоторые:

- Анализ кала используется в первую очередь при самых распространенных видах гельминтозов;
- Макроскопическое исследование чаще применяется при обнаружении аскарид и остриц;
- Микроскопическое исследование;
- Копроовоскопия. По количеству яиц, обнаруженных в кале, определяют интенсивность глистной инвазии;
- Исследование желчи и содержимого двенадцатиперстной кишки;
- Биопсия мышечной ткани при подозрении на трихинеллез;
- Кровь на микрофилярии;
- Определение в крови специфических антител против некоторых видов гельминтов;
- УЗИ, рентгенография, фиброгастродуоденоскопия.

Таким образом, анализ на гельминтозы – это сложная многоступенчатая процедура, которая назначается специалистом в зависимости от подозре-

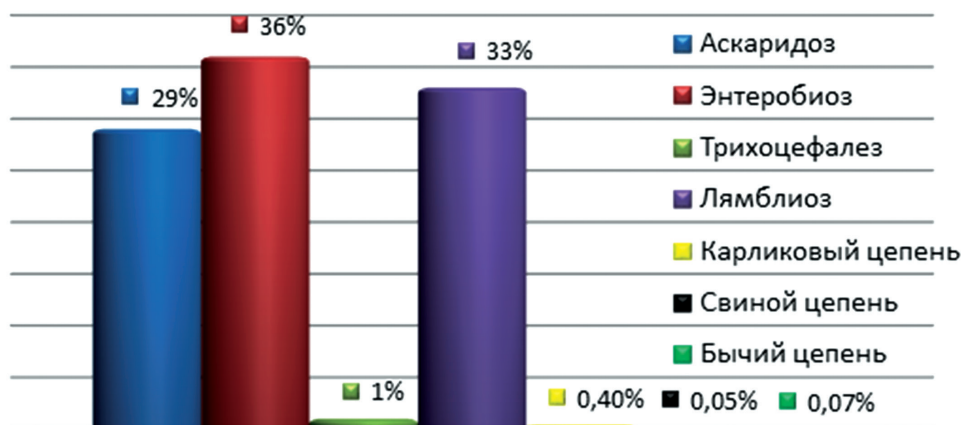


Рисунок 3. Сравнительный уровень гельминтозов

ния на тот или иной вид гельминтоза (Гаврилова, Кирпичникова, Кузнецов, Романова, Старцева, Васильев 2016).

Основным методом диагностики в нашем исследовании является иммуноферментный анализ (ИФА), при котором в сыворотке крови могут быть обнаружены антитела к антигенам гельминтов. Практика показывает, что есть прямая зависимость между уровнем антител и тяжестью клинических проявлений. Паразитологический диагноз при заболевании токсокарозом устанавливается сложно и только по наличию в тканях характерных образований – гранулем и личинок и их идентификации при исследовании биопсийного и секционного материала. Это возможно при пункционной биопсии печени, легких, оперативном вмешательстве. Используют в основном иммунологические реакции, позволяющие выявлять антитела к антигенам токсокар. Обычно применяют ИФА с секреторно-эксcretорным антигеном личинок токсокар второго возраста.

Диагностическим титром считают титр антител 1:400 и выше (в ИФА). Титр антител 1:400 свидетельствует о заражении, но не болезни. Титр антител 1:800 и выше свидетельствует о заболевании токсокарозом.

Наиболее характерным лабораторным показателем гельминтозов является повышенное содержание эозинофилов в периферической крови. Относительный уровень эозинофилии может колебаться в широких пределах, достигая в ряде случаев 70–80 % и более (в случае массивной инвазии). Повышается содержание лейкоцитов. В хронической стадии болезни острые клинические и лабораторные признаки затухают. Наиболее стабильным лабораторным показателем остается повышение эозинофилов (Гаврилова, Кирпичникова, Кузнецов, Романова, Старцева, Васильев 2016).

С января 2016 по декабрь 2017 года на базе лаборатории «Аква+» было обследовано 738 детей в возрасте от одного года до десяти лет, все жители Сухума. В тот же период обследованы 312 взрослых в возрасте 20 лет и старше. Материалом исследования служила венозная кровь. Всем пациентам определяли следующие антитела: суммарные АТ к лямблиям, IgG к антигенам аскарид и токсокар. Использовался полуколичественный метод с вычислением коэффициента позитивности. Следует отметить, что ИФ-анализ является достоверным диагностическим методом, но при этом должен использоваться в комплексе с другими методами исследования. Также пациентам был сделан клинический анализ крови, включающий определение количества гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, подсчет лейкоцитарной формулы, определение СОЭ.

По результатам общего анализа крови при инвазиях можно определить анемию, которая возникает из-за недостатка питательных веществ и токсического воздействия гельминтов. Обнаруживается также периферическая эозинофилия, хотя она не является специфичным признаком, поскольку встречается при многих паразитарных инфекциях (Сергиев, Наркевич, Онищенко, Николаевский, Фролова, Богатырев, Бочков, Жильцов 1989).

При продолжительной инвазии количество эозинофилов быстро увеличивается и может достигать больших значений, что характерно для большинства гельминтозов.

Гематологические изменения при гельминтозах включали (редко) лейкоцитоз ( $10\text{--}15 \times 10^9/\text{л}$ ), повышение количества эозинофилов (до 15–18 %).

На диаграмме (рисунок 4) видно, что основным диагностическим критерием в клиническом анализе крови является повышение числа эозинофилов (68,5 %), всего в 3,2 % случаев обнаружилось небольшое повышение лейкоцитов и в 28,3 % случаев клинический анализ крови оставался без изменений.

При анализе показателей у младшей возрастной группы положительный результат в ИФА наблюдался: при исследовании на антигены лямблий – в

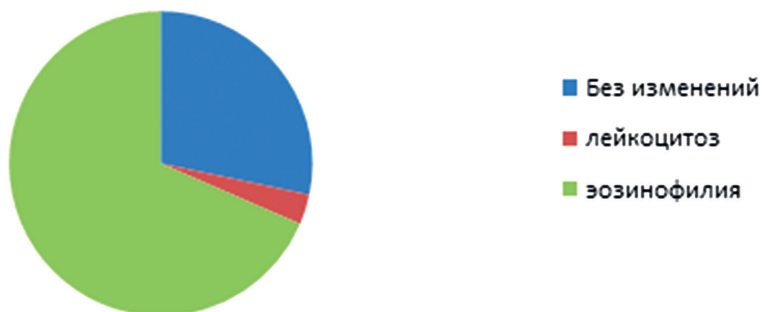


Рисунок 4. Показатели общеклинического анализа крови

28,5 % случаев (177 человек), на антигены аскарид – 32,2 % случаев (200 человек), на антигены токсокар – 24,1 % (150 человек). При этом повышение количества эозинофилов наблюдалось в тех случаях, когда коэффициент позитивности достигал 2,0 усл. ед. и выше. Количество эозинофилов повышалось до 10–18 %. При этом были жалобы на кожный зуд, аллергические реакции (включая конъюнктивиты).

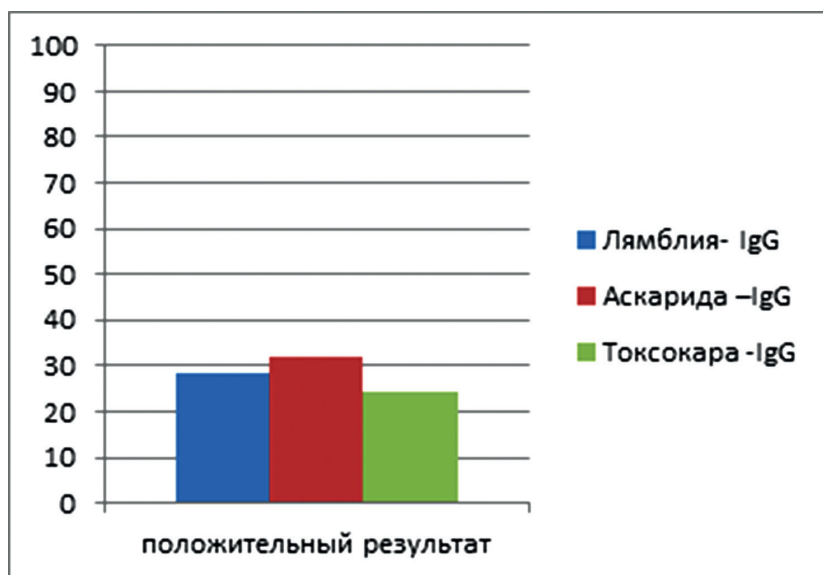


Рисунок 5. Показатели младшей возрастной группы

При анализе показателей старшей возрастной группы положительный результат в ИФА наблюдался: при исследовании на антигены лямблий – в 9,3 % случаев (29 человек), на антигены аскарид – 10,2 % случаев (32 человека), на антигены токсокар – 19,2 % (60 человек) (рисунок 6). При этом повышение количества эозинофилов также наблюдалось в случаях, когда коэффициент позитивности достигал 2,0 усл. ед. и выше. Количество эозинофилов повышалось до 10–12 %.

При сравнении данных двух групп становится очевидно, что распространенность паразитарных инвазий достоверно выше в группе младшего возраста, что согласуется с литературными данными (рисунок 7) (Миропольская, Иванова, Молочный, Троценко 2014). И только данные по токсокарозу практически одинаковы в обеих группах. При этом нужно отметить, что токсокароз является самым распространенным гельминтозом в старшей возрастной группе, инфицирована практически 1/5 часть обратившихся.

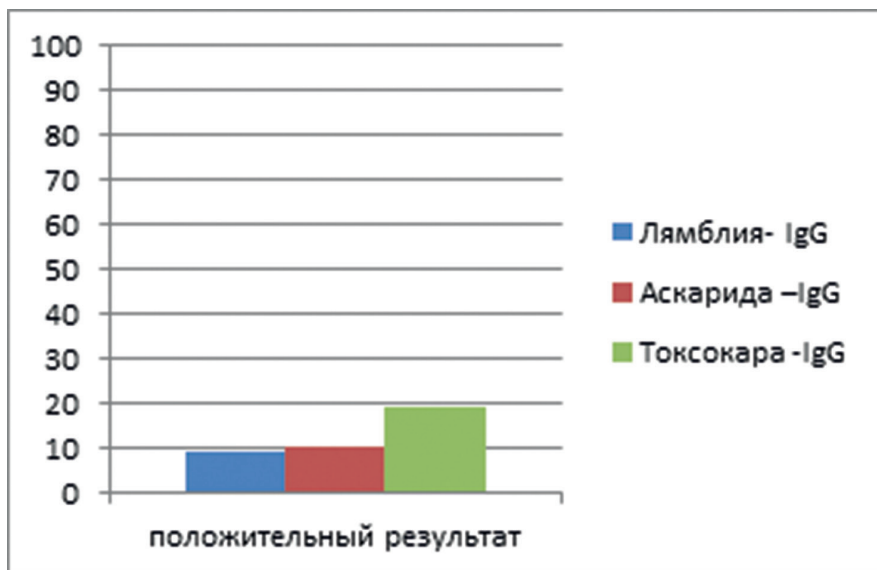


Рисунок 6. Показатели старшей возрастной группы

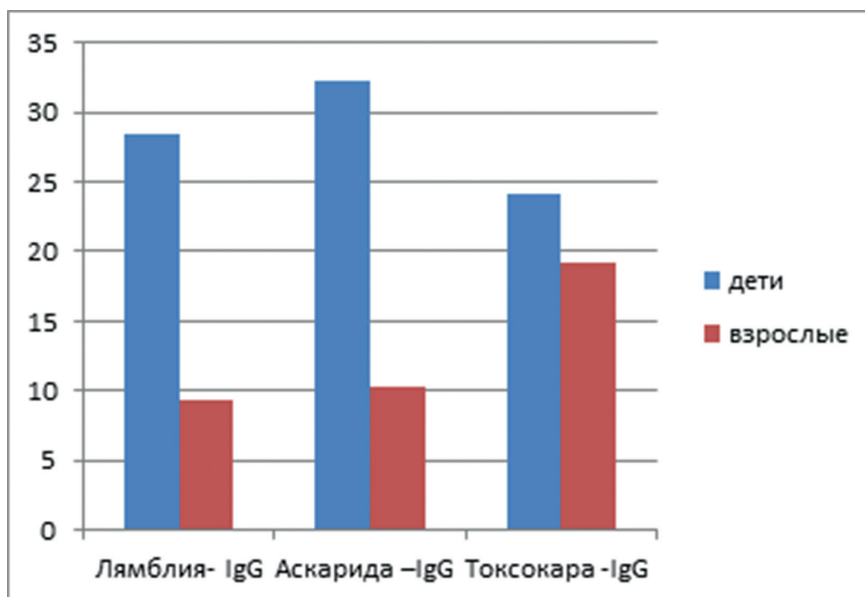


Рисунок 7. Сравнение данных двух групп



Таблица 1

**Выявление антител к гельминтам у пациентов двух возрастных групп**

Исследованные АТ	Положительный результат, %	
	дети	взрослые
Лямблия – IgG	28,5	9,3
Аскарида – IgG	32,2	10,2
Токсокара – IgG	24,1	19,2

Также следует отметить часто встречающиеся инвазии двумя видами паразитов. Как правило, это аскариды и токсокары. (Таблица 1).

По результатам исследования следует отметить, что значимых различий между различными группами детей выявлено не было. Распространенность гельминтозов в дошкольном и школьном возрасте практически одинакова. Среди исследованных гельминтозов у детей наиболее распространенным оказался аскаридоз, наименее распространенным – токсокароз. Полученные данные полностью соответствуют представленным в литературе (Миропольская, Иванова, Молочный, Троценко 2014, Сергиев, Наркевич, Онищенко, Николаевский, Фролова, Богатырев, Бочков, Жильцов 1989) данным по распространенности различных видов гельминтов. У обследованных взрослых наиболее распространенным оказался токсокароз, а лямблиоз и аскаридоз выявлены практически в равном количестве.

Выявленная высокая частота встречаемости гельминтозных инвазий среди населения Республики Абхазия свидетельствует о низком уровне санитарно-гигиенических знаний населения, о нарушении санитарных норм во многих торговых центрах, об устаревшей сети водоснабжения и других причинах.

Борьба с гельминтозами включает в себя комплекс санитарно-профилактических мероприятий, санитарно-гигиеническое просвещение населения и химиотерапию инвазированных лиц.

**Литература**

*Борзунов, Веревищikov, Донцов, Зверева, Кузнецов 2004:* Борзунов В.М., Веревищиков В.К., Донцов Г.И., Зверева Л.И., Кузнецов П.Л. Протозойные инвазии и гельминтозы человека. Екатеринбург, 2004. с 175.

*Глазков, 1977:* Глазков Т.А. Проблемы описторхоза в Западной Сибири. М., 1977. 124 с.

*Лейкина 1967:* Лейкина Е.С. Важнейшие гельминтозы человека. М., 1967. 367 с.

*Первомайский 1974:* Г. С. Первомайский. Паразитология человека / Под ред. Г.С. Первомайского. СПб., 1974. 575 с.

*Сергиев, Наркевич, Онищенко и др. 1989:* Сергиев В.П., Наркевич М.С., Онищенко Г.Г., Г.П. Николаевский Г.П., Фролова А.А., Богатырев О.Ф., Бочков Ю.А.,

Жильцов Ю.П. Паразитарные болезни в России и задачи по их профилактике // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. М., 1989. № 5. С. 3–9

*Гаврилова, Кирпичникова, Кузнецов и др.* 2016: Гаврилова Е.П., Кирпичникова Г.И., Кузнецов Н.И., Романова Е.С., Старцева Г.Ю., Васильев В.В. Гельминтозы: общая характеристика, диагностика, лечение // Журнал «Российский лечащий врач». СПб., 2016. Т. 20. № 4. 2016. С. 26–34.

*Миропольская, Иванова, Молочный и др.* 2014: Миропольская Н.Ю., Иванова И.Б., Молочный В.П., Троценко О.Е. Этиология и распространенность гельминтозов у детей Хабаровского края // Дальневосточный медицинский журнал. 2014. № 4. С. 26–30.

*T. Z. Kalandia, I. P. Sheremet*

### АГЕЛЬМИНТҚӘА РТӘЫМЦӘЕИЖЬ-ҒАГЫЛА АГӘАҒАРЕИ АЦСНЫ АТӘЫЛАУАА АГЕЛЬМИНТОЗҚӘА АХЬЫНЗАРЫЛАЦӘОУ АТЦААРЕИ

**Аннотация.** *Ақғатәи Асанитар-эпидемиологиатә станция аматериалқәеи автор алабораториа «Аква+» ағы имғағиз ихатәы тйаамтқәеи рышьағала Аңсны атәылауаа агельминтқәа ахьынзарымоу гәатан. 2005 шықәса инаркны 2012 шықәса иртәгзаны игәатан 9 354-ғык, урт ркынтәи 4 791-ғык уи рылалахьан. Еиға лассы-ласс иуғыло агельминтозқәа иреиуоуп: аскаридоз, ентеробиоз, лиамблиоз.*

**Ихадароу ажәақәа:** *агельминтоз, ачымазара иағагыло ахәиә алағара ахьынзахартоу, агәағара, аскаридоз, етеробиоз, трихоцефалез, лиамблиоз, гименолепидоз, инвазия.*

*T. Z. Kalandia, I. P. Sheremet*

### STUDY OF ANTIBODIES TO HELMINTHS AND THE PREVALENCE OF HELMINTHIASES AMONG RESIDENTS OF ABKHAZIA

**Annotation.** *On the basis of two data sets - archival material of the Sanitary-Epidemiological Station in Sukhum and the authors' own research conducted on the basis of the Aqua + laboratory (also in Sukhum), an analysis of the presence of helminths among the population of the Republic of Abkhazia is given. In the period from 2005 to 2012, 9 354 people were examined, of which 4 791 were infested. Ascariasis, enterobiasis and giardiasis were identified as the most common helminthiases.*

**Key words:** *helminthiasis, vaccination efficiency, examined, ascariasis, enterobiasis, trichocephalosis, giardiasis, hymenolepiasis, invasion.*

*Л. В. Кокоша, О. В. Пустоварова, А. О. Осия, О. В. Осия*

## **МИНЕРАЛЬНАЯ ВОДА «АУАДХАРА»**

**Аннотация.** *Представлены результаты физико-химического исследования минеральной воды «Ауадхара», аналогичной водам «Боржоми», «Набеглави», «Саирме», «Уцери» и «Виши» (Франция). Дана динамика изменения на протяжении 69 лет количественного содержания ионов, а также сезонная динамика. Проанализированы материалы о физиологическом и клиническом действии Ауадхарской минеральной воды при опытах на животных и в клинических условиях. Представлены рекомендации для использования Ауадхарской минеральной воды в качестве лечебной.*

**Ключевые слова:** *минеральная вода, катионно-анионный состав, гидрохимические показатели, общая минерализация.*

### **Введение**

Питьевые минеральные воды Абхазии характеризуются большим разнообразием минерального состава и общей минерализации. Это и углекислые минеральные воды, выходы которых находятся на южном склоне Большого Кавказа, и сероводородные, метановые минеральные воды прибрежной низменной полосы (Джалиашвили 1967: 209).

При формировании генетических типов минеральных вод важное значение имеет разнообразный характер геотектонических структур на территории Республики Абхазия. Большое давление, отсутствие света, температурные условия, насыщенность газами, соприкосновение с различными породами – все эти факторы отражаются на свойствах и составе природной минеральной воды (Шеметило 1982: 5).

Лечебное действие природных минеральных вод зависит от их химического состава и физических свойств (Григолия 1968: 29, Кокоша 2011: 249).

Большинство питьевых минеральных вод Республики Абхазия относятся к углекислым водам. Использование минеральных вод в качестве питьевых получили научное обоснование в работах ученых НИЦ курортологии и нетрадиционной медицины АНА.

### **Характеристика Ауадхарских минеральных источников**

По установленной в 1960 году зональности минеральных вод Абхазии, Ауадхарские минеральные источники расположены в зоне углекислых вод складчатой системы южного склона Большого Кавказа (Мелива 1960: 3, Мелива 1969: 12, Мелива 1969: 257, Григолия 1968: 29).

Источники минеральной воды «Ауадхара» расположены на правом берегу реки Ауадхара, на расстоянии 18 горных километров от восточного берега озера Рица, на южном склоне Главного Кавказского хребта, на высоте 1 650 м над уровнем моря. На территории курорта было выявлено более 30 выходов минеральных вод.

Выходы минеральных источников «Ауадхара» представлены тремя группами: верхняя группа (источник 4), средняя группа (источники 1, 2) и нижняя группа (источники 3, 5).

Благодаря выходу главного Ауадхарского источника (Ауадхарский минеральный источник № 1, *средняя группа*) послужил созданию в Рица-Ауадхарском районе бальнеологического курорта. По исследованиям, проведенным в 1933 году, экспедиция ГКУ и ВМЭМ сделала следующее заключение (Физико-химическая характеристика 1933:3): минеральная вода этого источника без цвета, без запаха, щелочного вкуса, при стоянии на воздухе, на солнце, через шесть-восемь часов в воде образуется бурый осадок и опалесценция, температура воды равна 9 °С, рН=7,1, количественное содержание ионов представлено в таблице 1.

Таблица 1

**Ионный состав Главного Ауадхарского источника**  
(Гогохия 1955: 8)

Ионный состав	Грамм в 1 л	Миллимоль	Мг-экв.	% экв.
Аммоний-ион	0,3 618	20,00	20,00	10,85
Литий-ион	0,0 006	0,084	0,084	0,04
Калий-ион	0,0 184	1,230	1,230	0,67
Натрий-ион	1,1 975	52,200	52,200	28,20
Кальций-ион	0,2 101	5,250	10,500	5,64
Магний-ион	0,0 984	4,030	8,060	4,33
Стронций-ион	0,0 012	0,013	0,026	0,01
Железо-ион	0,0 164	0,294	0,589	0,31
Алюминий-ион	0,0 015	0,055	0,166	0,09
Магранец-ион	следы			
Никель-ион	следы			
С у м м а катионов	1,9 359	–	92,86	50,14
Хлор-ион	0,0 970	2,780	2,780	1,49

Бром-ион	0,0 027	0,03	0,03	0,02
Йод-ион	следы			
Нитрат-ион	0,062	0,99	0,99	0,48
Сульфат-ион	0,0 079	0,083	0,163	0,64
Гидрофосфат-ион	0,0 011	0,0 115	0,0 230	0,01
Гидроарсенат-ион	0,0 084	0,058	0,118	0,06
Гидрокарбонат-ион	5,4 067	88,67	88,67	47,32
С у м м а анионов	5,5 858	–	92,77	50,02

При изучении ионного и солевого составов минеральной воды главного источника можно установить почти полное тождество с составом воды Екатерининского источника «Боржоми». Это относится к величине насыщения воды углекислыми щелочами, солями железа и щелочных металлов. Однако эта вода отличается от «Боржоми» наличием брома (3 мг/л), мышьяка (8,5 мг/л), лития, стронция и следов марганца. При этом имеется огромное естественное насыщение воды угольной кислотой (до 2 г/л).

Воду Главного источника Ауадхары можно охарактеризовать как щелочно-углекислую, железистую минеральную воду (Физико-химическая характеристика 1933:3).

С 1946 года в обозначенных местах начались разведочные бурения, и из скважины № 1 была получена минеральная вода аналогичного состава. После появления буровой скважины № 1 самотек из источника № 1 прекратился.

В процессе опытных работ на буровой № 10 Ауадхарского месторождения в 70-е годы скважинами были вскрыты воды, несколько отличные по химическому составу. Мы имеем в виду минеральные воды типа «Боржоми», «Нарзан», «Саирме» (Мелива 1972: 311; Осия 2002: 3). Химический анализ показывают изменения воды: она то железисто-углекисло-гидрокарбонатно-кальциево-магниевая, то в формуле Курлова принимают участие и натрий за счет кальция и магния (Огильви 1948: 205, Осия 2002: 3, Гогохия 1955: 8).

### **Сравнение химического состава воды «Ауадхара» с другими аналогичными водами**

По классификации профессора В. А. Александрова Ауадхарская минеральная вода (буровая № 1) принадлежит к гидрокарбонатно-углекисло-натриево-мышьяковистой группе минеральных вод гидрокарбонатного класса (Александров 1932: 53, Иванов 1964: 3, Гогохия 1955: 8). Активная реакция воды  $\text{pH} = 6,6$ . В состав минеральной воды входят биологически-активные микроэлементы : бор, мышьяк, кремниевая кислота и другие.

По химическому составу эта минеральная вода аналогична водам «Боржоми» (источник № 1), «Набеглави» (скважина № 1), «Саирме» (скважина № 1), «Уцери» (источник № 1) и «Виши» (Франция). Ближайшими аналогами Ауадхарской минеральной воды являются «Боржоми» и «Виши» (Франция), они принадлежат к одной группе и к ценному и сравнительно редкому типу содовых вод.

И хотя главными химическими элементами этих минеральных вод являются гидрокарбонат, натрий и уголекислота, каждая из них имеет своеобразные физико-химические особенности: минеральная вода «Саирме» – высокую минерализацию, вода «Виши» – высокую температуру (41,8<sup>0</sup>С). Ниже всех температура и минерализация у Ауадхарской минеральной воды, но она в отличие от своих аналогов содержит больше уголекислоты и закисного железа и меньше хлоридов. В состав Ауадхарской минеральной воды (буровая № 1) входят также биологически ценные микроэлементы: бром мышьяк, кремниевая кислота, йод, двухвалентное железо в количествах, значительно превышающих их содержание в «Боржоми» и «Виши» (Осия 2002: 3, Гогохия 1955: 8, Лечение 1961: 5, Григолия 1940: 3, Джалиашвили 1969: 219, Черникова 1961: 66, Гогохия 1952: 122).

**Сравнительная таблица результатов химических анализов  
минеральных источников «Ауадхара», «Боржоми»,  
«Саирме» и «Виши» (Гогохия 1955: 8)**

	Ауадхара бур.1	Боржоми № 1	Саирме, бур. № 1	Виши, ист. Гранд-гриль
Температура	9 <sup>0</sup>	29 <sup>0</sup>	10,2 <sup>0</sup>	41,8 <sup>0</sup>
В 1 л содержится	Гр.	Гр.	Гр.	Гр.
<b>К а т и о н ы</b>				
Аммоний		0,0 056	–	–
Литий	–	–	–	0,081
Калий	0,0 625	–	–	–
Натрий	0,9 597	1,5 121	2,0 452	2,0 203
Магний	0,1 046	0,0 357	0,1 655	0,0 116
Кальций	0,2 244	0,1 039	0,3 120	0,0 889
Железо зак.	0,0 108	0,0 023	0,0 020	0,0 012
Марганец	0,00 026	–	0,0 002	–
Алюминий	0,0 012	0,0 062	–	–

А н и о н ы				
Гидрокарбонат	3,7 620	3,9 041	5,6 486	4,6 402
Сульфат	0,0 020	0,0 028	0,1 073	0,1 826
Хлор	0,0 647	0,3 870	0,7 512	0,3 458
Бром	следы	0,0016	следы	нет
Гидрофосфат			0,0 001	0,0 880
Йод	следы	0,0 003	0,0 002	нет
Гидроарсенат	0,0 020	–	–	0,0 002
Своб.углекислота	2,1 600	1,1 900	0,8 000	0,8 500
Кремниевая к-та	0,0 780	0,0 428	0,0 094	0,0 700
Метаборная к-та	0,0 840	–	–	–
Общая минерализация	5,4	6,0	9,0	7,4

### Результаты исследования

Поскольку минеральная вода источника и скважин Ауадхара относится к ценному и сравнительно редкому типу содовых вод, изучение динамики количественного содержания различных ионов в этой минеральной воде представляет особый интерес.

Целью настоящего исследования явилось повторное изучение физико-химического состава минеральных вод «Ауадхара».

В качестве основной задачи мы рассматривали возможность применения изучаемых минеральных вод для лечения некоторых заболеваний человека (заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени и желчевыводящих путей, мочевыделительной системы), а также использования их для бальнеотерапии.

В сентябре 2019 года мы предприняли поездку к местам выхода минеральных вод «Ауадхара» и изучили физико-химические показатели минеральной воды из трех источников (скважин).

### Гидрохимический анализ показал:

1. Источник минеральной природной питьевой воды «Ауадхара №1».

*Органолептические показатели воды:* слабожелтоватая жидкость с небольшим осадком минеральных солей, с запахом, характерным для комплекса содержащихся в воде минеральных веществ, рН среды = 6,66. По степени минерализации эта вода является среднеминерализованной (общая минерализация 7 520,81 мг/л), углекислой гидрокарбонатно-натриевого типа с нейтральной реакцией среды. В этой минеральной воде концентрация токсичных и строго нормируемых компонентов не превышает предельно допустимых концентраций.

2. Источник минеральной природной питьевой воды «Ауадхара № 2» используется для промышленного розлива (отбор из накопительного резервуара).

*Органолептические показатели воды:* слабожелтоватая жидкость с небольшим осадком минеральных солей, с запахом, характерным для комплекса содержащихся в воде минеральных веществ, pH среды = 6,92.

Данная вода по степени минерализации является среднеминерализованной (общая минерализация 5 944,5 мг/л), углекислой гидрокарбонатно-натриевого типа с нейтральной реакцией среды. В этой минеральной воде концентрация токсичных и строго нормируемых компонентов не превышает предельно допустимых концентраций.

3. Питьевой родник «Мозаичный» на территории Ричинского реликтового национального парка.

*Органолептические показатели воды:* прозрачная бесцветная жидкость без запаха и привкуса, pH среды= 8,33. Данная вода по степени минерализации является пресной (общая минерализация 281,7 мг/дм<sup>3</sup>), гидрокарбонатно-кальциевого типа со слабощелочной реакцией среды. Без содержания специфических компонентов. По показателю общей жесткости вода относится к умеренно жесткой. Исследуемая вода в отношении гидрохимических показателей соответствует гигиеническим нормам.

Сравнение результатов гидрохимического анализа минеральных вод скважин Ауадхара № 1 и Ауадхара № 2 представлено в таблице 2.

Таблица 2

**Исследование минеральной воды «Ауадхара» из скважин № 1 и № 2**

Показатели	Скважина 1	Скважина 2 (промышленный розлив)
Общая минерализация	7 521 мг/л	5 945 мг/л
Катионы	2 045 мг/л	1 659 мг/л
Анионы	5 473 мг/л	4 284 мг/л
Натрий+калий	1 786 мг/л	1 431 мг/л
Кальций	169 мг/л	150 мг/л
Гидрокарбонаты	5 443 мг/л	4 198 мг/л

Общая минерализация минеральной воды скважины № 1 (7 521 мг/л) была выше, чем скважины № 2 (5 945 мг/л) за счет повышенного содержания как катионов, так и анионов.

Основными ионами минеральных вод скважин «Ауадхара № 1» и «Ауадхара № 2» являются натрий, калий и гидрокарбонаты. Количественное содержание этих ионов мы представили на рисунке 1.



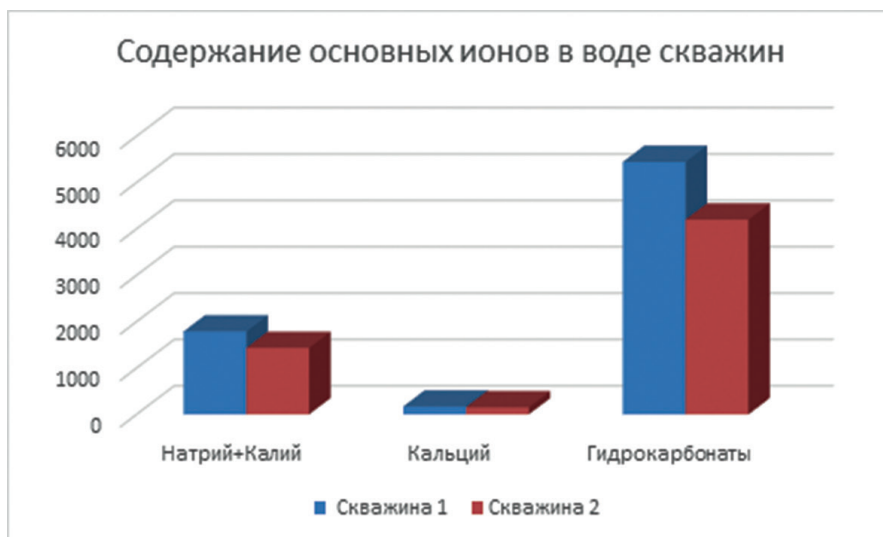


Рисунок 1

Сравнительный анализ количественного содержания основных ионов показал, что в минеральной воде скважины № 1 количественное содержание катионов (натрий + калий) на 20 %, а анионов (гидрокарбонаты) на 23 % выше, чем в скважине № 2 (промышленный розлив).

Таким образом, несмотря на однотипность исследованных питьевых минеральных вод из двух скважин Ауадхара они различаются по количественному содержанию основных ионов.

Можно предположить, что в скважине № 2 «Ауадхара» (промышленная эксплуатация) наблюдается незначительное разбавление минеральной воды грунтовыми водами, что приводит к более низкой ее общей минерализации за счет снижения содержания основных ионов.

Таким образом, Ауадхарская минеральная вода как из естественных выходов (источников), так и из вскрытых буровыми скважинами, является однотипной: она среднеминерализованная, углекислая, железистая, гидрокарбонатно-натриево-кальциевая, мышьяковистая, однако содержание основных катионов и анионов, а соответственно и общая минерализация воды разных проб различаются.

Исследования минеральной воды «Ауадхара» из скважины № 1 были выполнены нами в 2006 и 2019 годах. Динамика основных ионов представлена в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3

**Количественное содержание основных ионов минеральной воды  
(скважина № 1)**

Дата исследования воды			
	2006 год		2019 год
Содержание в мг\л			
Натрий + калий	2 040		1 430
Гидрокарбонаты	5 858		4 198

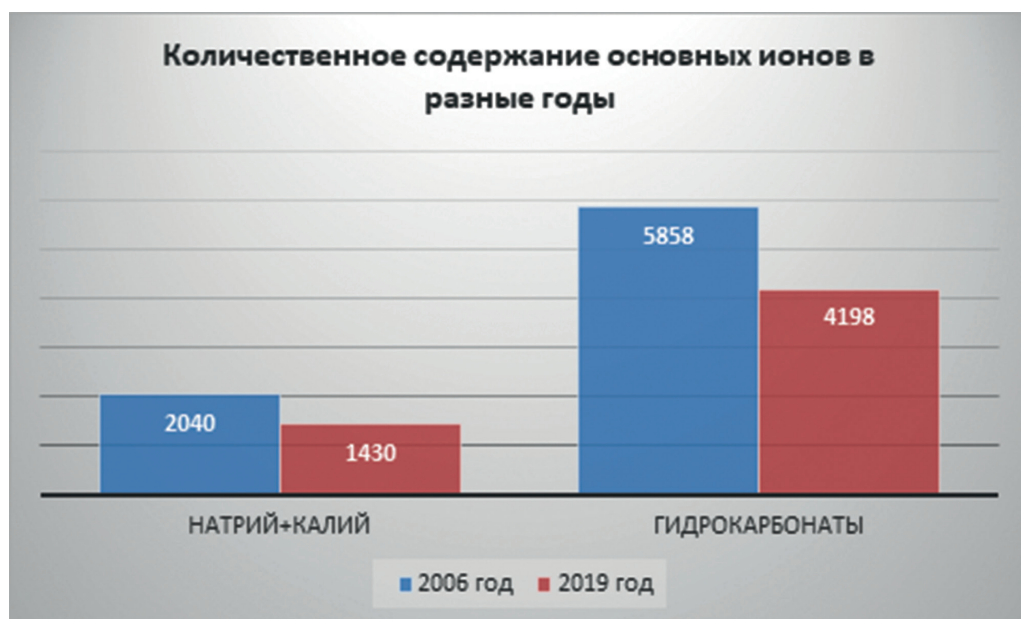


Рисунок 2

На основании результатов гидрохимического анализа, выполненного в 2006 и 20019 годах, можно отметить, что к 2019 году содержание катионов (натрий + калий) в минеральной воде скважины № 1 снизилось на 30 %, а анионов (гидрокарбонаты) – на 28 %, что предполагает непостоянство количественного содержания основных ионов в воде этой скважины.

Особый интерес вызывала динамика основных ионов при исследовании этой минеральной воды на протяжении более длительного периода.

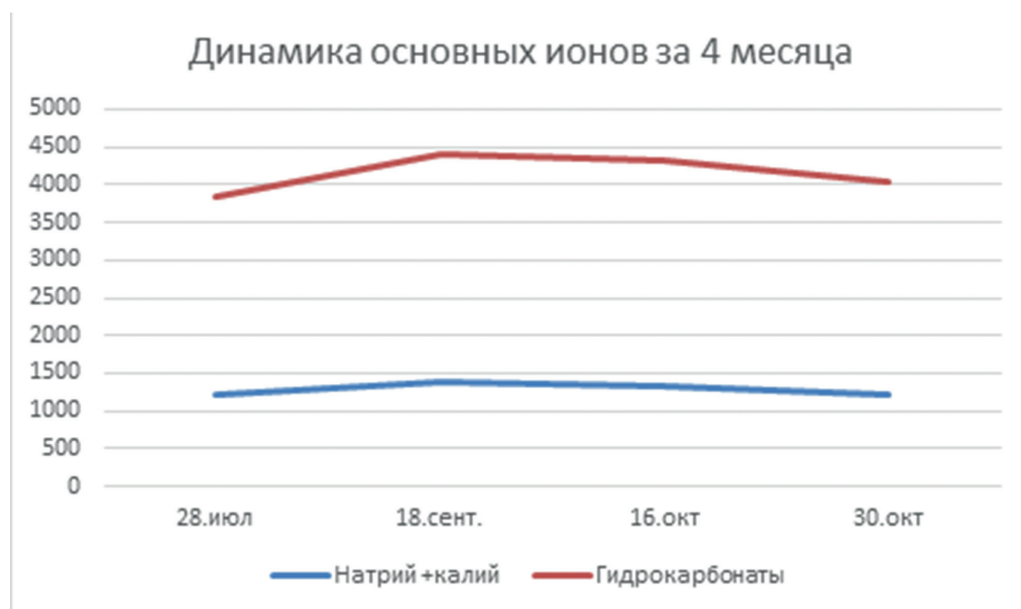
В архивных материалах нами обнаружены результаты гидрохимического анализа проб минеральной воды «Ауадхара», буровая № 1 (скважина № 2), по-

зволнившие проследить динамику содержания катионов и анионов в этой минеральной воде на протяжении четырех месяцев – от июля по октябрь (сезонная динамика). Эти данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Динамика катионно-анионного состава минеральной воды (буровая № 1) с июля по октябрь 1980 года**

	28 VII	18 IX	16 X	30 X	Среднее
<b>Катионы</b>					
Натрий+Калий	1 226	1 378	1 319	1 204	1 281
Кальций	156	164	160	160	160
Магний	38	69	94	91	73
Сумма катионов	1 436	1 611	1 573	1 456	1 532
<b>Анионы</b>					
Хлориды	60	60	71	64	64
Сульфаты	4	4	4	4	4
Гидрокарбонаты	3 848	4 398	4 336	4 031	4 153
Сумма анионов	3 913	4 462	4 411	4 099	4 221
pH	6,6	6,8	6,55	6,7	6,64
Общая минерализация	5,4	6,0	6,0	5,6	5,8



На основании таблицы 4 подготовлен рисунок 3.

На протяжении четырех месяцев с июля по октябрь в минеральной воде «Ауадхара» (буровая № 1) общее содержание катионов с 1 436 мг/л, незначительно увеличилось в сентябре-октябре месяце того же года (1 614 и 1 573 мг/л), а к концу октября стало равным 1 532 мг/л. Эта незначительная динамика общего содержания катионов отмечалась за счет сходной динамики количества катионов натрия + калий, что отражено на рисунке 3.

Содержание ионов кальция в этой минеральной воде практически не менялось, однако прослеживается увеличение концентрации ионов магния с июля по октябрь (с 38 мг/л до 94–91 мг/л).

Общее содержание анионов также незначительно увеличилось с 3 913 мг/л в июле до 4 462 и 4 411 мг/л в октябре, снизившись к концу месяца до 4 099 мг/л, т. е. практически до уровня июля. Эта динамика повторяла динамику содержания гидрокарбонатов в минеральной воде из скважины буровой № 1 (3 848 мг/л – 4 398 мг/л – 4 336 мг/л и 4 099 мг/л (рисунок 3). Содержание сульфатов на протяжении этих месяцев не изменялось, оставаясь на уровне 4 мг/л. Концентрация хлоридов в июле была равна 60 мг/л, затем при исследовании 16 октября она незначительно выросла до 71 мг/л. Из-за незначительных колебаний концентрации основных катионов и анионов (натрий + калий и гидрокарбонаты) в минеральной воде из буровой № 1 общая минерализация воды незначительно увеличилась с 5,4 г/л до 6 г/л.

Таким образом, нами отмечена незначительная динамика содержания некоторых ионов в минеральной воде «Ауадхара» (буровая № 1) при исследованиях в разные месяцы одного года.

Источники воды «Ауадхара» находятся высоко в горах. Обследование этих источников в июле равноценно весеннему обследованию источников, расположенных в приморской зоне. Поскольку количественное содержание различных ионов в минеральной воде зависит от возможности ее разбавления талыми водами или от уменьшения разбавления грунтовыми водами в жаркое время года, можно предположить, что более низкое содержание как общего количества катионов и анионов, так и содержания основных ионов (катионов натрия + калия и анионов – гидрокарбонатов) при исследовании в июле 1980 года связано с тем, что минеральная вода этой скважины в этот период была разбавлена талыми водами. В дальнейшем к середине октября концентрация этих ионов повысилась и вновь – из-за осенних дождей – к концу месяца вернулась к первоначальным цифрам.

Архивные материалы по результатам гидрохимических исследований минеральной воды «Ауадхара» из скважины № 2 (буровая № 1) в разные годы – с 1950 по 2019 год – позволили проанализировать динамику общей минерализации и количественного содержания основных ионов в этой воде за этот период (69 лет).

Эти материалы представлены в таблице 5. Для анализа использованы данные исследования воды в определенное время года – с июля по октябрь.

Таблица 5

**Динамика основных ионов в минеральной воде «Ауадхара» из скважины № 2 (буровая 1) с 1950 года по 2019 год (архивные данные)**

	Дата исследования воды												
	1950	1966	1967	1969	1970	1979	1980	1981	1982	1988	2004	2006	2019
	Содержание в мг/мл												
Натрий + калий	1022	1221	1217	1320	1423	1377	1281	1308	1211	1474	1596	2040	1431
Гидрокарбонаты	3762	4087	4059	4276	4459	4324	4153	4092	4031	4825	4941	5858	4198
рН		6.4	6.6	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5			6.5	6.9
Общая минерализация	5.4	5.79	5.6	6.0	6.34	5.7	5.8	5.9	5.6	6.7	7.0	8.2	5.9



Рисунок 4



Рисунок 5

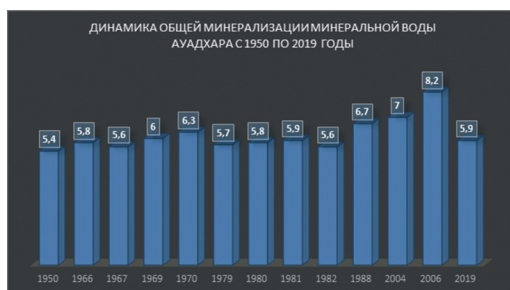


Рисунок 6

На рисунках 4 и 5 дана *количественная* динамика ионов натрия + калий, а также гидрокарбонатов, содержание которых (по материалам разных лет) в воде определяет ее тип.

*Катионы натрия и калия.* На рисунке 4 видно, что количество катионов Натрий + Калий при исследованиях с 1950 до 1982 год было на одном уровне. Исследования 1988, 2004 и особенно 2006 года показывают возрастание количества катионов.

*Гидрокарбонаты.* Аналогичная картина и с результатами определения гидрокарбонатов (рисунок 5). Их содержание в минеральной воде «Ауадхара» (буровая № 1) постепенно увеличивается, и это демонстрируют исследования 1988-го, 2004-го и 2006 годов.

Количественное содержание этих ионов приводит к изменению общего содержания катионов и анионов и, соответственно, к изменению общей минерализации воды из этого источника при исследовании в указанные годы.

На рисунке 6 продемонстрирована динамика общей минерализации воды из скважины «Ауадхара» (буровая № 1) на протяжении 69 лет – с 1950 по 2019 год. Средняя минерализация воды равнялась 5,8 г/л (колебания от 5,4 до 8,2 мг/л), она оставалась на таком уровне все годы исследований. Однако в 1988 и 2004 годах она достигла 6,7 и 7 г/л и затем значительно выросла в 2006 году (8,2 г/л).

При исследованиях в разные годы активная реакция среды рН практически не изменялась.

Таким образом, анализ динамики содержания основных ионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) показал, что их содержание в минеральной воде «Ауадхара» (буровая № 1) при исследовании на протяжении 69 лет не было постоянным. Содержание ионов в воде этого источника в силу определенных причин менялось в разные годы. Выявлено, что концентрация катионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и анионов  $\text{HCO}_3^-$ , начиная с 1988 года, постепенно увеличивалась. Наиболее высокие значения она продемонстрировала в 2006 году, а в 2019-м их содержание снизилось. Поскольку количество этих ионов в воде значительно больше, чем других, повышенное их содержание в эти годы показало высокое общее содержание как катионов, так и анионов, что обусловило высокую общую минерализацию воды в эти годы. Основными ионами, определяющими тип минеральной воды, являются углекислота, натрия и гидрокарбонат. Динамика концентрации различных ионов в минеральной воде «Ауадхара» (буровая № 1) при исследовании в разные годы не меняла тип минеральной воды. Вода так и осталась среднеминерализованной, углекислой, железистой, гидрокарбонатно-натриево-кальциевой, мышьяковистой.

### **Физиологическое и клиническое действие Ауадхарской минеральной воды**

По данным литературы (Григолия 1952:1; Гогохия 1952:122), действие Ауадхарской минеральной воды на организм изучалось при опытах на животных и в клинических условиях. Исследования, которые проводились во время опытов на животных с хроническими фистулами, позволили установить, что минеральная вода «Ауадхара» обладает определенным физиологическим действием на пищеварительную, сердечно-сосудистую, мочевыделительную и генитальную системы и что в основе механизма действия этой минеральной воды лежат рефлекторные и гуморальные механизмы.

Экспериментально было установлено, что Ауадхарская минеральная вода, принятая за 1–1,5 часа до еды, сильно тормозит отделение желудочного сока, а при приеме во время или за 30 минут до еды, наоборот, возбуждает секреторную функцию желудка. Кроме того, эта минеральная вода стимулирует эвакуаторную функцию желудка.

Выяснилось также, что Ауадхарская минеральная вода усиливает желчеобразование и желчеотделение. Вместе с усиленным током желчи из желчного пузыря и желчных путей удаляются и сопровождающие воспалительный процесс микробы и продукты воспаления (лейкоциты и слизь). Под влиянием минеральной воды происходит разжижение желчи, улучшение ее физико-химических свойств, уменьшение вязкости, увеличение щелочности и содержание в ней билирубина; улучшается моторная функция желчного пузыря, повышается антитоксическая функция печени и т. д.

Таким образом, Ауадхарская минеральная вода является мощным возбуждателем желудочной секреции, стимулирует эвакуаторную функцию желудка и процесс желчеобразования. Под влиянием этой минеральной воды происходит возбуждение отделения сока поджелудочной железы, в результате чего нормализуется внешнесекреторная функция поджелудочной железы. Прием Ауадхарской минеральной воды способствует смещению кислотно-щелочного равновесия организма в щелочную сторону (Лукач 1956: 5; Осия 2002: 3; Гогохия 1952: 1; Гогохия 1952: 122; Гогохия 1952: 131; Гогохия 1968: 127; Лидская 1948:7; Григолия 1940: 3; Григолия 1948: 183; Лопачук 1948: 35).

Кроме того, эта минеральная вода способствует стимуляции регенеративных процессов в слизистой оболочке желудка и двенадцатиперстной кишки, а также метаболических и трофических процессов, положительно влияет на водно-солевой обмен, азотистый обмен, выведение шлаков. Обладая мочегонными свойствами, вода значительно усиливает мочеотделение, способствует выведению мочевой кислоты и солей из организма (Лопачук 1948: 99; Лукич 1956: 5).

Множество научно-исследовательских работ было посвящено изучению лечебного действия Ауадхарской минеральной воды при различных заболеваниях человека. Тщательная проверка экспериментальных данных в клинических условиях подтвердила эффективность лечения этой минеральной водой при внутреннем ее применении. Было установлено, что комплексное применение этой воды с лечебной целью оказывает эффективное терапевтическое действие при различных заболеваниях сердечно-сосудистой, пищеварительной, нервной, мочеполовой и других систем организма (Григолия 1969:67; Григолия 1948:183; Гогохия 1952:19; Мгеладзе 1958:5; Мгеладзе 1967:46; Мгеладзе 1984:5; Гогохия 1952:122; Григолия 1952:1). Клинические исследования продемонстрировали положительный результат применения Ауадхарской минеральной воды при кислых гастритах, при заболеваниях (в том числе хронических) желудочно-кишечного тракта (особенно при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки), а также при хронических колитах (Лидская 1948:137; Лопачук 1948:35; Осия 2002:3; Киквадзе 1973:144).

Отмечено благоприятное действие этой воды на состояние больных с хроническим холециститом (Гогохия 1952:122; Григолия 1952:1; Осия 2002:3). Установлено, что длительный прием воды усиливает антитоксическую функцию печени и усиливает ферментативную активность поджелудочной железы. Положительные результаты были получены при лечении больных с хроническим воспалением почечных лоханок и мочевого пузыря, протекающих с кислой реакцией мочи, нормализовалось выделение гиппуровой кислоты с мочой (Лопачук 1948: 99). Благодаря наличию в Ауадхарской минеральной воде ионов мышьяка и железа, она оказывает благоприятное действие на органы кроветворения. Эта вода, как и воды источников «Боржом» и «Виши», применяется при лечении заболеваний сердца и сосудов (Лукич 1956: 5, Гогохия 1955: 8).

Впервые в условиях клинического отделения *НИИ Курортологии и физиотерапии* была показана возможность использования этой минеральной воды при лечении инфаркта миокарда и в период ранней реабилитации пациентов, перенесших его. Установлено, что регулярный прием Ауадхарской минеральной воды регулирует нарушения обмена веществ, особенно при гиперхолестеринемии, гиперлипидемии, гипергликемии и мочекислых диатезах.



### **Заключение**

**На основании экспериментальных и клинических исследований были определены показания к применению Ауадхарской минеральной воды (Осия 2002: 3)**

Ауадхарскую минеральную воду в качестве лечебного фактора можно рекомендовать при следующих заболеваниях:

#### ***Заболевания органов пищеварения***

1. Неосложненные формы язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки;
2. Хронические гипо-, нормо- и субацидные гастриты;
3. Анацидные гастриты без сопровождения гастритными поносами; Хронические гастродуодениты в стадии ремиссии;
4. Функциональные нарушения секреторной и эвакуаторной функций желудка;
5. Нетяжелые хронические воспаления печени, желчного пузыря, желчных ходов;
6. Желчнокаменная болезнь без явления закупорки желчных путей;
7. Хронические панкреатиты;
8. Хронические колиты и энтероколиты неинфекционной патологии, сопровождающиеся запорами.

#### ***Заболевания мочевыделительной системы***

9. Хронические воспалительные заболевания почечных лоханок, мочеточников и мочевого пузыря при наличии кислой реакции мочи;
10. Легкие формы подагры, мочекислые и щавелевокислые диатезы, ожирение, сахарный диабет.

#### ***Заболевания сердечно-сосудистой системы***

1. Дистрофические заболевания мышцы сердца, атеросклеротический атеросклероз без нарушения компенсации;
2. Пороки сердца без нарушения кровообращения;
3. Гипертоническая болезнь I и II стадии;
4. Для профилактики атеросклероза и его осложнений.

#### ***Функциональные заболевания нервной системы.***

1. Астенические состояния и невротические реакции, развивающиеся в связи с инфекцией, интоксикацией и т. д.

Ауадхарскую минеральную воду можно применять также и как столовую питьевую воду.

### Литература

*Александров 1932:* Александров В.А. Классификация минеральных вод // Основы курортологии. Т. 1. М., 1932. С. 53–62.

*Григолия 1936:* Физико-химическая характеристика минеральных источников Абхазии по материалам экспедиции ГКУ и ВИЭМ 1933 г. / под ред. А.Л. Григолия. Сухуми, 1936. С. 3–65.

*Григолия 1940:* Григолия А.Л. Бальнеологические ресурсы Абхазии. Харьков, 1940. С. 3–62.

*Григолия 1948:* Григолия А.Л. Климато-бальнеологические ресурсы района Рица – Авадхара // Сборник трудов «Рица – Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. 1. Сухуми, 1948. 7–34.

*Григолия 1952:* Григолия А.Л. Предпосылки и перспективы развития в районе Рица – Авадхара климато-бальнеологического курорта // Сборник трудов «Рица – Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. II. Сухуми, 1952. С. 1–10.

*Григолия 1968:* Григолия А.Л. Гидроминеральные ресурсы Абхазии // Сборник статей «Курорты Абхазии за годы Советской власти». Сухуми, 1968. С. 29–35.

*Григолия 1969:* Григолия А.Л. К вопросу о превращении климатических курортов Черноморского побережья Абхазии в климатобальнеологические // Некоторые вопросы гидрологии Грузии. М., 1969. С. 67–68.

*Гогохия 1952:* Гогохия Ш.Д. Действие Авадхарской минеральной воды на секреторную и эвакуаторную функции желудка, канд. дисс. Сухуми-Л., 1952.

*Гогохия 1952а:* Гогохия Ш.Д. Влияние климато-бальнеологических факторов Авадхары на периферическую кровь // Сборник трудов «Рица – Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. II. Сухуми, 1952. С. 122–131.

*Гогохия 1952б:* Гогохия Ш.Д. Результаты лечения хронических холециститов Авадхарской минеральной водой Рица № 1 // Сборник трудов «Рица – Авадхара». Т. II. Сухум, 1952, С. 122–131.

*Гогохия 1955:* Гогохия Ш.Д. Рица – Авадхара. Сухуми, 1955. С. 8–29.

*Гогохия 1968:* Гогохия Ш.Д. Курорты местного значения Абхазской АССР // Курорты Абхазии за годы Советской власти. Сб. трудов. Сухуми, 1968. С. 127–136.

*Голева, Лапшин 1991:* Голева Г.А., Лапшин Ф.В. Основные типы минеральных вод Северной Буковины // Лечение заболеваний желудочно-кишечного тракта и печени на курортах с питьевыми минеральными водами. Т. V. Киев, 1961. С. 26–33.

*Джалишвили, Мелива, Чичуа 1967:* Джалишвили В.Г., Мелива Ф.С., Чичуа Т.Г. Гидрогеологическая характеристика основных лечебных минеральных вод Грузинской ССР. Курортология и физиотерапия. Сборник трудов. Т. XXIX. Киев, 1967. С. 209–244.

*Джорджикия, Датешидзе 1952:* Джорджикия В.Д., Датешидзе Д.Г. Влияние Авадхарской минеральной ванн на давление крови, сосудистый тонус, частоту пульса и дыхания у сердечно-сосудистых больных // Сборник трудов «Рица–Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. II. Сухуми, 1952. С. 87–103.

*Иванов, Невраев 1964:* Иванов В.В., Невраев Г.А. Классификация подземных минеральных вод // Труды центр. НИИ курортологии и физиотерапии. М., 1964. 76 с.

*Киквадзе 1973:* Киквадзе З.А. Влияние минеральных вод Абхазии на больных

с различными заболеваниями органов пищеварения // Успехи курортологов Абхазии. Сухуми, 1973. С. 144–159.

*Кокоша, Осия 2011*: Кокоша Л.В., Осия А.О. Ресурсы минеральных вод Абхазии // Вестник АНА. № 3. Сухум, 2011. С. 249–256.

*Куркудым 1961*: Лечение заболеваний желудочно-кишечного тракта и печени на курортах с питьевыми минеральными водами / под ред. Ф.Е. Куркудым. Киев, 1961. Т.V. С. 5–200.

*Лидская 1948*: Лидская А. Влияние минеральной воды источника «Рица № 1» (Авадхара) на органы пищеварения и водно-солевой обмен // Сборник трудов «Рица – Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. 1. Сухуми, 1948. С. 7 – 34; 137–162.

*Лопачук, Волина 1948*: Лопачук Ф.П., Волина А.М. Влияние воды источника «Рица № 1» (Авадхара) на секреторную и эвакуаторную функцию желудка // Сборник трудов «Рица–Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. 1. Сухуми, 1948. С. 35–97.

*Лопачук, Веденин 1948*: Лопачук Ф.П., Веденин К.К. Водно-солевой и азотистый обмен под влиянием внутреннего употребления минеральной воды источника «Рица №1» (Авадхара) // Сборник трудов «Рица–Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. 1. Сухуми, 1948. С. 99–135.

*Лопачук, Коптева 1948*: Лопачук Ф.П., Коптева А.Я. Лечение различных форм гастритов и язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки углеводно-щелочной минеральной водой источника «Рица № 1» (Авадхара) // Сборник трудов «Рица – Авадхара» / под ред. А.Л. Григолия. Т. 1. Сухуми, 1948. С. 183–204.

*Мгеладзе 1958*: Мгеладзе Н.В. Динамика окислительно-восстановительных процессов у больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы под влиянием климато-бальнеологических факторов курорта Авадхара // Сборник трудов «Рица – Авадхара». Сухуми, 1958. Т. III. Сб. XII. С. 5–12.

*Мгеладзе 1967*: Мгеладзе Н.В. Эффективность лечения больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы на курортах Абхазии. Докт. дисс., Сухуми, 1967. 676 с.

*Мгеладзе 1984*: Мгеладзе Н.В. Лечение сердечно-сосудистых заболеваний на курортах Абхазии. Сухуми, 1984. С. 5–10.

*Мелива 1960*: Мелива Ф.С. Зональность минеральных вод Абхазской АССР. Баку, 1960. С. 47.

*Мелива 1969*: Мелива Ф.С. Современное состояние изученности и направление дальнейших исследований минеральных вод Абхазской АССР // Некоторые вопросы гидрологии Грузии. М., 1969. С. 12–45.

*Мелива 1969а*: Мелива Ф.С. Питьевые минеральные воды Абхазии // Сб. трудов НИИ курортологии и физиотерапии. Абхазский филиал. Сухуми, 1969. Т. VII. С. 257–263.

*Мелива, Черникова, Цулукидзе и др. 1972*: Мелива Ф.С., Черникова В.Д., Цулукидзе И.П., Квацивадзе Н.Г. Гидрогеология и физико-химическое изучение минеральных вод района Рица – Авадхара в связи с разведочно-исследовательскими работами // Курортология и физиотерапия. Труды. Тб., 1972. Т. 3. С. 311–320.

*Огильви, Огильви 1948*: Огильви Н.А., Огильви Т.Д. Некоторые данные о минеральных источниках района Рица–Авадхара // Сборник трудов «Рица-Авадхара» / под ред А.Л. Григолия. Сухуми, 1948. Т. 1. С. 205–257.

*Осия, Джалагония 2002*: Осия О.В., Джалагония Ш.Л. Питьевые минеральные воды Абхазии. Сухум, 2002. С. 3–68.

*Черникова 1961:* Черникова В.Д. Бальнеологические ресурсы Абхазии и перспективы их развития на базе климато-бальнеологических курортов // НИИ Курортологии и физиотерапии. Абхазский филиал. Сб. трудов НИИ курортологии и физиотерапии. Абхазский филиал. Т. V. Сухуми, 1961. С. 66–69.

*Чубинидзе 1952:* Чубинидзе Ш.Р. Гидрогеология месторождения Авадхарской минеральной воды // Сб. трудов «Рица – Авадхара». Т. 11. Сухуми, 1952. С. 213–248.

*Шеметило, Воробьев 1982:* Шеметило И. Г., Воробьев М. Г. Лечебные минеральные воды. Л., 1982. С. 5–164.

*Л. В. Кокоша, О. В. Пустоваров, А. О. Осиа, О. В. Осиа*

### АМИНЕРАЛТӘ ЗЫ «АУАДХАРА»

**Аннотация.** *Астатиаҕы иазаатҕылоуп аминералтә зы «Ауадҳара» афизи-ко-химиатә еилазаашьа атҕаара алҕишақәа. Ари азы «Боржоми», «Набеглави», «Саирме», «Уцери», «Виши» захьзу аминералтә зқәа иреиҕиуп. Игәаҕоуп 69 шықәса инарзынаҕишуа аминералтә зы иалаз аионқәа рхьҕхьазара аеыҕсахишьа. Иазаатҕылоуп Ауадҳаратәи аминералтә зы аҕстәқәа рҕы аҕыишақәа рымҕаҕараан, иара убас ауаа рҕы аҕыишақәа рымҕаҕараан икәнаҕо анырра. Аминералтә зы «Ауадҳара» хәишәык аҕа-сабала ахархәара аҕаразы абжьҕарақәа еиқәыришәоуп.*

**Ихадароу ажәақәа:** *аминералтә зы, акаатион-анионтә еилазаара, агидро-химиатә рбагақәа, азеиҕи минералтәра.*

*L.V. Kokosha, O.V. Pustovarova, A.O. Osia, O.V. Osia*

### AUADKHARA MINERAL WATER

**Annotation.** *The results of a physicochemical study of the Auadkhara mineral water, similar to the waters of Borjomi, Nabeglavi, Sairme, Uzeri and Vichy (France), are presented. The dynamics of changes over the course of 69 years of the quantitative content of ions, as well as seasonal dynamics are given. The materials on the physiological and clinical action of the Auadkhara mineral water were analyzed in animals testing and in clinical conditions. Recommendations for the use of Auadkhara mineral water as a treatment are presented.*

**Key words:** *Mineral water, cationic anionic composition, hydrochemical parameters, general mineralization.*

*Л. В. Кокоша, О. В. Пустоварова, А. О. Осия, О. В. Осия*

## **МИНЕРАЛЬНАЯ ВОДА «ПРИМОРСКАЯ-2»**

**Аннотация.** *Выход на поверхность минеральной воды «Приморская-2» находится в селе Приморском, недалеко от скважины «Приморская», по другую сторону трассы, ближе к морю. Представлена физико-химическая характеристика минеральной воды, дан сравнительный анализ количественного содержания основных ионов этой воды и минеральной воды «Приморская». На основании сопоставления данных нашего исследования с архивными материалами показано относительное постоянство количества основных ионов в этой воде на протяжении восьми лет. Подготовлены рекомендации по применению термальной минеральной воды «Приморская-2» для бальнеотерапии.*

**Ключевые слова:** *минеральная вода, физико-химическая характеристика, катионно-анионный состав, бальнеотерапия.*

### **Введение**

Благодаря особенностям геологического строения Абхазии, ее территория богата термальными минеральными источниками и скважинами, большинство которых расположено в низменной прибрежной полосе. Термальные минеральные воды Абхазии разнообразны по химическому и газовому составу, температуре, условиям формирования. Ресурсы термальных и высокотермальных минеральных вод огромны, так как слагающие их водоносные породы (меловые, третичные и верхнеюрские) обладают большими коллекторными свойствами. Температура, при которой образуется минеральная вода, влияет на ее химический и газовый состав, поэтому холодные минеральные воды отличаются от термальных вод по своим лечебным свойствам. Термальные и высокотермальные минеральные воды широко применяются в курортологии в лечебных целях: они используются для бальнеотерапии, питьевого лечения и для гигиенических процедур. В ряде стран горячие природные воды используются для теплоснабжения и получения электроэнергии. Более того, они могут служить источником получения ценных химических продуктов для различных технологических нужд. Комплексное использование природных термальных минеральных вод в Абхазии может сыграть большую роль в экономическом развитии республики (Григолия 1940: 3; Григолия 1968: 28; Гогохия 1961: 157; Кокоша 2011: 249; Кокоша 2011а: 17; Кокоша 2011б: 24; Кокоша 2016: 300; Осия 2010: 7; Осия 2014: 9).

Приморское месторождение минеральных вод находится в селе Приморском, расположенном в пяти километрах от Нового Афона, двенадцати

километрах от г. Гудауты и в 31 км от Сухума. Известно, что в результате разведочных работ еще до 1941 года из разных скважин Гудаутского района была получена слабосероводородная вода хлоридно-натриевого типа, насыщенная азотом и метаном с минерализацией от 3,5 до 5 г/л температурой от 19 до 24 °С и общим дебетом до 300 00 л/сут.

Позже в селе Приморском на расстоянии 1 000 м от трассы на берегу маленькой речки Чцара из глубины 1 200 м из нижнего горизонта скважиной № 9 была получена термальная минеральная вода. Лабораторные исследования показали, что минеральная вода скважины № 9 является термальной азотной сероводородной хлоридно-сульфатной натриево-кальциевой с минерализацией 6 г/л и температурой до 50 °С.

Приморское месторождение термальной сероводородно-сульфидной хлоридной натриевой воды связано с юго-западным погружением Новоафонской антиклинальной складки и имеет характер артезианского бассейна с пластово-трещинной циркуляцией, газ этой воды представляет собой метано-азотную смесь (метан 58–65 %). Источники этих минеральных вод находятся в полосе побережья Абхазии в зоне сероводородно-сульфатных метано-азотных термальных вод известняков Абхазских фаций, которые образуют пологоскладчатые антиклинальные структуры. (Мелива 1969:12; Мелива 1960: 2; Мелива 1969: 209; Григолия 1968: 28; Осия 2014: 3; Кокоша 2011: 249; Кокоша 2012а: 17; Кокоша 2012б: 24).

Приморские сульфидные минеральные воды являются метаморфизованными морскими водами, в разной степени разбавленными и вытесненными в зонах разгрузки воздействием пресных напорных подземных вод. Термальные воды формируются в юрских отложениях порфиритовой свиты байоса и в известняках нижнего мела.

В Приморском месторождении минеральных вод выявлено два горизонта минеральных вод. Верхний горизонт сульфидной хлоридной натриевой воды связан с известняками палеогена и верхнего мела. Минеральные воды верхнего горизонта относятся к термальным сероводородно-сульфидным хлоридным натриевым водам типа Мацеста – Менджи – Сухуми. Нижний горизонт азотной термальной сероводородной хлоридно-сульфатной натриево-кальциевой воды связан с известняками нижнего мела. (Арчая 1969: 321; Арчая 1972: 3; Харатишвили 1969: 6; Черникова 1961: 66; Чубинидзе, Шубладзе 1969: 46; Мелива, Арчая, Черникова, Хабурзания 1969: 12; Арчая 1972: 321; Арчая 1969: 247; Джалиашвили 1972: 337; Качарава 1969: 57; Джалиашвили 1968: 209; Джалиашвили 1969: 219; Кокоша 2012а: 17; Кокоша 2012б: 24).

В 2010 году по просьбе администрации пансионата «Анакопия Клуб» впервые была исследована минеральная вода нового источника в районе

села Приморское, обозначенная как «Приморская-2». Выход на поверхность этой минеральной воды находится недалеко от источника «Приморское», на другой стороне шоссе, ближе к морю.

Целью настоящего исследования является изучение физико-химических свойств термальной минеральной воды «Приморская-2» и сравнение этих показателей с уже обследованной ранее минеральной водой «Приморская» Гудаутского района. Полученные сведения позволят показать катионно-анионный состав данной минеральной воды, проанализировать динамику количественного содержания основных ионов этой воды, изучить сезонную зависимость. На основании полученных результатов исследования будет подготовлено бальнеологическое заключение о минеральной воде «Приморская-2», выход которой находится близ пансионата «Анакопия Клуб».

### Результаты исследования

Согласно договору о совместном проведении научно-практических работ от 11 января 2016 года гидрохимические исследования выполнялись Абхазским государственным центром экологического мониторинга (АГЦЭМ).

С целью изучения физико-химического состава и динамики количественного содержания основных ионов в минеральных водах 8 февраля и 25 апреля 2018 года были осуществлены две поездки к местам выхода этих минеральных вод. На месте выхода было проведено изучение физических свойств минеральных вод, а материал для гидрохимического исследования доставлен в лабораторию.

**Скважина в селе Приморском Гудаутского района близ пансионата «Анакопия Клуб» («Приморская-2») имеет географические координаты N 43 ° 05'14,8" E O 40 ° 45'41,4"**

Температура воды при выходе из скважины 29 °С, дебет не измерялся, водородный показатель рН=7,58, запах – отмечается отчетливый запах сероводорода три балла (отбор материала был проведен непосредственно из скважины).

Данная вода по степени минерализации является среднеминерализованной (общая минерализация 5 464,24 мг/л) термальной сероводородной хлоридно-натриевого типа со слабощелочной реакцией среды рН = 7,58. Содержание сероводорода общего составляет 7,82 мг/л. Минеральная вода для наружного применения.

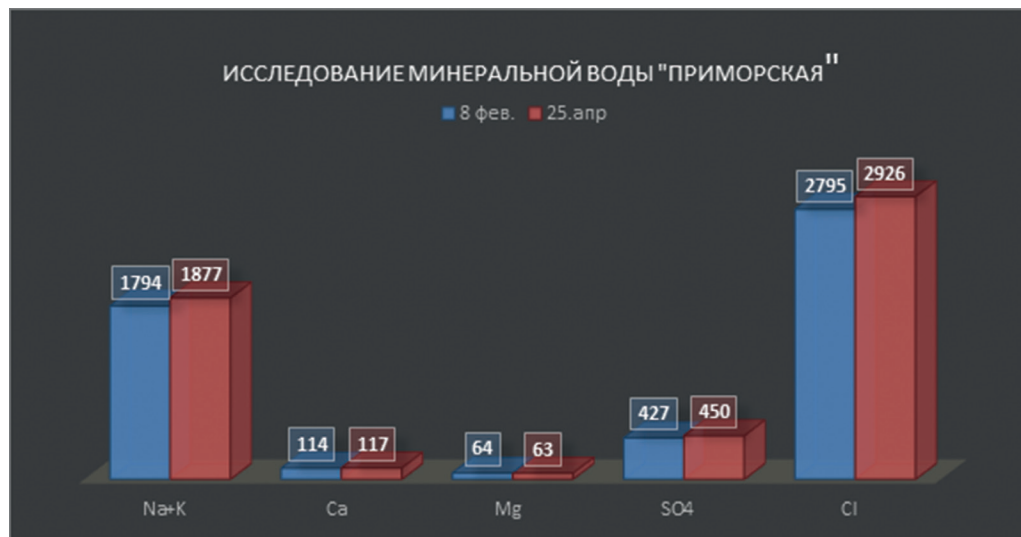
Радиационный фон около этой термальной сероводородной скважины составляет 0,11–0,12 мк<sup>3</sup> в/час, что соответствует фоновым значениям на территории Абхазии.

Сравнительные результаты гидрохимического исследования минеральной воды «Приморская-2» близ пансионата «Анакопия Клуб» (8 февраля материал взят из затопленного участка около скважины и 25 апреля 2018 года отбор материала был проведен непосредственно из скважины) представлены в таблице 1 и на рисунке.

Таблица 1

**Исследование минеральной воды из термальной скважины  
«Приморская-2» Гудаутского района**

Дата исследования	8 февраля	25 апреля
Параметры	мг/л	мг/л
Натрий + калий	1794	1877
Кальций	114	117
Магний	64	63
Гидрокарбонаты	427	450
Хлориды	2 795	2 926



На таблице 1 и рисунке видно, что количественное содержание основных ионов в этой минеральной воде различается незначительно. При первом исследовании (поскольку не представилось возможности взять материал непосредственно из скважины, материал был взят из затопленного участка около скважины) количественное содержание основных ионов было несколько меньше (натрий + калий 1 794 мг/л против 1 877 мг/л, кальций 114 мг/л против 117 мг/л, гидрокарбонаты 427 мг/л против 450 мг/л, хлориды – 2 795 мг/л



против 2 926 мг/л. Вероятно, снижение показателей содержания ионов в воде первой пробы связано с выпадением солей в осадок при длительном нахождении воды в затопленном участке. Исследование воды, выполненное 25 апреля, дает истинное представление о количественном содержании ионов в воде.

**Скважина в селе Приморском Гудаутского района (Приморская) имеет географические координаты N 43° 06'00,9" E O40° 45'03,7"**

Температура воды при выходе из скважины 42°С, дебет 63 600 л/сут, водородный показатель рН = 7,26, запах – отчетливый запах сероводорода четыре балла (отбор материала был проведен непосредственно из скважины).

Данная вода по степени минерализации является среднеминерализованной (общая минерализация 5 655,76 мг/л), термальной сероводородной хлоридно-сульфатно-натриевого-кальциевого типа с нейтральной реакцией среды рН = 7,26. Содержание сероводорода составляет 24,3 мг/л. Минеральная вода может быть использована для наружного применения.

Показатель удельной суммарной β-радиоактивности соответствует нормативным требованиям.

Радиационный фон около скважины в селе Приморское Гудаутского района составляет 0,11– 0,12 мк<sup>3</sup> в/час, что соответствует фоновым значениям на территории Абхазии.

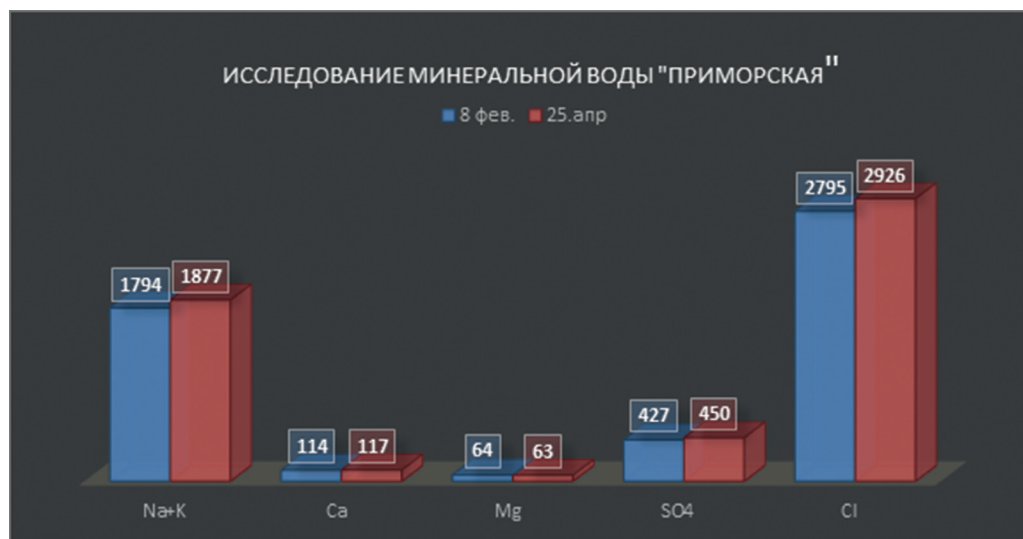
Сравнительная характеристика результатов гидрохимического исследования минеральной воды из скважины «Приморская» Гудаутского района, выполненных 8 февраля и 25 апреля, представлены в таблице 2 и на рисунке.

Таблица 2

**Исследование минеральной воды из термальной скважины в селе Приморском Гудаутского района («Приморская»)**

Дата исследования	8 февраля	25 апреля
Параметры	мг/л	мг/л
Натрий + калий	1 148	1 169
Кальций	605	601
Магний	180	182
Сульфаты	1 160	1 180
Хлориды	2 335	2 341

Представленные показатели свидетельствуют, что количественное содержание основных ионов в минеральной воде «Приморская» при двукратном исследовании существенно не изменилось.



Сравнение результатов исследования количественного содержания основных ионов в минеральной воде «Приморская-2» и «Приморская» представлено в таблице 3 и на рисунке.

Таблица 3

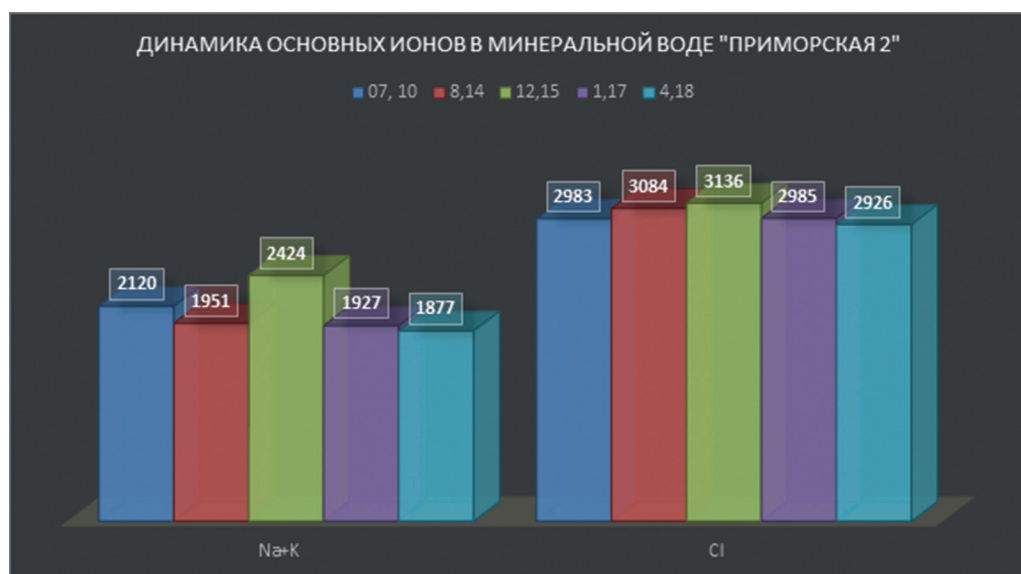
**Содержание основных ионов  
в минеральной воде «Приморская-2» и «Приморская»**

Источник	«Приморская-2»	«Приморская»
Параметры	мг/л	мг/л
Натрий + калий	1 877	1 169
Кальций	117	601
Магний	63	182
Сульфаты	450	1 180
Хлориды	2 926	2 341

Минеральная вода «Приморская-2» является термальной сероводородной хлоридно-натриевого типа со слабощелочной реакцией среды, а минеральная вода «Приморская» – термальной сероводородной хлоридно-сульфатно-натриевого-кальциевого типа с нейтральной реакцией среды.

Представленные в таблице 3 и на рисунке данные позволяют провести сравнение количественного содержания основных ионов в этих минеральных водах.

а) В минеральной воде «Приморская-2» содержание катионов натрия + калий (1 877 мг/л) на 38 % больше, а содержание анионов – хлоридов



(2 926 мг/л) на 20 % больше, чем в минеральной воде «Приморская». Именно поэтому на основании высокого содержания этих ионов определен тип воды: хлоридно-натриевая минеральная вода.

б) В минеральной воде «Приморская» одновременно с достаточно высоким содержанием катионов натрия + калий (1 169 мг/л) и хлоридов (2 341 мг/л) в значительных количествах содержатся другие ионы. Так, в этой воде содержание ионов кальция (601 мг/л) на 81%, ионов магния (182 мг/л) – 65 %, а сульфатов – на 62 % больше, чем в минеральной воде «Приморская-2». Минеральная вода «Приморская» является водой хлоридно-сульфатно-натриевого-кальциевого типа.

в) Общая минерализация минеральной воды «Приморская-2» равна 5 464,24 мг/л и вода по степени минерализации является среднеминерализованной. Общая минерализация минеральной воды «Приморская» равна 5 723,57 мг/л, и вода по степени минерализации также является среднеминерализованной.

г) При отборе воды чувствовался заметный запах сероводорода. Содержание сероводорода в минеральной воде «Приморская-2» равно 7,82 мг/л, что в 3,88 раза ниже, чем в воде «Приморская» (20,13 мг/л), запах сероводорода четыре балла.

д) Температура минеральной воды «Приморская-2» равна 29 °, а воды «Приморская» – 41 °.

е) Водородный показатель минеральной воды «Приморская-2» рН=7,58 (слабощелочная реакция среды), а минеральной воды «Приморская-2» – рН = 7,18 (нейтральная реакция среды).

Таким образом, несмотря на то, что выходы на поверхность минеральных вод «Приморская-2» и «Приморская» находятся недалеко друг от друга, по обе стороны трассы, существуют некоторые различия этих вод.

Указанные термальные минеральные воды являются среднеминерализованными. Однако общая минерализация минеральной воды «Приморская-2» (5 464,24 мг/л) обусловлена высоким содержанием ионов натрия, калия и хлора при незначительном содержании ионов кальция и сульфатов. Общая же минерализация минеральной воды «Приморская» (5 723,57 мг/л) зависит не только от несколько меньшего, но достаточно высокого количества ионов натрия, калия и хлора, но и от большого количества ионов кальция (601 мг/л), магния (182 мг/л) и сульфатов (1 180 мг/л).

Отметим также, что содержание сероводорода в минеральной воде «Приморская-2» почти в четыре раза меньше, чем в воде «Приморская». И температура воды на 12 °С ниже.

На основании результатов собственных исследований и архивных данных, предоставленных нам лабораторией АГИЭМ, мы проанализировали динамику количественного содержания основных ионов в термальной минеральной воде «Приморская-2» на протяжении восьми лет. Для всех исследований материал был отобран непосредственно из самой скважины.

*Таблица 4*

**Динамика основных ионов в минеральной воде «Приморская-2»**

	07.10	08.14	12.15	01.17	04.18
Na + K(мг/л)	2 120	1 951	2 024	1 927	1 877
Cl (мг/л)	2 983	3 084	3 136	2 985	2 926

Представленные данные демонстрируют, что количественное содержание ионов калия и натрия лишь при исследовании воды в декабре 2015 года (2 424 мг/л) на 365 мг/л (18 %) было выше средних показателей этих ионов в воде (2 059 мг/л), а при исследовании в другие годы оставалось примерно на одном уровне. То есть содержание этих ионов в минеральной воде на протяжении восьми лет изменялось незначительно.

Содержание ионов хлора при исследовании в эти годы существенно не изменялось.

Исследования воды проводились в июле, августе, декабре, январе и апреле. При содержании ионов натрия и калия в декабре 2015 года – 2 424 мг/л, в январе 2017 года их количество было равно 1 927 мг/л, как и в августе 2014 года и

апреле 2018 года (1 877 мг/л). Следовательно, поскольку не отмечено значительных различий количества этих ионов в минеральной воде, мы не можем отметить сезонной зависимости количественного содержания ионов при исследовании воды в летние и зимние месяцы.

Представленные выше данные позволяют заключить, что содержание основных ионов (натрий, калий и хлориды) в минеральной воде «Приморская-2» оставалось практически неизменным при исследовании на протяжении восьми лет.

Таким образом, термальная минеральная вода «Приморская-2» является термальной (температура на выходе 29 °С) сероводородной хлоридно-натриевого типа со слабощелочной реакцией среды (рН = 7,38 м-экв/л) с содержанием сероводорода 7,82 мг/л.

### **Рекомендации для бальнеотерапевтического применения минеральной воды «Приморская-2»**

Термальная минеральная вода нижнего горизонта (скважина № 9) «Приморская», расположенная в с. Приморское, сходная с минеральной водой «Менджи – Сухуми», используется в примитивных условиях в виде ванн. В 2003 году на территории, где расположен источник, было построено здание Приморской водолечебницы. Здание оборудовано бассейном, душевыми установками. Сероводородный источник находится на расстоянии 1 м от здания. Горячая вода по трубам поступает в бассейн, где она охлаждается до 38 °С (Осия 2014: 3; Кокоша 2011: 249; Кокоша 2012а: 17; Кокоша 2012б: 24; Мгеладзе 1981: 32; Мгеладзе 1984: 5; Боголюбов 1986: 30).

На основании сходства показателей катионно-анионного состава термальной минеральной воды «Приморская-2» и минеральной воды «Приморская», а также данных литературы о физиологическом и лечебном действии каждого иона на здоровый и больной организм минеральная вода из термальной скважины «Приморская-2», близ пансионата «Анакопия Клуб», может быть рекомендована для наружного применения в комплексном лечении в следующих случаях:

1. Заболевания опорно-двигательного аппарата;
2. Заболевания нервной системы;
3. Болезни кожи;
4. Заболевания костно-мышечной системы.

Применение обследованной минеральной воды из данной скважины с лечебной целью позволит привлечь туристов для отдыха и лечения, и это даст определенный экономический эффект для Республики Абхазия.

### Литература

*Арчая 1969*: Арчая Ю.С. Некоторые вопросы каптажа Сухумского и Санапиройского месторождений минеральных вод // Сборник трудов НИИ Курортологии и физиотерапии. Абхазский филиал. Т. VII. Сухуми, 1969. С. 247–254.

*Арчая 1972*: Арчая Ю.С. Гидрогеология и основные принципы каптажа минеральных вод Сухумского и Санапиройского месторождений // Автороеферат дис. на соиск. ст. д. геол.-мин. н. Тб., 1972. С. 3–17.

*Боголюбов 1986*: Справочник по санаторно-курортному отбору / под ред. В. М. Боголюбова. М., 1986. С. 30–33.

*Гогохия 1961*: Гогохия Ш.Д. Курорты Абхазии. Сухуми, 1961. 157 с.

*Григолия 1940*: Григолия А.Л. Бальнеологические ресурсы Абхазии. Харьков, 1940. С. 3–61.

*Григолия 1968*: Григолия П.Л. Гидроминеральные ресурсы Абхазии // Курорты Абхазии за годы Советской власти. Сухуми, 1968. С. 28–35.

*Джалиашвили, Мелива, Чичуа, Цулукидзе 1972*: Джалиашвили В.Г., Мелива Ф.С., Чичуа Т.Е., Цулукидзе И.П. Прогнозно-перспективная оценка ресурсов минеральных вод и лечебных грязей Черноморского побережья Грузинской ССР // Курортология и физиотерапия. Труды, Т. 33. Тб., 1972. С. 337–349.

*Качарава, Пагава 1960*: Качарава Ю.В., Пагава М.Г. О термальных минеральных водах Грузии // Вопросы формирования и распространения минеральных вод СССР. М., 1960. С. 263–268.

*Качарава 1969*: Качарава Д.В. Некоторые вопросы гидрогеохимии подземных вод Западной Абхазии // Некоторые вопросы гидрогеологии Грузии. М., 1969. С. 57–68.

*Кокоша, Осия 2011*: Кокоша Л.В., Осия О.В. Ресурсы минеральных вод Абхазии // Вестник АНА. Сухум, 2011. № 3. С. 249–256.

*Кокоша, Осия 2012*: Кокоша Л.В., Осия О.В. Термальные минеральные воды Абхазии // Вестник АНА. Сухум, 2012. № 4. С. 17–24.

*Кокоша, Осия 2012а*: Кокоша Л.В., Осия О.В. Сравнительная характеристика термальных минеральных вод прибрежной зоны Абхазии // Вестник АНА. Сухум, 2012. № 4. С. 24–43.

*Кокоша 2016*: Кокоша Л.В. Гидроминеральный потенциал лечебного туризма в Абхазии // Вестник АНА. Сухум, 2016. № 6. С. 300–319.

*Мгеладзе, Гогохия, Абгадж, Данелия и др. 1981*: Мгеладзе Н.В., Гогохия Ш.Д., Абгадж З.Г., Данелия З.И., Кацян В.Б. Курорты Абхазии. Тб., 1981. С. 32–99.

*Мгеладзе 1984*: Мгеладзе Н.В. Лечение сердечно-сосудистых заболеваний на курортах Абхазии. Сухуми, 1984. С. 5–10.

*Мелива 1960*: Мелива Ф.С. Зональность минеральных вод Абхазской АССР. Баку, 1960. 14 с.

*Мелива, Арчая, Черникова, Хабурзания и др.: 1969*: Мелива Ф.С., Арчая Ю.С., Черникова В.Д., Хабурзания З.А., Джанашия Б.П. Гидрогеология минеральных вод третичных и меловых отложений юго-западной приморской полосы Абхазии

и перспективы курортного строительства // Сборник трудов НИИ курортологии и физиотерапии. Абхазский филиал. Т. VII. Сухуми, 1969. С. 209–217.

*Мелива 1969*: Мелива Ф.С. Современное состояние изученности и направление дальнейших исследований минеральных вод Абхазской АССР // Некоторые вопросы гидрологии Грузии. М., 1969. С. 12–45.

*Осия, Кокоша, Пустоварова 2010*: Осия О.В., Кокоша Л.В., Пустоварова О.В. Природные лечебные факторы Абхазии. Сухум, 2010. С. 7–73.

*Осия, Кокоша, Пустоварова 2014*: Осия О.В., Кокоша Л.В., Пустоварова О.В. Природные лечебные факторы Абхазии. Сухум, 2014. С. 9–317.

*Харатишвили 1969*: Харатишвили Л.А. О локальных водонапорных системах южного склона Большого Кавказа (на примере Абхазии) // Некоторые вопросы гидрогеологии Абхазии. М., 1969. С. 6–11.

*Черникова 1961*: Черникова В.Д. Бальнеологические ресурсы Абхазии и перспективы развития на их базе климато-бальнеологических курортов // Сборник трудов НИИ курортологии и физиотерапии, Абхазский филиал. Т. V. Сухуми, 1961. С. 66–69.

*Чичуа 1968*: Чичуа Т.Е. Гидрогеологическая характеристика основных лечебных минеральных вод Грузинской ССР // Курортология и физиотерапия. Труды, Т. 29. Тб., 1968. С. 209–244.

*Чичуа 1969*: Чичуа Т.Е. Лечебные минеральные воды и грязи Черноморского побережья Грузии и их ресурсы // Сборник трудов НИИ курортологии и физиотерапии, Абхазский филиал. Т. VII. Сухуми, 1969. С. 219–239.

*Чубинидзе, Шубладзе 1969*: Чубинидзе Ш.Р., Шубладзе О.А. Перспективы выявления термальных и высокотермальных вод на территории Абхазии // Некоторые вопросы гидрогеологии Абхазии. М., 1969. С. 46–54.

*Л.В. Кокоша, О.В. Пустоваров, А.О. Осия, О.В. Осия*

## АМИНЕРАЛТӘ ЗЫ «ПРИМОРСК-2»

**Аннотация.** «Приморск-2» захъзу аминералтә зы ахы ыйнахуеит Приморск ақытан икоу «Приморсктәи» захъзу азыйыырҭаҕе, амиын азааигәара, амфанхый. Астатиаҕы иазаатгылоуп аминералтә зы афизи́ко-химиатә ҕазшьақәа, еиҕырҭины игәаҭоуп ари аминералтә зи, «Приморсктәи» захъзу аминералтә зи рҕны аионқәа рхыҭхьазара.

Рылҭиҕақәеи архивтә қбаадқәеи реиҕырҭираан ишьақәырғәҕоуп, аа-шықәса ирылагзаны ари азы иалоу аионқәа рхыҭхьазара аешамҭсахыз. Абальнеотерапияҕы аминералтә зы «Приморск-2» ахархәара аҭаразы абжьсгарақәа рхиоуп.

**Ихадароу ажәақәа:** аминералтә зы, афизи́ко-химиатә ҕазшьарбагақәа, ака́тион-анионтә еилазаара, абальнеотера́пия.

*L.V. Kokosha, O.V. Pustovarova, A.O. Osia, O.V. Osia*

## PRIMORSKAYA-2 MINERAL WATER

**Annotation.** *The way up to the surface of Primorskaya-2 mineral water is located in the village of Primorskoye, not far from the Primorskaya well, on the other side of the route, closer to the sea.*

*The article presents the physicochemical characteristics of mineral water, gives a comparative analysis of the quantitative content of the main ions of this water and Primorskaya mineral water.*

*Based on a comparison of the data of our study with archival materials, the relative constancy of the amount of basic ions in this water over eight years is shown. Recommendations on the use of thermal mineral water Primorskaya-2 for balneotherapy have been prepared.*

**Key words:** *mineral water, physicochemical characteristics, cationic anionic composition, balneotherapy.*



## АПСНЫТӘИ АШЫЦЛАМШӘ ХКҚӘА ЕИУЕИЦШЫМ АЦИААТӘ ГӘЫЦҚӘЕИ АХАРАКЫРАҚӘЕИ РҒЫ РАЛАРЦӘАРА

**Научное сопровождение доктора биологических наук, профессора, академика АНА С. М. Бебиа:**

*Статья Р. А. Цвижба «Распространение флоры мхов по вертикальным поясам растительности Абхазии» написана на абхазском языке на основе большого фактического материала, собранного непосредственно автором в полевых условиях. Статья содержит новизну и имеет важное научное и практическое значение. Впервые дан полный перечень видов мхов, характер их вертикального распространения по растительным поясам. Автор статьи – магистр Абхазского государственного университета – продолжит эту тему в своей диссертационной работе. Р. А. Цвижба прекрасно ориентируется в литературных источниках по профилю темы. Есть все основания надеяться, что автор статьи будет серьезным исследователем в ботанической науке.*

**Аннотация.** *Имџааџгаз атџаарақәа ирыбзоураны Аџсназы иаарџиуп 99 хкы ашыцламшәқәа, урт рахьтә 7 раџхьаза акәны Аџсназы иаартуп, 28 хкы чыдақәоуп.*

**Ихадароу ажәакәа:** *ашыцламшәқәа, айџаақәа, Аџсны.*

Аџсны – шьхатәылоуп, ашьхеибаркырақәа рҒы хадара руеит Ихадоу Кавказатәи ақәакәа анапқәа – Кәыдрытәи, Аџснытәи, Бзыцтәи, Гагратәи. Аҳауа аганахьала ацәаакыра еихауп. Бжьаратәла иауа ақәа ахыцхьазара 1500 мм ркынза иназоит. Аџиаа хкқәа рхыцхьазара 2000 хкы иреихауп, урт рахьтә 400 хкы Кавказ ада цьаргы ирызхауам, дара урт рахьтә шәы-хкык Аџсны ада цьаргы ирызхауам.

Аботаникатә системаҒы ашыцламшәқәа гылоуп дара зџазкуа ақәшаҒы.

Ашыцламшәқәа – иреихау аџиаа хкқәа ргәыцахь иаџанакуа џиаақәоуп. Урт адацқәа рымам, иара убас акыраамџа аарџара рычхауеит, нас ацәаакыра анроулак ашьтахь иџеиит. Иазгәататәуп уи абыза ачыдара ашыцламшәқәа зегьы ишырым. Арт аџиаақәа уцылоит Арктика инаркны Антарктиданза, амшын аџшақәа инаркны ашьха ҳаракырақәа ркынза. Ашыцламшәқәа – зышәагаа мачу акыршықәса иџо џиаақәоуп, роура 1 мм инаркны 60 см ркынза иназоит. Раџхьазакәны урт адунеи иқәнагалеит 400 млн шықәса раџхьа. Амаџәбгьытә шыцламшәқәа зегьы иреихау хкуп арт аџиаақәа ргәыц аҒы, рхыцхьазара 14 нызкь хкы иреихауп, уи ишьәкәнаргылоит

ашыцламшә хккәа зегъы ркнытә 56 % процент. Ациаакәа шыакәгылоуп абыгкәа рылеи иара убас урт хызво еиуеипшым ахаратә быгкәеи рыла. Ацахыла аматә ағы иамоуп аризоидкәа – урт адац афункциакәа нарыгзоит, адгыл акынтәи иалрыцәцаауеит ази аминералтә матәашьаркәеи, дара шыакәгылоуп ицсхьоу ахацкәа рыла.

### Атцаара алцшәакәа

Рацхьазакәны ашыцламшәкәа рытцаара Апсны напы аркын 1837 ш. А.В. Нордмани Т. Деллингери рацхьазакәны ашыцламшә хккәа рколлекция анеизырга ашыхь инаркны. Анаөс атцааракәа мөапыргон С. Сомие, Е. Левие, И.С. Ткешелашвили, Г. Воронов, М.С. и Е.А. Игнатоваа, Г.Я. Дорошина, Н.В. Чиковани ухәа уб. итц.

Абарт атцарауаа рылшаракәа ирыбзоураны иахьатәи аамтазы Апсны атерриторияғы иаарцшуп 389 хкы ашыцламшәкәа 51 таацәареи, 17 еиҫкаареи, хә-хкыки рахь иацанакуа. Иреихәу атаацәаракәа жәаба ирытцаркуеит 250 хкы, уи ишыакәнаргылоит Апсны ихәмоу ашыцламшә хккәа ркнытә 64 % процент (Дорошина 2015: 295–313).

*Атаблица 1*

№	Атаацәара	Ахккәа рхыцхьазара
1	Pottiaceae	54
2	Brachytheciaceae	37
3	Amblystegiaceae	30
4	Grimmiaceae	25
5	Bryaceae	22
6	Mniaceae	20
7	Sphagnaceae	20
8	Dicranaceae	18
9	Polytrichaceae	15
10	Orthotrichaceae	14

### Ашыцламшәкәа реизгашьа аметодика:

Хара хусурағы хыкәкы хаданы икәхаргылеит ашыцламшәкәа еиуеипшым атыцкәеи ахаракыракәеи ациаатә гәыпкәеи рғы аларцәара ахьынзарымоу аилкаара.

Ашыцламшәкәа еиуеипшым рыхккәа рытцаара мөацган Апсны еиуеипшым араионкәа рғы аамта-аамталей шыаҫа-шыаҫалей.

Аметодика излахәо ала ашыцламшәкәа реизгарей рырәарей рзы хара иазхархиеит агает иалху аконверткәа.

Инартаулань ашыцламшэ хккэа реизгаразы хара иалкааны итахтааит ациаакэа реилазаара.

Иаххэап, абнарафэы аизгара анымсапахгоз адгьыл икэиаауа ашыцламшэкэа рыдагы еизахгон: абгыжэра иалиаауаз, итыхэхэо атла адацкэа ирыкэиаауаз, абажэкэа ирылиаауаз, ахахэкэа ирыкэиаауаз, азтачкэа иртиаауаз, иара убас ихту адгьылкэа ирыкэиаауаз ашыцламшэкэа.

Аметодика инакэыршэаны итцаан зыцсы тоуи исахьоуи атлакэа рцэакэа ршыапы инаркны 2–3 м ахаракыранза, итфырны икажью атла адац-пашэкэа, иара убас убри иахкьаны ишыакэгылаз атафаафэаракэа.

Ахахэкэеи атлакэеи ирыдиааз ашыцламшэкэа анамаххуаз ххы иахархэон ахэызба, зны-зынла ахахэ амапахэырц ажьахэа.

Чыдала еизахгон агэагь змоу ашыцламшэкэа. Урт заанатц иазхархиаз аканверткэа иртахтон, иагьрыцтахтон ихартэау абгыц.

Акарта ххы иархэаны ахаракыракэа азгэахтон.

Ашыцламшэкэа анеизахгалакь ашьтахь халагон урт рырфара: амрафэы ишьтахтон, мамзаргы ацша ахьыонасуаз ауадафэы, анаос халагон амикроскоп ххы иархэаны атцаара. Итахтааз ахккэа ииашоу ииашаму аилкааразы ихашьтуан Екатеринбург акалакь ахь.

Ашыцламшэкэа реизгара мсапган апрактика ханахьсуаз – 2017–2019 шш. ирыбжаркыз аамтазы. Атцааракэа мсапган абарт араионкэеи ациаатэ гэыцкэеи рфэы:

1. Цандрыцшь араион;
2. Гагра араион (Мамзышьха);
3. Ригатэи Амилатэ хэарпссара (Иупшаратэи атхэаа);
4. Ауадхаратэи араион (Ауадхара, азия Мзы);
5. Очамчыра араион (ақ. Члоу);

Абарт араионкэа рыфныцка итцаан анаостэи ациаакэа ргэыц:

1. Еилацсоу – асубтропикатэ бнакэа ргэыц – амшын ацшахэа инаркны 500 м ахаракыранза. Ишоуп иара алакэыратэи бнакэеи 50 м ахаракыранзеи, еилацсоу ашьха иацну абнакэеи 500 м ркынза. Хадара зуа тланы алакэыратэ бнакэа рфэы икоуп: ал цэыш, ажатцла ихараку, алапан шэыртцэыжэа, ачандар шкэакэа, ачандар еикэа. Хадара зуа тланы еилацсоу ашьха иацну абнакэа рфэы икоуп: ал цэыш, ал фыхэбаба, ахьаца мрагыларатэи, ахьаца кавказтэи, ашэтцла мрагыларатэи ухэа уб. итц.

2. Ахьа бнакэа ргэыц – (500 м инаркны 1000 м ахаракыранза). Хадара зуа тланы икоуп: ахьатцла иаабатц; иацнеиуа тлакэаны икоуп – ахьаца кавказтэи, ачамха адэыкэиаа, ачамха Траутфеттер, аць ибериатэи ухэа уб. итц.

3. Ашэтцла бнакэа ргэыц – (700 м инаркны 1600 м ахаракыранза). Хадара зуа тланы икоуп: ашэ мрагыларатэи; иацнеиуа тлакэаны икоуп: ахьаца кавказтэи, ахьаца мрагыларатэи, аць ибериатэи, атэатцла кавказтэи, адсаццла кавказтэи, ачамха Траутфеттер.

4. Ацсатцла бнақәа ргәыц – (900 м инаркны 1800 м аҳаракыранза). Хадара зуа тцланы икоуп: апсатцла кавказтәи; иацнеиуа тцлақәаны икоуп: апсатцла мрагыларатәи, ацәатцла кавказтәи, ашә мрагыларатәи, ал цәыш, ачамха Траутфеттер.

5. Асубальпикатә бнақәа ргәыц – (1800 м инаркны 2200 м аҳаракыранза) ари агәыц шоит:

а) Асубальпикатә абна хынаара;

б) Асубальпикатә бначыдара – ишьақәгылоуп ашә мрагыларатәи, ачамха адәықәиаа, ал җыхәбаба, ачамха шкәакәа рыла;

6. Альпикатәи абнақәа ргәыц – (2200 м инаркны 2500 м аҳаракыранза) ишакәгылоуп: ашьхаражә кавказтәи, бгачықь кавказтәи, ахәажә кавказтәи рыла;

7. 2500 м аҳаракыра нахыс ациаакәа уцылом.

Абарт адгьылтцакырақәа рҗы 2017 ш. еизган ирацәам аколлекция, итцәан 42 хкы ашыццламшә:

1. *Anomodon attenuates* (Hedw.) Huebener.
2. *Anomodon longifolius* (Brid.) Hartm.
3. *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. et Taylor
4. *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv.
5. *Barbula unguiculata* Hedw.
6. *Brachythecium salebrosum* (F. Weber et D. Mohr) Bruch et al.
7. *Bryum argenteum* Hedw.
8. *Bryum cryophilum* Mårtensson
9. *Bryum dichotomum* Hedw.
10. *Cinclidotus riparius* (Host ex Brid.) Arn.
11. *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr
12. *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt.
13. *Dicranum montanum* Hedw.
14. *Dicranum scoparium* Hedw.
15. *Dicranum tauricum* Sapjegin
16. *Grimmia longirostris* Hook.
17. *Grimmia muehlenbeckii* Schimp.
18. *Grimmia reflexidens* Müll. Hal.
19. *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.
20. *Hymenostylium recurvirostrum* (Hedw.) Dixon
21. *Hypnum cupressiforme* Hedw.
22. *Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov.
23. *Leptodon smithii* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr
24. *Lescurea incurvata* (Hedw.) E. Lawton
25. *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr.
26. *Neckera complanata* (Hedw.) Huebener

27. *Neckera crispa* Hedw.
28. *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra et Ochyra
29. *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid.
30. *Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske
31. *Palamocladium euchloron* (Müll. Hal.) Wijk. et Margad.
32. *Palustriella falcate* (Brid.) Hedenäs
33. *Paraleucobryum enerve* (Thed.) Loeske
34. *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J. Kop.
35. *Polytrichum longisetum* Sw. ex Brid.
36. *Pterigynandrum filiforme* Hedw.
37. *Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T.J. Kop.
38. *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Cardot
39. *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch et al.
40. *Sciuro-hypnum populeum* (Hedw.) Ignatov et Huttunen
41. *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gang.
42. *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr.

Абарт рхыцхьазараҕы икоуп рацхьазакэны Апсны азы иаарту цшь-хкык. 2019 ш. хара хатцааракэа ацахцеит хыхь зызбахэ ххэаз атыпкэа рҕы. Алтшэакэа иреиуоуп: хы-хкык рацхьазакэны Апсны азы иаарту, 19 хкы – ачыдакэа иреиуоу.

Цаҕа иаагоуп урт реикэыцхьазара:

1. *Abietinella abietina* (Hedw.) M. Fleisch.
2. *Anomodon attenuatus* (Hedw.) Huebener
3. *Antitrichia curtispindula* (Hedw.) Brid.
4. *Barbula unguiculata* Hedw.
5. *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Bruch et al. – S
6. *Bryum capillare* Hedw. – S
7. *Bryum elegans* Nees
8. *Bryum moravicum* Podp.
9. *Bryum schleicheri* Schwägr. var. *latifolium* (Schwägr.) Schimp.
10. *Calliergonella lindbergii* (Mitt.) Hedenäs
11. *Cinclidotus fontinaloides* (Hedw.) P. Beauv. – S
12. *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor) Loeske et M. Fleisch.
13. *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt. – S
14. *Dicranum scoparium* Hedw.
15. *Didymodon insulanus* (De Not.) M.O. Hill.
16. *Ditrichum flexicaule* (Schwägr.) Hampe
17. *Eurhynchium angustirete* (Broth.) T.J. Kop.

18. *Eurhynchium striatum* (Hedw.) Schimp.
19. *Fissidens adianthoides* Hedw.
20. *Fontinalis antipyretica* Hedw.
21. *Funaria hygrometrica* Hedw. – S
22. *Grimmia anomala* Hampe ex Schimp.
23. *Grimmia muehlenbeckii* Schimp.
24. *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm. – S
25. *Grimmia reflexidens* Müll. Hal.
26. *Herzogiella seligeri* (Brid.) Z.Iwats. – S
27. *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Bruch et al.
28. *Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid.) Loeske
29. *Hypnum cupressiforme* Hedw. – S
30. *Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov.
31. *Leptodon smithii* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr
32. *Lescuraea saxicola* (Bruch et al.) Molendo
33. *Leucodon immersus* Lindb. – S
34. *Mnium heterophyllum* (Hook.) Schwägr.
35. *Mnium stellare* Hedw.
36. *Neckera complanata* (Hedw.) Huebener
37. *Neckera crispa* Hedw.
38. *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra et Ochyra in R. Ochyra et al.
39. *Orthotrichum anomalum* Hedw. – S
40. *Oxystegus tenuirostris* (Hook. et Tayl.) A.J.E.Smith
41. *Palustriella decipiens* (De Not.) Ochyra
42. *Plagiomnium affine* (Blandow ex Funck) T.J. Kop.
43. *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J. Kop.
44. *Plagiothecium cavifolium* (Brid.) Iwats.
45. *Plagiothecium nemorale* (Mitt.) A. Jaeger
46. *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.
47. *Pohlia wahlenbergii* (F. Weber et D. Mohr) A.L. Andrews
48. *Polytrichum commune* Hedw.
49. *Polytrichum formosum* Hedw. – S
50. *Polytrichum juniperinum* Hedw.
51. *Pterigynandrum filiforme* Hedw.
52. *Rhynchostegium confertum* (Dicks.) Bruch, Schimp. et GümbeL
53. *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeskem
54. *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch et al. – S
55. *Sciuro-hypnum populeum* (Hedw.) Ignatov et Huttunen
56. *Sphagnum obtusum* Warnst.

57. *Sphagnum palustre* L.
58. *Sphagnum teres* (Schimp.) Ångstr. ex Hartm.
59. *Stereodon pallescens* (Hedw.) Mitt. – S
60. *Straminergon stramineum* (Dicks. ex Brid.) Hedenäs
61. *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr – S
62. *Tetraphis pellucida* Hedw.
63. *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gang.
64. *Thamnobryum neckeroides* (Hook.) E. Lawton
65. *Thuidium delicatulum* (Hedw.) Bruch et al.
66. *Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Bruch et al.
67. *Timmia bavarica* Hessel.
68. *Tortella inclinata* (R. Hedw.) Limpr. – S
69. *Tortella nitida* (Lindb.) Broth.
70. *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr.
71. *Tortula muralis* Hedw.
72. *Trichostomum crispulum* Bruch
73. *Ulota crispa* (Hedw.) Brid.
74. *Weissia brachycarpa* (Neeset Hornsch.) Jur. – S

#### Алкаакэа

Абасала, имѡапахгаз атцааракэа ирыбзоураны, Апсназы иаарцшуп 99 хкы ашыцламшэкэа, урт рахьтэ 7 рацхьазакэны Апсназы иаартуп, 28 – хкы чыдакэоуп.

Апсны икоу атагылазаашьяфэи ашыцламшэкэа ихадоу атыц ааныркы-лоит ашэапыцбац реилазаара ашыкэыргыларафэи.

#### Алитература

Дорошина 2015: Дорошина Г.Я. Мхи (Bryophyta) Абхазии // Новости системы низших растений. СПб., 2015. С. 295–313.

*Р. А. Цвижба*

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФЛОРЫ МХОВ ПО ВЕРТИКАЛЬНЫМ РАСТИТЕЛЬНЫМ ПОЯСАМ АБХАЗИИ

**Аннотация.** *Приводится краткая характеристика мхов (мохообразных) Абхазии, история их изучения, таксономическая характеристика, распределение по высотам, а также методы сбора мхов и составления гербария.*

**Ключевые слова:** *мохообразные, мхи, классификация, гербарий.*

*R. A. Tsvizhba*

## MOSES FLORA DISSEMINATION ALONG THE VERTICAL VEGETATION ZONES OF ABKHAZIA

**Annotation.** *A brief description of mosses (bryophytes) of Abkhazia, the history of their study, taxonomic characteristics, dissemination by heights, as well as methods of collecting mosses and compiling a herbarium are given.*

**Key words:** *bryophytes, mosses, classification, herbarium.*



С. М. Бебия, Е. Ф. Джакония, И. Ю. Титов, В. Д. Лейба

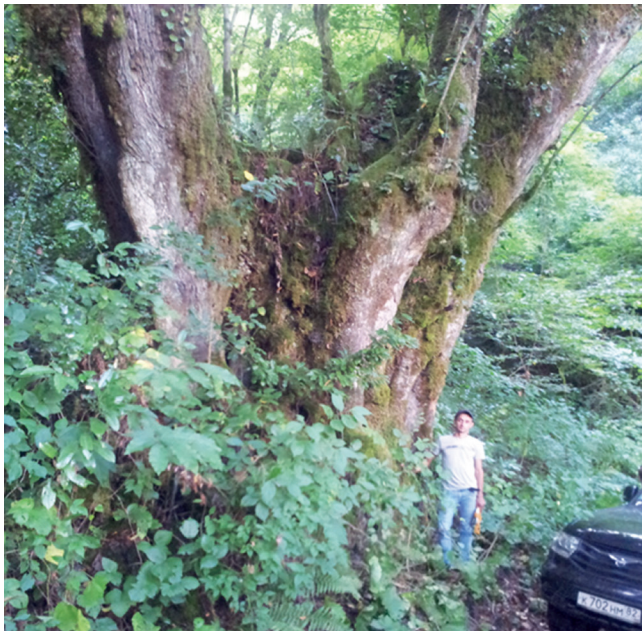
## ДЕРЕВО-ГИГАНТ В ПСХУ-ГУМИСТИНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

**Аннотация.** Освещаются район, географические координаты, биогеоэкологические условия места произрастания самого крупного экземпляра дерева липы кавказской, приводятся дендрометрические параметры, жизненное состояние дерева. Подчеркивается необходимость сохранения и размножения.

**Ключевые слова:** липа кавказская, тип леса, дерево-гигант, реликт, размножение.

Липа кавказская (*Tilia caucasica* Rupr. = *T. begoniifolia* Stev.), приоритетное название вида – липа бегониелистная, однако более распространенным является название, приведенное первым. Родина липы кавказской – Кавказ, Крым, Иран, Малая Азия.

Род *Tilia* L. включает около 50 видов, произрастающих в умеренных и субтропических областях северного полушария. Среди них л. кавказская является одним из наиболее крупных лесообразующих деревьев, отличается



Липа кавказская, дерево-гигант  
в Цмурском лесничестве Псху-Гумистинского  
заповедника

темной корой и мощной раскидистой кроной при свободном стоянии. Листья округло-яйцевидные с косым основанием, на верхушке заостренные, сверху голые, снизу по жилкам рассеянно опушенные, а в углах схождения жилок с бородавками рыжеватых волосков зубчато-пильчатые. Соцветия трех-восьмицветковые, цветки желтоватые. Прицветный лист продолговатый, почти сидячий, обычно короче длины соцветия. Плоды округлые четырех-пятиребристые коробочки, густо войлочнo-опушенные, длиной

до 1,2 см, шириной до 0,7 см. Цветет в июне-июле, плоды созревают в августе-сентябре. Вид средиземногорный, общекавказский, лесной, мезофильный, реликтовый (Колаковский 1986).

В Колхиде произрастает от берега моря до верхнего предела распространения лесов. Встречается в составе смешанных широколиственных, дубовых, каштановых, буковых, реже сосновых, пихтовых лесов в виде отдельных деревьев или групп, преимущественно по ущельям рек. В субальпийском поясе произрастает в виде небольших деревьев или кустарников. Чистых насаждений практически не образует. Предпочитает перегнойно-карбонатные или нейтральные почвы.

Обычно это дерево первой величины со стволом до 35 м высотой и до 1,5 м в диаметре. Нами обнаружено дерево *л. кавказской* диаметром на высоте груди в 3,72 м (окружность ствола 11,7 м) и высотой 36 м с раскидистой кроной средней густоты и диаметрами 30 x 25 м (на фото). Возраст дерева примерно 450 лет. Жизненное состояние удовлетворительное.

Произрастает липа в Цмурском лесничестве Псху-Гумистинского заповедника, во влажном ущелье реки Восточной Гумисты на склоне до 15° крутизны у дороги, не доезжая трех километров до плотины СухумГЭСа. Растет на гипсометрической отметке 600 м над уровнем моря, географические координаты: N. – 4309483, E. – 4102765. Экспозиция северо-восточная. Почвы мелкощебнистые, средней мощности. Подстилающая порода – сланцы.

Древостой смешанно-широколиственный с доминированием каштана посевного. В примеси древостоя, с убывающей долей: *граб кавказский*, *бук восточный*, *ольха бородастая*, *л. кавказская*, *ильм эллиптический*, *клен ложноплатановый*, *к. полевой*. Состав древостоя 5 Кш 3 Гр 1 Бк 1 Ол + Лп, Ил, Кл. Сомкнутость полога древостоя 07–08. Древостой разновозрастный, сложный. Возобновление главных лесообразующих пород удовлетворительное.

Подлесок густой, состоит из *лавровишни лекарственной*, *падуба колхидского*, *чубушника кавказского*, *бересклета широколистного*, *бузины древоидной*. Встречается *ежевика кавказская*, *плющ колхидский*. Травяной покров слабо развит, состоит из папоротников, *трахистемона восточного*, *герани Роберта*, *крапивы двудомной*, *шалфея клейкого* и др.

Условия местопроизрастания идеально подходят для хорошего роста и развития липы.

Данное дерево достойно восхищения. По всей вероятности, оно является самым крупным не только на Кавказе, но и за его пределами. Целесообразно объявить его особо охраняемым природным объектом с занесением в Книгу рекордов Гиннеса.

С селекционной точки зрения это дерево может служить маточником для размножения и выращивания посадочного материала с целью создания

лесных культур. В хозяйственном отношении *л. кавказская* является очень ценной породой, используется ее древесина, цветы, семена, большой интерес представляет как прекрасное декоративное растение.

В прошлом на Кавказе, в том числе и в Абхазии, деревья липы произрастали в большом количестве, но ее хищнически вырубали. В настоящее время *л. кавказская* нуждается в особо охраняемом статусе с занесением в список региональной Красной книги.

Необходимо также разработать систему лесоводственных мероприятий по спасению и размножению этого дерева.

### Литература

Колаковский 1986: Колаковский А. А. Флора Абхазии. Т. IV. Тб., 1986. 362 с.

*С. М. Бебия, Е. Ф. Джакония, И. И. Титов, В. Д. Леиба*

## ПСХӘЫ-ГӘЫМСТАТӘИ АХӘАРПСАРРАҶЫ ИЗЫЗХАУА АЦЛА-ДАУЫ

**Аннотация.** АстатиаҶы ирзаатҕылоуп зегьы иреиҕау кавказтәи атҕайла ахьгылоу атҕың, уи атҕың абиогеоценоттә тагылазаашьа, адендрометрикатә рбагақәа, айла ахатә тагылазаашьа. Инайшьны иазгәатоуп, ари айла аиқәырхарей арҶиарей ахәтаны ишыкоу.

**Ихадароу ажәақәа:** кавказтәи атҕайла, абна хкы, айла-дауы, ареликт, арҶиара.

*S. M. Bebia, E. F. Dzhakoniya, I. Yu. Titov, V. D. Leiba*

## A GIANT TREE IN THE PSHU-HUMISTINIAN RESERVE

**Annotation.** The area, geographical coordinates; biogeocenotic conditions the place of growth of the largest specimen of the Caucasian linden (*Tilia caucasica* Rupr.) tree are highlighted. Dendrometric parameters, the tree's vital state are given. The need for conservation and reproduction is emphasized.

**Keywords:** Caucasian linden, type of forest, giant tree, relict, reproduction.

*И. С. Антонова, М. В. Кременецкая, В. Д. Лейба*

## **ОСОБЕННОСТИ РАННИХ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ *QUERCUS MIRSINIFOLIA* BLUME, ИНТРОДУЦИРОВАННОГО В АБХАЗИИ**

**Аннотация.** *Исследованы особенности ранних онтогенетических состояний *Q. myrsinifolia* в условиях интродукции. Выявлено различие интенсивности возобновления в местообитаниях с контрастными параметрами освещенности и почвенных условий. На уровне морфологических характеристик побегов и побеговых систем рассмотрен переход от стадии проростка к раннему виргинильному возрастному состоянию.*

**Ключевые слова:** *Quercus myrsinifolia, интродукция, онтогенез, ювенильные растения, имматурные растения, побеговая система, теневыносливость, морфология кроны.*

Онтогенезу древесных растений умеренной зоны посвящено множество научных работ, и на этом фоне видам субтропическим уделяется меньше внимания, однако их изучение представляет особый интерес как с научной, так и с практической точки зрения.

К описанию возрастной дифференциации особей в естественном сообществе можно подходить с позиции определения астрономического (календарного) возраста или возраста биологического, идея которого предложена и развита Т. А. Работновым (1950), а затем подробно разработана в трудах его последователей (Уранов, Воронцова, Ермакова и др. 1967: 156; Gatzuk, Smirnova, Vorontzova et al. 1980: 675–696; Smirnova, Chistyakova, Zaugolnova et al. 1999: 8–20).

Обоснованность применения концепции биологического возраста заключается в том, что скорость протекания онтогенеза различается в зависимости от условий произрастания. Особи одного календарного возраста могут находиться на разных онтогенетических стадиях, равно как и особи одной стадии могут иметь разный календарный возраст. Поливариантность онтогенеза проявляется даже в пределах одного естественного сообщества вследствие мозаичности и постоянной изменчивости условий. Это обстоятельство отражается как на скорости развития, так и на уровне жизнеспособности организма (Жукова, Комаров 1990: 450–461; Жукова 2001: 169–176).

Практическая значимость изучения онтогенеза субтропических видов связана с вопросами их интродукции в регионы со сходными климатическими условиями. Для успешного развития интродуцентов необходимо знание особенностей их онтогенеза и, в первую очередь, критических периодов, во время которых происходит массовая гибель особей.

Для городского озеленения и декоративного использования целесообразно выбирать виды, которые хорошо растут в данном регионе, не требуют сложного ухода и больших финансовых затрат. Такими характеристиками могут обладать и интродуценты. В частности, *Q. myrsinifolia* в Абхазии, несмотря на удаленность региона интродукции от естественных сообществ, прекрасно растет и возобновляется семенным путем. Поэтому его можно рассматривать как перспективный вариант для массового введения в озеленение и замены стареющих и отмирающих по разным причинам растений.

*Q. myrsinifolia* является представителем секции *Cyclobalanopsis*, одной из древнейших секций обширного рода *Quercus* L. Все представители данной секции произрастают в Восточной и Юго-Восточной Азии, и ареал *Q. myrsinifolia* по величине занимает среди них одно из первых мест (Меницкий 1983: 530). Ареал *Q. myrsinifolia* входит в группу лесообразующих пород субтропических вечнозеленых широколиственных лесов Китая и Индонезии.

Активное изучение представителей рода *Quercus* привело к появлению множества исследований, посвященных систематике семейства (Kremer, Abbot, Carlson et al. 2012: 583–610), рода (Aldrich, Cavender-Bares 2011: 89–129; Hipp, Manos, Hahn et al. 2019) и секции (Deng, Zhon, Li 2013: 48–60; Deng, Jiang, Hipp et al. 2018: 170–181). В них предлагаются различные варианты объединения видов в более крупные систематические группы (подроды или секции), но представители древнейшей секции *Cyclobalanopsis* всегда выделялись в единую обособленную группу (Denk, Grimm, Manos et al. 2017: 13–38).

*Q. myrsinifolia* успешно интродуцирован на Черноморском побережье, в том числе в г. Сухуме, Республика Абхазия (Гуланян, Григолая, Лукава и др. 2017: 24–48). Это вечнозеленое дерево высотой до 30 м с гладким прямым стволом и очень густой кроной правильной округлой формы. В настоящей работе внимание уделяется описанию изменений, которые претерпевает дерево в ходе онтогенеза – от стадии проростка до момента перехода в виргинильную стадию.

### Материалы и методы

Сбор материала производился в искусственных посадках *Q. myrsinifolia* на территории Абхазской научно-исследовательской лесной опытной станции (АбНИЛОС) и в роще Дендропарка Государственного научного учреждения «Ботанический институт Академии наук Абхазии» (далее – Дендропарк ГНУ БИ АНА) на территории г. Сухума, где вид возобновляется естественным путем, а также в Сухумском ботаническом саду Государственного научного учреждения «Ботанический институт Академии наук Абхазии» (далее – ГНУ БИ АНА) и на газонах в центральных парках Су-

хума. Для каждого дерева определялся биологический возраст. Всего было обследовано около 60 растений – от проростков до молодого генеративного возрастного состояния.

У растений, находящихся на ювенильной и имматурной стадиях онтогенеза, были измерены длины годовых приростов всех осей растения. Определен астрономический возраст каждого побега, на всех приростах было подсчитано количество зеленых листьев и боковых побегов. Для каждого дерева зарисованы схемы, отражающие год образования прироста и его положение в системе кроны и конкретной ветви, а также сделаны фото.

По результатам исследования была составлена подробная схема изменения кроновой системы от проростка до поздней имматурной стадии (рисунок 1).

### Результаты и обсуждение

Проростки *Q. myrsinifolia* имеют высоту от 95 до 176 мм в зависимости от уровня освещенности. На верхушке проростка располагаются два супротивно расположенных листа (реже встречаются проростки с тремя листьями). По форме они похожи на листья взрослых растений, но имеют меньшую ширину и более вытянутую верхушку. Под зелеными листьями на высоте около 80 мм имеется пара супротивно расположенных чешуевидных листьев, изредка их может быть три или четыре (Соколова, Антонова, Казанова 2016: 424–428).

При возобновлении семенным путем за стадией проростка, которая длится в благоприятных условиях один год, а в неблагоприятных – несколько лет, следует ювенильная стадия. Ювенильное растение характеризуется моноподиальным нарастанием, которое сохраняется в течение всей жизни, и небольшой, по сравнению с последующими стадиями, длиной годовых приростов (в среднем 50–60 мм). Зеленые листья располагаются по спирали и сгруппированы в верхней части прироста, под ними находится участок с очень редуцированными чешуевидными нефотосинтезирующими листьями, также расположенными спирально.

Несмотря на то, что растение не ветвится, в случае отмирания верхушечной почки наблюдается перевершинивание. «Продолжение» стволика образуется из верхней живой пазушной почки, но внешне изгиб стволика практически незаметен. Продолжительность этой стадии составляет около 10 лет. В это время наблюдается энергичный рост системы главного корня.

При переходе к имматурной стадии происходят следующие важные события: ускоряется рост, то есть увеличивается длина годовых приростов (до 150–200 мм) и появляются боковые побеги из пазушных почек. В первые несколько лет образуется от одного до трех побегов, затем их количество увеличивается и достигает максимума на осях второго-третьего порядка в виргинильном и раннем генеративном состоянии, когда идет активное формирование кроны взрослого дерева.

На побеге пазушные почки различаются по размеру: крупные сосредоточены в верхней части, под ними находится зона с более мелкими почками, которые, за редким исключением, остаются спящими. Боковые побеги сгруппированы в верхней части годичного прироста, располагаются по спирали и образуют «розетку».



Рисунок 1. Побеговые системы *Q. myrsinifolia*:

*а* – общая форма листовой массы боковых ветвей, *б* – розетки боковых побегов

Все боковые побеги, образовавшиеся на ранней иматурной стадии, состоят из одного-двух годичных приростов (останавливают рост на первом-втором году) и на второй-четвертый год отмирают, не принимая участия в формировании кроны.

По мере роста появляются побеги третьего порядка ветвления, количество ветвей в розетках на главной оси возрастает, а также начинается их заметная дифференциация по интенсивности развития. Из верхних пазушных почек образуются достаточно крупные ветви, участвующие в построении каркаса кроны иматурного дерева. Нижние боковые побеги в розетке не ветвятся и прекращают рост на первый-второй год, а начиная со второго года, постепенно отмирают.

На следующем этапе формируются более мощные боковые ветви, порядок ветвления доходит до четвертого. Длина годичных приростов достигает 300–400 мм (близко к приростам взрослого дерева), изредка до 700 мм. Особо крупные ветви, появившиеся в конце иматурной стадии, функционируют и в кроне виргинильного дерева.

Считаем важным отметить роль дифференциации ветвей от ствола по размерам (по диаметру, а также по количеству и длине приростов). У по-

беговых систем, слагающих главную ось, в каждой розетке снизу вверх начинается постепенная остановка развития боковых побегов. Это явление лежит в основе формирования в кроне ярусов ветвей, между которыми остается пространство, заполненное листвой с меньшей плотностью.

В верхушках растущих деревьев наблюдаются следующие закономерности. С увеличением приростов увеличивается и количество побегов в розетках, но соседние розетки, как правило, различаются по размеру, то есть за крупной розеткой часто следует небольшая. На более поздних этапах онтогенеза эта разница проявляется еще ярче, что, наряду с отмиранием нижних побегов в розетке, создает ярусность кроны.

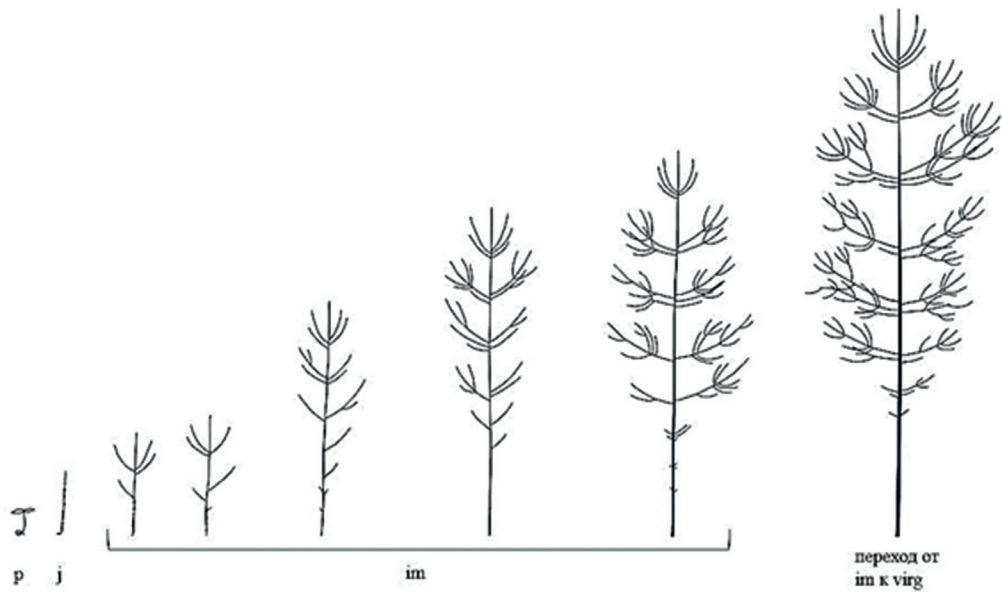


Рисунок 2. Последовательное изменение кроны на ранних стадиях онтогенеза (*p* – проросток, *j* – ювенильная стадия, *im* – имматурная стадия, *virg* – виргинильная стадия)

Взрослые особи *Q. myrsinifolia* в Дендропарке ГНУ БИ АНА ежегодно производят большое количество фертильных семян, хорошо прорастающих и весной образующих (без вмешательства человека) сплошной покров под сенью материнских деревьев. В искусственной одновозрастной посадке (АбНИЛОС) также образуется значительное количество фертильных семян, однако сплошного покрова проростков не наблюдается, а до имматурной стадии доходят единичные особи.



Известный в лесоводстве факт массовой гибели молодых особей на стадии проростка и на имматурной стадии в условиях Дендропарка ГНУ БИ АНА не наблюдается, молодые особи здесь имеют высокую сохранность и образуют сплошные заросли. Отмирание происходит на более поздних стадиях развития, когда деревья стремятся выйти во второй-третий ярус и конкурентные отношения обостряются. Массовое развитие подроста по краю рощи останавливается посредством регулярных рубок.

Различия в состоянии молодых растений в Дендропарке ГНУ БИ АНА и на территории АБНИЛОСа обусловлено эколого-эдафическими условиями. Растения в Дендрарии растут на склоне юго-западной экспозиции с влажной и хорошо дренированной почвой, в то время как искусственные посадки в АБНИЛОСе расположены на ровном участке, где почва более тяжелая и сырая, а дренирование недостаточное. Расположение на склоне дает возможность растениям получать больше солнечного света. Молодые растения на опытной станции круглосуточно находятся в условиях недостатка солнечного света, тогда как в роще они защищены от солнца в самые жаркие дневные часы, но достаточно хорошо освещаются закатным солнцем в вечернее время.

*Q. myrsinifolia* – это горный вид. На родине, в Юго-Восточной Азии, он произрастает в низкогорных лесах, поэтому в роще Дендропарка, где условия сходны с условиями его естественного местообитания, возобновление идет намного успешнее, чем на опытной станции.

Следовательно, при необходимости производства саженцев *Q. myrsinifolia* для нужд озеленения наилучшими условиями являются участки на склоне с влажной и хорошо дренированной почвой, с достаточным количеством рассеянного солнечного света, а также отсутствием конкуренции со стороны других видов.

В литературе имеются подробные описания проростков *Q. robur*, а также их ювенильных и имматурных стадий, важные для создания лесных культур и описания естественных насаждений (Морозов 1949: 455; Серебряков 1962: 1962; Смирнова 1989:102). Интересно, что исследование побеговых систем *Q. robur* проведено лишь в недавнем прошлом (Стаменов 2018:18).

### Заключение

Начатые нами исследования формирования побеговых систем *Q. myrsinifolia* показывают существенное отличие его морфологии от *Q. robur* на всех стадиях развития: проростка, а также ювенильной и имматурной стадий. Эти отличия являются отражением древности вида и обитания его в условиях влажных вечнозеленых лесов. Темпы протекания онтогенеза у *Q. myrsinifolia* в сравнении с таковыми у *Q. robur* более медленные и растянуты во

времени. Большая продолжительность жизни листьев проростка, а также последующих стадий позволяет ему удерживаться в сообществе в надежде на улучшение условий существования.

В естественных местообитаниях лесостепной дубравы или дубовых лесов проростки *Q. robur* легко повреждаются грибными заболеваниями, разрушающими ткани листовых пластинок. Это способствует элиминации значительного количества проростков уже в первую зиму. Кроме того, проростки повреждаются в результате того, что побеги скусывают косули и кабаны. По нашим многолетним наблюдениям, проростки *Q. myrsinifolia* в условиях влажного климата Сухума не имеют комплекса вредителей, повреждающих молодые растения, и их гибель чаще всего обусловлена конкурентными отношениями друг с другом или кошением.

Кроме того, в условиях сильного затенения в естественных сообществах растения *Q. robur* формируют торчки, которые не способны перейти от иматурной стадии к виргинильной. В Абхазии в самых разных условиях затенения нам не удалось увидеть таких растений *Q. myrsinifolia*, так как вид обладает большой теневыносливостью.

Нами предварительно выявлено большое сходство и однообразие побеговых комплексов молодых растений, поэтому, безусловно, стоит продолжить изучение развития побеговых комплексов от молодого растения до зрелого дерева.

К тому же, выявленное значительное сходство и однообразие побеговых комплексов молодых растений *Q. myrsinifolia* является отражением глубокой древности вида, который тем не менее успешно адаптируется к условиям Черноморского побережья Кавказа. Практическая значимость работы в этом направлении побуждает продолжить данное исследование.

### Литература

Гулянян, Григолая, Лукава и др. 1989: Гулянян Т.А., Григолая Д.И., Лукава Н.А., Заславская И. С. Интродуцированные дубы Сухумского субтропического дендропарка // Тр. Сухум. Бот. сада. 1989, Сухуми. № 33. С. 24–48.

Диагнозы и ключи... 1989: Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники. М., 1989. 102 с.

Жукова, Комаров 1990: Жукова Л.А., Комаров А.С. Поливариантность онтогенеза и динамика ценопопуляций растений // Журнал общей биологии. М., 1990. Т. 51, № 4. С. 450–461.

Жукова 2001: Жукова Л.А. Многообразие путей онтогенеза в популяциях растений / Ж-л «Экология». М., 2001. № 3. С. 169–176.

Меницкий 1983: Меницкий Ю.Л. Дубы Азии: Дис. ... докт. биол. наук. Л., 1983. 530 с.

Морозов 1949: Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.-Л., 1949. 455 с.

*Серебряков 1962*: Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных растений. М., 1962. 379 с.

*Соколова, Антонова, Казакова 2016*: Соколова О.С., Антонова И.С., Казакова Н.Л. О морфобиологических особенностях проростков некоторых видов рода *Quercus* L., возобновляющихся в предгорьях Абхазии // Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия Кавказа (материалы Международной научной конференции, посвящённой 175-летию Сухумского ботанического сада, 120-летию Сухумского субтропического дендропарка, 85-летию профессора Г.Г. Айба и 110-летию профессора А.А. Колаковского. Сухум 6–10 сентября 2016.) / Отв. ред. Э.Ш. Губаз. Сухум, 2016. С. 424–428.

*Стаменов 2018*: Стаменов М.Н. Онтогенез и популяционная структура дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в фитоценозах разных сукцессионных стадий в центре европейской России. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.б.н. Тольятти, 2018. 18 с.

*Уранов, Воронцова, Ермакова и др. 1967*: Уранов А.А., Воронцова Л.И., Ермакова И.М. и др. Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений / Под ред. проф. А.А. Уранова. М., 1967. 156 с.

*Gatzuk, Smirnova, Vorontzova et al. 1980*: Gatzuk L. E., Smirnova O. V., Vorontzova et al. Age states of plants of various growth forms: a review // Journal of Ecology. М., 1980. V. 68 (3). P. 675–696.

*Smirnova, Chistyakova, Zaigolnova et al. 1999*: Smirnova O.V., Chistyakova A.A., Zaigolnova et al. Ontogeny of a tree // Botanical journal, SPb. 1999. V. 84 (12). P. 8–20.

*Deng, Zhou, Li 2013*: Deng M., Zhou Z.K., Li Q. Taxonomy and systematics of *Quercus* subgenus *Cyclobalanopsis* // International Oaks. USA, 2013. № 24. P. 48–60.

*Deng, Jiang, Hipp et al. 2018*: Deng M., Jiang X.L., Hipp A.L. et al. Phylogeny and biogeography of East Asian evergreen oaks (*Quercus* section *Cyclobalanopsis*; Fagaceae): insights into the Cenozoic history of evergreen broad-leaved forests in subtropical Asia // Molecular Phylogenetics and Evolution. USA, 2018. № 119. P. 170–181.

*Aldrich, Cavender-Bares et al. 2011*: Aldrich P.R., Cavender-Bares J. *Quercus* // Kole C. (Ed) Wild crop relatives: Genomic and breeding resources, forest trees. Springer, Berlin, 2011. P. 89–129.

*Hipp, Manos, Hahn et al. 2019* : Hipp A.L., Manos P.S., Hahn M. et al. Genomic landscape of the global oak phylogeny // New Phytol. 2019. 10.1111/nph.16162. Cite This Page: MLA.

*Kremer, Abbott, Carlson et al. 2012*: Kremer A., Abbott A. G., Carlson J. E. et al. Genomics of Fagaceae // Tree Genet Genomes. Berlin 2012. № 8. P. 583–610.

*Denk, Grimm, Manos et al. 2017*: Denk T., Grimm G.W., Manos P.S. et al. An updated infrageneric classification of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns // E. Gil-Pelegrin, J. J. Peguero-Pina, & D. Sancho-Knapik (Eds.), Oaks physiological ecology. Exploring the functional diversity of genus *Quercus* Tree physiology. Switzerland, 2017. № 7. P. 13–38.

*И. С. Антонова, М. В. Кременецкая, В. Д. Леиба*

**АПСНЫ РАҒХЪАЗА АКӘНЫ ИАЛАРЦӘАЗ  
 QUERCUS MYRSINIFOLIA BLUME  
 ЗААТӘИ АОНТОГЕНЕТИКАТӘ ҒАГЫЛАЗААШЬА АЧЫДАРАҚӘА**

**Аннотация.** *Астатиағы иазаатғылоуп Ақсны рағхъазакәны иаларцәаз Q. Myrsinifolia заатәи аонтогенетикатә ғагылазаашья иамоу ачыдарақәа. Игәатәоуп еуеиңшым алашарақәыңхара змоу атыңқәа рғи еуеиңшым аныиәеилазаашья змоу атыңқәа рғи ари айиаа шаднакыло. Аморфологиатә кәзшьяқәа рыла игәатәоуп ахғарахқәеи ахғарахтә системақәеи ахылғиананы иирызхәуа.*

**Ихадароу ажәақәа:** *Quercus myrsinifolia, аинтродукция, аонтогенез, аиуве- нилтә йиаақәа, аимматуртә йиаақәа, ахғарахтә система, аиәшьы- рачхара, айлеилачыра аморфология.*

*I. S. Antonova, M.V. Kremenetskaya, V. D. Leyba*

**FUATURES OF EARLY ONTOGENETIC STATES  
 OF QUERCUS MIRSINIFOLIA BLUME, INTRODUCED IN ABKAZIA**

**Abstract:** *features of early ontogenetic states of Q. myrsinifolia are studied under conditions of introduction. A difference in the intensity of renewal in habitats with contrasting parameters of illumination and soil conditions is revealed. The transition from the seedling stage to the early virgin age state is considered at the level of morphological characteristics of the shoots and shoot systems.*

**Keywords:** *Quercus myrsinifolia, introduction, ontogenesis, juvenile plants, im- mature plants, shoot system, shade tolerance, crown morphology.*

## К ВОПРОСУ О ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *MYRICA RUBRA* В РЕСПУБЛИКЕ АБХАЗИЯ

**Аннотация.** *Полезные свойства плодов *M. rubra* и субпродуктов, получаемых из них, а также способность растения к синтезу целого ряда уникальных химических соединений в настоящее время привлекают исследователей всего мира.*

*Наличие на территории Республики Абхазия успешно приспособившихся к местным климатическим условиям популяций восковницы красной позволит значительно снизить издержки на содержание и разведение данного вида.*

**Ключевые слова:** *Myrica rubra*, сырье лекарственных растений, растительные экстракты, продукты питания, плодовые культуры, здоровый образ жизни, озеленение.

Увеличение разнообразия растений, используемых человеком в пищу, зачастую положительно сказывается на качестве жизни (Paredes-Lopes, Cervantes-Seja 2010: 299). Так, в русских летописях сказано, что наследнику княжеского рода, чтобы сохранить здоровье, необходимо отведать в день от сорока яств.

Развитие человеческой цивилизации приводит к освоению все новых растительных ресурсов и открытию ранее малоизвестных их свойств.

Целью настоящей работы является привлечение внимания к полезным свойствам *Myrica rubra*, которая в настоящее время переживает всплеск интереса со стороны исследователей во всем мире.

*Myrica rubra* Sieb. et Zucc. (Chinese Bayberry, ямбери, ямамомо, восковая ягода, восковница красная и др.) – субтропическое плодородное дерево из семейства *Myricaceae*, произрастающее в Китае и других странах Восточной Азии (Chen et al. 2004: 83–114). Это двудомное вечнозеленое ветроопыляемое растение с полусферической кроной.

*M. rubra* произрастает преимущественно в лесах на горных склонах с перепадами высот 100–1500 м над уровнем моря, изредка поднимаясь до 1875 м, например, в провинции Хазянг на севере Вьетнама; также единично встречается в долинах (Su et al. 2003: 25–29). Культура светолюбива, но способна выдерживать некоторое затенение и (в редких случаях) даже предпочитает слабую затененность (25–50 %), что подтверждается недавними исследованиями (Zeng et al. 2017: 203–211). *Myrica rubra* – влаголюбивое растение.

Требовательность к водному режиму обусловлена особенностями корневой системы, глубина залегания которой варьируется от пяти до 60 сантиметров. Вид предпочитает хорошо дренированные влажные почвы, при этом совершенно не требователен к богатству почв (Bean 1981; Huxley 1992).

Культивируется во многих провинциях Китая, в Японии, Корее и на Филиппинах (Wu, Raven, Hong 1999: 453). На уровне Токио используется в качестве декоративного растения, так как плодоношение в этой зоне затруднено в связи с более прохладными условиями произрастания (Kariyone 1973).

Многие столетия восковница красная используется в качестве структурного элемента традиционного китайского сада.

Невысокое вечнозеленое кустовидное или штамбовое дерево с симметричной полусферической кроной добавляет новых красок в озеленение и органично вписывается в структуру практически любой композиции.

Обилие крупных многочисленных плодов, по мере созревания изменяющихся в окраске по градиенту от бледно-желтого до насыщенно- бордового, наряду с темными блестящими зелеными листьями создает основной декоративный эффект и придает растению особую привлекательность и красоту.

Немаловажным аргументом за использование *M. rubra* в качестве декоративного растения выступает двудомность вида. Высаживание женских особей предотвращает вероятность развития аллергических реакций на пыльцу у местного населения. Надежность отбора растений по полу гарантируется способностью восковницы красной более чем успешно размножаться черенкованием (Huxley 1992).

Наиболее широкое применение в качестве плодовой культуры *M. rubra* получила на своей родине – в зоне влажных субтропиков Южного и Юго-Восточного Китая, где она выращивается уже более 2 000 лет. Это растение упоминается в поэмах Цзян Дуна со времен династии Хань (Joyce 2005). В настоящее время выведено около 270 сортов (Zhang et al. 2008: 1091–1097; Zhang, Miao 1999: 24–25). В Южном Китае *M. rubra* культивируется повсеместно более чем на 850 000 акрах сельскохозяйственных площадей (Karp 2007).

Плоды *Myrica rubra* обладают приятными вкусовыми качествами, богаты витаминами (Chen et al. 2004: 83–114; Chen et al. 2008: 522–526; Zhang et al. 2008: 1091–1097). Химический состав плодов и листьев на разных стадиях жизненного цикла различен. Это привлекает все больше внимания исследователей к культуре *M. rubra*, переживающей, очевидно, свое второе рождение уже с мировым размахом (Wu et al. 2018: 56).

Плоды *M. rubra* составляют значительную часть рациона местного населения во многих провинциях Китая: Фуцзянь, Гуандун, Гуйчжоу, Цзянси, Юньнань и др., а также, что немаловажно, массово экспортируются за

границу, преимущественно на территорию США, а также в страны ЕС под торговой маркой *Yumberry* (Карп 2007).

По оценкам исследователей из Китая, 84 % плода *Myrica rubra* съедобно, а сам плод имеет следующий состав: на 100 г приходится 92 кДж энергии, воды 93,6 г, белки составляют 0,8 г, жиры – 0,1 г, клетчатка – 0,8 г, углеводов содержится 4,4 г, 20 мкг каротина, 3 мкг ретинола, 0,01 мг тиамина, рибофлавина содержится 0,05 мг, ниацина 0,3 мг, витамина С 15 мг, витамин Е 0,81 мг; 168 мг калия, натрия 0,7 мг, кальций 10 мг, магний 10 мг, железо 1,7 мг, марганец 0,43 мг, цинк 0,26 мг, меди 0,03 мг, Р 9 мг, селена 0,43 мкг (Shen 2003).

В ряде работ европейских и американских исследователей отмечается, что семя *M. rubra* тоже съедобно (Usher 1974; Kunkel 1984; Facciola 1990).

В провинции Юньнань в Китае выращивают две основных группы сортов восковницы красной: кислые сорта используются для приготовления сухофруктов, сладкие – для приготовления (выжимки) сока и непосредственно для употребления в сыром виде (Joyce 2007). Во многих провинциях Китая существует особая культура употребления плодов в свежем виде с добавлением крупиц соли, чтобы убрать кислоту во вкусе. Среди субпродуктов, получаемых из различных частей растения, джемы, варенье, пищевые красители и ароматизаторы, вина. Плоды консервируют и готовят основу для традиционных ликеров байцзю и многое другое.

В промышленности из *M. rubra* получают очень ценные желтый и красный красители для шелковых тканей (Kariyone 1973; Lee 2018).

Интерес к культуре *M. rubra* побуждает исследователей искать новые перспективные регионы для ввода вида в культуру. Достаточно обширные плантации восковницы красной, принадлежащие корпорации Calmei, можно найти на территории США, в штате Калифорния. В настоящее время планируется разводить культуры этого вида в Австралии, и экономическая целесообразность такой работы уже признана (Joyce et al. 2005).

В Абхазии посадки *M. rubra* были связаны с работами Н.И. Вавилова и созданием сети опытных станций по всей территории бывшего Союза.

В работе Н.И. Вавилова по эколого-географической типизации мировых растительных ресурсов очевидно прослеживается создание опытной станции именно на территории Абхазии в качестве подходящего места для опытной интродукции *Myrica rubra* (Вавилов 1926, 1935, 1957).

По территории Республики Абхазия проходит переход между субтропическим и умеренным поясами. И в формировании климата Абхазии значительную роль играет географическая широта и связанное с ней количество получаемого от солнца тепла, а также движение воздушных масс, горный рельеф и влияние Черного моря (Адзинба 2011).

По количеству прямой солнечной радиации в теплое время года Абхазия приближается к японским субтропикам, а в холодное – к субтропикам средиземноморских стран Европы (Гулиа 2014).

Начиная с 1954–1957 годов, на основе методов потенциальных ареалов Гуда, эколого-исторического анализа сложившихся флор Культиасова, родовых комплексов Ф.Н. Русанова и др. на территории Сухумской опытной станции бывшего ВИР проводились опыты по изучению экологических и сельскохозяйственных свойств *M. rubra* в условиях местных влажных субтропиков (Культиасов 1937; Русанов 1950; Good 1964).

Установлено, что цветение *M. rubra* на территории Абхазии начинается в начале–середине апреля. Женские растения цветут обильно, но не ежегодно, в то время как мужские растения каждый год (Харазия 1976). Плодоношение начинается рано, в конце мая – начале июля, и происходит постепенно. По мере созревания плоды меняются в окраске.

Растения начинают плодоносить на 6–7 год после посадки семян, достигая максимального выхода плодов на 11–12 год, когда урожай с одного дерева составляет около 40 кг. Лёжкость плодов составляет от 6 до 20 дней при хранении в комнатной и пониженной температурах соответственно. Вкусовые качества, главным образом, определяются высоким содержанием в плодах кислот: аскорбиновой – 7,73 – 19,64 мг/100 г, и яблочной – 1,24 – 1,50 %; а также сахаров (монозы и сахарозы), которые в среднем дают 6,92 – 9,50 % от общей массы плода ( $m_{пл.} = 7,3 - 9,0$  г) (Харазия 1976). Таким образом, *M. rubra* рассматривалась как ценная пищевая плодовая культура.

Растение довольствуется естественными осадками и влагой туманов, формирует симметричную крону даже без обрезки. При этом саму обрезку при необходимости переносит хорошо. Отмечается высокая устойчивость вида к различным заболеваниям и вредителям (Харазия 1976). В культуре восковница красная выдерживает заморозки до – 15 и характеризуется как «вполне зимостойкий» вид (Одишария 1959). По скорости роста на Черноморском побережье Кавказа *M. rubra* относится к довольно медленно растущим породам, достигая 6 метров в высоту к 40 годам с диаметром ствола в 25 сантиметров (Одишария 1959).

На территории Опытной станции бывшего Всесоюзного института растениеводства близ села Дранда Гулрыпшского района группа растений *Myrica rubra* уже более 30 лет произрастает без существенного вмешательства извне и успешно ежегодно обильно плодоносит. Предположительно, что численность популяций поддерживается за счет самосева и вегетативного размножения отводками, характерного для некоторых видов семейства (Харазия 1976). Это свидетельствует о высокой степени экологической толерантности вида.



В настоящее время *Myrica rubra* является объектом пристального внимания исследователей, в работах которых обсуждается целый ряд ранее малоизвестных свойств этого растения (Dong 2014; Ambroz et al. 2015; Chen et al. 2018 и др.).

Получаемый из плодов мирицерон блокирует рецептор пептида эндотелина – посредника сужения кровеносных сосудов (Sun et al. 2013; Hu et al. 2014). Зарегистрирован высокий уровень полифенольной активности: синтеза эллаговой кислоты, комплекса дубильных веществ и антоцианов, что указывает на потенциал для разработки ряда препаратов на основе *M. rubra* (Bao et al. 2005).

Было изучено влияние некоторых компонентов масла семян восковницы красной на состав и физиологические параметры крови, в результатах отмечены высокая степень антиоксидантной активности и способность эффективно снижать количество свободных липидов в крови, что препятствует процессам критического тромбообразования (Dong 2014).

Перспективные разработки ведутся в области изучения цитотоксических свойств вытяжек из коры восковницы красной для использования в качестве компонентов противораковых препаратов (Kueete et al. 2013). Этанолсодержащие соединения, получаемые из плодов *M. rubra*, показывают высокую эффективность при проведении реабилитационной терапии у мышей с алкоголезависимыми формами рака печени. Препарат в настоящее время проходит клинические испытания (Liu et al. 2014). Блокатор аденокарциномы MCF-7 – prodelphinidin B-2 3,3'-di-O-gallate также синтезируют при помощи FAS технологий из корней и листьев восковницы (Kuo et al. 2004). В Европе ведётся интенсивная работа по изучению влияния сесквитерпенов, синтезированных клетками завязей женских растений *M. rubra*, на антипролиферативные и прооксидантные эффекты доксорубина и его накопление в раковых клетках, главным образом, обуславливающее процессы роста и деления данных клеток (Ambroz et al. 2015).

В ряде работ отмечена противовирусная активность некоторых компонентов растения (Shen 2003).

По данным Чен с сотрудниками 2018, *Myrica rubra* может стать эффективным продуктом в рационе, способствующим профилактике развития диабета II типа, так как (2R) -3',4''-эпокси-2-гидрокси-1-(4-гидроксибензил)-7-(3-метоксифенил) гептан-3-он (соединение 1), мириканол (соединение 2), мирицетин (соединение 3) и мирицитрин (соединение 4), выделенные из листьев *Myrica rubra*, способствуют синтезу гликогена и улучшают общую эффективность углеводного обмена (Chen et al. 2018).

В настоящее время особенности и свойства *Myrica rubra*, произрастающей на территории Абхазии, в значительной степени недооценены. Растение представляет собой ценнейший ресурс, применение которого возможно

во многих областях, обеспечивающих социальное благополучие населения. Восковница красная может служить источником пищевого, медицинского и промышленного сырья, а также благодаря экологической пластичности вида с успехом применяться в озеленении курортных районов.

Совокупность уникальных для региона климатических условий вместе с накопленным трудами поколений абхазских ученых опытом интродукции ценных культур обуславливают экономическую целесообразность культивации *Myrica rubra* в Республике Абхазия.

### Литература

*Адзинба, Богайчук 2011*: Адзинба З.И., Богайчук Н.А. География Абхазии. Сухум, 2011. 192 с.

*Вавилов 1926*: Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений. Л., 1926.

*Вавилов 1935*: Вавилов Н.И. Растительные ресурсы земного шара и овладение ими // М., 1935. № 3. С. 16–18.

*Вавилов 1957*: Вавилов Н.И. Мировые ресурсы сортов хлебных злаков, зерновых, бобовых, льна и их использование в селекции. Опыт агроэкологического обзора важнейших полевых культур / Отв. редактор тома д. с.-х. н., проф. Ф.Х. Бахтеев. М.-Л., 1957. 462 с.

*Гулиа, Орловская, Адзинба и др. 2014*: Гулиа В.О., Орловская Т.В., Адзинба З.И., Читанава С.М. Зона влажных субтропиков // Биологические науки. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11. Ч.1. С. 35–38.

*Культиасов 1937*: Культиасов, М. В. Эколого-географический метод в систематике растений // Советская ботаника. 1937. Вып. 1. С. 30–54.

*Одишария 1959*: Одишария К. Ю. Главнейшие вечнозеленые покрытосеменные растения Черноморского побережья Кавказа Сухуми: изд-во АН ГССР, 1959. 364 с.

*Русанов 1950*: Русанов Ф. Н. Новые методы интродукции растений // Бюл. ГБС АН СССР. 1950. Вып. 7.

*Харазия 1976*: Харазия З. С. Восковник красный – новая плодовая культура во влажных субтропиках Абхазии // Субтропические культуры. 1976. № 5–6. С. 145–146.

*Ambroz et al. 2015*: Ambrož M., Boušová I., Skarka A., Hanušová V., Králová V., Matoušková P., Szotáková B., Skálová L. The Influence of Sesquiterpenes from *Myrica rubra* on the Antiproliferative and Pro-Oxidative Effects of Doxorubicin and Its Accumulation in Cancer Cells // Molecules. Department of Biochemical Sciences, Faculty of Pharmacy, Charles University in Prague, 2015. 20 (8). P. 15 343–15 358.

*Bao et al. 2005*: Bao J., Cai Y., Sun M., Wang G., Corke H. Anthocyanins, flavonols, and free radical scavenging activity of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) extracts and their color properties and stability // J Agric Food Chem., 2005. 53 (6). P. 2327–2332.

*Bean 1981*: Bean. W., Trees and Shrubs Hardy in Great Britain. - Pub. Murray, 1981. Vol. 1–4 and Supplement.

*Chen Xu C.J., Zhang et al. 2004*: Chen K.S., Xu C.J., Zhang B., Ferguson I.B. Red bayberry: Botany and horticulture // Hort. Rev., 2004. 30. P. 83–114.

*Chen Xu C.J., Zhang et al. 2008*: Chen K.S., Xu C.J., Zhang B., Ferguson I.B. *Myrica rubra* (red bayberry) / Janick, J. and R.E. Paull (eds.). // The encyclopedia of fruit and nuts. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2008. P. 522–526.

*Chen et al. 2018*: Chen P., Yang C.-H., Yao J.-Y., Xia J., Zheng W., Xiuna W.U., Li J., Wang Y., Wang G.-H., Jianzhong X.U., Luo L., Chen Y.-H. Anti-insulin resistance effects of diarylheptanoids and flavonoids from *Myrica rubra* leaves // Minerva Biotechnology, 2018. 30(1): 1–6.

*Dong 2014*: Dong Dexuan, Wang H., Zhou Z., Li H. Antioxidant activity and blood lipid regulation of *Myrica rubra* seed oil // Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2014. 29 (5). P. 53–57.

*Facciola 1990*: Facciola. S. Cornucopia – A Source Book of Edible Plants / Publisher Kampong Publications, 1990.

*Flora of China 1999*: Flora of China Editorial Committee / In C. Y. Wu, P. H. Raven & D. Y. Hong (eds.) // Flora of China (Cycadaceae through Fagaceae). Science Press & Missouri Botanical Garden Press, Beijing & St. Louis, 1999. IV. P. 453.

*Good 1964*: Good R. The Geography of Flowering Plants, London, 1964. 3. Aufl.

*Huxley 1992*: Huxley. A. The New RHS Dictionary of Gardening / Publisher Mac-Millan Press, 1992.

*Hu et al. 2014*: Hu J., Liu C., Xu Y., Gao Y., Xiao G. Synthesis and Evaluation of Several 3,4-Seco-Derivatives of Myricerone as Endothelin Receptor Antagonists // Chemistry of Natural Compounds, 2014. 50. P. 470–472.

*Joyce et al. 2005*: Joyce D., Khurshid T., Liu S., McGregor G., Li J., Jiang Y. Red bayberry – a new and exciting crop for Australia? // Barton, Australian Capital Territory: Rural Industries Research and Development Corporation, 2005.

*Joyce 2007*: Joyce, D.C. Evaluation of fresh red bayberry (*Myrica rubra*) fruit acceptance // N. Z. J. Crop Hort. Sci., 2007. 35. P. 125–128.

*Kariyone 1973*: Kariyone T. Atlas of Medicinal Plants Publisher Nihon Rinshosha. Osaka, 1973.

*Karp 2007*: Karp D. From China, only in a bottle, a berry with an alluring name // The New York Times, 2007.

*Kuete et al. 2013*: Kuete V., Seo E.-J., Krusche B., Oswald M., Wiench B. Cytotoxicity and Pharmacogenomics of Medicinal Plants from Traditional Korean Medicine // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine / Hindawi Publishing Corporation, 2013. Vol. 2013. 14 p.

*Kunkel 1984*: Kunkel. G. Plants for Human Consumption Publisher / Koeltz Scientific Books, 1984.

*Kuo et al. 2004:* Kuo P.L., Hsu Y.L., Lin T.C., Lin L.T., Lin C.C. Induction of apoptosis in human breast adenocarcinoma MCF-7 cells by prodelphinidin B-2 3,3'-di-O-gallate from *Myrica rubra* via Fas-mediated pathway // *J Pharm Pharmacol*, 2004. 56 (11). P. 1399–1406.

*Lee 2018:* Lee J. Dyeability and Function of Silk Fabrics Using *Myrica Rubra* rind Extract // *Fashion & Textile Research Journal*, 2018. 20. P. 608-615.

*Liu et al. 2014:* Liu H., Qi X., Cao S., Li P. The protective effect of ethanol extract of chinese bayberry fruit on alcohol-induced liver injury in mice // *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2014. 14 (8). P. 34–40.

*Parades-Lopes et al. 2010:* Paredes-López, O., Cervantes-Ceja, M.L., Vigna-Pérez, M. et al. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2010. 65. P. 299.

*Shen 2003:* Shen J., Xie L., Lin Q. Antiviral activity and chemical compositions of extracts from *Myrica rubra* // *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2003. 33. P. 441–443.

*Su et al. 2003:* Su Z., Wu D., Chen B. Niche characteristics of dominant populations in natural forest in north Guangdong // *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao: Chinese Journal of Applied Ecology (in Chinese)*, 2003. 14 (1). P. 25–29.

*Sun et al. 2013:* Sun C., Huang H., Xu C. et al. // *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2013. 68. P. 97.

*Usher 1974:* Usher. G. *A Dictionary of Plants Used by Man* / Publisher Constable, 1974.

*Wu et al. 2018:* Wu D., Cheng H., Chen J., Ye X., Liu Y. Characteristics changes of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) during different growth stages // *Journal of Food Science and Technology*, 2018. P. 56.

*Zhang, Miao 1999:* Zhang Y.J., Miao S.L. Resources of red bayberry and its utilization in China // *South China Fruits*, 1999. 28. P. 24–25.

*Zhang et al. 2008:* Zhang W.S., Li X., Zheng J.T., Wang G.Y., Sun C.D., Ferguson I.B., Chen K.S. Bioactive components and antioxidant capacity of Chinese bayberry (*Myrica rubra* Sieb. And Zucc.) fruit in relation to fruit maturity and postharvest storage // *Eur. Food Res. Technol.*, 2008. 227. P. 1091–1097.

*Zeng et al. 2017:* Zeng G., Guo Y., Xu J., Hu M., Zheng J., Wu Z. Partial shade optimizes photosynthesis and growth in bayberry (*Myrica rubra*) trees // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 2017. 58. P. 203–211.

И. С. Антонова, И. О. Толченникова

## АҔСНЫ MYRICA RUBRA АХАРХӘАРА АҔАРАЗЫ ИКОУ АЛШАРАҚӘА ИРЫЗКНЫ

**Аннотация.** *Ашәыр M. rubra, насгьы уи иалырхуа аалый хырхагарас иалоу, иара убасгьы ари айла зыда ыкам ахимиатә еилазаара ашекаара алзыршо ачыдарақәа рытйаара реазыркит адунеи аҕарауаа рацаафны. Аҕсны восковница кәңшь ахьаднакылаз иабзоуроуп ари ахкы аныкәгареи арҕиареи ырыдхәалаз ахарыкәа реийахара.*

**Ихадароу ажәакәа:** *Myrica rubra, ахәшә злыйуа аҕаскьынқәа, аҕаскьын-аалый, афатә, ашәыр, агәабзиара уацкляҕины аҕстазаара, ариайәара.*

I. S. Antonova, I. O. Tolchennikova

## TO THE QUESTION OF POTENTIAL OPPORTUNITIES OF USING MYRICA RUBRA IN THE REPUBLIC OF ABKHAZIA

**Abstract.** *researchers from all over the world are currently attracted by some useful properties of Myrica rubra fruits and products of its processing, as well as the ability of the plant to synthesize a number of unique chemical compounds.*

*The populations of Myrica rubra which have been successfully adapted to local climatic conditions and now are represented and available on the territory of the Republic of Abkhazia would significantly reduce the keeping and breeding costs of this species.*

**Keywords:** *Myrica rubra, medicinal plant raw material, plant extracts, food products, fruit crops, healthy lifestyle, horticulture, city greening.*

## **КРАСНЫЙ ПАЛЬМОВЫЙ ДОЛГОНОСИК В АБХАЗИИ: ИНВАЗИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МЕРЫ БОРЬБЫ**

**Аннотация.** *В результате исследований была проведена полная инвентаризация пальмовых насаждений в зоне поражения красным пальмовым долгоносиком в городах Гагре и Сухуме. Были испытаны различные методы борьбы с данным вредителем пальм. Отработана эффективность методов мониторинга красного пальмового долгоносика с использованием феромоновых ловушек.*

*В результате проведенной работы выявлены очаги распространения красного пальмового долгоносика в Республике Абхазия, рекомендованы меры подавления.*

**Ключевые слова:** *красный пальмовый долгоносик, пальма, имидаклоприд, финик канарский, Абхазия.*

### **Введение**

Успешная интродукция в начале XX века и последующие посадки в советский период заложили привычный, хорошо знакомый образ курортной Абхазии с прекрасными ландшафтами парковых зон, территорий здравниц и пансионатов.

Местный мягкий субтропический климат позволил адаптироваться пальмам различных видов практически так же, как в естественной среде их произрастания. С 1926 г. таксонометрический состав в Сухумском субтропическом дендропарке составлял 21 вид и форму. Наибольшее распространение в Абхазии получили следующие культуры: финик канарский, бутия головчатая, вашингтония нитчатая, почкоплодник высокий, хамеропс низкий (Гуланян 2018:146–147).

В течение нескольких последних лет в Республике Абхазия появилось несколько новых насекомых-вредителей. В настоящий момент пальмы Абхазии находятся под угрозой полного исчезновения по причине появления нового для республики вредителя – Красного пальмового долгоносика [*Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier 1790)].

Цель настоящего исследования – изучение степени инвазии красного пальмового долгоносика в Республике Абхазия, поражения пальм финика канарского на ее территории, а также отработка эффективных методов борьбы с данным вредителем.

Красный пальмовый долгоносик впервые был обнаружен в Абхазии в п. Цандрыпш Гагрского района (населенный пункт близ Государственной

границы Республики Абхазия с Российской Федерацией) в октябре 2016 г.

В республику он попал, вероятнее всего, из приграничного г. Сочи. Он был обнаружен там в сентябре 2014 года на финике канарском, завезенном для озеленения города в 2013 году из Италии (Журавлева, Карпун 2014).

Природный ареал насекомого включает тропические регионы Юго-Восточной Азии: острова Полинезии, Бангладеш, Камбоджа, Китай, Индия, Япония, Лаос, Мьянма, Пакистан, Филиппины, Шри-Ланка, Тайвань и Вьетнам (Ferry & Gómez 2002:173).

Наиболее опасен этот вредитель на стадии личинки. Личинки долгоносика проникают внутрь ствола и питаются там растительными тканями, практически полностью разрушая сердцевину и уничтожая точку роста пальмы. В конечном итоге происходит полное опадание кроны, и дерево погибает.

Самка пальмового долгоносика способна откладывать от 150 до 350 яиц (Malumphy, Moran 2007: 386).

С момента первого обнаружения пальмового долгоносика на территории Республики Абхазия в октябре 2016 г. он очагово расселился от приграничного поселка Цандрипш до города Гагры, а затем вместе с посадочным материалом был завезен и в Сухум.

В Сухуме, в центральной части города, в течение 2018–2019 гг. красным пальмовым долгоносиком были заражены в разной степени порядка 70 % крупноствольных пальм финика канарского.

### **Материал и методы исследования**

Определить наличие поражения пальм красным пальмовым долгоносиком возможно исключительно визуальным методом. При осмотре пальм показательными являются следующие признаки: опадание листьев, усыхание листьев или кроны, наличие лётных отверстий у оснований листьев пальм финика канарского, наличие коконов вблизи пальм, наличие изрезов на молодых листьях.

После того, как очаг распространения красного пальмового долгоносика определен, избирается метод борьбы с насекомым. Среди методов: установка феромонных ловушек, опрыскивание и пропитка пораженных деревьев инсектицидами системного и контактного действия, установка капельниц в стволах пораженных деревьев, уничтожение пораженных деревьев на последней стадии болезни.

Феромонные ловушки изготавливались из непрозрачных пластиковых ведер черного цвета, внутри которых помещались измельченные листья пальм, залитые водой. К крышке пластикового контейнера прикреплялся феромонный препарат P028 Ferrolure+, 700 mg Lure (Chemtica international

S.A.). В ведре проделывались несколько отверстий для свободного проникновения жуков. Ведро мы закапывали до уровня отверстий на расстоянии 20–50 м от пальм. Количество ловушек до пяти штук на одном га.

Чтобы получить наиболее достоверные данные об активности имаго долгоносика, мы сочли, что оптимальной частотой проверки ловушек будет



Рисунок 1. Частота фиксации красного пальмового долгоносика с помощью феромонных ловушек в летне-осенний период (июль–сентябрь) в Сухуме, 2019 г.

еженедельная регистрация привлеченных жуков с заменой свежей воды и измельченных черешков листьев пальм. Мониторинговые ловушки были установлены в период с апреля по октябрь. При этом регистрация жуков в ловушках показала, что основной лет жуков наблюдался с середины августа до первой декады сентября 2019 г.

Для обработки пальм с выраженными признаками поражения мы использовали следующий оригинальный метод.

В емкости, вмещающие до 10–20 л воды, вносится препарат на основе имидаклоприда из расчета не менее 50 мл действующего вещества (торговые марки «Имидалит», «Контадор макси», «Конфидор экстра» и др.), а затем в саму емкость с готовым раствором инсектицида устанавливается насос погружного типа (к примеру, насос «Ручеек» мощностью 200–250 Вт), соединенный со шлангом, длина которого превышает высоту пальмы на 1–2 м.

Шланг крепится к телескопической опоре, высота которой также превышает высоту пальмы на высоту до одного метра. При этом конец шланга должен быть изогнут под углом  $45^{\circ}$ , чтобы раствор точно попадал в центральную розетку пальмы (рисунок 2). Раствор подается порционно, чтобы пальма полностью впитала объем подаваемой жидкости. В среднем





*Рисунок 2. Обработка пальм системными инсектицидами при помощи мачтообразной опоры и погружного насоса*

взрослое дерево способно впитать 10–30 л готового препарата. Данный метод действенен как для контактных препаратов, так и для системных.

При большом количестве пораженных пальм эффективнее обрабатывать их тем же раствором сверху, при этом необходимо использовать подъемник. Раствор подается через лейку как можно ближе к точке роста (рисунок 3). Скорость, с которой впитывается раствор, варьируется в зависимости от условий, однако в общем время впитывания не превышает 15 минут.

Для системных инсектицидов на основе имидаклоприда нами отработан иной метод.

В стволе пальмы на высоте 1,5–2 м по окружности просверливаются отверстия – не менее четырех – глубиной 20–30 см (в зависимости от тол-



*Рисунок 3. Обработка пальм инсектицидами с использованием подъемного устройства и лейки*

щины пальмы). Отверстия необходимо сверлить под небольшим уклоном. Затем внутрь каждого из них шприцем (200 грамм) вводится концентрированный раствор инсектицида системного действия из расчета 80–100 г препарата, разведенного водой из расчета 1:1 на одно пораженное дерево.

Препарат, попадая в ствол пальмы, разносится по проводящим пучкам пальмы, и все части растения становятся непригодными для питания личинок пальмового долгоносика.

Мы не ограничивались инъекциями. В те же отверстия аналогичным способом можно установить и капельницы, раствор для которых изготавливается так же, как и для пропитки пальм сверху. В качестве капельниц мы использовали обычные медицинские инфузионные системы и полутора- и двухлитровые пластиковые бутылки.

### Полученные результаты и их обсуждение

В результате инвентаризации в зоне поражения (п. Цандрипш, г. Гагра, г. Сухум) были выявлены более 1 200 пальм финика канарского. Инвентаризация происходила с использованием GPS координат, приложений CartoDroid и QGIS. В качестве исходных данных фиксировалась информация о размерах деревьев, наличии видимых поражений пальмовым долгоносиком, дата инвентаризации. Результатом инвентаризации является база данных насаждений и картографический материал (рисунок 4)

Общее количество пораженных красным пальмовым долгоносиком пальм составило не менее 20 %. При этом, к моменту проведения инвентаризации более 80 (6,7 %) взрослых деревьев финика канарского было полностью уничтожено.

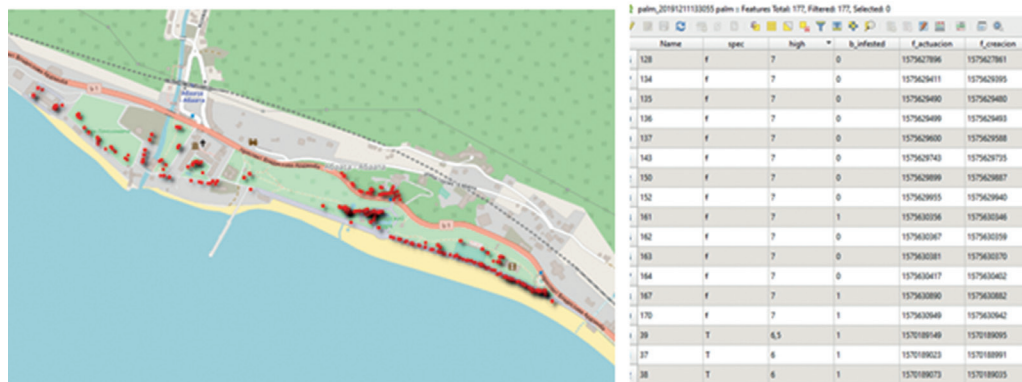


Рисунок 4. Инвентаризация пальмовых насаждений с использованием приложений CartoDroid и QGIS; г. Гагра, парк им. Принца Ольденбургского, 2019 г.

Мониторинговые ловушки продемонстрировали достаточно высокую эффективность. Так, с увеличением среднесуточной температуры до 15 °С наблюдался рост числа взрослых жуков красного пальмового долгоносика. Было установлено, что пик лёта красного пальмового долгоносика приходится на середину августа (рисунок 1).

С начала масштабных обработок пальм в центральной части города Сухум в 2019 году, по предложенной Институтом экологии АНА методике, произошел всего лишь один выпад взрослого дерева. В общей сложности с ноября 2018 года по август 2019-го было проведено шесть обработок.

### **Выводы**

Феромонные ловушки, установленные в 2019 году, продемонстрировали высокую эффективность с точки зрения выявления красного пальмового долгоносика и мониторинга его численности.

Личинки пальмового долгоносика в пораженных пальмах продолжают питаться тканями растения даже в зимние месяцы, хоть при этом они снижают темпы развития. Возможность развития и питания в зимние месяцы обусловлена условиями внутри ствола пораженной пальмы, где сохраняется тепло от разлагающихся растительных остатков. Очевидно, что испражнения личинок содержат также бактериальную микрофлору, способствующую переработке остатков с выделением тепла.

При этом, если в летние месяцы при температуре выше 17 °С процесс развития имаго красного пальмового долгоносика занимает около трех месяцев, то личинки, отродившиеся в осенний период, завершают свое развитие не менее чем через шесть месяцев. Так, в марте-апреле 2018 года и в феврале 2020 года при спиливании уже мертвых деревьев в них были обнаружены питающиеся личинки красного пальмового долгоносика.

В стволе спиленной пальмы данный вредитель был обнаружен во всех стадиях развития одновременно: питающиеся личинки, покоящиеся личинки, куколки и взрослые насекомые. Их активность не снижалась, несмотря на снижение среднесуточной температуры.

Лечение пораженных деревьев возможно и эффективно препаратами на основе имидаклоприда.

При этом простое опрыскивание инсектицидами не является эффективной мерой. Необходима полная пропитка верхушки ствола дерева раствором инсектицида, начиная с точки роста дерева. Кроме этого, возможна установка дополнительных капельниц вокруг дерева из расчета порядка 8–10 литров раствора на одно дерево в сочетании с инъекциями концентрированно-

го раствора инсектицида внутрь пальмы (10 л 0,8–1 % раствора инсектицида).

При четырех-шестикратных обработках системными инсектицидами в течение года – даже при сильном поражении – возможно сохранить точки роста с вегетацией новых пальмовых листьев и спасти растение.

### Литература

*Гуланян 2018*: Гуланян Т. А. Редкие виды пальм открытого грунта Института ботаники Академии наук Абхазии (АНА) // Сборник научных трудов ГНБС. Сухум, 2018. Т. 147. С. 146–147.

*Журавлева, Карпун 2014*: Журавлева Е. Н., Карпун Н. Н. Новый опасный вредитель пальм в Сочи – красный пальмовый долгоносик. Сочи, 2014.

*Ferry & Gómez 2002*: Ferry & Gómez, The red palm weevil in the Mediterranean. Vol. 46, No 4, Palms (formerly Principes), Journal of the International Palm Society. Iordania, 2002. p. 173.

*Malumphy, Moran, 2007*: Malumphy C., Moran H. Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. Plant Pest Notice, Central Science Laboratory (50): 1–3. China, 2007. p. 386.

*Р. С. Дбар, М. С. Кирия*

## **ИКАЦШЬУ АПАЛЬМАТӘ ЦЫНЦАЦӘРЫШКӘА АЦСНЫ: АЦЛА АГӘЫЛАЛАШЬА, АҶАЛАРЦӘАШЬА, АҶАГЫЛАШЬА**

**Аннотация.** Аҗаарақәа ырылҗиәаны аиәкәы иҗафын Гагреи Акәеи иахьрыҗанакуа иҗацшыу апальматә җынҗайәрышкәа згәылалаз апальмақәа. Иазаатҗылан ари аҗхастакайҗаә аҗагыларазы еиуеиҗшым азнеишьақәа. Игәатан аферомонтә шыацхәақәа рыла иҗацшыу апальматә җынҗайәрышкәа аҗагылара ахьынзаманиәалоу.

Имәаңгаз аусурақәа ырылҗиәаны иаарҗишуп Аҗсны апальматә җынҗайәрышкәа еиҳарак реамехакны иахьыкоу аҗыңқәа. Иазгәатҗоуп уртҗ рҗагыларазы иҗайатәу аусхкқәа.

**Ихадароу аҗәақәа:** иҗацшыу апальматә җынҗайәрышкәа, апальма, аимидаклоприд, канартәи афиник, Аҗсны.

*R. S. Dbar, M. S. Kiriya*

## **RED PALM WEEVIL IN ABKHAZIA: INVASION, SPREAD AND MEASURES**

**Annotation.** As a result of the studies, a complete inventory of palm plantations was carried out in the area affected by red palm weevil in Gagra and Sukhum. Various methods have been tested to deal with this palm pest. Effective methods for monitoring red palm weevil using pheromone traps and geographic information systems have been developed.

As a result of the work, foci of spread of red palm weevil in the subtropical zone of the Republic of Abkhazia were identified, measures to suppress palm weevil in the foci of its spread were developed and recommended.

**Key words:** red palm weevil, imidacloprid, Canarian date, Abkhazia.

## КСИЛОТРОФНЫЕ ГРИБЫ – ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ

**Аннотация.** *Приводятся результаты исследований биоразнообразия и экологических особенностей афиллофороидных (ксилотрофных) грибов лесных экосистем особо охраняемых природных территорий (далее ООПТ) Республики Абхазия. Методы индикационной диагностики позволяют оценить состояние лесных экосистем и, в последнее время, при проведении такой оценки в качестве биоиндикаторов используют афиллофороидные грибы, как один из показателей природоохранной ценности участков леса. В результате проведенных исследований выявлено 154 вида афиллофороидных грибов, определены индикаторные и редкие виды, проведен анализ видового состава выявленной микобиоты, приуроченный к обитанию в биологически ценных лесах.*

**Ключевые слова:** *биоразнообразие, афиллофороидные грибы, редкие и индикаторные виды, лесные экосистемы, Республика Абхазия.*

### Введение

В настоящее время широко обсуждается проблема сохранения естественных, ненарушенных антропогенной деятельностью лесных экосистем. Естественные (коренные) леса являются уникальными резерватами биологического разнообразия. Мониторинг природных экосистем и отдельных их компонентов как критериев устойчивости является одним из актуальных направлений современной биологии. При проведении экологического мониторинга грибы учитываются как обязательный компонент комплексного исследования экосистем, т. к. они встроены в биологический поток вещества и энергии и чутко реагируют на состояние всех прочих компонентов биоты (Арефьев 2000: 91–105). Поскольку грибы обладают более высокой чувствительностью к загрязнению окружающей среды по сравнению с высшими растениями, антропогенное воздействие на лесные экосистемы приводит к деградации микобиоты и увеличению времени консервации древесины, что в свою очередь отрицательно влияет на толерантность и продуктивность лесов (Ставищенко, Мухин 2002: 175).

Афиллофороидные грибы представляют собой один из важнейших компонентов гетеротрофного блока лесных экосистем. Они активно участвуют в разложении древесины на всех стадиях этого процесса. Большая часть из них относится к группе афиллофороидных (ксилотрофных) макромицетов, ранее составляющих порядок *Aphyllophorales*, а в настоящее время рассматриваемых в составе нескольких порядков (Бондарцева 2000: 9–25).

**Цель работы.** Целью настоящих исследований является изучение биоразнообразия ксилотрофных грибов, определение их индикационных параметров, выявление ненарушенных лесных массивов и антропогенно нарушенных территорий.

Исследования, проводимые в лесных экосистемах, были сосредоточены на ООПТ Республики Абхазия: Пицунда-Мюссерском заповеднике (Пицунда Гагрского района) и Рицинском реликтовом национальном парке (далее РРНП).

Пицунда-Мюссерский заповедник был организован в 1966 году, его площадь составляет 3 761 га. Заповедник расположен на Пицундской низменности с участками береговой полосы озера Инкит и Мюссерских холмов, в его состав входят Пицундские сосновая и самшитовая рощи, нагорные дубравы и Мюссерский лесной массив (Колаковский, Бебия, Урушадзе и др. 1987: 190). Исследования проводились в центральной части рощи (43°09'02,68" с. ш., 40°20'28,98" в. д.) и в широколиственных смешанных лесах из граба, дуба, с вечнозеленым подлеском из рододендрона понтийского, самшита колхидского, ежевики, иглицы колхидской (кв. 1: 43°09'45,92" с. ш., 40°27'50,32" в. д.; кв. 2: 43°09'41,69" с. ш., 40°27'52,09" в. д.; кв. 3: 43°09'11,30" с. ш., 40°26'31,83" в. д.).

РРНП был организован с целью сохранения высокогорной фауны и уникальных растительных комплексов, включающих большое число эндемичных и редких реликтовых видов растений. РРНП расположен на южном склоне западной части Большого Кавказа в высотном интервале от 107 до 3 256 м над ур.м. Общая площадь заповедника 16 289 га, из которой 14 922 га покрыто лесами (Соколов, Сыроечковский, Вронский и др. 1990: 365). На территории РРНП были выделены несколько участков буково-пихтового леса, где проводились исследования: район Чабгарского карниза (43°26'48,47" с. ш., 40°32'59,46" в. д.), район оз. Рица хучы (Малая Рица) (43°28'20,84" с. ш., 40°31'40,71" в. д.), долина реки Ауадхара (43°30'05,05" с. ш., 40°39'48,34" в. д.).

### Материалы и методы

Изучение биоразнообразия и экологических особенностей афиллофоридных (ксилотрофных) грибов проводилось в диапазоне высот 5–1 650 м над ур.м. с апреля по октябрь в 2015–2019 годов. Собранные образцы обрабатывали и гербаризировали в соответствии с методическими рекомендациями (Бондарцев 1953: 1106). Оценка сходства и отличия видового состава проводилась с использованием бинарных коэффициентов Сёренсена – Чекановского (Sørensen – Čekanowsky Index) и Стугрена – Радулеску (Stogran – Radulesku Index) (Леонтьев 2008: 110). Коэффициент сходства Сёренсена

– Чекановского демонстрирует отношение числа видов, обнаруженных в обеих биотах одновременно к среднему числу видов в этих биотах и вычисляется по формуле:

$$Csc = \frac{2c}{a+b} \quad (1),$$

где  $c$  – число видов, общее для обеих биот,  $a$  – число видов в первой биоте,  $b$  – число видов во второй биоте. Предел значений данного коэффициента сходства от 0 до 1, при этом значение, равное 1, указывает на полное сходство, значение, равное 0, – на отсутствие общих видов.

Коэффициент отличия Стугрена – Радулеску рассчитывается по формуле:

$$Ps = \frac{a+b-3c}{a+b-c} \quad (2),$$

Значения коэффициента Стугрена – Радулеску варьируют от минус 1 (абсолютное сходство) до плюс 1 (абсолютное отличие).

Объем порядков, семейств и родов, принятый в данной работе, соответствует десятому изданию «Словаря грибов Эйнсуорта и Бисби» (Kirk et. 2008: 782).

Названия видов приведены в соответствии с номенклатурной базой данных «Index Fungorum».

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных микологических исследований выявлено 154 вида афиллофороидных грибов, список которых для каждого типа леса приводится в таблице 1.

Наибольшее видовое разнообразие дереворазрушающих грибов характерно для старых естественных, мало затронутых интенсивной хозяйственной деятельностью лесных фитоценозов, что в значительной мере связано с наличием здесь большого количества мертвой древесины – субстрата для развития этих грибов (Юпина 1987: 224–225). Наибольшее количество выявленных видов наблюдается в буково-пихтовых лесах (77 видов) и в широколиственных лесах Мюссерских холмов (72 вида), что также связано с оптимальными почвенно-климатическими условиями для развития грибов данной группы (таблица 1).

Каждый вид может быть охарактеризован с точки зрения принадлежности к различным экологическим и биогеографическим группам, характеризующимся определенными трофическими предпочтениями, фенологическими особенностями, местом в пищевой цепи, ареалом и т. п. Виды, принадлежащие к одной из таких групп, образуют элемент биоты, а соотношение между различными элементами образует типологическую структуру



биоты (Леонтьев 2008: 110). К наиболее распространенным видам грибов относятся: *Ganoderma applanatum*, *Stereum hirsutum*, *Trametes hirsuta*. Это виды, встречающиеся в нарушенных местообитаниях, однако их количественное соотношение в разных местообитаниях неодинаково, и массовое их развитие наблюдается при интенсивной антропогенной нагрузке.

Анализ сходства видового состава афиллофороидных грибов разных лесных формаций с использованием коэффициента Сёренсена – Чекановского показал, что коэффициент сходства не достигает высоких значений и варьирует от 0,17 до 0,37. Полученные данные свидетельствуют, что каждая лесная формация характеризуется присутствием специфичных видов грибов, приуроченных к основным лесообразующим породам и адаптированных к особенностям природно-климатических условий. Верхний предел полученных значений сходства (0,36) наблюдается между микобиотами буково-пихтовых лесов разного гипсометрического уровня (1250 м и 1650 м над ур.м.), общими в биоте обеих территорий являются виды, приуроченные к старовозрастным лесам и лесообразующим породам (пихта и бук). Коэффициент сходства в районе Чабгарского карниза и долины реки Ауадхары достигает значений (0,36), с широколиственными лесами Мюссерских холмов (0,37). Общими для сравниваемых территорий являются виды-космополиты, не имеющие предпочтений в выборе субстрата. Данные, полученные с использованием коэффициента отличия Стугрена – Радулеску, также свидетельствуют о высокой степени отличия микобиоты сравниваемых лесных формаций (таблица 3). Теоретической основой микоиндикации состояния лесных экосистем является анализ сообществ ксилотрофных грибов в естественных биотопах. Микологический мониторинг включает оценку общего видового разнообразия грибов и оценку биоразнообразия и численности паразитических дереворазрушающих грибов – фитопатологический мониторинг (Ставишенко, Мухин 2002: 175).

В странах Северной Европы (Норвегия, Швеция, Финляндия) афиллофороидные грибы (преимущественно трутовые) широко используются в качестве индикаторных видов при выявлении старых естественных лесов с целью охраны последних. В Швеции, в частности для ельников, предложен и применяется на практике так называемый тетраэдр индикаторных видов, которые подобраны таким образом, чтобы после небольшой подготовки их могли бы узнать даже неспециалисты. Набор указанных видов призван помочь в оперативной оценке охранной ценности насаждения. При этом, чем выше разряд (или заменяемая ступень) обнаруженных в лесу видов, тем ценнее насаждение. Однако известные финляндские микологи Котиранта, Ниемеля (Kotiranta Niemelä, 1993: 116) высказали мнение, что при общем правильном подходе используемый в Швеции метод является довольно грубым, и может по ряду причин давать ошибочное представление о состоянии насаждения.

На основании собственных исследований эти авторы пришли к выводу, что только наличие определенного спектра трутовых грибов (включая редкие виды) позволяет установить историю происхождения насаждения (коренное или производное) и наряду с лесоводственными параметрами выступает в роли надежного показателя состояния лесной экосистемы (насколько она повреждена или остается первозданной). Микологи из Финляндии предложили наборы (из 20 индикаторных видов для старых и из 13 видов для девственных) сосновых и еловых лесов.

К грибам – индикаторам старых лесов отнесены виды, встречающиеся в хвойных древостоях, не подвергавшихся рубкам (не считая выборочных) в течение многих десятилетий и не пройденных сплошными рубками современного типа. Они характерны для заключительной фазы лесной сукцессии, когда древостой считается старым и имеется большое количество естественного валежа. Под индикаторами девственных лесов мы имеем в виду дереворазрушающие грибы, растущие почти исключительно в самых старых хвойных лесах. Их популяции не сохраняются в насаждении, нарушенных лесозаготовками или иной хозяйственной деятельностью. По наличию этих видов дается оценка степени нарушенности насаждения и его охранной ценности в баллах. Для этого виды – индикаторы старого леса оцениваются баллом «1», очень старого (девственного) баллом «2». При сумме баллов, равной 10–19, массив считается заслуживающим охраны, при сумме 20–29 – ценным и 30–46 – особо ценным.

На основании проведенных исследований удалось выявить наиболее ценные лесные массивы. Результаты оценки территорий суммировались по наличию видов-индикаторов, соотношению частоты встречаемости вида и статуса редкости. Анализ видового состава сравниваемых территорий показал, что наибольшее количество индикаторных видов приурочено к старовозрастным (ненарушенным) лесам, произрастающим в районе озера Рица хучы (малая Рица), где насчитывается 17 индикаторных и 23 редких вида (рисунок 1). Здесь отсутствуют выборочные рубки, и наблюдается массовое развитие грибов, определяющееся условиями состава и возраста древостоя, влажности, освещенности и другими экологическими факторами. В буро-пихтовых лесах в районе озера Рица хучы (малая Рица) виды грибов, занимающих наиболее стабильные экологические ниши, представлены следующими видами: *Fomes fomentarius*, *Ischnoderma resinosum* на древесине бука, и *Fomitopsis pinicola*, *Ischnoderma benzoinum*, *Phaeolus schweinitzii*, *Heterobasidion abietinum*, *Gloeophyllum odoratum*, *Rhodofomes roseus* на древесине пихты. Это наиболее ценные лесные массивы с показателем 17 баллов.

Лесные экосистемы приморской полосы, района реки и долины Ауадхари, Чабгарского карниза испытывают наибольшую антропогенную нагрузку в связи с увеличением площадей для туристических маршрутов и зон рекреации. При анализе видового состава вышеобозначенных территорий опреде-

лено, что на доминирующие позиции выходят виды, характерные для нарушенных местообитаний: *Bjerkandera adusta*, *Ganoderma applanatum*, *Gloeophyllum sepiarium*, *Irpex lacteus*, *Phlebia tremellosa*, *Schizophyllum commune*, *Stereum hirsutum*, *Stereum subtomentosum*, *Trametes gibbosa*, *Trametes hirsuta*, *Trametes ochracea*, *Trametes versicolor*, *Trichaptum bifforme*, которые используются при оценке антропогенного воздействия на экосистемы (Юпина 1987: 224–225). Чем выше видовое разнообразие и биотическая активность синантропных видов, тем сильнее антропогенная трансформация грибных сообществ. Данную зависимость следует использовать для оценки состояния грибных сообществ и расчета допустимых уровней антропогенных нагрузок.

Мюссерские холмы представлены уникальными колхидскими лесами и, по предварительным научным результатам, формальная оценка (6 баллов) не соответствует реальной ценности массива. Широколиственные леса Мюссерских холмов заслуживают охраны по микоиндикационным характеристикам и характеризуются присутствием редких видов (12 видов). Здесь наблюдается интенсивная антропогенная деятельность, которая выражена в неконтролируемой рубке леса и выпасе скота. Для этих лесов характерно присутствие синантропных видов (14 видов) и значительная активизация их деятельности, что приводит к нарушению устойчивости природных комплексов. Ухудшается состояние лесов: сокращаются площади старовозрастных насаждений, видовой состав грибов в лесах, подверженных антропогенному воздействию, сильно обеднен, причем происходит замещение чувствительных видов широко распространенными видами – эвритрофами (рисунок 1). Поэтому мониторинг видовой состава, соотношения обилия, частоты встречаемости видов и наблюдение за редкими видами служит отправной точкой для более конкретных задач. Предстоит выявить ненарушенные местообитания и биологически ценные леса, а также картографирование участков леса, имеющих значение для сохранения биоразнообразия.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных микологических исследований выявлено 154 вида афиллофороидных грибов. Анализ сходства видовой состава афиллофороидных грибов разных лесных формаций с использованием коэффициента Сёренсена – Чекановского показал, что коэффициент сходства не достигает высоких значений и варьирует от 0,17 до 0,37. Полученные данные свидетельствуют, что каждая лесная формация характеризуется присутствием специфичных видов грибов, относящихся к основным лесообразующим породам и адаптированных к особенностям природно-климатических условий. Выявлены наиболее ценные лесные массивы (буково-пихтовые) с показателем 17 баллов, произрастающие в районе озера Рица хучы (малая Рица), где наблюдается массовое развитие

грибов, определяющееся условиями состава и возраста древостоя, влажностью, освещенности и другими экологическими факторами.

Лесные экосистемы приморской полосы, долины Ауадхары, Чабгарского карниза испытывают наибольшую антропогенную нагрузку, в связи с увеличением площадей для туристических маршрутов и зон рекреации. Мюссерские холмы представлены уникальными колхидскими лесами, и, по предварительным научным результатам, формальная оценка (6 баллов) не соответствует реальной ценности массива, поэтому в широколиственных лесах необходимо продолжить изучение грибов данной группы.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

### Видовой состав афиллофороидных грибов исследуемых территорий

	Название вида	Субстрат	1	2	3	4	5
1	<i>Auricularia mesenterica</i> (Dicks.) Pers.	бук, граб			+		+
2	* <i>Amylocorticium subincarnatum</i> (Peck) Pouzar [= <i>Peniophora subincarnata</i> (Peck) Litsch.]	пихта		+			
3	! (*) <i>Amyloporia crassa</i> (P. Karst.) Bondartsev et Singer [= <i>Antrodia crassa</i> (P. Karst.) Ryvarden]	пихта		+			
4	! <i>A. sinuosa</i> (Fr.) Rajchenb., Gorjón et Pildain [= <i>Antrodia sinuosa</i> (Fr.) P. Karst.]	пихта		+			
5	* <i>Antrodia malicola</i> (Berk. & M.A. Curtis) Donk	бук		+			
6	* <i>A. macra</i> (Sommerf.) Niemelä [= <i>Antrodia salicina</i> (Bres.) Niemelä]	граб					+
7	* <i>A. gossypium</i> (Speg.) Ryvarden [= <i>Fibroporia gossypium</i> (Speg.) Parmasto]	сосна				+	
8	! <i>A. serialis</i> (Fr.) Donk	пихта	+	+			
9	<i>A. sinuosa</i> (Fr.) P. Karst	пихта		+			
10	* <i>Antrodiella fissiliformis</i> (Pilát) Gilb. et Ryvarden	пихта		+			
11	!! <i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst	бук, граб	+			+	+
12	* <i>Bondarceomyces taxi</i> (Bondartsev) Parmasto	тисс					+
13	<i>Calocera viscosa</i> (Pers.) Fr.	береза		+			

14	<i>Cellulariella warnieri</i> (Durieu et Mont.) Zmitr. et Malysheva [= <i>Lenzites warnieri</i> Durieu et Mont.]	дуб						+
15	* <i>Ceriporia excelsa</i> S. Lundell ex Parmastoë	дуб						+
16	* <i>C. purpurea</i> (Fr.) Donk	пихта		+				
17	* <i>C. tarda</i> (Berk.) Ginns	пихта		+				
18	* <i>C. viridans</i> (Berk. & Broome) Donk	пихта		+				
19	<i>Ceriporus mollis</i> (Sommerf.) Zmitr. et Kovalenko [= <i>Datronia mollis</i> (Sommerf.) Donk]	бук, сосна					+	
20	<i>C. squamosus</i> (Huds.) Quél. [= <i>Polyporus squamosus</i> (Huds.) Fr.]	бук, граб			+			+
21	<i>C. varius</i> (Pers.) Zmitr. et Kovalenko [= <i>Polyporus varius</i> (Pers.) Fr.]	бук, граб	+					+
22	!! <i>Cerrena unicolor</i> (Bull.) Murrill	граб						+
23	<i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.) Pouzar	дуб						+
24	<i>Clavaria fumosa</i> Pers.	бук						+
25	<i>Clavulina cinerea</i> (Bull.) J. Schröt. [= <i>Ramaria cinerea</i> (Bull.) Gray]	граб						+
26	<i>C. coralloides</i> (L.) J. Schröt. [= <i>Clavaria cristata</i> Jungh.]	граб						+
27	* <i>Climacodon pulcherrimus</i> (Berk. et M. A. Curtis) Nicol.	дуб						+
28	<i>Coniophora olivacea</i> (Fr.) P. Karst	пихта		+				
29	<i>C. puteana</i> (Schumach.) P. Karst	пихта		+				
30	<i>Corticium roseum</i> Pers.	сосна					+	
31	! <i>Crustoderma dryinum</i> (Berk. & M.A. Curtis) Parmasto	пихта		+				
32	* <i>Crustomyces expallens</i> (Bres.) Hjortstam	бук		+				
33	* <i>C. subabruptus</i> (Bourdot et Galzin) Jülich	пихта		+				
34	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Fr.) Jülich	пихта		+				
35	! (*) <i>Cystostereum murrayi</i> (Berk. & M.A. Curtis) Pouzar	пихта		+				
36	<i>Daedalea quercina</i> (L.) Pers.	дуб						+
37	<i>Daedaleopsis confragosa</i> (Bolton) J. Schröt.	бук, граб	+					+
38	<i>D. tricolor</i> (Bull.) Bondartsev et Singer	граб						+
39	<i>Exidia glandulosa</i> (Bull.) Fr.	граб						+
40	* <i>Fibroporia vaillantii</i> (DC.) Parmasto [= <i>Antrodia vaillantii</i> (DC.) Ryvardeen]	сосна					+	
41	<i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff.) With.	дуб						+
42	! <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	бук, дуб	+	+	+			+
43	! <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	пихта, граб	+	+	+			+

44	<i>Fomitiporia punctata</i> (P. Karst.) Murrill [= <i>Phellinus punctatus</i> (P. Karst.) Pilát]	граб						+
45	! <i>Fuscoporia ferruginosa</i> (Schrad.) Murrill [= <i>Phellinus ferruginosus</i> (Schrad.) Pat.]	сосна, граб					+	+
46	!! <i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.	бук, сосна, граб	+	+	+	+	+	+
47	<i>G. australe</i> (Fr.) Pat.	граб						+
48	<i>G. lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	пихта, сосна, дуб		+	+	+	+	+
49	<i>G. resinaceum</i> Boud	дуб						+
50	<i>Gloeophyllum abietinum</i> (Bull.) P. Karst	пихта	+					
51	<i>G. odoratum</i> (Wulfen) Imazeki	пихта		+				
52	! (*) <i>G. protractum</i> (Fr.) Imazeki [= <i>Ceratophora caucasica</i> (Bres.) Bondartsev et Singer; <i>Gloeophyllum causicum</i> (Bres.) Domański]	сосна					+	
53	!! <i>G. sepiarium</i> (Wulfen) P. Karst.	пихта		+	+			
54	* <i>G. trabeum</i> (Pers.) Murrill	пихта			+			
55	* <i>Hapalopilus ochraceolateritius</i> (Bondartsev) Bondartsev & Singer	пихта		+				
56	<i>Henningsomyces candidus</i> (Pers.) Kuntze	пихта		+				
57	* <i>Hericium flagellum</i> (Scop.) Pers. [= <i>Hericium alpestre</i> Pers.]	пихта		+	+			
58	* <i>H. cirrhatum</i> (Pers.) Nikol.	дуб						+
59	! (*) <i>H. coralloides</i> (Scop.) Pers.	бук			+			
60	<i>Heterobasidion abietinum</i> Niemelä & Korhonen	пихта	+	+				
61	<i>H. annosum</i> (Fr.) Bref.	пихта, сосна	+	+	+	+		
62	* <i>Hydnellum aurantiacum</i> (Batsch) P. Karst.	пихта		+				
63	* <i>H. caeruleum</i> (Hornem.) P. Karst.	пихта		+				
64	<i>Hymenochaete rubiginosa</i> (Dicks.) Lév.	дуб						+
65	<i>Hyphoderma transiens</i> (Bres.) Parmasto	сосна					+	
66	<i>Hyphodontia spathulata</i> (Schrad.) Parmasto	пихта		+	+			
67	<i>Hypochnicium causicum</i> Parmasto	пихта		+				
68	<i>Inonotus cuticularis</i> (Bull.) P. Karst.	бук		+				
69	!! <i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr.	бук, граб	+					+
70	! <i>Ischnoderma benzoinum</i> (Wahlenb.) P. Karst.	пихта		+	+			
71	! <i>I. resinosum</i> (Schrad.) P. Karst.	бук		+				
72	<i>Junghuhnia nitida</i> (Pers.) Ryvarden.	бук		+				

73	<i>Kneiffiella flavipora</i> (Berk. et M.A. Curtis ex Cooke) Zmitr. et Malysheva [= <i>Schizopora flavipora</i> (Berk. et M. A. Curtis ex Cooke) Ryvardeen]	сосна, дуб, граб				+	+
74	<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	бук, дуб		+			+
75	<i>Lentinus brumalis</i> (Pers.) Zmitr. [= <i>Polyporus brumalis</i> (Pers.) Fr.]	бук, граб	+				+
76	<i>L. substrictus</i> (Bolton) Zmitr. et Kovalenko [= <i>Polyporus ciliatus</i> Fr.]	бук		+	+		
77	!! <i>Lenzites betulina</i> (L.) Fr.	бук, дуб	+				+
78	* <i>Loweomyces wynneae</i> (Berk. et Broome) Jülich [= <i>Tyromyces wynneae</i> (Berk. et Broome) Donk]	пихта		+			
79	! <i>Mutatoderma mutatum</i> (Peck) C.E. Gómez [= <i>Hyphoderma mutatum</i> (Peck) Donk]	сосна				+	
80	<i>Mycoacia uda</i> (Fr.) Donk	бук, клен, граб				+	+
81	<i>Neofavolus alveolaris</i> (DC.) Sotome et T. Hatt. [= <i>Polyporus alveolaris</i> (DC.) Bondartsev et Singer]	бук, граб			+		+
82	* <i>Onnia tomentosa</i> (Fr.) P. Karst.	пихта		+	+		
83	<i>Oxyporus corticola</i> (Fr.) Ryvardeen [= <i>Rigidoporus corticola</i> (Fr.) Pouzar]	сосна, пихта		+		+	
84	! (*) <i>O. obducens</i> (Pers.) Donk	граб					+
85	<i>Picipes badius</i> (Pers.) Zmitr. et Kovalenko [= <i>Polyporus badius</i> (Pers.) Schwein.]	пихта, дуб	+				+
86	<i>P. melanopus</i> (Pers.) Zmitr. et Kovalenko [= <i>Polyporus melanopus</i> (Pers.) Fr.]	дуб					+
87	! <i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat.	пихта, сосна		+	+	+	
88	<i>Phanerochaete laevis</i> (Fr.) J. Erikss. et Ryvardeen	пихта		+			
89	! <i>Phellinidium ferrugineofusum</i> (P. Karst.) Fiasson & Niemelä [= <i>Phellinus ferrugineofuscus</i> (P. Karst.) Bourdot & Galzin]	кипарис					+
90	! <i>Phellinus hartigii</i> (Allesch. & Schnabl) Pat.	пихта		+	+		
91	<i>Ph. igniarius</i> (L.) Quél.	бук, граб			+		+
92	! (*) <i>Ph. viticola</i> (Schwein.) Donk	сосна				+	
93	<i>Phlebia acerina</i> Peck [= <i>Merulius acerinus</i> (Peck) Spirin & Zmitr.]	граб					+
94	<i>Ph. livida</i> (Pers.) Bres. [= <i>Phlebia cacao</i> (P. Karst.) J. Erikss. et Hjortstam]	пихта		+			

95	<i>Ph. radiata</i> Fr.	бук	+				
96	<i>Ph. rufa</i> (Pers.) M. P. Christ	бук, сосна, граб	+		+	+	+
97	!! <i>Ph. tremellosa</i> (Schrad.) Nakasone et Burds. [= <i>Merulius tremellosus</i> Schrad.].	бук, дуб	+	+			+
98	<i>Ph. tuberculata</i> (Berk. et M.A. Curtis) Tura, Zmitr., Wasser et Spirin [= <i>Phlebia albida</i> Fr.]	пихта		+	+		
99	* <i>Phylloporia ribis</i> (Schumach.) Ryvarden	дуб					+
100	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.) Jülich	сосна, ель		+		+	
101	<i>Plicaturopsis crispa</i> (Pers.) D. A. Reid	бук		+			
102	<i>Podofomes trogii</i> (Fr.) Pouzar [= <i>Ischnoderma trogii</i> (Fr.) Teixeira]	пихта		+			
103	! <i>Porodaedalea pini</i> (Brot.) Murrill [= <i>Phellinus pini</i> (Brot.) Bondartsev et Singer]	сосна				+	
104	! <i>Postia caesia</i> (Schrad.) P. Karst. [= <i>Oligoporus caesius</i> (Schrad.) Gilb. et Ryvarden]	пихта		+			
105	* <i>P. floriformis</i> (Quél.) Jülich [= <i>Oligoporus floriformis</i> (Quél.) Gilb. et Ryvarden]	пихта		+			
106	! <i>P. fragilis</i> (Fr.) Jülich	пихта	+				
107	! (*) <i>P. hibernica</i> (Berk. et Broome) Jülich [= <i>Oligoporus hibernicus</i> (Berk. et Broome) Gilb. et Ryvarden]	сосна				+	
108	* <i>P. rennyi</i> (Berk. et Broome) Rajchenb. [= <i>Oligoporus rennyi</i> (Berk. et Broome) Donk]	сосна				+	
109	* <i>P. stiptica</i> (Pers.) Jülich [= <i>Oligoporus stipticus</i> (Pers.) Gilb. et Ryvarden]	пихта, граб		+	+		+
110	* <i>Pseudoinonotus dryadeus</i> (Pers.) T. Wagner et M. Fisch. [= <i>Inonotus dryadeus</i> (Pers.) Murrill]	дуб					+
111	<i>Punctularia strigosozonata</i> (Schwein.) P. H. B. Talbot	дуб					+
112	! (*) <i>Pycnoporellus alboluteus</i> (Ellis & Everh.) Kotl. & Pouzar	пихта		+			
113	! <i>P. fulgens</i> (Fr.) Donk	пихта		+			
115	* <i>Radulodon licentii</i> (Pilát) Ryvarden [= <i>Radulum licentii</i> (Pilát) Nikol.]	дуб, граб					+
116	<i>Radulomyces molaris</i> (Chaillat ex Fr.) M.P. Christ.	пихта, дуб, граб		+			+



117	<i>Ramaria aurea</i> (Schaeff.) Quél.	пихта		+			
118	! (*) <i>R. flava</i> (Schaeff.) Quél.	пихта		+			
119	<i>Resinicium bicolor</i> (Alb. et Schwein.) Parmasto	пихта		+			
120	! (*) <i>Rigidoporus crocatus</i> (Pat.) Ryvar den	пихта		+			
121	! <i>Rhodofomes roseus</i> (Alb. et Schwein.) Vlasák [= <i>Fomitopsis rosea</i> (Alb. et Schwein.) P. Karst.]	пихта		+	+		
122	!! <i>Schizophyllum commune</i> Fr.	бук	+		+		+
123	<i>Schizopora paradoxa</i> (Schrad.) Donk	дуб, граб					+
124	! <i>Sidera lenis</i> (P. Karst.) Miettinen [= <i>Skeletocutis lenis</i> (P. Karst.) Niemelä]	сосна				+	
125	* <i>Skeletocutis alutacea</i> (J. Lowe) Jean Keller	пихта		+			
126	<i>S. amorpha</i> (Fr.) Kotl. & Pouzar	пихта		+			
127	* <i>S. carneogrisea</i> A. David	пихта	+	+			
128	<i>S. nivea</i> (Jungh.) Jean Keller	бук, граб	+				+
129	<i>S. papyracea</i> A. David [= <i>Incrustoporia papyracea</i> (A. David) Zmitr.]	пихта		+			
130	<i>Steccherinum bourdotii</i> Saliba et A. David	пихта, граб		+			+
131	<i>S. fimbriatum</i> (Pers.) J. Erikss	пихта		+			
132	!! <i>S. ochraceum</i> (Pers.) Gray	пихта, граб		+			+
133	<i>S. semisupiniforme</i> (Murrill) Miettinen [= <i>Junghuhnia semisupiniformis</i> (Murrill) Ryvar den]	граб					+
134	<i>Stereum gausapatum</i> (Fr.) Fr.	дуб, граб					+
135	!! <i>S. hirsutum</i> (Willd.) Pers.	бук, пихта, сосна, граб	+	+	+	+	+
136	!! <i>S. subtomentosum</i> Pouzar	бук, граб	+				+
137	<i>Tomentella terrestris</i> (Berk. et Broome) M. J. Larsen	граб					+
138	* <i>Trametopsis cervina</i> (Schwein.) Tomšovský	береза, граб		+			+
139	!! <i>Trametes gibbosa</i> (Pers.) Fr. [= <i>Pseudotrametes gibbosa</i> (Pers.) Bondartsev et Singer]	бук, сосна, граб	+		+	+	+
140	!! <i>T. hirsuta</i> (Wulfen) Lloyd	бук, сосна, граб	+	+	+	+	+
141	<i>T. ljubarskyi</i> Pilát	дуб					+
142	!! <i>T. ochracea</i> (Pers.) Gilb. & Ryvar den	бук, граб	+		+		+
143	!! <i>T. pubescens</i> (Schumach.) Pilát	бук, дуб, граб	+	+			+
144	<i>Trametes trogii</i> Berk. [= <i>Corioloopsis trogii</i> (Berk.) Domański]	тополь					+

145	!! <i>T. versicolor</i> (L.) Lloyd	бук, дуб, граб	+				+
146	<i>Tremella foliacea</i> Pers.	граб					+
147	<i>T. mesenterica</i> Retz.	граб					+
148	<i>Trichaptum abietinum</i> (Dicks.) Ryvarden	пихта, сосна	+	+	+	+	
149	!! <i>T. biforme</i> (Fr.) Ryvarden	бук, дуб, граб	+	+			+
150	<i>Tyromyces chioneus</i> (Fr.) P. Karst	бук	+				
151	* <i>T. kmetii</i> (Bres.) Bondartsev et Singer	граб					+
152	<i>T. lacteus</i> (Fr.) Murrill [= <i>Oligoporus lacteus</i> (Fr.) Gilb. et Ryvarden]	пихта		+			
153	<i>Xylodon asperus</i> (Fr.) Hjortstam et Ryvarden [= <i>Hyphodontia aspera</i> (Fr.) J. Erikss.]	сосна				+	
154	<i>X. brevisetus</i> (P. Karst.) Hjortstam et Ryvarden [= <i>Hyphodontia breviseta</i> (P. Karst.) J. Erikss.]	пихта		+			
	Всего видов:		31	77	29	28	72

*Примечание:* 1 – район Чабгарского карниза (800 м н. у. м.); 2 – район оз. Рица хучи (1250 м н. у. м.); 3 – Ауадхара (1650 м н. у. м.); 4 – Пицунда (5 м н. у. м.); 5 – Мюссерские холмы (80–107 м н. у. м.); ! – индикатор старовозрастных хвойных лесов; \* – редкий вид; !! – индикатор нарушенности леса.

Таблица 2

### Коэффициенты сходства (CSC) и отличия (ps) видового состава афиллофоридных грибов по типам растительных сообществ

Район исследований (Количество видов)	ЧК	РХ	АУ	СР	МХ
ЧК	31 вид	0,2	0,36	0,27	0,37
РХ	0,77	77 видов	0,36	0,17	0,2
АУ	0,55	0,6	29 видов	0,32	0,3
СР	0,68	0,81	0,63	28 видов	0,2
МХ	0,55	0,78	0,65	0,77	72 вида

*Примечание:* выше диагонали указаны значения CSC, а ниже – значения ps для соответствующих пар;

ЧК – район Чабгарского карниза (буково-пихтовые леса); РХ – район оз. Рица хучи (буково-пихтовые леса); АУ – Ауадхара (буково-пихтовые леса); СР – сосновая роща (Пицунда); МВ – Мюссерские холмы (широколиственные смешанные леса).

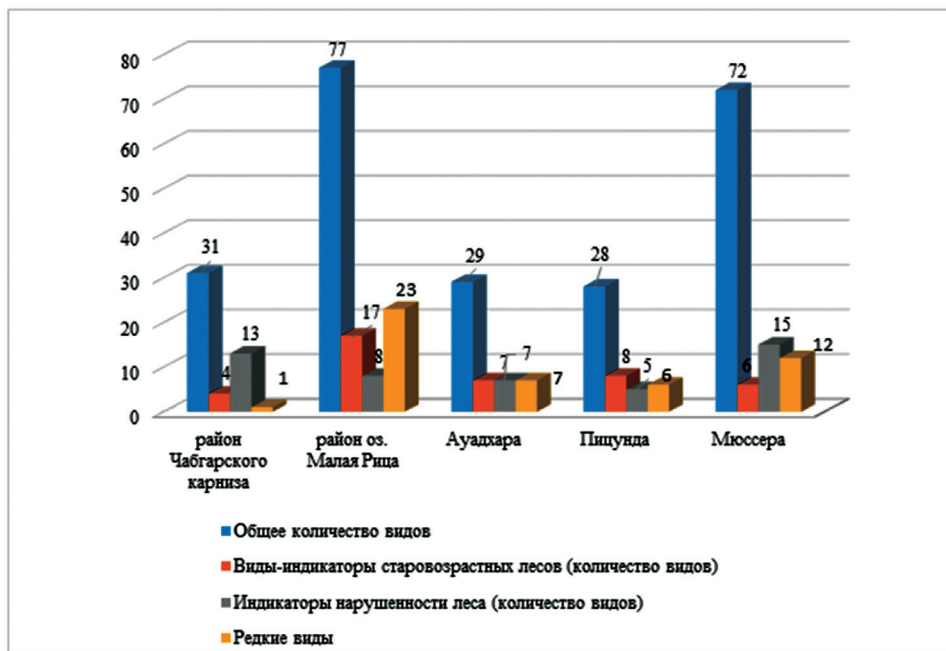


Рисунок 1. Соотношение видов, отражающее состояние лесных экосистем исследуемых территорий

## Литература

- Арефьев 2000: Арефьев С.П. Дереворазрушающие грибы – индикаторы состояния леса // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2000. Вып. 1. С. 91–105.
- Бондарцев 1953: Бондарцев А.С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. М.-Л., 1953. 1 106 с.
- Бондарцева 2000: Бондарцева М.А. Эколого-биологические закономерности функционирования ксилотрофных базидиомицетов в лесных экосистемах // Грибные сообщества лесных экосистем. Материалы координационных совещаний / Под ред. В.Г. Стороженко, В.И. Крутова, Н.Н. Селочник. М.–Петрозаводск. 2000. С. 9–25.
- Колаковский, Бебия, Урушадзе и др. 1987: Колаковский А.А., Бебия С.М., Урушадзе Г.Ф. и др. Пицунда-Мюссерский заповедник / под ред. С.М. Бебия. М., 1987. 190 с.
- Леонтьев 2008: Леонтьев Д.В. Флористический анализ в микологии: учебник для студентов высших учебных заведений. Харьков, 2008. 110 с.
- Соколов, Сыроечковский, Вронский и др. 1990: Соколов В.Е., Сыроечковский Е.Е., Вронский Н.В. и др. Заповедники Кавказа // Заповедники СССР / Под общ. ред. В.Е. Соколова, Е.Е. Сыроечковского. М., 1990. 365 с.
- Ставишенко, Мухин 2002: Ставишенко И.В., Мухин В.А. Ксилотрофные макромикеты Юганского заповедника. Екатеринбург, 2002. 175 с.
- Юпина 1987: Юпина Г. А. Дереворазрушающие грибы антропогенных территорий // Микология и фитопатология. 1987. Т. 21. Вып. 3. С. 224–225.

*Index Fungorum 2019: Index Fungorum (Электронный ресурс) GB, 2019. URL: <http://www.indexfungorum.org> / дата обращения 23.12.2019)*

*Kirk, Cannon, Minger, Stalpers et al. 2008: Kirk P.M., Cannon P.F., Minger D.W., Stalpers J.A. et al. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi, 10th ed. / Kirk P. M., Cannon P.F., Minger D.W., Stalpers J.A. // Wallingford: CAB International, 2008. 782 p.*

*Kotiranta, Niemelä 1993: Uhanalaiset käävät Suomessa. English summary: Threatened polypores in Finland // Vesi – ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja / Kotiranta H., Niemelä T. // B. 17. Helsinki, 1993. 116 p.*

*C. И. Хачева*

### **АКСИЛОТРОФТӘ КӘЫКӘБААҚӘА – АҢСНЫ АБНАТӘ ЕИЛАЗААРА АҒАГЫЛАЗААШЬА АГӘАҒАГА**

**Аннотация.** *Астатиағеы иазаатғылоуп Аңсны чыдала ирыхьчо атыңқәа рыбнақәа ркны аксилотрофтә кәыкәбаақәа рыхкытә еилазаара абеиара. Аиндикациатә знеишьақәа рхархәарала игәатәзар алиоит абнақәа ртагылазаашья, убасеиңи икоу агәатәрақәа раан айыхәтәантәи аамтәз рхы иадырхәо иалагеит афиллофороидтә кәыкәбаақәа. Имәаңгаз атыңаарақәа ирылыишәаны иаарңишуп 154 хкы афиллофороидтә кәыкәбаақәа, иалкаауп аиндикатортәи лассы-ласс иуқәымшиәои ахкқәа, анализ азуун зыақы хараку абнақәа рґеы азҳара иадҳәалоу амикобиота ахкытә еилазаара.*

**Ихадароу ажәақәа:** *абиохкырацәара, афиллофороидтә кәыкәбаақәа, лассы-ласс иуңымлои аиндикатортәи хкқәа, абнатә еилазаара, Аңсны.*

*S. I. Khacheva*

### **XYLOTROPHIC FUNGI INDICATORS OF THE STATE OF FOREST ECOSYSTEMS OF THE REPUBLIC OF ABKHAZIA**

**Annotation.** *The results of studies of the biodiversity and environmental features of aphyllorphoroid (xylotrophic) fungi, of forest ecosystems of specially protected natural areas of the Republic of Abkhazia are presented. Indicative diagnostic methods make it possible to assess the state of forest ecosystems and, recently, when conducting such an assessment, aphyllorphoroid fungi, are used as bioindicators, as one of the indicators of the conservation value of forest areas. As a result of the studies, 154 species of aphyllorphoroid fungi were identified, indicator and rare species were identified, and the species composition of the identified mycobiota was identified, confined to living in biologically valuable forests.*

**Key words:** *biodiversity, aphyllorphoroid fungi, rare and indicator species, forest ecosystems, Republic of Abkhazia.*

## АПСНЫ АСУБТРОПИКАТӘ ЦИААЗАРА АХЫЦХЫРТАҚӘА

**Аннотация.** *Ақытанхамшатә тїаарадырра арҕиаразы, Аҕсны интродукциатә тың дуны ашьақәгыларазы аїакы рыман арегион зеуахкы ыкам аҕсабара-хауатә тагылазаашьяқәа. Анїамтәҕы иазаатгылоуп 1894 шықәса инаркны 2017 шықәсқанза Акәатәи абахчатә, ақытанхамшатә ҕышәартатә станция аусура, уи аилазаара, атїаамтәқәа рхырхарта хадақәа. Иазыркыаҕны иахцәажәоуп усқан итїыуаз Амшын еиқәа иаңныз ақытанхамшатә усхәартәқәеи ахазхатәуааи имшаңыргоз атїаарақәеи азгәатәқәеи рылїишәақәа еидызкылоз ажурнал «Черноморское сельское хозяйство».*

**Ихадароу ажәакәа:** *Акәатәи абахчатә, ақытанхамшатә ҕышәаратә станция, ақытанхамша, асубтропикатә ҕиаазара, аинтродукция, аколлекция, Аҕсны.*

Аҕсны жәйтәаахыс ҕиаахкыла иоычан. Ахауа, ашьақәа, адгьыл, аиацәара, убас апаруаа-аботаникцәа, аҕиаазаоцәа ирыбзоураны Аҕсны иахьапанакуа асубтропикатә культурақәа хкырацәала ианаало икалеит (Бгажба 1963; Айба 2017). Атәыла адгьылтакыра 40 % кыта-дгьылкәоуп, иаанхаз 60 % шәапыцәацла ихкыоу Кавказтәи ашьхарцырақәа иртәуп. Ашьхарае сиусицшым атыцқәа уцылоит – хзышь-цылахыоу асубтропиккәа инадыркны аҕааршәқәа ркынза.

Арака аҕиаақәа иаха рсадцаланы раазара иалагеит XIX ашә. актәи азбжа инаркны. Аекзотикатә ҕиаақәа раларцәара, аинтродукциатә усура ацшьызгоз, сиҕызкаауаз арратә мчқәа ракәын, иара убас хазы – аҕсабара абзибаоцәа, анападкылаоцәа. Арегион асы аҕиаақәа рыхк ҕыцқәа рцәырцраҕы атыц ду ааннакылеит Акәатәи аботаникатә баҕча. Хадаратәла, аинтродукторцәа зәлымхара зыртгоз адекоративтә ҕиаақәа ракәын, аха XIX ашәышықәса азыбжазы Аҕсныка иааргеит, иагьанаалеит ацитрусқәа, ачай, ахәырма, афеихуа, атунг.

Абри зегы иабзоураны 1894 шықәса апрель 12 рзы, Иара Иимператортә Харакыра Александр III «...ақ. Акәеи Шәачеи ркны иҕыр-цшыгоу ақытанхамшатә, абахчатә тыцқәа раартрей рныкәгареи рзы» иуспкала ихацыркын Кавказ Амшынеиқәатәи аҕықә акны асубтропикатә ҕиаазара аҕанахьала анаукатә тҕаарақәа. Абарт ацшышәартатә станцияқәа зтыц икәырцалаша аус хадақәа иреиуан: «атыцантәи аҕагылазаашьяқәа рыла акырза зҕазкуаз аҕиаақәа рытцара, урт ауаа ры-

ларцәара, насгы абарт ациаакәа аус рыдулашы, рхылацшышы деилыркаара, дырцара, ациаакәа хырхара рыланы, феида рнатартә аицшырыкацара» (1894 шықәсазы ахәынтқарратә мазарақәа Рминистра адгьылқәаарыхра Аддепартамент Адца № 53 акнытә) (Иваненко 2007).

Акәатәи абахчатә, ақытанхамәатә цышәартатә станция еиқәаан Акәатәи аботаникатә бахча ашыбатала, еицырдыруа амеценат Николаи Николаи-ица Смедкои (1852–1931) активла иалахәрала. Рацхәатәи директорс дыкан еицырдыруа аурыс ботаник, ускантәи аамтаз аботаникатә бахча хадара азыуаз Павел Егор-ица Татаринов (1833–1905).

Анаос, 1898 шықәсазы Н.Н. Смедкои еиқәаан акытанхамәа Акәатәи аилазаара. Уи Акәатәи ацышәартатә станция аусура иацхрауан, азанаатдырәцәа рымацара ракәымкәа, абахчаазаәцәа-абзибаәцәагы еиднакылон (Агумаа 2010).

Акәатәи абахчатә, ақытанхамәатә цышәартатә станция ацхәатәи ашықәсқәа алкаан Астанция аколлекциясы акыр иацсаз адекоративтә, ақытанхамәатә культурақәа радцхәалара иазкыз аусурала. Иазгәатәтәуи, ацәарадырратә усура иаицмыркәазакәа ишаәымыз, инарымәатәшәа ишазнеиуаз, цәарак ишсизакымыз – ишыцсақәаз. Астанция ашәырбахчәсы ираазон ахақәа, ацәақәа, атамақәа, абрикосқәа, мрагыларатәи ахәырма. Иацанакуаз рацәан адекоративтә ациаакәа раазарта (Маркович 1904).

Астанция аихабыс аботаник, асубтропикатә ацәарадырра ашытаркәы, афлорист, абнаазаә, агеограф, апрофессор Васили Васи́ли-ица Маркович (1865–1942) даныкарца, 1902 шықәса инаркны аусхәарта асиарамәа еыц ианылеит. Астанция асацхәа ус хадас иқәгылан: амшынысқәа ахауа, адгьыл, ациаакәа рыцәарала асубтропикатә ациаакәа ранраалара.

Иара убри ашықәсан Астанция акклимитизациатә бахчәсы еиқәаан хәала итазыәуа ашыақәгылақәа рыла ишыақәгылоу аметеорологиятә станция, 1905 шықәсазы ирыцлоит агелиограф, аплиувиограф. Зацәаара реиқәыршәара иалагоит амшын ацшахәа шака иацәыхароуи амшын иадкылыны шака ихаракуи ирхыцшыны ахауацхарра, ахышәашәара ршәаразы аметеоролиогратә шта-тыцқәа (Маркович 1904; Маркович 1907).

1. Акәатәи ацышәартатә станциясы икан акклиматизация акәша, асубтропика-техникатә, асубтропика-шәыртә кәшақәа (ашытахь урт еитакын абахча-акклиматизациятә кәша хәа), ашәыртә, адекоративтә культурақәа раазарта (ацышәарта дәы), аутратыхаазара акә-

ша (1903 шықәса инаркны), ажәла-гәатартатә станция (1907 шықәса инаркны), азахәазарей абыкапарей рыкәша (1910 шықәса ашытахь), адәәсы ациаазара акәша (1913 шықәса инаркны), аконсервтә кәша (1910 шықәса инаркны), ататынаазара акәша (1912 шықәса инаркны), абиблиотека, амузей. Иазгәатәтәуп, 1912 шықәсазы Астанция шейтакыз: аштат иазырхан, цыраабык итыцан, фобик айхабы ицхыраафцәа, еиуеицшым азанааткәа змаз (аметсорология, ашәыраазара, аентомология, амикология, ахимия, коллективла ацышәарақәа реихабы), 3,1-нтә рыла иазырхан финансла айкәыршәара, ари акырза астанция аҕиара иацхрааит. Убарткәа инарыцшыны Астанциясы еиҕкаан арегион акны ацхаста кәзцо ахәачамачақәеи ачымазарақәеи ахырацәаз азы аентомологиатә, амикологиатә кабинеткәа (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914; Бгажба 1963; Маркович 1907).

Акәатәи ацышәаратә станциясы иара анейсыркаа инаркны ицыршәон аца (убарт рхыцхызараҕы атыцанти асорткәаҕы), абрикос, аминдаль, атама анектарин, аха, ацәа, абхәа, германиатәи иапониятәи амышмала, алаха, абиа, амыцмыц, мрагыларатәи ахәырма, араса, амжәа (Маркович 1907). 1907 шықәсазы Астанция аусура алцшәакәа рыла еиҕкаан «Ашәыртә культуракәа рагроааглыхратә хккәа», акоммерциатә цакы змоу ахккәа раазара рыдызгалоз.

1905 шықәсазы Астанция асубтропика-техникатә кәшаҕы ираазон акаучук-цла, ақбаадтә аралиа, бадиян анистә, акация Фарнеза, адаца, алимонтә вербена, асапын-цла, ажынцәыркәа, индиго, розмарин ухәа егырт атехникатә культуракәа. Асубтропикатә шәыртә кәшаҕы кәҕиарала ираазон азимин, афсихоа, авокадо, макадамия, цямбоза, уругвайтәи акартош, парагвайтәи ачай, мураиа ухәа егырт аекзотикатә культуракәа.

Акәатәи араион аҕы асубтропикатә циаакәа ацхаста гәгәа рнәҕейт 1910–1911 шықәсқәа рзы азын икалаз ацаа баацсы. Ациаакәа реихарак ахьта рзымычхәит, абахчақәа рхылацшцәа ракәзар, еилыркааит азын ациаакәа штахәхәатәу (Маркович 1907).

1905 шықәсазы аутратыхазара акәша атцаара иалаҕейт абарт аутратыхтә культуракәа: анаша, ахәылрхәы, акарпыжә, ашынка, ачархал, акәйд, атоматкәа, аилахыхкәа, абаклацъан, апырпыл, ачых, аиацәара, ацымшыы, ацыца хккәа, амахәыда.

Адәәсы иаадрыхуа акультуракәа рахь иацанакуан ацыкәрей (1914 шықәсазы 34 сорт ыкан), убас сорго, абрынц, ачарыц, аха урт 1920-тәи

ашықәсқәа рынцәамтазынза хырҳарак рылан икамызт (Известия Абхазской сельскохозяйственной опытной станции 1927).

Астанциясы традициала хшыўзышьтра чыда рзыруан ацитрус культурақәа, иаццаны ирыман абахча чыда – цитрари, мамзаргъы цитрариум (Маркович 1904; Маркович 1907). 1913 шықәсазы рытцаара иафын апатырқал ахкқәа (Италиантәи илџаан иааигеит П.Е. Татаринов), иара убас амандарина ахкқәа, хы-хкык акинканқәа, шива-микан, бигарадиа (апатырқал аша). Убри аамтазы аколлекциясы икан амандарина Самсума (*Citrus reticulata* var. *urshiu*), Navel асортқәа иреиуаз апатырқалқәа (Вестник Сухумского общества сельского хозяйства 1904). Иазгәтан заатәи амандаринақәа шыкалоз октиабр анцәамтаз: (Айба, Сабекия 2017). Анаџс ацитрус хкқәа реилазаара иааицмыркъазакәа ихатәауан, 1913 шықәсазы 200 хкы иреихан (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914).

Астанциясы ицашәыркын ачай, амаслина, 1905 шықәсазы 29 акалам хкқәа, 1913 шықәсазы – 40 хкы инареиханы (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914; Маркович 1907).

Ақытанхамџатә аалыцқәа аус рыдулара азцаара анышьтыхыз 1909 шықәсазы акәын, анаџсгъы рыреиара ахәтаны ицхъазан. Абарт аусқәа ирыбзоураны, 1912 шықәсазы Акәатәи ацышәартатә станциякны сиеџкаан аконсервация акәша, иара убас иргылан афабрика. Уака ацыцындра, абхәаса, абхәа, атама, аҟа, аца, алаҟа, ацәа, амышмала, абиа, мрагыларатәи ахәырма, ацитрусқәа, афеихоа, ажь, амаслина, амахәыда, акәыд, атоматқәа раркышьа аус адырулон.

1909–1912 шықәсқәа инадыркны, ақытанхамџа Акәатәи аилазаара алархәны, Астанция ақәсиарақәа аладырцәо иалагеит атыцантәи ауаацсыра рыџнуцка. Убри азы ацышәартатә дгыылқәа сиеџркааусит Ацсны амраташәарахь (Лыхны ақыта азааигәара), амрагыларахь (Тамшь ақыта азааигәара). Уахь иацанакуан ашәырқәа, ажь, алиуцерна, раиграс, ахәылрхәы, акартош, амахәыда-жәлақәа, ацыкәрси, амамба. Лыхны сиеџкааз ашәырбахча иамеханакуан ашәырқәа рыхкқәа 42. Астанциясы абри аусура иахылацшуан ақытанхамџатә кәша (Отчет о деятельности Сухумского общества сельского хозяйства 1912 г.). 1914 ш. анцәамтазы Астанцияхь ауаацсыра азәлымхара аадырцшуа иалагеит (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1915).



Атаблицә I

**Лыхнытәи апышәарта дгыыл акны ашәыртә культурақәа  
рхкқәа, 1912 ш.**

*(По Отчету о деятельности Сухумского общества сельского хозяйства за 1912 г.)*

№ П/П	Акультура ахыз	Ахкы
	Ацәа	Апсуа, Астрахантәи ашкәакәа, афранцуз ренет цәыш, Апорт, Ашкәакәа розмарин, Сильвестр, Гимберапфель, Напалеон, Канадатәи ренет
	Аха	Акәатәи диушес, Доктор Жиуль Гиуио, Любимица Клаппа, Добрый крестьянин Вильямс, Лесная красавица, Диушес Д Ангулем, Бере-Бокс, Сегнец Киффера, Киуре, Берарданпон, Бергамот, Есперана, Лимоннаиа Кармантә, Киуис мадам, Деканка азынтәи
	Абхәа	Италиантәи венгерка, Ажантәи, Анна Шпет, Аиацәа ренклод, Акәтагьгәышштәыла, Сатсума
	Аца	Напалеон, Ататартә, Охаио
	Атама	Заатәи акацшь, Ихьшәоу акацшь, Барон Диуфур, Амсен, Заатәи Александр, Заатәи Риверс, Ельберт, Солвси, Траумф, Чемпион, Ихьшәоу октиабртәи

Азахәатрақәа цашәдырkit Астанция аузуюцәа Н.Н. Смецкои итызтыц асы, уахь иацанакуан афара иазкыз, убас атехникатә хкқәа-гы. Уи аныкалаз 1913 шықәсазы ауп. Убриаан, арегион асы ари акультура акырза шацанакуаз амчрақәа ирзсилкаауамызт. Уигы аамта атахын.

Иара убри ашықәсан, рацхьзакәны Астанциясы еитархаит сиуеи-щым ашәтқәа. Иара убас урт цхастамхакәа Москванза рнагаразы ау-сқәа еиқаан (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914).

1910-тәи ашықәсқәа рзы Акәатәи апышәартатә станциясы адгыыл аус адуларазы, арцәразы, настгы ашәыртә, асубтропикатә культу-рақәа ирнааларц азы инартбааны апышәарақәа рымәацгара иалагеит.

В.В. Маркович есымзатәи ажурнал «Черноморское сельское хозяйство» атыжыра дацшыгаохсит, редактор хадас дкалеит. Атыжыра хацыркхсит 1904 шықәса инаркны ақытанхамоа Акәатәи аилазаара ацхыраарала. Атыжымта асацхыа уснагзатә хадас иқәыргылан Амшынсиқәатәи асықә ақытанхамоатә усхәартақәси ахазхатәуааи имоацыргоз атцаарақәси агәатаракәси рылщшәақәа реидкыларә.

Ажурнал иаман абарт акәшақәа:

1. Аилазаара аусура иазкыз адырратарақәа;
2. Амшынсиқәатәи асықә акны ациаақәа ранрааларси уи ақәсиарақәси;
3. Апомеранцтәқәси урт ркультуреи;
4. Азахәазарси аоыкацарси;
5. Ашәыраазара;
6. Аутрәтыхаарыхра;
7. Кавказ Амшынсиқәатәи асықә асы ахауси асаореи;
8. Акәатәи ашәыртә, ақытанхамоатә цышәартатә станция абиуллетен;
9. Ациаазара егырт акәшақәси ақытанхамоа аусхкқәси ирызку анцамтақәа, акыпцхымтақәа;
10. Адгылтә ус;
11. Ауаацсыра аграномиала ацхыраара рытара;
12. Абиблиография;
13. Еиуеицшым адырратарақәа, ажурналқәа рыххәаа, егырт аилазаарақәа русура, атыцантәи ақытанхамоатә хроника, акорреспонденция;
14. Азцаарақәси атакқәси;
15. Абахчаазаоцәа, аутрәтыхаазаоцәа, аусзуцәа қыралә рыдкыларә абиуро;
16. Аилыркаарақәа рыкәша;
17. Алахәарақәа.

Ацхыаоцәа рызнагареи рзышьтреси налацаны ажурнал анапацаора иартәон шықәсык о-маатк.

Убри ажурнал анаоґгы итыцуан «Вестник Сухумского общества сельского хозяйства», нас – «Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции» (1914 шықәсазы акыпцхь рбеит атыжымтақәа 7–13 инадыркны 19 акынза). Астанция итнажбуаз абгыщқәа азкын ажәлалхра, ашәыраазара, аутрәтыхаазара. Иркыпцхуан Астанциясы ираазоз аитахатәқәа, ажәлақәа реиқәыпцхыаза.

1905 шықәсазы Акәатәи ацышәартатә станция аусзуоцәа абахчаазара знапы алакыз аусзуцәа ацара дырцара азцаара шытырхит, иагдыргылеит абахчаусзуоцәа рышкол ахыбра. Аусура иалагеит оышықәса инаркны, ацара рцон оышықәса. Рацхятәи хәышықәса рыонутқала

уи иалгеит ацаоцәа 17-оык, урт рахытә 77 % иалырхыз азанаат ала аусура иалагеит (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914; Маркович 1907). Иазгәататәуи, Шәачеи Мыс-хакәеи ркны асеицш ашколқәа шеиҥкааз 1910 шықәса рынахыс.

Астанция иаман абиблиотека, 1913 шықәсазы уи афондқәа рҥы икан урыс бызшәалеи ахәанырцәтәи абызшәакәа рылеи 3000 цыра ашәкә-қәа, убрахь иналацаны Астанциясы итрыжьуаз аусумтақәа, убас апе-риодикатә тыжьымтақәа (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914).

Астанциязы аамта баацхеит 1914 шықәса инаркны, иалагеит Актәи адунейтә сибашьра. Ускан Урыстәыла иагацәаз иреиуан Тьрқәтәыла. Астанция аусзуоцәа рыхәтак арра ирыцхейт, парала айқәыршәара акырза иагхейт. Убри иахкьаны Астанция акәшақәа жәпакы аркын, иаанхаз русура азхомызт, имачзан (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914).

1914 шықәсазы ишьякәыргәгәан Астанция Ахеилак, мацзурала уи иалан аихабы, иара ицхыраоцәа, акәшақәа реихабацәа, ақытан-хамоа Акәатәи аилазаара, акалакь анапхгара, абнанхамоа, Акәатәи аокруг, Агрономиятә еиҥкаара, Аветерантә усхәарта, Жәлар рцара аминистрра, Афинанскәа рминистрра, идуз, ибжьаратәыз, анхаоытә дгьылцакырақәа, атыцантәи абахчаазаоцәа, ататынаарыхыоцәа рхатарнакцәа (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1915).

Ауадаорақәа шыказгы, уаанзеицш, 1914 шықәсазы ипашәыркын 54 хкы рыла ишьякәгылаз аботаникатә бахча, убас ихацыркын асфирхәшатә культурақәа хықәкыла рытцаара. Убаскан ишьятаркын алимонтә сорго, акация Фарнеза, зышәт кьакьоу жасмин, бадан анистә, алимонтә вербена (Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1915), шықәсазы акәзар – казанлыктәи агәил (Назаров 1930: 5–15).

Абасала, ареволюция калаанза (23 шықәса) Акәатәи ацшәартатә, ақытанхамоатә станция ақытанхамоатә тцаарадырра арҥиараҥы ала-галамта ду канацейт, аусхк анаос арҥиаразы ауасхыр гәгәа пьтанацейт. Ареволюция ашьтахь, асовет мчра анышьякәгыла, Астанция ахыз еи-такын Ацснытәи ақытанхамоатә цышәартатә станция хәа. Нас – Ац-снытәи ақытанхамоатә, абнатә цышәартатә станция хәа. 1920–1930 шықәскәа рзы Астанция аусура атәы уаоы силикаар аусит атыцра иаҥыз «Известия» ала (Бахтадзе 1927).

Аамтакала, Астанция шыказгы, 1926 шықәсазы Ацсны еиҥкаахоит ВИР Акәатәи акәша, ашьтахь, уи ашьатала – СССР ақытанхамоа Ами-

нистрра асубтропикатә культура цәаакқәа Акәатәи рселекциатә станция, 1956 шықәсазы акәзар – ВИР асубтропиктә культуракәа Акәатәи рчышәартатә станция. Убри ауп изхылҕинааз иахьа иҳамоу Ацсны атпаарадыррақәа Ракадемия ақытанхамҕа Аинститут (Сухумская орденна Трудового Красного знамени опытная станция субтропических культур ВНИИРа им. Н.И. Вавилова 1985).

### Алитература

*Агумаа 2010:* Агумаа А. Николай Николаевич Смецкой (1852–1931). Сухум, 2010. 167 с.

*Айба 2017:* Айба Л.Я. История интродукции субтропических культур в Абхазию // Субтропическое и декоративное садоводство. 2017. Вып 62. С. 9–18. ISSN 2225-3068.

*Айба, Сабекия 2017:* Айба Л.Я., Сабекия Д.А. Конвейер сортов мандарина для Республики Абхазия // Садоводство и виноградарство. 2017. № 2. С. 34–39. ISSN 0235-2591.

*Бгажба 1963:* Бгажба М.Т. Растениеводческие основы сельского хозяйства Абхазии. Тбилиси, 1963. 49 с.

*Вестник Сухумского общества сельскаго хозяйства 1904:* Вестник Сухумского общества сельскаго хозяйства. Сухум, 1904. № 12. 48 с.

*Иваненко 2007:* Иваненко Ф.К. Черноморские субтропики – краткий исторический очерк // Труды Сочинского отделения Русского географического общества. Сочи, 2007. Вып. 4. С. 8–15.

*Бахтадзе 1927:* Бахтадзе И.Г. Известия Абхазской сельскохозяйственной опытной станции. Результаты обследования полевых культур ССР Абхазии и Верхней Сванетии. Сухум, 1927. № 35. 56 с.

*Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1912:* Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции. 1912. № 5. 16 с.

*Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции. 1914:* Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции. 1914. № 14. 166 с.

*Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции. 1914:* Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции. 1914. № 16. 28 с.

*Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1914:* Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции. 1914. № 19. 44 с.

*Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции 1915:* Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции. Сухум, 1915. № 23. 169 с.

*Маркович 1904:* Маркович В.В. Отчет о деятельности Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции за 1903 г. Новороссийск, 1904. 31 с.

*Маркович 1907:* Маркович В.В. Отчет о деятельности Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции за 1905 г. Новороссийск, 1907. 87 с.

*Назаров 1930:* Назаров П. С. Казанлыкская роза на Абхазской сельскохозяйственной и лесной опытной станции // Известия Абхазской сельскохозяйственной опытной станции. Сухум, 1930. № 39. С. 5–15.

*Отчет о деятельности Сухумского общества 1912:* Отчет о деятельности Сухумского общества сельского хозяйства за 1912 г. Сухум, 1912. 71 с.

*Сухумская ордена Трудового Красного знамени опытная станция субтропических культур ВНИИРа им. Н.И. Вавилова 1985:* Сухумская ордена Трудового Красного знамени опытная станция субтропических культур ВНИИРа им. Н.И. Вавилова. Сухуми, 1985. 36 с.

*Л. Я. Айба*

## У ИСТОКОВ СУБТРОПИЧЕСКОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА В АБХАЗИИ

**Аннотация.** *Предпосылками развития сельскохозяйственной науки и становления Абхазии как крупнейшей интродукционной площадки стали уникальные природно-климатические условия региона. В статье идет речь о периоде работы Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции с 1894 по 1917 год, ее структуре и основных направлениях исследований. Приводится краткая характеристика издаваемого в тот период журнала «Черноморское сельское хозяйство», главной задачей которого было объединение результатов исследований и наблюдений, проводимых специалистами сельхозучреждений Черноморского побережья и частными лицами.*

**Ключевые слова:** *Сухумская садовая и сельскохозяйственная опытная станция, сельское хозяйство, субтропическое растениеводство, интродукция, коллекции, Абхазия.*

*L. Ya. Ayba*

## AT THE ORIGINS OF SUBTROPICAL CROP PRODUCTION IN ABKHAZIA

**Annotation.** *The prerequisites for the development of agricultural science and the formation of Abkhazia as the largest introduction site were the unique natural and climatic conditions of the region. The article is about the period of work of the Sukhum garden and agricultural experimental station from 1894 to 1917, its structure and main directions of research. A brief description of the journal “Black Sea Agriculture”, published at that time, is given, the main task of which was to combine the results of research and observations carried out by specialists of agricultural institutions of the Black Sea coast and private individuals.*

**Key words:** *Sukhum garden and agricultural experimental station, agriculture, subtropical plant growing, introduction, collections, Abkhazia.*

*Е. Т. Ильницкая, М. В. Макаркина, В. Ш. Айба,  
В. Б. Авидзба, М. А. Авидзба, Ю. Д. Адзынба*

## **ДНК-ПАСПОРТИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ ВИНОГРАДА СОРТА АМЛАХУ В КОЛЛЕКЦИИ ООО «ВИНА И ВОДЫ АБХАЗИИ»**

**Аннотация.** *Территория Абхазии – один из очагов возникновения культурного винограда. Изучение аборигенных сортов, в том числе и на молекулярно-генетическом уровне, представляет собой актуальную научную задачу. Проведено генотипирование древнего абхазского сорта винограда Амлаху, представлен его ДНК-профиль по девяти микросателлитным локусам.*

**Ключевые слова:** *сорт винограда, ДНК-маркеры, ПЦР.*

### **Введение**

Для абхазов возделывание винограда – это не просто отрасль сельского хозяйства, а часть культуры, этноса и быта. Это объяснимо, так как территория Абхазии – один из очагов возникновения культурного винограда (Вавилов 1926). В истории виноградарства Абхазии были периоды, обусловленные политическими и экономическими причинами, когда данная отрасль то усиленно развивалась, то приходила в упадок. В настоящее время отрасль виноградарства переживает подъем, растет интерес и к аборигенным сортам.

Наибольший вклад в изучение и сохранение абхазских сортов винограда в XX веке внесли Ш.Д. Инал-ипа, Ф.К. Кварацхелия, М.Т. Бгажба, Е.И. Чамагуа (Инал-ипа 1949; Кварацхелия 1934; Бгажба 1964; Чамагуа 1968). Не все они были специалистами в области виноградарства, но именно благодаря исследованиям этих ученых впервые были опубликованы сведения об аборигенных сортах и формах винограда Абхазии.

Слава абхазских (ачандарских, джгярдских и отхарских) вин в основном была связана с сортами Ауасырхуа, Качич, Амлаху – они считались лучшими среди местных сортов. Особенно славились вина с виноградников, культивируемых на известковых почвах склонов гор и холмов. Но и с виноградников, расположенных на равнинных участках Гудаутского, Сухумского, Гулрыпшского районов со слабо оподзоленными суглинистыми почвами, с водопроницаемыми галечниковыми прослойками получают высококачественные вина (Чамагуа 1968).

Амлаху – старинный абхазский винный сорт. Упоминается в литературе по виноградарству Абхазии со второй половины XVIII века. По морфологическим признакам и биологическим свойствам относится к эколого-географической

группе сортов бассейна Черного моря – *Proles pontica* Negr. В переводе на русский язык «Пилори понтийский». В народе название этого сорта трактуется как «блюдо годного». Возникло такое толкование, вероятно, благодаря высокой сахаристости ягод и крупным размерам грозди. Сорт Амлаху относится к сортам позднего периода созревания. Ягоды начинают созревать уже в середине августа, а к концу октября набирают полную зрелость. Урожай готов к уборке в конце октября. В прошлом (при культуре Маглари) урожай собирали в ноябре-декабре, после опадания листьев, нередко с деревьев, покрытых снегом.

В настоящее время методы молекулярно-генетического анализа дополняют традиционные методы изучения сортов винограда. Для ДНК-паспортизации различных генотипов используют микросателлитные (SSR) маркеры.

Целью исследований была ДНК-паспортизация сорта винограда Амлаху из коллекции агрофирмы ООО «Вина и воды Абхазии».

### Материалы и методы

В исследования были включены растения из коллекции агрофирмы ООО «Вина и воды Абхазии» (г. Сухум, Абхазия), которые соответствовали ампелографическому сортовому описанию (Нергуль 1963). ДНК выделяли методом ЦТАБ из смеси молодых листьев пяти типичных растений (Rogers, Bendich 1985). Генотипирование проведено методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с разделением продуктов реакции методом капиллярного электрофореза. Исследование проведено SSR-маркерами, рекомендованными для генотипирования сортов винограда (VVS2, VVMD5, VVMD7, VVMD25, VVMD27, VVMD28, VVMD32, VrZAG62, VrZAG79) (This, Jung, Vossacci P., Vorrego J., Botta, Costantini 2004). Последовательности праймеров ДНК-маркеров синтезированы ООО «Синтол» (Россия, Москва). ПЦР проводили с использованием реактивов производства ООО «Синтол». Амплификацию ДНК осуществляли прибором Eppendorf Mastercycler gradient (Германия). Оценка размера амплифицированных фрагментов проведена с использованием автоматического генетического анализатора ABI Prism 3130 и специального программного обеспечения GeneMapper и PeakScanner. В качестве референсных генотипов для уточнения размеров амплифицированных фрагментов в работе использовали ДНК сорта Каберне Совиньон.

### Результаты

Морфологические признаки растений винограда соответствовали Амлаху, описанному в Ампелографии СССР (Нергуль 1963).

Тип цветка – функционально женский. Грозди – крупные, узкоконические или цилиндрические, чаще крылатые, в основном средней плот-



ности. Средняя масса 160–175 грамм, горошение ягод довольно слабое и почти не наблюдается. Ножка грозди средней длины, травянистая, у основания древеснеющая. Ягоды средней величины округлой и овальной формы.

Листья средней величины, почти цельные, округлые. Верхняя поверхность листа голая, сетчато-морщинистая или мелкопузырчатая. Нижняя сторона покрыта паутинистым опушением. Верхние вырезки мелкие, открытые, щелевидные или в форме входящего угла, реже закрытые с узкоэллиптическим просветом. Нижние вырезки открытые, едва намеченные или совсем отсутствуют. Черешковая выемка открытая, лировидная с узким устьем и немного заостренным дном, реже закрытая с яйцевидным просветом или заостренным дном. Зубчики на конце листовой пластинки треугольные, с выпуклыми сторонами и заостренной верхушкой, реже куполовидные, зубчики по краю треугольно-пиловидные.

По результатам микросателлитного анализа идентифицированы аллели по девяти микросателлитным локусам составлен ДНК-паспорт растений винограда сорта Амлаху, произрастающих в коллекции ООО «Вина и воды Абхазии» (таблица 1). По всем изученным микросателлитным локусам идентифицировано гетерозиготное состояние. Полученный ДНК-профиль был проверен нами в международной Базе данных ДНК-паспортов сортов винограда (Julius Kuhn-Institut 2019). Совпадений не выявлено.

Таблица

**Результаты микросателлитного анализа ДНК растений винограда сорта Амлаху**

Сорт	Идентифицированные аллели SSR-локусов, пары нуклеотидов								
	VVS2	VVMD5	VVMD7	VVMD25	VVMD27	VVMD28	VVMD32	VrZAG62	VrZAG79
Каберне	139	234	239	239	176	234	240	188	247
Совиньон	151	242	239	249	190	236	240	194	247
Амлаху	143	234	233	239	180	234	248	188	237
	153	240	239	267	190	236	262	204	239

### Заклучение

Таким образом, составлен ДНК-профиль сорта Амлаху, произрастающего в коллекции ООО «Вина и воды Абхазии». По соответствию ампелографического описания растений, произрастающих в коллекции и сорта Амлаху в ампелографии СССР, можно заключить, что сформирован ДНК-профиль генотипа сорта Амлаху. Полученный ДНК-паспорт позволит сравнить ДНК-профили растений стародавнего абхазского сорта из других коллекций и определить их соответствия или различия по молекулярно-генетическим данным, тем самым подтвердить или опровергнуть принадлежность этих растений к одному генотипу.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Академии наук Абхазии в рамках научного проекта № 19-516-40001 Абх\_а.**

### Литература

*Бгажба 1964*: Бгажба М.Т. Растительные ресурсы Абхазии и их использование. Сухуми, 1964. 576 с.

*Вавилов 1926*: Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений, Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1926;26(2):248.

*Инал-ипа 1949*: Инал-ипа Ш.Д. Об абхазских нартских сказаниях // Труды АбНИИ. Сухум, 1949. С. 23–25.

*Кварацхелия 1934*: Кварацхелия Ф.К. К изучению абхазских сортов винограда. Сухум, 1934. 36 с.

*Нергуль 1963*: Ампелография СССР. Т. 1. / под ред. А. М. Нергуль. М., 1963. С. 111–113.

*Чамагуа 1968*: Чамагуа Е.И. Виноград Абхазии. Сухуми, 1968, 222 с.

*Rogers, Bendich 1985*: Rogers S.O., Bendich A.J. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues, *Plant Molecular Biology*. 19 (1). Washington, 1985. P. 69–76.

*This, Jung, Voccacci 2004*: This P., Jung A., Voccacci P., Borrego J., Botta R., Costantini L., Crespan M., Dangi G. S., Eisenheld C., Ferreira-Monteiro F., Grando S., Ibañez J., Lacombe T., Laucou V., Magalhães R., Meredith C.P., Milani N., Peterlunger E., Regner F., Zulini L., Maul E. Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars, *Theor. Appl. Genet.* Washington, 2004; 109:1448-1458. DOI: 10.1007/s00122-004-1760-3.

**Электронный ресурс.** Julius Kuhn-Institut. International Variety Catalogue VIVC, URL: <http://www.vivc.de>. Ссылка активна на 09.10.2019.

*Е. Т. Ильницкая, М. В. Макаркина, В. Ш. Аиба,  
В. Б. Аџзба, М. А. Аџзба, И. Д. Азынба*

## **ИАЕ «АЦСНЫ АФКӘБИ АЗҚӘБИ» РЕИЗГАМҒАҒЫ АЗАХӘА ХКЫ АМЛАХӘ а-ДНК-ШӘКӘҒАӨРА**

**Аннотация.** *Аңсны – акультура тә захәаазара ахыйхыр тақәа ируакуп. Атыңантәи азахәа хкқәа рмолекулиартә-генетика атыңаара крызйазкуа усны икоуп. Ажәытә аңсуа захәа «Амлахә» агенхкы гәатәоуп, жә-микросателлиттә локус рыла а-ДНК-хаҒера шыақдыргылоуп.*

**Ихадароу ажәақәа:** азахәа хкы, ДНК-маркерқәа, ПЦР.

*Е. Т. Ilnitskaya, M. V. Makarkina, V. Sh. Ayba,  
V. B. Avidzba, M. A. Avidzba, Yu. D. Azyimba*

## **DNA-CERTIFICATION OF AMLAKHU GRAPE PLANTS IN THE COLLECTION OF «WINES AND WATERS OF ABKHAZIA» LLC**

**Annotation.** *The territory of Abkhazia is one of the centers of the emergence of cultural grapes. The study of native varieties, including at the molecular genetic level, is an urgent scientific task. Genotyping of the ancient Abkhazian grape variety Amlakhu was carried out, its DNA profile was presented according to nine microsatellite loci.*

**Key words:** *grape variety, DNA markers, PCR.*

УДК 551.583; 551.57  
OECD 1.05

*Я. А. Эмба, А. К. Ахсалба, Л. В. Хинтуба, Х. А. Начкебия*

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ АБХАЗИИ ЗА ПЕРИОД ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

**Аннотация.** *Беспрецедентными являются климатические изменения, происходящие в последние два десятилетия и связанные с различными факторами, в том числе с выбросами в атмосферу парниковых газов. В период регионального потепления (1993–2019) среднегодовая температура в Абхазии достигла 18,4 °С при норме 14,5 °С. Наиболее значительное повышение демонстрирует в сравнении с нормой летняя температура – на 2,7 °С, зимние показатели температуры практически не изменились. По мере повышения температуры абсолютная влажность возрастает, достигая максимума в июле-августе. Тесная связь между значениями среднегодовой температуры и абсолютной влажности позволяет предположить, что основным фактором, ответственным за изменение температуры приземного слоя воздуха, является водяной пар. Колебания относительной влажности на территории Республики Абхазия весьма значительны. Самые высокие ее величины 80–85 % наблюдаются в прибрежных районах. За последние 20 лет с повышением температуры относительная влажность систематически понижается – с 85 % в 2002 году до 76 % в 2019-м, что в ближайшей перспективе приведет к снижению количества атмосферных осадков, особенно в зимний период, что и наблюдается на территории Абхазии с 2016 года.*

**Ключевые слова:** *Климатические изменения, парниковые газы, среднегодовая температура, абсолютная и относительная влажность, прибрежные районы, количество осадков.*

В рамках моделей, развиваемых Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), изменение климата и его последствия в разных регионах мира будут различными (Второй оценочный доклад... 2014). Последствиями роста глобальной температуры станут повышение уровня моря, изменение количества и характера осадков, рост площади пустынь. Потепление сильнее всего проявится в Арктике, оно приведет к дальнейшему отступлению ледников, вечной мерзлоты и морских льдов. Последствия потепления проявятся также увеличением часто-

ты экстремальных погодных явлений, включая волны жары, засухи и ливней; окислением океана; вымиранием биологических видов из-за изменения температурного режима. К важным для человечества последствиям относится угроза продовольственной безопасности из-за негативного влияния на урожайность (особенно в Азии и Африке) и потеря мест обитания людей из-за повышения уровня моря (Бедрицкий 1997; Будыко 1971; Будыко, Бютнер, Винников и др. 1981). Однако следует отметить, что, несмотря на популярность таких вариантов развития климата на Земле, существуют и альтернативные точки зрения, в которых большая роль отводится естественным факторам. Среди них вариации среднегодовой мощности солнечного излучения и циклические изменения орбитальных параметров движения Земли (Исаев 2001; Клименко, Клименко 1998; Котляков, Лосев, Ананичева 1998).

Иллюстрацией вековых колебаний приземной температуры, имеющих вполне естественные причины, являются и средневековый оптимум X-XIII веков и т. н. малый ледниковый период XVI-XIX веков. Восстановленные по ряду дейтерия из ледового ядра вариации приземной температуры (Котляков, Клинге, Захаров 2000; Кондратьев 1997) показали, что температура в течение голоцена (последние 10 тыс. лет) не оставалась постоянной и неоднократно превышала современные значения.

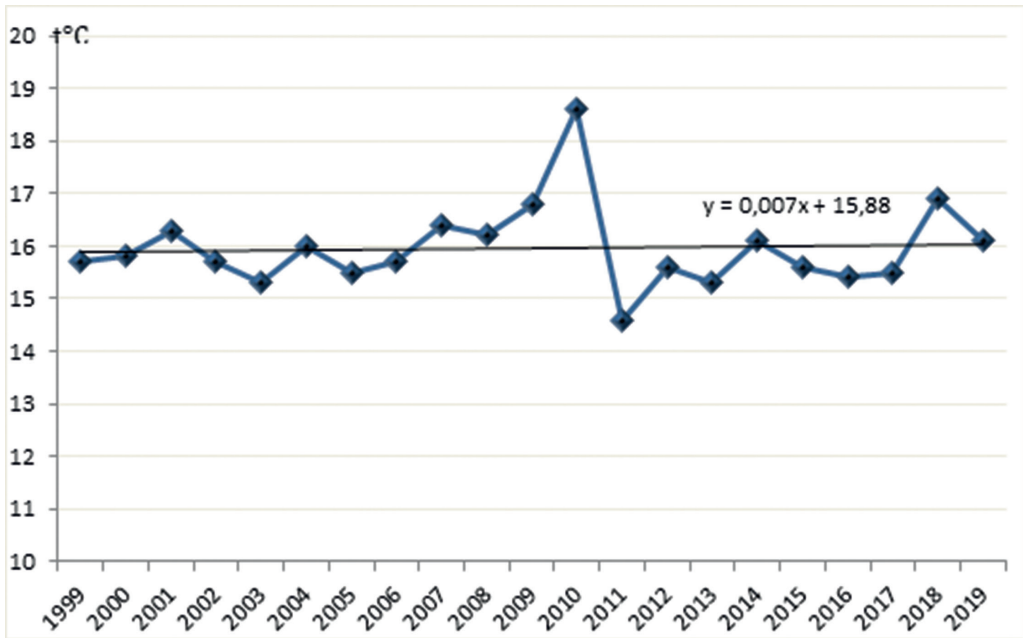
Следует отметить, что существенное влияние на температурный режим планеты оказывают мощные вулканические извержения, в результате которых огромные массы вулканического пепла выбрасываются на высоту 20–30 км, способствуют активизации формирования стратосферного аэрозоля, что значительно понижает температуру приземного слоя воздуха в следующем за извержением году (Суркова 2002; Экба, Ахсалба 2018).

Изменения климата неизбежно повлекут за собой масштабные перемены в экосистемах планеты, что приведет к необходимости для многих стран перестраивать экономику, приспособив ее к новым природным условиям. В связи с глобальными климатическими изменениями мы будем наблюдать и уже наблюдаем значительную региональную специфичность экологической ситуации.

### **Особенности температурного режима на территории Абхазии**

Самая теплая зима на Черноморском побережье – в Абхазии. Средняя зимняя температура понижается с севера на юг, как бы игнорируя географическую широту. Для распределения зимних температур большое значение приобретают местные факторы. Защищенность территории хребтами от вторжения холодных воздушных масс, влияние теплого Черного моря, широкое развитие феновых ветров повышают их температуру зимой (Экба, Дбар, Ахсалба 2003; Экба, Ахсалба 2011;). В Абхазии систематические на-

блюдения на гидрометеорологической сети были начаты в 1904 году. За время наблюдений с 1999 по 2019 год можно отметить два периода: первое общее повышение температуры атмосферного воздуха с 1999 по 2010 годы, когда среднегодовая температура достигла максимума (18,4 °С). После чего под воздействием извержения мощного вулкана Эйяфьятлайокудль (Исландия, 14–19.04.2010) температура ПСВ в следующем 2011 году понизилась на 3,8 °С и составила 14,6 °С (рисунок 1).



*Рисунок 1. Динамика среднегодовой температуры приземного слоя воздуха за период 1999–2019 гг. г. Сухум*

Начиная с 2011 года, температура ПСВ снова стала возрастать и достигла максимального значения (16,9 °С) в 2018 году. Самая высокая среднегодовая температура (18,4 °С) в Абхазии наблюдалась в 2010 году.

Общее потепление в Западном полушарии лучше всего проявляется в зимний период. В отличие от глобальной ситуации среднегодовой тренд температуры в Абхазии в существенной мере формируется в теплый период за счет повышения минимальных температур летом и осенью, а не за счет максимальных температур зимнего периода.

Резкий прирост приземной температуры воздуха (особенно в теплый период года) с 1994 года по 2019-й выявлен в годовом ходе при сравнении с современной климатической нормой (1961–1990) (рисунок 2).

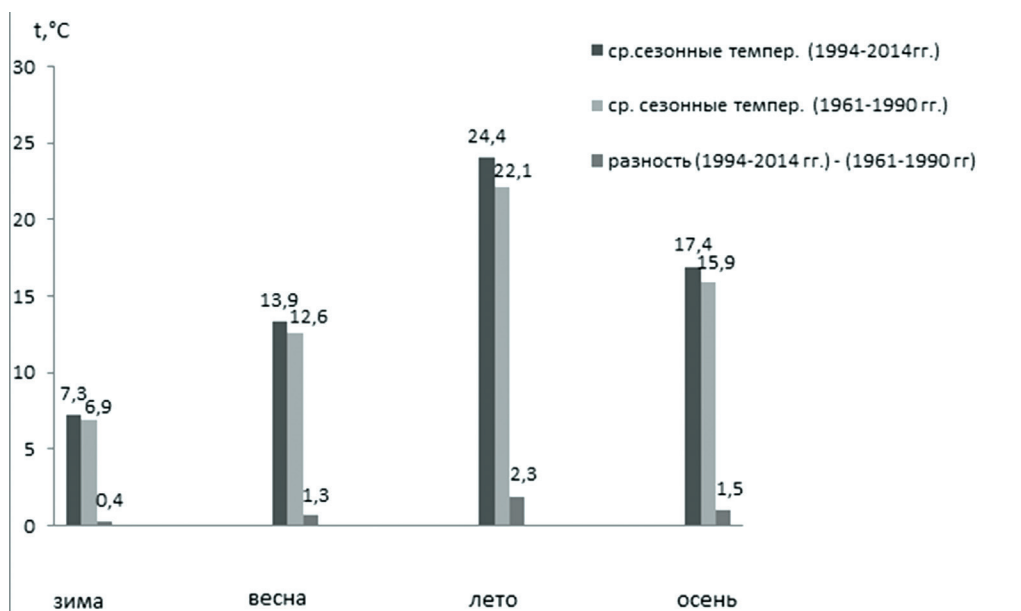


Рисунок 2. Динамика отклонений сезонных температур воздуха в г. Сухуме за период 1994–2019 гг. относительно климатической нормы (1961–1990 гг.)

Следует отметить, что прирост приземной температуры воздуха характерен для всех сезонов года с максимумом в летний период на 2,3 °С.

Потепление климата привело к усилению контраста метеоявлений: т. е. увеличиваются периоды засухи в летнее время и период избыточных осадков осенью, что отрицательно влияет на интенсивность вегетации фитоценозов весной, созревание и уборку урожая осенью.

Таким образом, положительные тренды температур и характер их сезонных распределений, выявленные в результате анализа приведенных данных метеосети Республики Абхазия за период с 1904 по 2019 год, однозначно указывают на существенное потепление климата.

### **Основные характеристики влажности приземного слоя воздуха на территории Абхазии**

Степень насыщенности воздуха влагой является одним из расчетных параметров эффективной температуры и потому приобретает большое значение при оценке комплексного воздействия климата на окружающую среду и организм человека.

Особенностью влажности воздуха как компонента климата является ее большая неустойчивость и пульсация. Анализ гидрограмм показывает, что при обычных погодных условиях значения относительной влажности за одну-две минуты могут измениться на 10–15 %. Исключительное влияние

на влажность воздуха оказывают турбулентные потоки и развивающиеся в приземном слое атмосферы нисходящие и восходящие воздушные потоки.

С относительной влажностью связана и атмосферная засуха, оказывающая угнетающее действие на сельскохозяйственные культуры. Влагосодержание воздушной среды определяет напряженность теплообменных процессов в организме. Следует отметить, что абсолютная влажность воздушной среды влияет на конденсационные процессы и определяет их интенсивность. Все указанные выше показатели влажности воздуха взаимосвязаны друг с другом и с температурой. Так что значение этого элемента для оценки климатических условий того или иного района очень велико.

На территории Абхазии влажность испытывает большие колебания, вызванные орографической структурой, видом подстилающей поверхности и развивающимися в существующих условиях атмосферно-циркуляционными процессами. Высокая абсолютная влажность характерна для всей Абхазии. Это обусловлено тем, что она закрыта с трех сторон высокими горными хребтами и открыта со стороны Черного моря, доминирующее действие оказывают влажные западные атмосферные течения, пышная растительность и повышенный температурный фон на протяжении всего года.

В холодный период года в низменных районах Абхазии средние показатели абсолютной влажности в зоне высот 400–500 м в два-три раза больше, чем в высокогорной. По мере повышения температуры абсолютная влажность увеличивается, достигая максимума в июле-августе. В низменных районах (24 мб) максимум абсолютной влажности также приходится на июль-август.

Колебания абсолютной влажности по месяцам с высотой уменьшаются. В равнинных зонах абсолютная влажность составляет 10–13 мб, а в зоне высокогорья падает до 4 мб.

Относительная влажность колеблется на территории Республики Абхазия в широких пределах и значительно. Самых высоких величин ее показатели достигают в прибрежных районах, где среднегодовое значение относительной влажности составляет 80–85 %. Данные относительной влажности в г. Сухуме приведены в таблице 1.

*Таблица 1*

**Среднемесячная относительная влажность воздуха (%) в г. Сухуме**

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1999	81	80	75	81	79	79	76	81	77	81	81	81
2000	84	83	80	80	82	81	83	84	83	86	84	83
2002	87	89	89	91	94	94	84	84	85	83	80	79



2003	78	79	82	83	82	77	81	82	83	85	82	78
2004	79	87	85	77	86	79	76	79	74	78	84	75
2005	81	72	82	79	75	80	76	78	74	73	72	72
2006	84	83	77	83	82	78	85	82	80	83	84	82
2007	82	80	85	83	76	80	79	76	75	75	81	82
2008	77	83	81	80	85	82	82	79	81	82	78	79
2009	82	79	79	78	79	77	81	77	82	79	83	81
2010	83	77	81	79	77	80	78	66	71	79	70	70
2011	82	86	81	86	87	82	81	72	74	77	79	72
2012	75	77	78	74	78	77	74	77	74	77	76	74
2013	74	74	73	76	77	78	75	78	75	75	74	71
2014	78	72	74	71	70	76	75	76	77	77	74	75
2015	76	73	78	78	78	79	78	75	71	76	74	77
2016	78	73	74	68	81	76	77	76	74	76	71	81
2017	74	76	73	72	83	81	76	78	78	77	76	77
2018	81	77	77	77	82	78	70	81	80	78	80	79
2019	73	81	79	81	78	81	80	80	74	80	72	72,2

Показатели таблицы 1 и рисунок 3 демонстрируют, что минимум относительной влажности наблюдается в августе и декабре, а максимум – с января по май и в октябре-ноябре (Экба, Ахсалба 2018; Экба, Ахсалба, Марандиди 2018). Большое практическое значение имеют данные относительной влажности за 13 часов. С показателями относительной влажности связана интенсивность испарения, которая резко влияет на увлажненность района.

Потепление климата на территории Республики Абхазия, которое мы наблюдаем на протяжении последнего десятилетия, вызвало изменение метеорологических параметров. Увеличились годовые суммы температур. Кроме того, произошла значительная трансформация сезонного распределения атмосферных осадков: минимум наблюдается в летние месяцы, особенно в июле.

Абхазия лежит в переходной зоне между субтропическим и умеренным поясами, где условия погоды менее устойчивы, чем в типичных субтропиках. Климат Абхазии резко отличается от климата России субтропичностью, большим балансом тепла и влаги, высокой биологической и хозяйственной продуктивностью.

Однако в отдельные годы большая часть летних осадков выпадает со значительными перепадами в виде кратковременных ливней. Они не успевают в достаточной мере увлажнить почву, и в июле и августе наблюдается недостаток влаги.

Из-за неблагоприятного баланса влаги вероятность недостаточной обеспеченности влагой за летние месяцы в Абхазии в июне составляет 46 %,

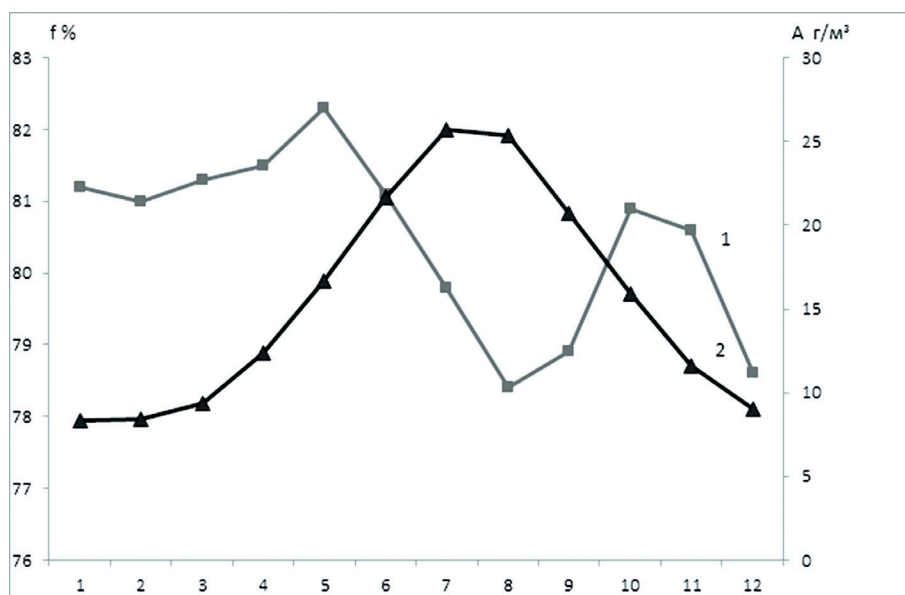


Рисунок 3. Среднемесячная относительная (1) и абсолютная (2) влажность воздуха в г. Сухуме

поэтому атмосферная засуха здесь часто наблюдается в течение месяца. В отдельные годы засуха может длиться до двух месяцев и приобретает критический характер. За последние 20 лет с повышением температуры систематически понижается относительная влажность, если в 2002 году среднегодовая относительная влажность составляла 85 %, то в 2019 году она понизилась до 76 % (рисунок 4).

В то же время среднегодовая абсолютная влажность воздуха меняется синхронно со среднегодовой температурой воздуха (рисунок 5).

Коэффициент корреляции между двумя рядами данных за последние 20 лет составил более 0,85.

Основными сельскохозяйственными культурами в субтропической зоне являются цитрусовые, чай, тунг, бамбук, маслины, инжир, хурма и пробковый дуб. Эти растения по требованию к влаге являются мезофитами муссонного климата и с понижением влажности испытывают существенное угнетение.

Особенности распределения атмосферных осадков, изменчивости температуры воздуха и сезонное распределение влажности на территории Абхазии вызывают интерес с точки зрения их влияния на урожайность таких ценных для республики субтропических культур, какими являются цитрусовые.

Ускорение наступления фазы съемной спелости плодов цитрусовых в основном зависит от погодных условий в осенний период. Так, например,

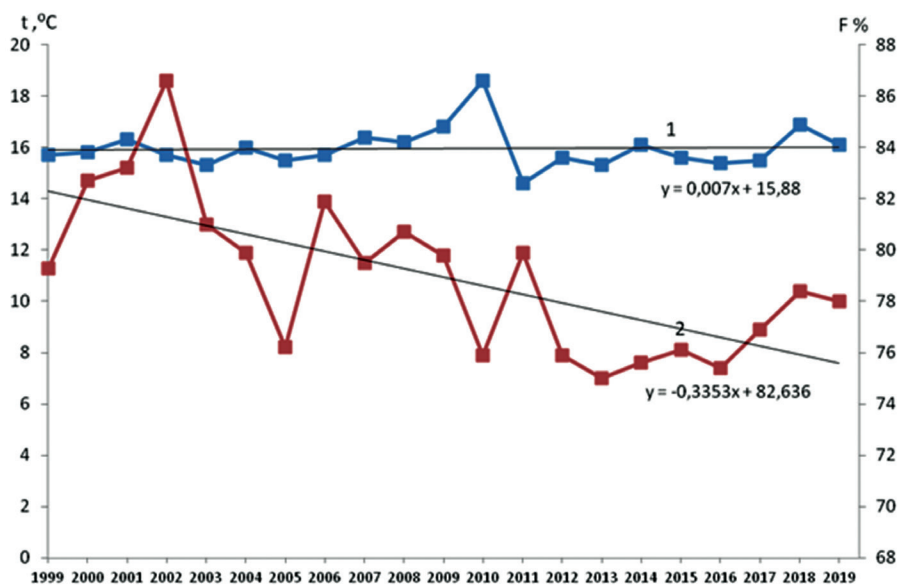


Рисунок 4. Среднегодовая относительная влажность ПСВ по г. Сухуму

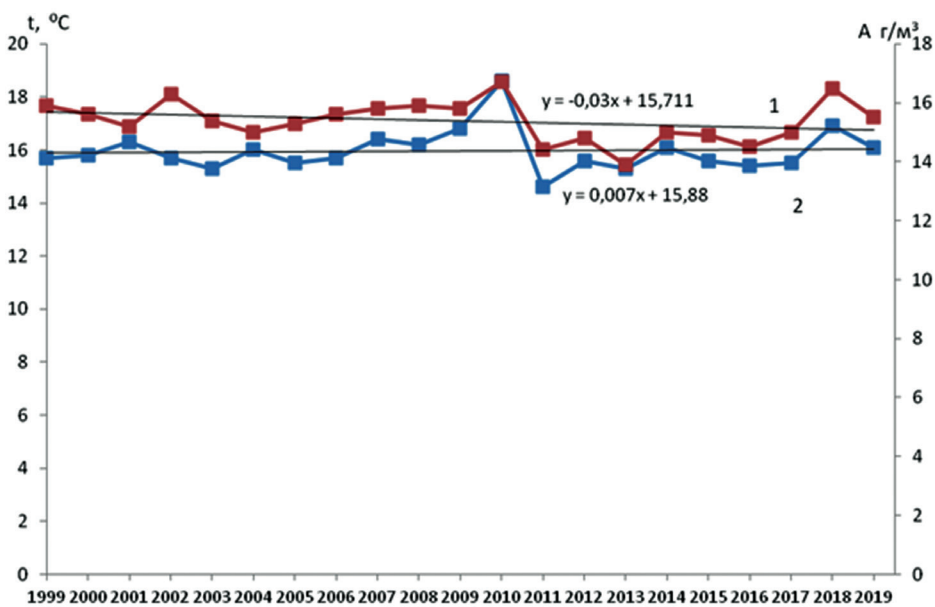


Рисунок 5. Распределение температуры (1) и абсолютной влажности (2) по г. Сухуму

если наблюдается теплая и с небольшим количеством осадков погода и межфазный период проходит нормально, то съемная спелость плодов отмечается в первой половине октября. И наоборот, в условиях холодной, с осадками, осенней погоды созревание плодов значительно затягивается.

Другим последствием потепления является не только удлинение вегетационного периода, но и провоцирование плодовых сельскохозяйственных растений на раннее цветение, что в условиях нестабильных весенних температур приводит к потере фертильности пыльцы и гибели завязи. В результате происходит снижение урожайности при удлинении вегетационного периода.

Мы поддерживаем идею, высказанную академиком В.М. Котляковым, – об отсутствии доказательств прямой связи между повышением концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли и ростом температуры приземного слоя воздуха. В то же время никто серьезно не оценивал влияния водяного пара, являющегося основным парниковым газом, оказывающим в несколько раз больше влияния на термический режим ПСА. Мы усматриваем доказательство тому в статистически и практически установленной нами, авторами данной публикации, функциональной связи между среднегодовой температурой и абсолютной влажностью.

Это означает, что влияние углекислого и других парниковых газов антропогенного происхождения на потепление климата многими исследователями сильно преувеличено. Возможно, увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере является не причиной, а следствием глобального потепления.

### Заключение

В Республике Абхазия систематические наблюдения на гидрометеорологической сети были начаты в 1904 году. За время наблюдений можно отметить два периода: первый, с общим понижением температуры атмосферного воздуха с 1904 по 1993 годы, и второй период, характеризующийся резким потеплением, – с 1994 по 2019 год.

Самым теплым в Республике Абхазия за последние 100 лет был 2010 год. Согласно последним публикациям, относительно глобального потепления климата можно констатировать следующее: рост темпов потепления климата в Абхазии с 1994 года сопровождался быстрым увеличением межгодовой изменчивости. В многолетних изменениях среднегодовой температуры появились выборочные признаки явлений потепления необратимого характера.

В отличие от глобальной ситуации в прибрежной зоне Абхазии среднегодовой тренд температуры формируется в существенной мере, как мы уже отмечали выше, за счет повышения летних и осенних температур, а это вкупе с возрастающими значениями абсолютной влажности создают дискомфортную погоду в курортный сезон.

В холодный период года в низменных районах Абхазии средние показатели абсолютной влажности в зоне высот 400–500 м в два-три раза больше, чем в высокогорной. По мере повышения температуры абсолютная влажность увеличивается и достигает максимума в июле-августе. В то же время среднегодовая абсолютная влажность воздуха меняется синхронно со среднегодовой температурой воздуха, коэффициент корреляции между двумя рядами данных за последние 20 лет составляет более 0,85. Исходя из наличия тесной связи между среднегодовыми температурами и среднегодовыми значениями абсолютной влажности, статистически установленными в процессе работы, можно полагать, что водяной пар является основным фактором, ответственным за изменение температуры приземного слоя воздуха.

Итак, констатируем: относительная влажность на территории Абхазии колеблется в широких пределах. Самые высокие показатели ее величины наблюдаются в прибрежных районах. Здесь среднегодовое значение ее составляет 80–85 %. За последние 20 лет с повышением температуры систематически понижается относительная влажность. Если в 2002 году среднегодовая относительная влажность составляла 85 %, то в 2019 году она понизилась до 76 %. Систематическое понижение относительной влажности будет затруднять интенсивность конденсационных процессов в атмосфере, что приведёт в ближайшей перспективе к снижению количества атмосферных осадков, особенно в зимний период, что и наблюдается на территории Абхазии начиная с 2016 года.

### Литература

*Бедрицкий 1997*: Бедрицкий А.И. О влиянии погоды и климата на устойчивость и развитие экономики / Метеорология и гидрология. М., 1997. № 10 С. 5–11.

*Будыко 1971*: Будыко М.И. Климат и жизнь. Л., 1971, 472 с.

*Будыко, Бютнер, Винников и др. 1981*: Будыко М.И., Бютнер Э.К., Винников К.Я., Голицын Г.С., Дроздов О.А., Кароль И.Л. Антропогенные изменения глобального климата / Метеорология и гидрология. М., 1981. № 8. С. 5–14.

*Второй оценочный доклад... 2014*: Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2014. 1 008 с.

*Исаев 2001*: Исаев А.А. Экологическая климатология. Учебное пособие для ВУЗов // М., 2001. 458 с.

*Клименко, Клименко 1998*: Клименко А.В., Клименко В.В. Виновато ли человечество в глобальном изменении климата? Россия в окружающем мире. Аналитический ежегодник. 1998 / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М., 1998. С. 53–66.

*Кондратьев 1997*: Кондратьев К.Я. Глобальная экодинамика и устойчивое развитие, естественно-научные аспекты и «человеческое» измерение // Изв. РГО. Т. 129. Л., 1997. Вып. 6. С.1–12.

*Котляков, Лосев, Ананичева 1998*: Котляков В.М., Лосев К.С., Ананичева М.Д. Сравнение нарушенности экосистем России и других стран Европы // Изв. РАН. Сер. географ. № 2. М., 1998. С.18–29.

*Котляков, Клиге, Захаров 2000*: Котляков В.М., Клиге Р.К., Захаров В.Г. Глобальные циклы климатических изменений и оледенение Антарктиды // Глобальные изменения природной среды (Климат и водный режим) М., 2000. С. 70–90.

*Суркова 2002*: Суркова Г.В. Химия атмосферы. М.:, 2002. 210 с.

*Экба, Ахсалба 2018*: Экба Я.А., Ахсалба А.К. Физическая экология атмосферы. Сухум-Краснодар, 2018. 431 с.

*Экба, Дбар, Ахсалба 2003*: Экба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К. Тенденции изменения климата Юго-Западного Кавказа в XX-ом столетии // Тр. междунар. конф. «Биосфера и человек». Майкоп, 2003, С. 38–41.

*Экба, Ахсалба 2011*: Экба Я.А., Ахсалба А.К. Современные изменения приземной температуры воздуха и режима атмосферных осадков в прибрежной зоне Абхазии // Доклады Адыгской (черкесской) Международной академии наук. Т. 13. Нальчик, 2011. № 2. С.105–111.

*Экба, Ахсалба, Марандиди 2018*: Экба Я.А., Ахсалба А.К., Марандиди С.И. Особенности формирования температуры приземного слоя воздуха (ТПСВ) на территории Абхазии и Ставропольского края. Доклады третьей междунар. научной конф. «Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата. Ставрополь, 2018. С. 213–216.

*И. А. Экба, А. К. Ахсалба, Л. В. Хынтәба, Х. А. Начкьебиа*

## АԢСНЫ ИАХЪАЦАНАКУА АДУНЕИЗЕГЪТӘИ АԢХАРРА АИХАХАРА ИАЛЦШӘАНЫ АХАУА ШЪАҚӘЗЫРГЫЛО АМЗЫЗҚӘА РҰЫЦСАХШЪА

**Аннотация.** *Айыхәтәантәи җажәашықәса ырылагзаны арҗхартәтә газқәа рыла аҳауа ақьяшьра зеиҗи камлацыз арбагақәа рқынза иназеит. Арегионтә җхаррақәа раан (1993–2019 иш.) Аҗсны ашықәсбжьаратәи аҳауаҗхарра назеит 18,4°С рқынза, 14,5°С иқазар анахәтәу. 2,7 °С рыла аҗаҗсахит аҗхынтәи аҳауаҗхарра, азынтәи аҳауаҗхарра аҗамҗсахит. Аҳауаҗхарра еиҳахаҗыҗхьаза, еиҳахоит ацәаакырагы, җхынгәи нанхәеи рзы иреиҳазәу арбагақәа рҗы иназоит. Ашықәсбжьаратәи аҳауаҗхарреи ацәаакыреи ахьеидхәало хышәзышьтәра атаны,*

*иаҳҳаар ҳалиоит, аҳауаңхарра аеыңсахра зылїишоу мзыз хаданы икоу ахылџа-ңсылџа аун ҳаа.*

**Ихадароу ажэакэа:** *аҳауаңхарра, арїхартатэ газқэа, ашықэсбжьаратэи аҳауаңхарра, ацэаакыра, аңшаҳэа иазааигэоу атыңқэа, ақэоурақэа рхыңэхьазара.*

*Ya. A. Ekba, A. K. Akhsalba, L.V. Khintuba, Kh. A. Nachkebia*

## **VARIABILITY OF MAJOR CLIMATE-FORMING FACTORS IN THE TERRITORY OF ABKHAZIA FOR THE GLOBAL WARMING PERIOD**

**Annotation.** *Unprecedented are the climate changes that have occurred over the past two decades, due to various factors, including emissions of greenhouse gases into the atmosphere. During the period of regional warming (1993–2019), the average annual temperature in Abkhazia reached 18.4 °C with a norm of 14.5 °C. The most significant increase is shown in comparison with the norm when the summer temperature increased by 2.7 °C and winter temperatures remained practically unchanged. As the temperature rises, the absolute humidity increases, reaching a maximum in July-August. Based on the close relationship between the mean annual temperature and absolute humidity, it can be assumed that water vapor is the main factor responsible for the change in the temperature of the surface air layer.*

*Relative humidity varies over the territory of Abkhazia over a wide range. Its highest values of 80–85% are observed in coastal areas. Over the past 20 years, with increasing temperature, relative humidity has been systematically decreasing - from 85% in 2002 to 76% in 2019, which in the near future will lead to a decrease in precipitation, especially in winter, which has been observed in the territory of Abkhazia since 2016.*

**Key words:** *climatic changes, greenhouse gases, average annual temperature, absolute and relative humidity, coastal areas, precipitation.*

УДК: 551.584.65(24)

*Я. А. Эмба, Р. С. Дбар, О. Я. Червяцова, В. В. Мархолия*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР ПОД ВЛИЯНИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**Аннотация.** *В статье на основе данных мониторинговых измерений температурного режима в залах Новоафонской пещеры (Республика Абхазия) в период 2004–2018 гг., показаны существенные изменения температуры внутренней среды НАП как под воздействием естественного потепления климата, так и под влиянием антропогенного фактора, связанного с интенсивным посещением пещеры экскурсантами в летне-осенний сезон. Среднегодовая температура внутри НАП за последние 15 лет повысилась на 0,5 °С, в отдельных залах перегрев достигает более 1 °С. Максимальных значений (16,5–17,0 °С) температура достигает в последнем по маршруту зале «Апсны». В результате наблюдается понижение влажности внутренней среды НАП, дегидратация и растрескивание натечных образований и ухудшение привлекательности пещеры.*

**Ключевые слова:** *Новоафонская пещера, динамика температуры, среднегодовая температура, природные и антропогенные факторы, натечные образования, дегидратация.*

### **Введение**

До начала туристской эксплуатации Новоафонской пещеры (1975 г.) ее климатическая система была довольно простой: ступенчатая карстовая шахта глубиной около 140 м открывалась в системы крупных залов, т. е. пещера представляла собой нисходящую мешкообразную полость с одним входом (Мавлюдов 1994). Влияние внешних воздействий на климат в пещере было минимальным, и в ней сохранялась почти постоянная температура воздуха. Колебания температуры воздуха во входном колодце были заметны вплоть до его дна – на глубине 28 м от поверхности (Тинтилозов 1968). Температурный режим в зале «Анакопия» зависел от массивированных поступлений воды и воздуха с поверхности через вертикальные каналы и входную шахту при обильных осадках. Поступление воды вообще оказывает отепляющее или охлаждающее воздействие на климат пещеры в зависимости от сезона года.

Но самое мощное влияние на пещерный климат оказывают паводковые воды, вызывающие повышение уровня воды в подземных озерах. Во время сильных паводков озера нижних залов пещеры нередко перекрывали до



половины проективной площади. Паводковые воды поступают из верховий карстового массива Гумишха – Псырцха с высот около 1 000 м над ур. моря (Мавлюдов, Токарев, Дбар, Экба, Козачек, Крайнюкова 2017) и имеют более низкую температуру, чем пещерная полость, поэтому они оказывают существенное влияние на температурный и влажностной режим пещеры, особенно ее нижних залов.

С началом оборудования пещеры в 1970-х годах ее климатическая система существенно изменилась. Расположенная в курортном месте, Новоафонская пещера сразу после начала эксплуатации в 1975 г. приобрела необыкновенную популярность; в 1980 г. ее посетили более 1,2 млн человек.

В целях обеспечения безопасности туристов в Новоафонской пещере проводились различные исследования, включавшие и изучение ее микроклимата. Первые материалы по изучению температуры воздуха внутри пещеры опубликованы в работе З. К. Тинтилозова (Тинтилозов 1968). На основе данных о массе воздуха, поступающего в пещеру, было установлено число туристов, которые одновременно могут находиться в пещере. В это время еще не было устроено шлюзования залов, и полученные данные соответствовали вентиляционной системе в полости с двумя входами, расположенными на разных высотных уровнях. Авторами было отмечено сезонное изменение направления естественной тяги в пещере, уже не соответствовавшее естественной, но мы обратили внимание на существование отдельных участков с естественным движением воздуха. Мы полагаем, что это связано с так называемыми органами трубами, находящимися в сводах многих залов пещеры.

Дальнейшие периодические исследования микроклимата пещеры проводились уже после ее переоборудования (Тинтилозов 1976; Тинтилозов 1983), но поскольку исследования проводились нерегулярно, только в летнее время, их результаты не содержат полной картины сезонных, межгодовых и суточных изменений термического режима внутренней среды пещеры, а также не учитывают факторов, влияющих на сложную систему тепло-массообмена пещеры с дневной поверхностью.

Только после организации авторами статьи с 2004 года стационарных мониторинговых наблюдений стало возможным получить ответы на поставленные вопросы. Основные результаты наших исследований изложены в работах (Мавлюдов и др. 2017; Мавлюдов, Кудерина и др. 2017; Экба 2007; Экба, Дбар 2014; Червяцова 2016; Червяцова, Потапов 2017).

Задачей данной статьи является обобщение мониторинговых исследований температурного режима внутренней среды Новоафонской пещеры за период с 2004 года, установление влияния естественных и антропогенных факторов на современное экологическое состояние климатической системы Новоафонской пещеры в условиях глобального потепления.

### Методика

За основу взяты исследования климата Новоафонской пещеры, проводимые авторами с 2004 года по настоящее время. За указанный период еженедельно ведутся маршрутные съемки метеопараметров во всех залах пещеры. В 2014 году в зале «Анакопия» на стыке вертикальной и горизонтальной частей пещеры, где наиболее динамично изменяются метеопараметры, была установлена автоматизированная метеостанция WENTEDG-PRO-2, что позволило отследить суточную динамику метеопараметров и зафиксировать даты весеннего и осеннего реверса воздушного потока в пещере.

В 2017–2019 годах в каждом из залов были дополнительно установлены автономные термометры термохроны (DS 19221).

Схема установки оборудования в залах Новоафонской пещеры приведена на рисунке 1.

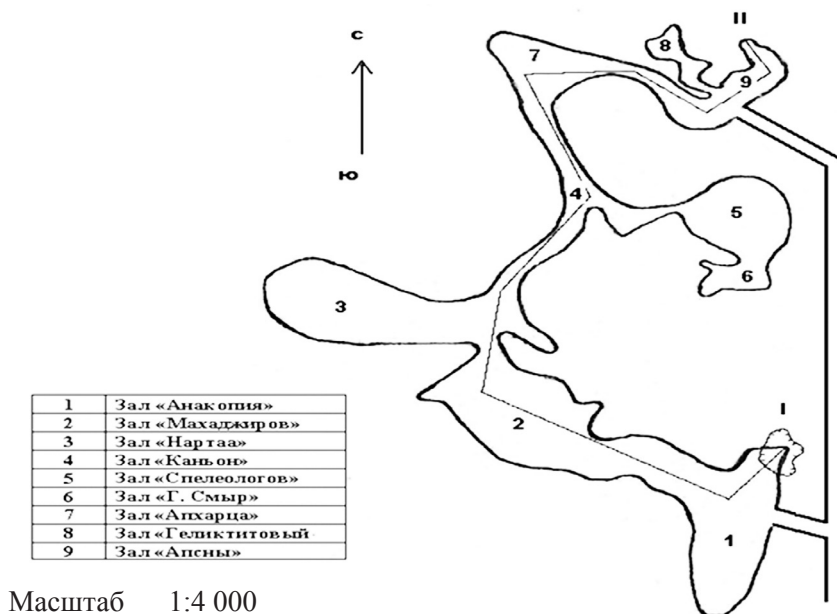


Рисунок 1. Схема горизонтального разреза Новоафонской пещеры

### Результаты и обсуждение

Температурный режим карстовых полостей тесно связан не только с их широтным положением и гипсометрией, но и морфологическими особенностями пещеры, а также интенсивностью воздушного и водного обмена пещерной среды с дневной поверхностью.

На территории курорта Новый Афон, по данным местной биоклиматической станции, сезонные колебания среднемесячной температуры воздуха

составляют 14–18 °С, тогда как сезонные колебания внутренней среды пещеры составляют 0,2–0,9 °С.

Летом, когда разность температур внутри пещеры и на дневной поверхности достигает 12–20 °С, поток теплого воздуха в пещеру усиливается, на этот процесс накладывается тепловое излучение осветительной системы и принудительная вентиляция при движении электропоезда, что приводит к повышению температуры в первых и последних по маршруту залах. В залах «Каньон», «Спелеологов», «Гиви Смыр», «Апхьярца» сезонные колебания температур незначительны 0,2–0,4 °С, очевидно здесь меньше всего сказывается влияние антропогенного фактора.

Наибольших абсолютных значений температура достигает летом, в первом по маршруту зале «Анакопия» (16,2 °С) и последнем «Апсны» (14,8 °С), а наименьших зимой («Нартаа», 12,8 °С), следовательно, перепады сезонных среднемесячных температур в пещере могут достигать 2 °С (таблица 1).

Таблица 1

## Среднемесячная температура (°С) в залах Новоафонской пещеры

Пункт наблюдения	Высота Н.у.м. (м)	Месяцы												год	Амп. кол. t °С
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Анакопия	86	13,2	13,3	13,4	13,7	13,8	13,7	13,6	13,7	13,6	13,5	13,4	13,3	13,5	0,5
Махаджиров	74	13,2	13,3	13,5	13,7	13,8	13,7	13,6	13,7	13,6	13,5	13,4	13,3	13,5	0,5
Нартаа	90	12,8	12,8	12,9	13,1	13,4	13,3	13,2	13,2	13,2	13,2	13,0	12,8	13,0	0,6
Каньон	107	13,6	13,8	13,9	14,0	14,4	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	13,9	13,6	14,0	0,8
Спелеологов	132	13,4	13,5	13,5	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,6	13,4	13,4	13,6	0,4
Г. Смыр	192	13,4	13,5	13,5	13,7	13,7	13,7	13,7	13,8	13,7	13,6	13,5	13,4	13,6	0,4
Апхьярца	97	13,8	14,0	14,0	14,2	14,2	14,1	14,2	14,3	14,2	14,1	14,0	13,9	14,1	0,2
Апсны верх.	135	13,9	14,2	14,2	14,5	14,8	14,7	14,8	14,8	14,6	14,4	14,4	14,2	14,4	0,9
Апсны ниж.	110	13,7	13,8	13,8	13,9	14,4	14,4	14,5	14,5	14,3	14,0	14,0	13,7	14,0	0,8
t ср		13,4	13,6	13,3	13,8	14,0	13,9	13,9	14,0	13,9	13,8	13,6	13,5	13,7	0,6
Метеостанция Нового-Афона	5	8,6	6,4	6,7	10,7	18,5	20,4	12,4	24	20,2	17,4	11	9	13,9	17,6

В зимний период вертикальные градиенты температур в пещерной системе гораздо меньше, чем летом, и составляют 5–7 °С, при этом более теплый пещерный воздух поступает на дневную поверхность. Поэтому амплитуда колебаний суточных температур внутри пещеры зимой составляет 0,1–0,2 °С, а в теплый период достигает 0,3–0,8 °С.

До ввода в эксплуатацию Новоафонского пещерного комплекса самая высокая температура воздуха была зарегистрирована в зале «Г. Смыр» и «Геликтитовом» (13,5 °С), теперь же в этом отношении выделяются залы «Апсны» и «Анакопия», где летом 2004 г. была зафиксирована максимальная температура пещерного воздуха 16,6 °С, что на 1,6 °С выше среднемесячной. Самая низкая температура отмечена в галерее одного из водопоглотителей «Глиняного» зала (10,8 °С).

Сравнительный анализ значений температур до начала рабочего дня и по его окончании показывает, что величина антропогенной составляющей общего повышения суточной температуры может достигать 0,3 °С для залов «Анакопия» и «Апсны» и 0,1 °С для центральных залов. Однако локальные перегревы вблизи осветительных приборов и поверхности подсвечиваемых натечных образований могут составлять несколько градусов.

Сравнительный анализ данных по температурному режиму летнего периода (Тинтилозов 1983) до начала эксплуатации (1974) и по данным экологического мониторинга (Тинтилозов 1983) показывает, что значительное повышение температур на величину 1,0–1,6 °С произошло в залах «Анакопия», «Апсны», «Каньон» и «Геликтитовом». В остальных залах практически нет изменений термического режима, в том числе не прослеживается влияния антропогенного фактора.

В летнее время, когда внешний теплый воздух поступает в пещеру через входную шахту, которая имеет общую глубину около 140 м, в ней возникает положительная температурная аномалия, когда средняя температура воздуха выше среднегодовой температуры карстового массива. Однако, всасываясь через входную шахту, воздух не успевает полностью охладиться и потому поступает в пещеру еще довольно нагретым. Это нарушает условия нейтральной зоны, которые в этой части зала «Анакопия» возникают в зимнее время. В результате эта часть зала начинает прогреваться вытекающим из вертикальной шахты потоком теплого воздуха. Максимум прогрева этой части зала достигается в сентябре; в 2014 г. здесь была отмечена средняя месячная температура воздуха 16,6 °С, а максимальная 17,2 °С. Эти показатели говорят о том, что положительная температурная аномалия в пещере затрагивает не только входную шахту, но и часть зала «Анакопия».

Подобных значительных колебаний температуры воздуха в других залах Новоафонской пещеры не наблюдается, что позволяет отнести их к нейтральной зоне пещеры.

Средние величины температуры воздуха здесь изменяются от 12,8 °С в конце зимы до 16,6 °С в конце лета (амплитуда колебаний составляет 3,8 °С). Довольно стабильная температура воздуха в этой части пещеры отмечается в зимнее время (в декабре–апреле), температурные колебания не превышают 0,4 °С. Самые большие колебания температуры воздуха (до 3,4 °С) отмечены в летнее время. Такое распределение температуры воздуха в этой части пещеры связано с системой современной вентиляции в полости. Зимой внешний холодный воздух всасывается через водоотводной тоннель, и в результате теплообмена со стенками тоннеля длиной более 1,5 км поступает в пещеру уже существенно прогретым. Таким образом, отрицательная температурная аномалия (Мавлюдов 1994; Лукин 1965) приурочена к тоннельной системе водоотвода. В это время в зале «Анакопия» устанавливается почти стабильная температура воздуха.

Как видно из таблицы 2, сезонная температура достигает максимальных значений в конце лета, в августе и начале осени, в сентябре. Начиная с ноября, температура в пещере и за ее пределами начинают выравниваться, тепло-массообмен, практически прекращается и температура внутри пещеры стабилизируется.

Таблица 2

## Среднемесячная температура НАПК 2005–2018 гг.

годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
<b>2005</b>	13,1	13,1	13,0	13,1	13,1	13,3	13,4	13,5	13,6	13,6	13,4	13,2	13,3
<b>2006</b>	13,2	13,1	13,1	13,1	13,2	13,2	13,3	13,4	13,4	13,4	13,3	13,2	13,3
<b>2007</b>	13,2	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,2	13,4	13,5	13,5	13,3	13,2	13,2
<b>2008</b>	13,2	13,1	13,4	13,2	13,3	13,3	13,2	13,5	13,6	13,5	13,4	13,3	13,3
<b>2009</b>	13,2	13,1	13,2	13,3	13,3	13,3	13,3	13,5	13,7	14,4	13,5	13,3	13,4
<b>2010</b>	13,2	12,9	13,1	13,1	13,2	13,3	13,4	13,6	13,6	13,6	13,5	13,5	13,4
<b>2011</b>	13,4	13,6	13,6	13,8	14,0	13,9	13,9	14,0	13,9	13,8	13,6	13,5	13,7
<b>2012</b>	13,4	13,5	13,7	14,0	14,1	13,8	13,6	13,6	13,9	14,0	14,0	13,9	13,8
<b>2013</b>	13,3	13,3	13,3	13,6	13,4	13,7	13,9	14,0	14,1	13,8	13,6	13,4	13,6
<b>2014</b>	13,3	13,3	13,4	13,4	13,5	13,6	13,8	14,2	14,1	13,8	13,5	13,4	13,6
<b>2015</b>	13,2	13,2	13,3	13,3	13,2	13,6	13,8	14,1	14,1	13,8	13,5	13,4	13,6
<b>2016</b>	13,4	13,3	13,3	13,4	13,4	13,6	13,8	13,9	13,8	13,8	13,6	13,5	13,6
<b>2017</b>	13,4	13,4	13,3	13,2	13,3	13,5	13,7	14,0	14,0	13,8	13,7	13,6	13,6
<b>2018</b>	13,4	13,3	13,3	13,2	13,3	13,5	13,6	13,9	13,9	13,8	13,6	13,4	13,6

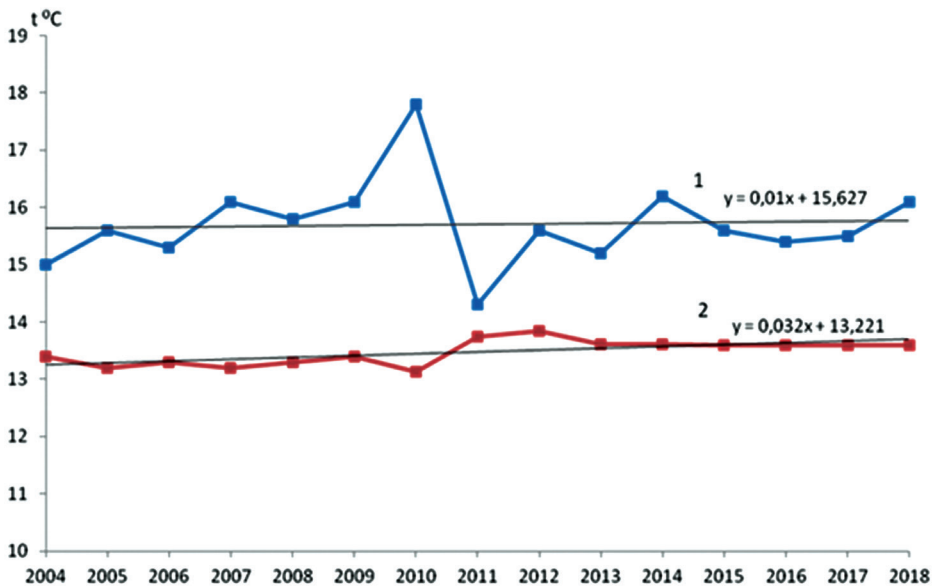


Рисунок 2. Среднегодовые значения температуры воздуха на дневной поверхности (1) по данным метеостанции Нового Афона и внутри НАПК (2)

Что касается межгодовых изменений средних температур, то выяснилось, что температура воздуха в пещере напрямую зависит от температуры на поверхности, хотя и в ослабленном виде и с некоторой инерцией, которая составляет порядка одного года (рисунок 2).

Так, например, максимальная среднегодовая температура приземного слоя воздуха на дневной поверхности, по данным метеостанции Нового Афона, наблюдалась в 2010 году и составляла (18,2 °C), в пещере она была минимальной (13,1 °C), и только в следующем 2011 году она стала повышаться.

Амплитуда изменений температуры воздуха на поверхности вне пещеры за исследованный период составила 26 °C, в то время как в разных залах пещеры она колебалась от 0,5 °C (зал «Анакопия») до 0,8 °C (зал «Апсны»), т. е. колебания температуры в пещере были ослаблены по сравнению с поверхностью в 30–80 раз.

Ослабление колебаний температуры от зала «Анакопия» к центральной части пещеры непосредственно связано с особенностями проветривания пещеры; далее колебания температуры возрастают к залу «Апхярца» и становятся максимальными в зале «Апсны». Колебания температуры именно в зале «Апсны» наиболее полно соответствуют колебаниям температуры вне пещеры, что может быть связано с поршневым эффектом поезда в транспортном туннеле (рисунок 3).

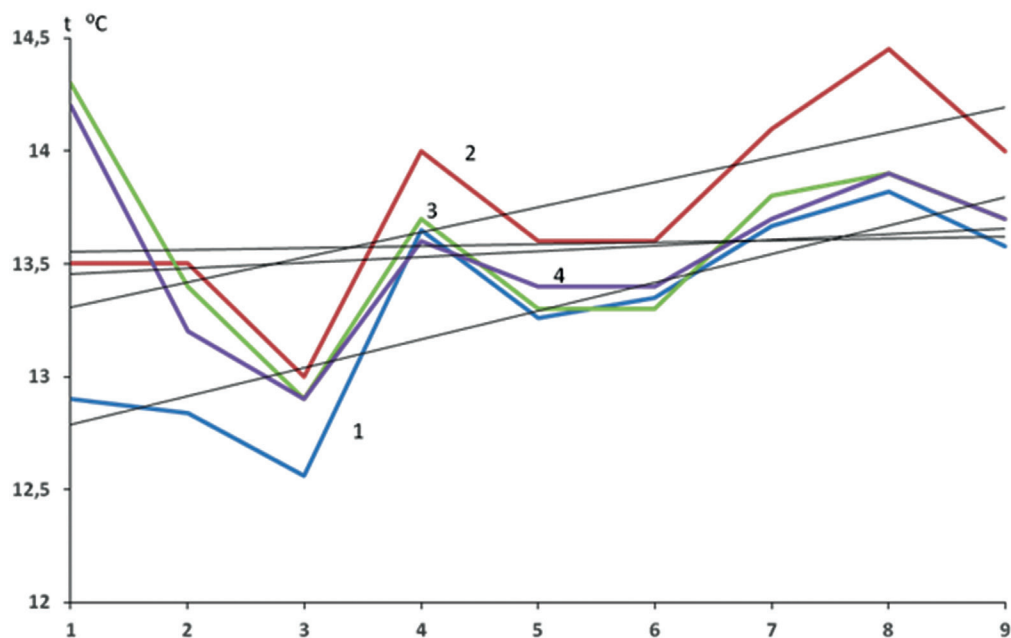


Рисунок 3. Среднегодовая температура воздуха в залах Новоафонской пещеры: 1 – 2006 год; 2 – 2011 год; 3 – 2015 год; 4 – 2018 год

Следовательно, в залах, подверженных наиболее интенсивному воздухообмену, соответственно повысилась температура, при этом вклад антропогенного фактора не превышает  $0,2\text{--}0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Анализируя изображенное на рисунке 3, констатируем, что максимальная среднегодовая температура наблюдается в залах «Анакопия» ( $14,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), «Каньон» ( $13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и «Апсны» ( $14,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), что свидетельствует об интенсивном воздухообмене этих залов с дневной поверхностью. В то же время в остальных залах воздухообмен значительно ослаблен. Самая низкая температура наблюдается в зале «Нартаа» ( $12,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). В этом зале существенное влияние на температуру воздуха оказывают интенсивные паводковые воды, заполняющие зал после выпадения ливневых осадков в бассейне водосбора.

Нужно отметить, что повышение температуры в перечисленных залах пещеры не связано с переэксплуатацией пещерного комплекса, поскольку в связи с глобальным потеплением климата за последние 30 лет в Абхазии, в том числе и в Новом Афоне, произошло повышение среднемесячной температуры летнего периода на  $1,8\text{--}2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Так, весеннее похолодание, длившиеся вне пещеры до третьей декады марта, в пещере ощущалось до конца первой декады апреля, а летнее

повышение температуры на поверхности привело к росту температуры и в пещере. При этом была зафиксирована разная температура воздуха в крайних двух залах пещеры – «Анакопия» и «Апсны»: 13,1 и 13,9 °С соответственно. В то же время в центральных залах температура воздуха была около 13,7 °С. Разница температур в разных частях пещеры может быть связана с непрерывным проветриванием зала «Анакопия» при естественной тяге, в то время как дальние части пещеры проветриваются хуже и температура воздуха в них ближе к температуре окружающих пород.

Повышение температуры пещерного воздуха и связанное с ним понижение относительной влажности способствует образованию трещин высыхания и развитию сине-зеленых мхов и водорослей на капельно-натечных образованиях, что приводит к их разрушению (дегидратации).

В отличие от выводов относительно стабильности температуры внутри пещерной системы, сделанных предыдущими исследователями (Тинтилов 1983), внутренняя температура пещер подвержена как межгодовым, сезонным, так и суточным колебаниям.

То, что повышенная температура в дальних залах может быть связана с антропогенными причинами, можно предположить по значениям температуры в зале «Храм», где она равна 13,8 °С. Можно считать такую температуру близкой к фоновой, поскольку этот зал располагается в стороне от туристского маршрута и направления течения воздушных потоков.

Данные, полученные по термохронам, показали, что температура воздуха на участках вдали от тропы была очень стабильной и практически не зависела от присутствия туристов в пещере (Мавлюдов, Кудерина, Грабенко, Медведев, Эмба 2017).

Для непрерывной записи температуры воздуха использовались датчики температуры DS1922L (таблетки). Результаты показывают (Мавлюдов, Кудерина, Грабенко, Медведев, Эмба 2017), что самое теплое место пещеры – это Ворота Арсена в зале «Анакопия», а самое холодное – зал «Нартаа». Все датчики показывают внесистемные колебания температуры воздуха, которые находятся в пределах точности измерений, но данные по первому датчику говорят о вполне различных суточных колебаниях температуры воздуха.

Дело в том, что первый датчик был расположен в самой климатически активной точке пещеры – вблизи Ворот Арсена, имеющих прямую связь с поверхностью через входную шахту. В этой точке пещеры отмечаются суточные колебания температуры с амплитудой до 0,4 °С, повторяющие колебания температуры на поверхности, но в значительно ослабленном виде.



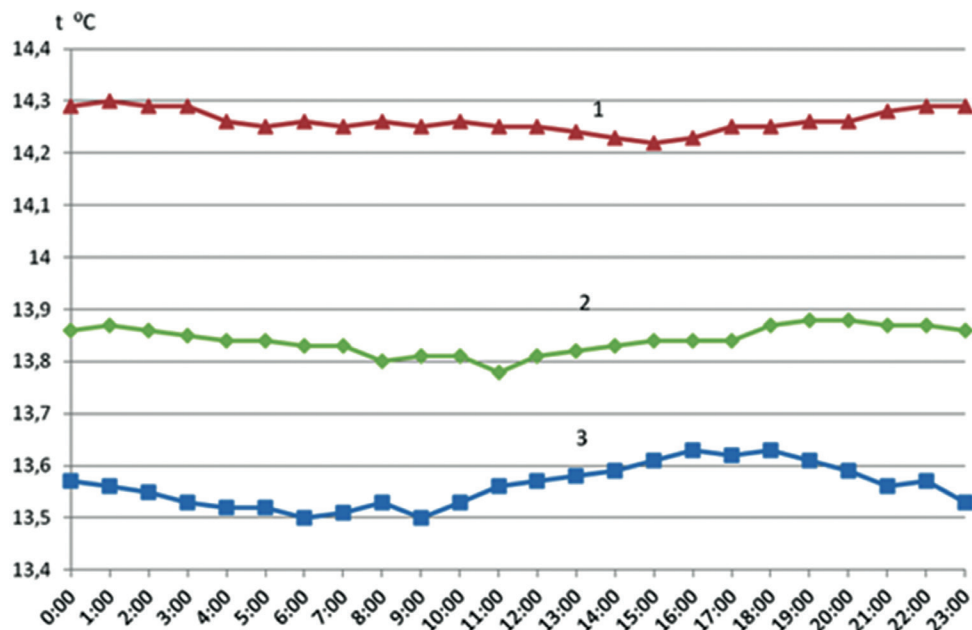


Рисунок 4. Показатели суточных изменений температуры воздуха в зале «Анакопия»: 1 – лето; 2 – весна, осень; 3 – зима.

Кроме того, суточные колебания температуры воздуха в пещере носят сезонный характер (рисунок 4), что непосредственно связано с весенним и осенним реверсом воздушного потока (Мавлюдов, Кудерина, Грабенко, Медведев, Экба 2017).

На рисунке 4 представлены суточные колебания температур в Новоафонской пещере в различные сезоны года по данным автоматизированной системы WENTEDG-PRO-2. Следовательно, суточные значения температур, осредненные с часовой дискретностью, наиболее значительно меняются в зале «Анакопия» в зимний сезон, когда воздушный поток направлен из пещеры на дневную поверхность.

При этом суточный контраст температуры не превышает  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , минимальная температура  $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  наблюдается в утренние часы, а максимальная  $13,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  с 16 до 18 часов. Весной и осенью в период формирования реверса воздушного потока суточные температуры примерно в течение месяца в марте и ноябре остаются практически постоянными. В летний период суточные колебания температур находятся в пределах точности измерений  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , минимальные значения приурочены ко второй половине дня (15.00), а максимальные значения наблюдаются в ночное время.

### Выводы

В течение года выделяются два периода: с нисходящей летней тягой воздуха в пещере и восходящей – зимней. Максимальные среднемесячные скорости летней и зимней циркуляции воздуха в пещере почти равны, хотя зимняя тяга немного выше (примерно на 11 %). Летняя тяга воздуха в пещере продолжается с мая по октябрь, а зимняя – с ноября по апрель, при этом средняя скорость движения воздуха летом и зимой почти равны (0,64 и 0,67 м/с) и через пещеру в летнее время прокачивается 2 919 тыс. м<sup>3</sup> воздуха, а в зимнее – 3 055 тыс. м<sup>3</sup> воздуха. Отсюда следует, что поступление воздуха в пещеру через единственный естественный вход способно обновить весь воздух в пещере менее, чем за полтора года.

В суточном ходе температур летнего периода самая высокая температура воздуха отмечается в полночь, а самая низкая – в утренние часы, когда разность температур пещерного и наружного воздуха достигает минимума.

Температура воздуха в пещере строго дифференцирована – в понижениях (у озер) она опускается минимально до 12,8 °С, в районе туристской тропы поднимается до 13,3–13,8 °С, а на 10 м выше тропы – до 14,6 °С. Можно предположить, что под сводами пещеры температура воздуха еще выше. Максимальная температура воздуха отмечена в залах «Анакопия» (14,4–15,1 °С), у выхода воздуха из вертикальной входной шахты (16,8–18,4 °С), а также в «Каньоне», залах «Апхярца» и «Апсны» (14,3–14,9 °С). В зале «Анакопия» повышенная температура воздуха в основном связана с циркуляцией из естественного входа, а в дальних залах пещеры – с влиянием транспортного тоннеля и втеканием внешнего воздуха через органичные трубы.

**Благодарность.** Экспериментальные исследования и обработка данных выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-55-40005.

### Литература

*Лукин 1965:* Лукин В.С. Температурные аномалии в пещерах Предуралья и критический анализ теорий подземного холода // Пещеры. Вып. 5 (6). Пермь, 1965. С. 164–172.

*Мавлюдов 1994:* Мавлюдов Б.Р. Климатические системы пещер // Вопросы физической спелеологии. Междувед. сб. М., 1994. С. 6–24.

*Мавлюдов, Токарев, Дбар, Эмба, Козачек, Крайнюкова 2017:* Мавлюдов Б.Р., Токарев И.В., Дбар Р.С., Эмба Я.А., Козачек А.В., Крайнюкова И.А. Водное питание карстовой системы в районе Нового Афона по изотопно-гидрохимическим данным 2014–2016 гг. // Пещеры. М., 2017. Вып. 40. С. 8–24.

*Мавлюдов, Кудерина, Грабенко, Медведев, Эмба 2017:* Мавлюдов Б.Р., Кудерина Т.М., Грабенко Е.А., Медведев А.А., Эмба Я.А. Климат Новоафонской пещеры // Вопросы географии. Спелеология и карстоведение. М., 2017. С. 218–243.

*Тинтилозов 1968:* Тинтилозов З.К. Анакопийская пропасть (опыт комплексной спелеологической характеристики). Тб., 1968. 112 с.

*Тинтилозов 1976:* Тинтилозов З.К. Карстовые пещеры Грузии. Тб., 1976. 276 с.

*Тинтилозов 1976а:* Тинтилозов З.К. Новоафонская пещерная система. Тб., 1983. 149 с.

*Червяцова, Казадаев, Дбар, Экба 2016:* Червяцова О.Я., Казадаев Д.С., Дбар Р.С., Экба Я.А. Изучение особенностей естественной вентиляции Новоафонской пещеры (Абхазия) с использованием радонометрической съемки // Устойчивое развитие горных территорий. Т. 8. Сухум, 2016. № 2. С. 109–119.

*Червяцова, Потапов, Ракин, Сергеев, Дбар, Экба 2017:* Червяцова О.Я., Потапов С.С., Ракин В.И., Сергеев В.Н., Дбар Р.С., Экба Я.А. Условия и морфологические особенности кристаллизации гипса в рыхлых отложениях (на примере Новоафонской пещеры, Абхазия) // Изв. Уральского гос. горного ун-та. Екатеринбург, 2017. № 4 (48). С. 46–51.

*Экба, Дбар 2007:* Экба Я.А., Дбар Р.С. Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. Сочи, 2007. 324 с.

*Экба, Ахсалба, Ларченко, Закинян 2011:* Экба Я.А., Ахсалба А.К., Ларченко И.Н., Закинян Р.Г. Некоторые особенности моделирования воздухообмена карстовых пещер // Доклады Адыгской (черкесской) Международной академии наук. Том 13. Нальчик, 2011. № 2, С. 122–128.

*Экба, Дбар 2014:* Экба Я.А., Дбар Р.С. К проблеме экологической безопасности карстовых пещер при рекреационном освоении на примере Новоафонской пещеры в Абхазии // V Региональная науч.-практич. конф. «Карст и пещеры Кавказа: результаты, проблемы и перспективы исследований». Сочи, 2014. С. 202–211.

*И. А. Экба, Р. С. Дбар, О. И. Червяцова. В. В. Мархалия*

## **АПСАБАРАТӘ ЦӘЫРЦАҚӘА РНЫРРА ИАБЗОУРАНЫ АКАРСТТӘ ХАЦҚӘА РЫҢНЫЦҚА АХАУАЦХАРРА АШБАҚӘГЫЛАРА**

**Аннотация.** 2004–2018 шықасқәа рзы Афонҕыцтәи аҕаңы аҗныҕка имҗаң-газ ағәтарақәа рышьәтәла ишьәқәдыргылан аҕаңы аҗныҕка аҕауаң-харра шеихахаз. Уи мзысз иамоуп ңсабарала иҕалаз аңхарра адагьы, аҕың амоуп антропогентә факторгьы – аңхыни тагалани рзы аҕаңы итәло ауаа рхыңхьазара ахьырацәоу.

Аҕаңы аҕауаңхарра аҕаракхара зыхьваз уи аҗныҕка ацәаакыра ахьылақә-хаз ауп, азы агхарей, азы зыбжьысуа ашьшьарстәқәа реиҕахарей.

**Ихадароу ажәакәа:** Афонҕыцтәи аҕаңы, аҕауаңхарра аҕыңсахра, ашықәс-бжььаратәи аҕауаңхарра, аңсабаратәи, антропогентәи мзызқәа, азы зыбжььысуа ашьшьарстәқәа, азы агхара.

*Ya. A. Ekba, R. S. Dbar, O. Ya. Chervyatsova, V. V. Markholiya*

## **THE FORMATION OF THE TEMPERATURE REGIME OF KARST CAVES UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL FACTORS**

**Annotation.** The article, based on the data of monitoring temperature measurements in the halls of the Novy Afon cave in the Republic of Abkhazia in the period of 2004–2018, shows significant changes in the temperature of the internal environment of the cave, under the influence of both natural climate warming and anthropogenic factors associated with intensive visiting frequency of the cave in the summer-autumn season. The average annual temperature inside the Novy Afon cave over the past 15 years has increased by 0.5 °C. In some halls, overheating reaches more than 1 °C. The maximum values (16.5 - 17.0 °C) are reached in the last Apsny Hall. As a result, there is a decrease in the humidity of the internal environment of the Novy Afon cave, dehydration and cracking of leaky formations, and a deterioration in the attractiveness of the cave.

**Key words.** Novy Afon cave, temperature dynamics, average annual temperature, natural and anthropogenic factors, leakage formations, dehydration.

## ИСТОЧНИКИ РАДОНОВОЙ РАДИАЦИИ В КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРАХ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ

**Аннотация.** *Исследование пространственного распределения содержания радона в полостях Новоафонской пещеры позволило выделить ярко выраженное увеличение объемной радиоактивности от 300–400 Бк/м<sup>3</sup> в южных залах до 2400 Бк/м<sup>3</sup> в зале «Апсны» и на посадочной площадке. Такие значения обусловлены ярко выраженной зональностью, отражающей различную интенсивность вентиляции залов атмосферным воздухом. Относительно сезонного распределения радиации можно отметить, что в холодное время года концентрация радона в пещере значительно ниже (иногда на один-два порядка), чем летом, что объясняется различными условиями зимней и летней циркуляции воздуха в пещерах. Велика доля поступления радона в результате дегазации подземных вод, особенно в период интенсивных паводков.*

**Ключевые слова:** *радиоактивность, распределение радона, эманация, циркуляция воздуха, дегазация подземных вод.*

Природные источники ионизирующего излучения (ИИИ) создают около 70 % суммарной дозы, получаемой человеком от всех ИИИ. Годовая доза облучения человека от природных ИИИ в среднем 2,4 мВ<sup>3</sup>/год, в том числе от радона в воздухе помещений 1,3 мВ<sup>3</sup>/год, от гамма-излучения естественных радионуклидов (ЕРН) грунта и строительных материалов 0,4 мВ<sup>3</sup>/год. В организм с водой и пищей 0,4 мВ<sup>3</sup>/год и от космического излучения – 0,3 мВ<sup>3</sup>/год. За исключением радона, уровни других составляющих природного фона в различных регионах отличаются от среднего (обычно не более чем в два раза). Радон – самый тяжелый из благородных газов, которые раньше, еще лет 20–30 назад, чаще называли инертным газом. Он не имеет ни запаха, ни вкуса, прозрачен и бесцветен. Его плотность при 0 °С равна 9,81 кг/м<sup>3</sup>, т. е. почти в восемь раз больше плотности воздуха.

Радон – наиболее редкий и самый тяжелый радиоактивный газ, обладающий удивительными свойствами: при температуре, равной минус 62 °С, он превращается в бесцветную жидкость, которая в семь раз тяжелее воды и которая флюоресцирует ярким голубым или фиолетовым цветом. При температуре около минус 71 °С радон становится твердым и непрозрачным веществом, из-

лучающим голубое сияние. Радон без нагревания выделяет тепло и со временем может образовывать твердые радиоактивные элементы.

Радон химически инертен и реагирует только с сильными фторирующими реагентами. Все изотопы радона радиоактивны и довольно быстро распадаются: самый устойчивый изотоп  $^{222}\text{Rn}$  имеет период полураспада 3,82 сут., второй по устойчивости –  $^{220}\text{Rn}$  (торон) – 5, 6 суток.

Образование и распространение радона связано с горными породами, поскольку именно горные породы являются его первоисточником. В первую очередь, содержание радона в окружающей среде зависит от концентрации материнских элементов в породах и почвах, поэтому первое представление о распространении радона в окружающей среде может дать геологическая карта.

Несмотря на то, что радиоактивные элементы встречаются в тех или иных количествах повсеместно, распределение их в земной коре очень неравномерно. Наиболее высокая концентрация урана свойственна изверженным (магматическим) породам, в особенности гранитам.

В результате радиоактивного распада атомы радона попадают в кристаллическую решетку минералов. Процесс выделения радона из минералов и пород в поровое или трещинное пространство получил название эманирования. Не все атомы радона могут выделиться в поровое пространство, поэтому для характеристики степени высвобождения радона используется коэффициент эманирования. Его величина зависит от характера породы, ее структуры и степени ее раздробленности. Чем меньше зерна породы, чем больше внешняя поверхность зерен, тем активнее идет процесс эманирования.

Дальнейшая судьба радона связана с характером заполнения порового пространства породы. В зоне аэрации, то есть выше уровня грунтовых вод, поры и трещины пород и почв заполнены, как правило, воздухом. Ниже уровня грунтовых вод все пустотное пространство пород заполнено водой (в нефтегазоносных районах оно может быть также заполнено нефтью и газом).

Повышенные по сравнению с открытой атмосферой концентрации радона – хорошо известная особенность карстовых пещер. Уровни альфа-радиации в пещерах обычно превышают атмосферные в 10–300 раз, но могут превышать и на четыре порядка (Hanson 1989; Климчук 1992; Ginga 2005). Источником радона в пещерах являются  $^{238}\text{U}$  и  $^{226}\text{Ra}$  во вмещающих породах и вторичных отложениях. Среднее минимальное содержание  $^{238}\text{U}$  в известняках составляет 2.0 ppm, то есть всего в 2,4 раза ниже, чем в гранитах. Важную роль в эманации радона играют вторичные глинистые отложения, где содержание  $^{226}\text{Ra}$  часто бывает в 20–40 раз выше, чем во вмещающих известняках. По оценкам А. Чигна, (Ginga 2005), примерно 44 % радона в пещерах высвобождается из глинистых отложений, и только 2,5 % – из вмещающих известняков. Поскольку повышенная радоно-

вая активность над разломными зонами является хорошо известным фактом (Ginga 2005), на эманацию радона в карстовые полости влияет тектоническое строение массива и сейсмическая активность (Ляхницкий, Соломатина, Королева 1996/97; Тестов, Шихов, Максимович, Лавров 2003).

Первая попытка сбора и обобщения данных по концентрациям радона в пещерах предпринята Дж. Халком в 90-е годы XX века. Данные по 220 пещерам различных стран мира показывают концентрацию от 100 до 20 000 Бк/м<sup>3</sup> при арифметическом среднем 2 800 Бк/м<sup>3</sup>. В более поздних работах приводится более высокая концентрация: до 40 000–70 000 Бк/м<sup>3</sup> (Климчук, Наседкин 1992) и даже до 155 000 Бк/м<sup>3</sup>. Многие авторы отмечают, что в холодное время года концентрация радона в пещерах значительно ниже (иногда на один-два порядка), чем летом, что объясняется различной направленностью зимней и летней циркуляции воздуха.

Формирование и распределение концентрации радона в пещерах в наибольшей степени контролируется воздухообменом с наружной атмосферой, что в свою очередь определяется морфологией полостей.

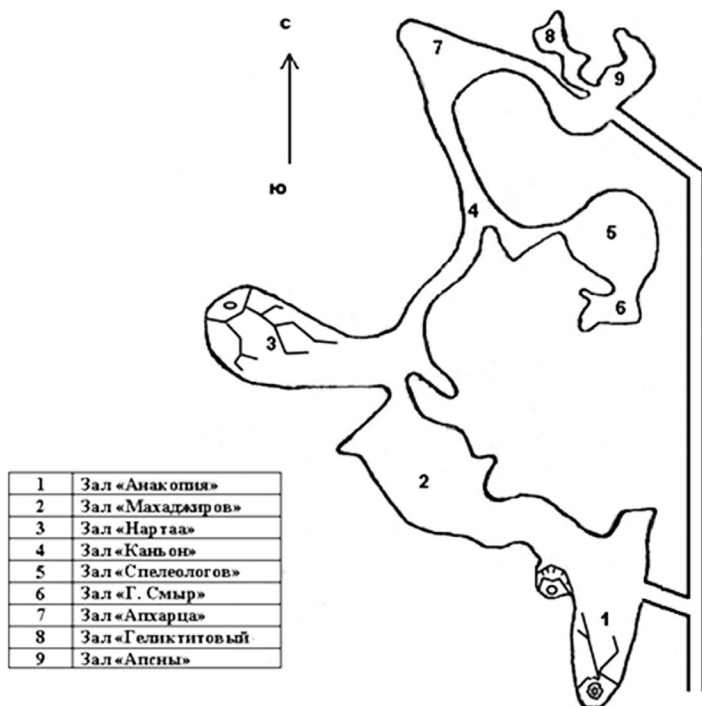
Целью настоящей работы было изучить пространственное и сезонное распределение радиоактивности радона в Новоафонской пещерной системе. Наблюдения были направлены на получение информации по актуальным для пещеры проблемам: уточнение возможных источников поступления радона в НАП, влияние особенностей воздухообмена на процесс накопления радона в полостях пещеры и оценку радоновой опасности для персонала.

### **Новоафонская пещерная система**

Новоафонская пещера (далее НАП) расположена на Черноморском побережье Республики Абхазия, в городе Новый Афон. Она заложена в карстовом массиве Гумишха – Псырцха, в толще известняков нижнемелового возраста. Протяженность пещеры составляет 3 285 м, объем 1 006 600 м<sup>3</sup> (Тинтилозов 1983). Естественный вход представляет собой систему вертикальных колодцев глубиной 183 метра (шахта «Бездонная яма»), соединяющуюся с субгоризонтальной частью узким проходом в северо-восточной части зала Анакопия (рисунок 1).

Пещерная система была разведана в начале 60-х годов, с 1975 года функционирует в качестве экскурсионного объекта.

Для обеспечения доступа туристов пробит 1 175-метровый транспортный тоннель, который вскрыл систему полостей в зале «Анакопия» и в зале «Апсны» (рисунок 1). Водоотводящие тоннели общей протяженностью 2 300 м, предназначенные для борьбы с паводками в пещере, были пробиты в 1983 году. Главный тоннель пробит из долины реки Мсра, а из него к южным залам пещеры выходят три штольни (в зале «Анакопия», у основания западной стены зала Махаджиров и у южной стены зала «Нартаа»).



*Рисунок 1. Схема горизонтальной части Новоафонской пещеры и стационарных подземных водоемов*

Циркуляция воздуха в пещере контролируется перепадом высот между верхними и нижними каналами, сообщающимися с поверхностью. В теплое время года (с мая по октябрь) наблюдается нисходящее, а в холодное время (ноябрь – апрель) восходящее движение воздуха (Экба, Дбар 2010). В качестве верхних воздухопроводящих каналов выступают входная шахта «Бездонная яма» и рассредоточенные зоны проницаемости по трещинам. В доэксплуатационном состоянии воздухообмен нижней части пещеры осуществлялся именно таким образом – только через зоны проницаемости по трещинам, но после прокладки искусственных тоннелей естественная система циркуляции воздуха в значительной мере была трансформирована. Оба тоннеля оборудованы шлюзовыми устройствами, но имеются данные об активном переносе воздуха через водоотводящий тоннель из-за неисправности шлюза, что приводит к интенсификации вентиляции южных залов (Мавлюдов, Кудерина, Экба, Дбар 2014). Другой проблемой пещеры является недостаточная вентиляция и как следствие углекислотная загазованность северных залов пещеры (Экба, Дбар, Ахсалба 2014).



### Материалы и методы

Наблюдения проводились в период с 2010 по 2011 год. Для измерения радиоактивности радона (РАР) использовался радонметр типа SIRAD-MR-106N, совмещенный с микрокомпьютером с программным обеспечением. Для измерения гамма и бета радиации применялся дозиметр – радиометр МКС-10Д «Чибис», измеряющий дифференцированно каждое из указанных излучений. Погрешность измерений этим прибором составляет  $\pm 20\%$  для всех величин. Для измерения скорости воздушного потока использовался термоанемометр Testo 425 (погрешность  $\pm 0,03$  м/сек) производства Германии. Все измерения проводились в приземном слое воздуха на высоте от 0,2 до 0,5 м. Всего в основной части пещеры было сделано более тысячи измерений. Замеры проводились также в искусственных тоннелях, в помещении административного здания и на дневной поверхности.

### Результаты и обсуждение

Первые измерения радона в Новофонской пещере проводились в мае, июле, августе, декабре 1977 и в августе 1978 года научным отрядом Института геофизики АН ГССР. Концентрация радона и короткоживущих продуктов распада в воздухе определялась путем отбора проб воздуха на фильтр типа АФА РМП с дальнейшей регистрацией альфа-излучения фильтра на сцинтилляционной установке РВ-4. Данные, опубликованные авторами этого исследования (Червяцова, Казадаев, Дбар, Экба 2016), приводятся в таблице 1.

Таблица 1

**Содержание радона в НАП по измерениям в мае, июле, августе, декабре 1977 и в августе 1978 года (по Амиранашвили и др. 1994)**

Место наблюдения (залы)	Содержание радона, Бк/м <sup>3</sup>			Число измерений
	Миним.	Максим.	Средн.	
Соединение с вертикальной частью в зале «Анакопия»	67	796	370	16
Зал Махаджиров, «Белая гора»	548	1013	725	20
Зал Махаджиров, конец эстакады	89	806	725	7
Зал Спелеологов	559	1043	718	16
Зал «Абхярца»	381	1132	777	22
Зал «Апсны»	315	1284	833	24

Зал «Апсны», около водопада	266	3045	1284	18
Веранда административного здания	1	11	5	13

На таблице видно, что концентрация радона в воздухе пещеры отличалась значительными сезонными вариациями, что объясняется сменой летнего режима циркуляции на зимний. Отмечается закономерное увеличение относительно максимальных значений в направлении от южных к северным залам. Наиболее высокие максимальные (3 945 Бк/м<sup>3</sup>) и средние (1 284 Бк/м<sup>3</sup>) значения регистрировались в зале «Апсны» около натека в виде окаменевшего водопада. Наименьшие значения были зарегистрированы в районе соединения вертикальной и горизонтальной частей (Ворота Арсена).

На таблице 2 представлены результаты измерения альфа-радиоактивности воздушной среды Новоафонской пещеры, обусловленной эманацией радона. Измерения проводились в 2010–2011 годах еженедельно в течение всех сезонов года.

Таблица 2

### Содержание радона в НАП по измерениям в 2010–2011 гг.

Место наблюдения (зал)	Объемная радиоактивность радона Бк/м <sup>3</sup>		
	Минимум	Максимум	Среднее
Зал «Анакопия»	0	800	400
Зал Махаджиров, «Белая гора»	0	900	450
Зал «Нартаа»	0	800	400
Зал «Аюхаа Каньон»	300	1 500	900
Зал «Абхярца»	400	1 600	1 000
Зал спелеологов	300	1 700	1 000
Зал «Гиви Смыр»	350	1 750	1 050
Зал «Апсны»	900	2 400	1 650
Посадочная площадка	1000	2 700	1 850

Во-первых, данные по порядку величин соответствуют результатам, полученным в работах (Ляхницкий, Соломатина, Королева 1996: 81–84; Червяцова, Казадаев, Дбар, Эмба 2016: 109–119).

Во-вторых, подтверждается тезис, что по мере продвижения вглубь пещеры концентрация радона возрастает в связи с ограниченной вентиляцией воздуха, достигая максимума в зале «Апсны».

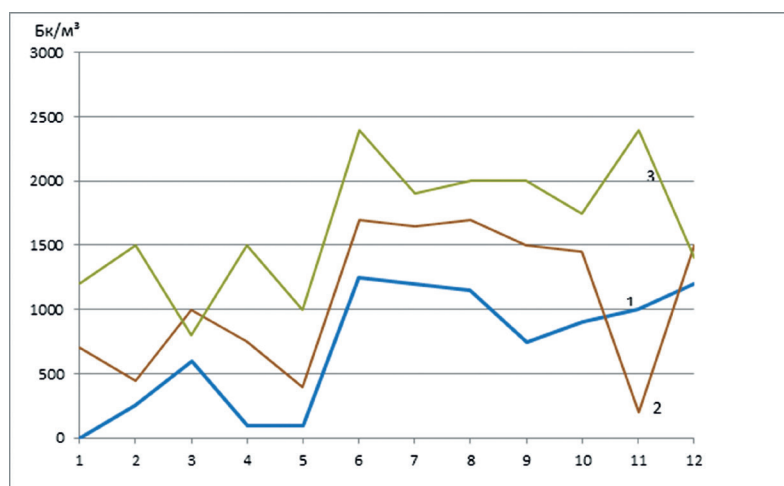


Рисунок 2. Содержание радона в НАП по сезонам года, измеренное в 2010–2011 годах. 1 – южные залы, 2 – центральные залы, 3 – северные залы и посадочная площадка

Кроме того, результаты измерений позволяют установить определенные закономерности сезонного распределения концентрации радона внутри Новофонской карстовой пещеры (рисунок 2).

На рисунке 2 изображено осредненное по трем зонам, выделенным в работе (Червяцова, Казадаев, Дбар, Экба 2016) значениям концентрации радона. В переходный период от зимы к весне в связи с перестройкой – реверсом воздухообмена концентрация радона испытывает значительные колебания, и процесс его накопления начинается с конца весны. В июне и в ноябре отмечается резкий скачок концентрации радона, который, по нашему мнению, связан с двумя факторами, характерными для данного времени года.

Во-первых, устанавливается летний тип циркуляции воздуха в пещере. В холодное время года концентрация радона в пещерах значительно ниже (иногда на один-два порядка), чем летом. Обычно это объясняется различными условиями зимней и летней циркуляции воздуха в пещерах, имеющих воздухоподводящие каналы на разных высотных уровнях (а таких систем большинство). В условиях летней нисходящей тяги воздуха создаются условия для подсоса радона из трещин из глубины массива и перекачки его в полости.

Во-вторых, весной существенно возрастает вероятность проникновения в пещеру паводковых и ювенальных вод, обогащенных растворенным радоном и углекислым газом.

Замеры ОАР и ЭРОА над поверхностью воды в водозаборном колодце воклюзного источника Псырца, выполненные группой О.Я. Червяцовой 29 сентября 2015 года, и наши ежегодные измерения зафиксировали

аномально высокое (в сравнении с другими наблюдаемыми нами точками в районе) значение объемной активности радона  $11676 \pm 3530$  Бк/м<sup>3</sup> (ЭРОА при этом составляла  $1269 \pm 160$  Бк/м<sup>3</sup>), что говорит о его активной дегазации из воды. Непосредственные измерения бетта-радиоактивности воклюзных вод реки Псырцха проводились в лабораторных условиях с использованием высокочувствительного радиометра. Однако в связи с интенсивной дегазацией радона из раствора результаты существенным образом зависят от промежутка времени между взятием пробы и моментом ее анализа.

Тем не менее отмечены значения суммарной бетта-активности, превышающие 312 Бк/л (значение ПДК составляет 70 Бк/л). Известно, что в большинстве случаев радоновые воды приурочены к трещиноватым магматическим породам, что косвенно может указывать на возможную связь источника с теплыми минеральными водами глубинной зоны циркуляции, формирующимися в порфиритовой свите байоса, подстилающей меловые отложения в районе Нового Афона (Тинтилозов 1983). Даже если в настоящее время связь источника с минеральными водами нарушилась, как предполагается в работе Мавлюдова и др. (Мавлюдов, Кудерина, Экба, Дбар 2014), то обогащение радоном вод источника может быть связано с вторичными эманулирующими коллекторами в известняках и аллювиальных отложениях долины, связанных с выпадением радия из термальных разломных вод в прошлом. Но поскольку имеется предположение (Мавлюдов, Кудерина, Экба, Дбар 2014), что в паводковом режиме не исключена возможность вторжения вод Псырцхи в пещерную систему, актуальной задачей является проведение радоновых наблюдений во время паводка.

Вызывает опасение радоновая обстановка в рекреационной зоне, непосредственно примыкающей к источнику Псырцхи, ее обследование является актуальной задачей. Выявленный факт дегазации радона из источника Псырцха должен насторожить и в отношении других карстовых источников на побережье. Необходимо провести их обследование, поскольку если подобный процесс наблюдается и там, то пещерные системы зоны разгрузки, имеющие с ними прямую связь (напр. Мчишта и Хабю), могут накапливать радон в экстремально высокой концентрации.

Важную роль в миграции радона имеют также подземные воды, в которых он растворим.

Каким образом радон попадает в питьевую воду? Он попадает в воду из окружающей почвы, а также гранитов, базальтов, песка, с которыми соприкасаются водоносные слои. Поэтому концентрация радона в водах зависит от концентрации материнских элементов в горных породах, омываемых ею, коэффициента эмануирования, пористости или трещиноватости горных пород и скорости движения воды (расхода потока). Рыхлые или трещиноватые породы характеризуются повышенной концентрацией радона (зоны

тектонических нарушений, кора выветривания и т. д.). Кристаллические породы обычно имеют более высокую концентрацию урана, чем средние осадочные породы. Примером пород, которые имеют повышенную концентрацию урана, являются граниты, сиениты, пегматиты, кислые вулканические породы, а также кислые гнейсы.

Подземные воды трещинных массивов кислых кристаллических пород обычно отличаются наиболее высокой концентрацией радона, достигающей 500 Бк/л и выше. Значительно ниже концентрация радона в водах основных изверженных пород. Трещинные воды известняков, песчаников, сланцев обычно имеют концентрацию радона в пределах 10–100 Бк/л. Однако в отдельных случаях и в этих породах может встречаться повышенная концентрация радона. Подземные воды в горизонтах грунтовых вод, залегающих недалеко от поверхности, обычно имеют более низкую концентрацию радона, составляющую менее 50 Бк/л. В поверхностных водах концентрация радона, как правило, не превышает 2–5 Бк/л, главным образом, из-за того, что радон успевает распасться в течение существования воды в поверхностных условиях или уйти в атмосферу за счет аэрации.

### Заключение

Исследование пространственного распределения содержания радона в полостях пещеры позволило выделить ярко выраженное увеличение объемной радиоактивности от 300–400 Бк/м<sup>3</sup> в южных залах до 2 400 Бк/м<sup>3</sup> в зале «Апсны» и на посадочной площадке. Такие значения являются типичными для пещер карбонатного карста и обуславливаются ярко выраженной зональностью, отражающей различную интенсивность вентиляции залов атмосферным воздухом.

Относительно сезонного распределения радиации можно отметить, что в холодное время года концентрация радона в пещере значительно ниже (иногда на один-два порядка), чем летом. Обычно это объясняется различными условиями зимней и летней циркуляции воздуха в пещерах, имеющих воздухоподводящие каналы на разных высотных уровнях (а таких систем большинство). В условиях летней нисходящей тяги воздуха создаются условия для подсоса радона из трещин из глубины массива и перекачки его в полости.

Имеется ряд факторов, уверенно указывающих на существенную долю поступления радона в результате дегазации подземных вод: это и высокое содержание (более 312 Бк/л) радона в водах воклюзного источника Псырцха, и приуроченность активного поступления в пещеру радона из паводковых вод.

Оценочный расчет эффективных доз облучения персонала, проведенный в работе (Червяцова, Казадаев, Дбар, Экба 2016), показывает, что доза, получаемая экскурсоводом за одну экскурсию, составляет примерно 0,012 м<sup>3</sup>/год, а установленная законодательством пороговая доза 5 м<sup>3</sup>/год (Нормы рад.. 2010;

МУК 2003) может быть получена при нагрузке, превышающей три-четыре экскурсии в день. Для обеспечения радиационной безопасности персонала необходимо регулярно, на протяжении всех сезонов года, проводить в пещере мониторинг радона и вести учет накопленных персоналом доз.

### Литература:

*Климчук, Наседкин 1992*: Климчук А.Б., Наседкин В.М. Радон в пещерах СНГ. Киев, 1992. № 4 (6). С. 21–35.

*Ляхницкий, Соломатина, Королева 1996*: Ляхницкий Ю.С., Соломатина Е.А., Королева Н.А. Аккумуляция радона в искусственных и естественных полостях // АНРИ. Спб., 1996/97. N 3 (9). С. 81–84.

*Мавлюдов, Кудерина, Эмба, Дбар 2014*: Мавлюдов Б.Р., Кудерина Т.М., Эмба Я.А., Дбар Р.С. Некоторые особенности гидрологии Новоафонской пещеры // V региональная научно-практическая конференция «Карст и пещеры Кавказа: результаты, проблемы и перспективы исследований» (Сочи, 1–4 ноября 2014 года). Сочи, 2014. С. 27–30.

*МУК 2.6.1.1088-02. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения*. Минздрав России. М., 2003.

*Нормы радиационной безопасности*: [СанПиН 2.6.1.2523.09: утверждены пост. гл. гос. сан. врача РФ 7 июля 2009 г.: по состоянию на 1 сент. 2009 г.]. СПб., 2010. 115 с.

*Тестов, Шихов, Максимович, Лавров 2003*: Тестов Б.В., Шихов Н.И., Максимович Н.Г., Лавров И.А. Кунгурская ледяная пещера и радон // Вестник Уральского отделения РАН. Екатеринбург, 2003. № 1 (3). С. 49–54.

*Тинтилозов 1983*: Тинтилозов З.К. Новоафонская пещерная система. Тб., 1983. 151 с.

*Уткин 2000*: Уткин В. И. Радоновая проблема в экологии // Соросовский образовательный журнал. Т. 6. Екатеринбург, 2000. № 3. С. 74–80.

*Червяцова, Казадаев, Дбар, Эмба 2016*: Червяцова О.Я., Казадаев Д.С., Дбар Р.С., Эмба Я.А. Изучение особенностей естественной вентиляции Новоафонской пещеры с использованием радонометрической съемки / Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ, 2016. № 2. С. 109–119.

*Эмба, Дбар 2010*: Эмба Я.А., Дбар Р.С. Антропогенное воздействие на экосистемы карстовых пещер Абхазии при рекреационном освоении / Устойчивое развитие горных территорий. 2010. № 3. С. 75–84.

*Эмба, Дбар, Ахсалба 2014*: Эмба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К. Изменчивость абиотических компонентов карстовых пещер под влиянием естественных и антропогенных факторов. // Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ, 2014. № 4 (22). С. 93–97.

*Hanson 1989*: Hanson D.J. Radon tagged as cancer hazard by most studies, researchers / Chemical & Engineering News. Feb. 6. 1989. pp. 7–13.

*Hakl, Hunyadi, Csige, Géczy, Lénárt, Várhegyi 1997*: Hakl J., Hunyadi I., Csige I., Géczy G., Lénárt L., Várhegyi A. Radon transport phenomena stud-

ied in karst caves –International experiences on radon level and exposures / Radiation Measurement. Vol. 28. United Kingdom, 1997. N 1–6 p. 678–684.

*Cigna 2005*: Cigna A. Radon in caves // International Journal of Speleology. 34 (1–2) Italy, 2005. P. 1–18.

*И. А. Экба, Р. С. Дбар, А. К. Ахсалба, О. И. Червьяцова*

## АПСНЫ АКАРСТТӘ ХАЦҚӘА РҒЫ АРАДОНТӘ РАДИАЦИЯ АХЫЦХЫРТАҚӘА

**Аннотация.** *Афонҕыцтәи аҕаҕы афныңка арадон аҕауа алалара аҕҕаара иаанарҕиит аладахьтәи азалқәа рҕи (2400 Бк/м<sup>3</sup> иҕаулоу) «Аңсны» захьзу азал аҕи 300–400 Бк/м<sup>3</sup> ркынза арадиация ашьтҕыра. Уи зыхкьаз еуеиҕишым азалқәа рҕы аҕауа еуеиҕишымкәа анеишьа ауп. Аңхыни азыни рзы аҕауа иалоу арадон арбагақәа рҕырыҕсахуеит. Лассы-ласс ақәа анауа, арадон еиҕахоит.*

**Ихадароу ажәакәа:** *арадиация, арадон аихиашьа, аеманациа, аҕауа аеи-иашьа, адгьыл айантәи азқәа агаз рылҕра.*

*Ya. A. Ekba, R. S. Dbar, A. K. Akhsalba, O. Ya. Chervyatsova*

## SOURCES OF RADON RADIATION IN THE KARST CAVES OF ABKHAZIA

**Annotation.** *A study of the spatial distribution of radon content in the cavities of the Novy Afon cave made it possible to identify a marked increase in volumetric radioactivity from 300–400 Bq/m<sup>3</sup> in the southern halls to 2400 Bq/m<sup>3</sup> in the Apsny Hall and on the landing site. Such values are caused by pronounced zonality, reflecting the different intensity of the ventilation of the halls with atmospheric air.*

**Regarding the seasonal distribution of radiation, it can be noted that in the cold season, the concentration of radon in the cave is much lower (sometimes by one or two orders of magnitude) than in summer, which is explained by different conditions of winter and summer air circulation in the caves. The share of radon due to the degassing of groundwater is high, especially during intense floods.**

**Key words:** *radioactivity, radon distribution, emanation, air circulation, groundwater degassing.*

## **ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АБХАЗИИ. ОЦЕНКА РИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** *В работе представлена методика и промежуточные результаты исследований по определению наиболее вероятных и опасных природных рисков, существующих на территории Абхазии. Исследования проводились на основе сбора и анализа архивных сведений, материалов спутниковой съемки, а также доступных данных из открытых цифровых источников.*

*Выявлены наиболее масштабные, с высокой частотой повторяемости опасные природные явления, из которых составлены карты факторов в геоинформационных ресурсах. В перспективе геоинформационные технологии дадут возможность вносить уточнения и детализировать полученный продукт, дополнять его новыми данными. В работе собраны исторические данные по нескольким направлениям опасных природных явлений (оползни, селевые сходы, наводнения, сейсмические процессы, морфодинамика морских берегов), а также дана оценка чувствительности и подверженности современной Республики Абхазия некоторым опасным природным явлениям.*

**Ключевые слова:** *природные риски, геоинформационные ресурсы, наводнения, сейсмические процессы, морфодинамика морских берегов.*

### **Введение**

Территория Абхазии в связи с особенностями физико-географического расположения и геоморфологическими условиями подвержена различным видам природных явлений, таким как землетрясения, наводнения, оползни, сели, камнепады, снежные лавины, лесные пожары, засухи и ураганы. Из вышеуказанного ряда опасных природных явлений выделим две категории, которым территория Абхазии подвергается а) наиболее часто и б) охватывающие территорию в больших масштабах. В совокупности именно эти явления оказывают на территории Республики Абхазия наиболее высокий материальный ущерб. Важно уточнить, что в пределах всей рассматриваемой территории Республики Абхазия в отдельных районах отмечается более высокий риск опасных природных явлений (относительно других).

Исходя из вышеизложенного, мы определили основной целью исследования создание научного продукта в виде информационной карты, позволя-



ющей оценить угрозу множественных рисков опасных природных явлений в масштабах территории Абхазии.

Разработка данного продукта для оценки множественных рисков основывается на следующих конкретных задачах:

- изучить и выбрать методы, ранее использовавшиеся для решения данной или похожих задач;
- произвести сбор исторических данных о событиях из различных источников (сведения о новейших оползневых процессах, данные об осадках и других ранее происходивших опасных природных явлениях);
- создать карты различных природных факторов на основе цифровой модели рельефа (ЦМР), в которой содержится информация о крутизне склонов, растительном покрове, геологии, почвах, населении, дорогах и плотности;
- провести оценку чувствительности к различным опасностям массового движения грунтов (оползни, селевые потоки, наводнения, землетрясения, морфодинамика морских берегов);
- произвести оценку рисков территории Республики Абхазия с точки зрения подверженности опасным явлениям разной природы.

### **Подготовка и обработка данных**

За основу – в качестве базовой модели рельефа территории Республики Абхазия – были взяты космические снимки, произведенные с аппарата ALOS PALSAR. Растровые данные, использованные для анализа рисков опасных природных явлений, имели разрешение 12,5 метра. На их основе подготовлены ЦМР в программном обеспечении ArcGIS и проанализированы множественные риски в пакете ILWIS GIS. Все полученные данные конвертированы с географической привязкой в соответствии с системой координат: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_37N.

### **Сбор и классификация исторических данных**

В качестве источника исторических данных преимущественно использовались климатические справочники Союза ССР и интернет-ресурсы проекта MATRA (CENN / ITC, 2012). При этом нам пришлось столкнуться с дефицитом исторических данных по Абхазии.

И хотя в итоге мы собрали достаточный объем совокупных данных из различных источников, тем не менее дефицит информации продолжал сказываться при создании карт с высоким уровнем репрезентативности, способных отражать угрозы для определенных типов опасностей (к примеру, оползни, наводнения). В связи с этим были генерированы только карты подверженности рискам.

Карты опасности демонстрируют определенную напряженность условий возникновения опасных явлений (к примеру, участки, на которых оползневые процессы или высокий подъем уровня воды максимально вероятны). То есть

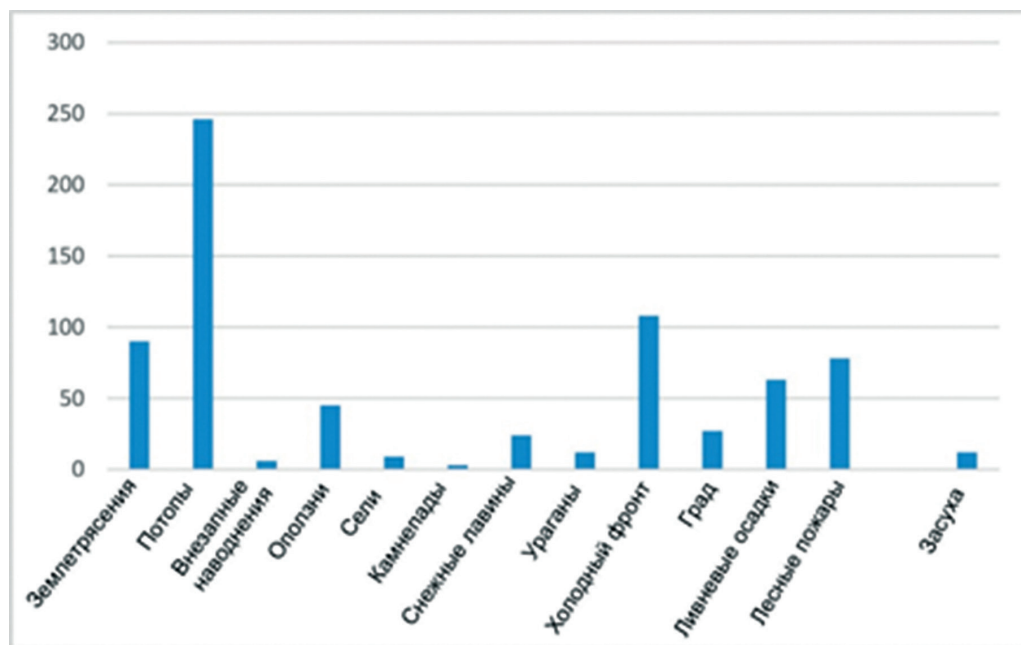


Рисунок 1. Обзор количественной статистики опасных природных явлений на территории Абхазии с 1887 по 2008 год. Источник: MATRA (CENN / ITC, 2012)

речь идет об оценке вероятности возникновения катастрофы на том или ином участке. Для прогнозирования вероятности возникновения или периодического повторения опасных явлений потенциальные риски были разделены на три уровневых критерия: низкий, средний и высокий.

При этом необходимо отметить, что карты чувствительности (уязвимости) указывают лишь на относительную вероятность возникновения опасных природных процессов (классифицированы относительно определенными – высокий, умеренный, низкий). Мы использовали также подходы и методику оценки опасных явлений из публикаций Кисса Ван Веста и др., (Van Westen, van Asch, Soeters 2006; Kappes, Keiler, von Elverfeldt & Glade 2012; Gprindashvili & van Westen 2016).

### **Методика обработки данных о причинах и факторах опасных природных явлений**

Базовый слой выстроен на основе информации, полученной из сетевых ресурсов и спутниковых снимков дистанционного зондирования Земли. Таким образом, с помощью этих данных были сгенерированы карты различных факторов, способствующих возникновению опасных природных явлений.

На одном из ключевых этапов обработки данных цифровой модели рельефа (ЦМР) спутниковые снимки SRTM с пространственным разрешени-

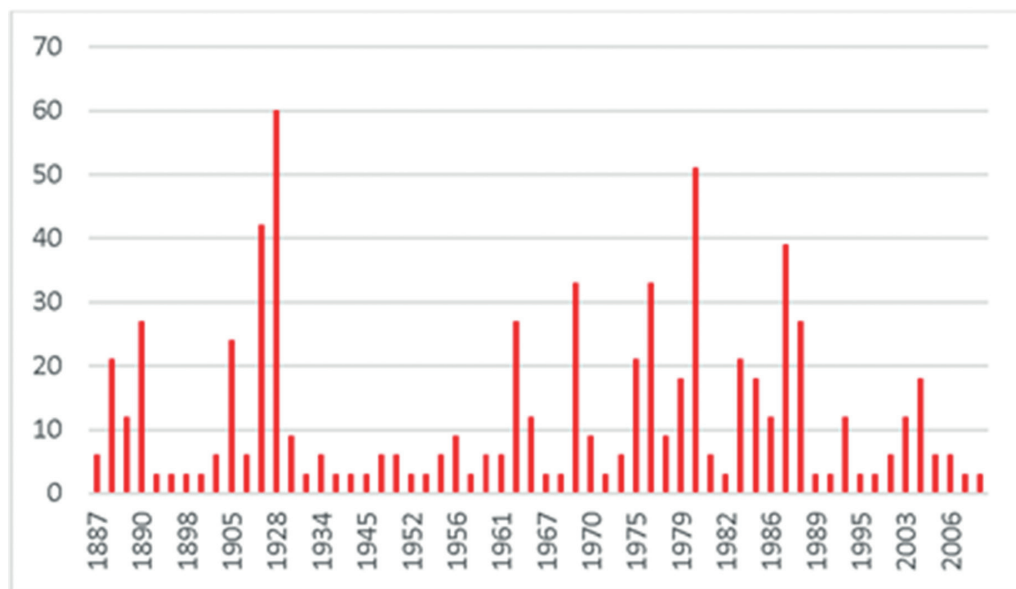


Рисунок 2. Количество зарегистрированных стихийных бедствий в Абхазии по годам. Источник: MATRA (CENN / ITC, 2012)

ем 12,5 м (Alos Palsar), генерированные карты отражали крутизну склонов, экспозицию склонов, высот, гряд (рисунок 3).

Источником данных является портал «ASF DAAC Vertex», который является хранилищем данных, полученных в результате спутникового дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). В результате их обработки в ГИС-программе удалось получить несколько производных карт.

Геологические данные о тектонических разломах на территории Абхазии были получены из материалов Британских геологических изысканий 2017 года (British geological survey 2017) и преобразованы в карту разломов в ArcGIS (рисунок 4).

Почвенные данные были получены с разрешением 250 м (Hengl, Mendes de Jesus, Heuvelink, Ruiperez, Gonzalez, Kilibarda, Blagotić, Kempen 2017) и дифференцированы на 13 классов. На основе указанных материалов составлены карты структуры почв, типов почв и мощности почвенного слоя. Однако эти данные являются достаточно обобщенными и требуют более детального изучения (рисунок 5).

Данные о растительном покрове получены нами на портале Европейского космического агентства European Space Agency (2018), затем мы провели операцию по распознаванию и классификации их в программе ArcGIS. В общей сложности мы получили 13 классов объектов на карте, хотя часть данных на карте отсутствовала и мы выявили немало ошибок (рисунок 6).

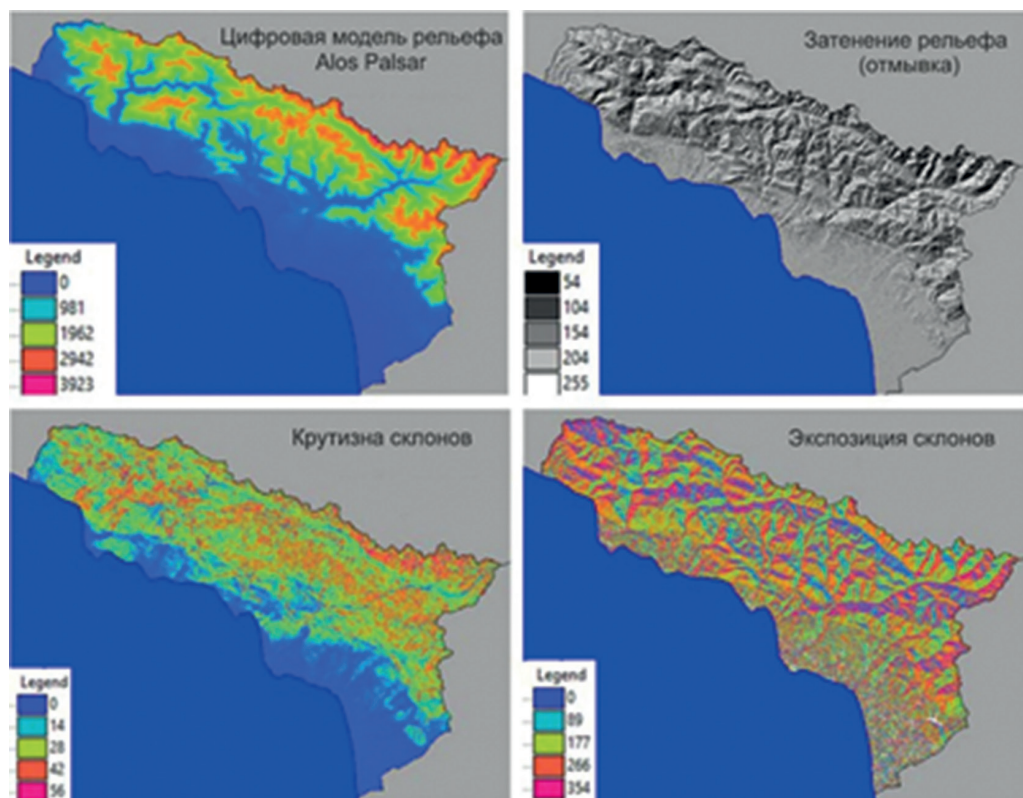


Рисунок 3. Данные ЦМР получены из спутниковой системы Alos Palsar с пространственным разрешением 12,5 м

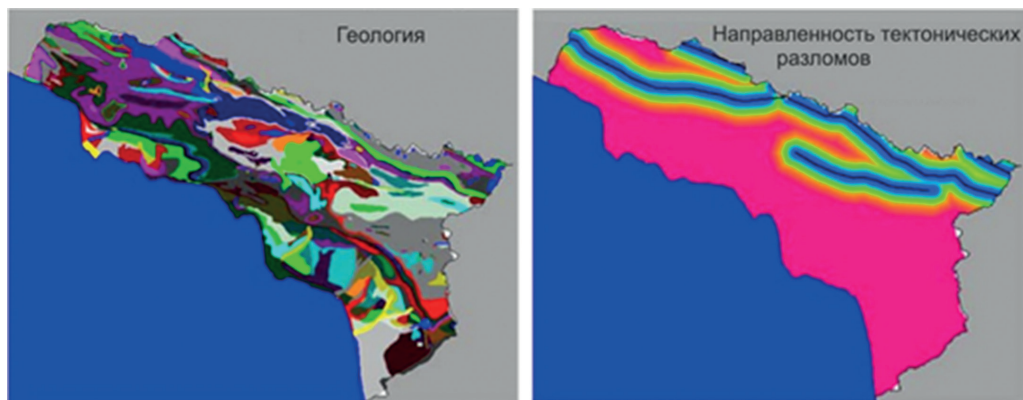


Рисунок 4. Схемы геологических факторов получены с портала глоданных в глобальном масштабе «One Geology» и дополнены архивными данными

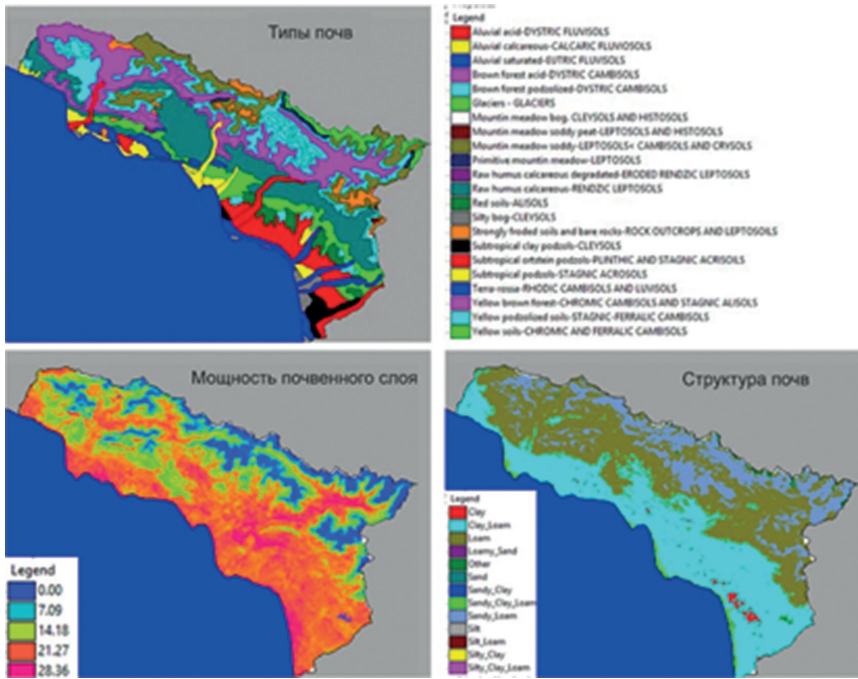


Рисунок 5. Схемы почвенных данных

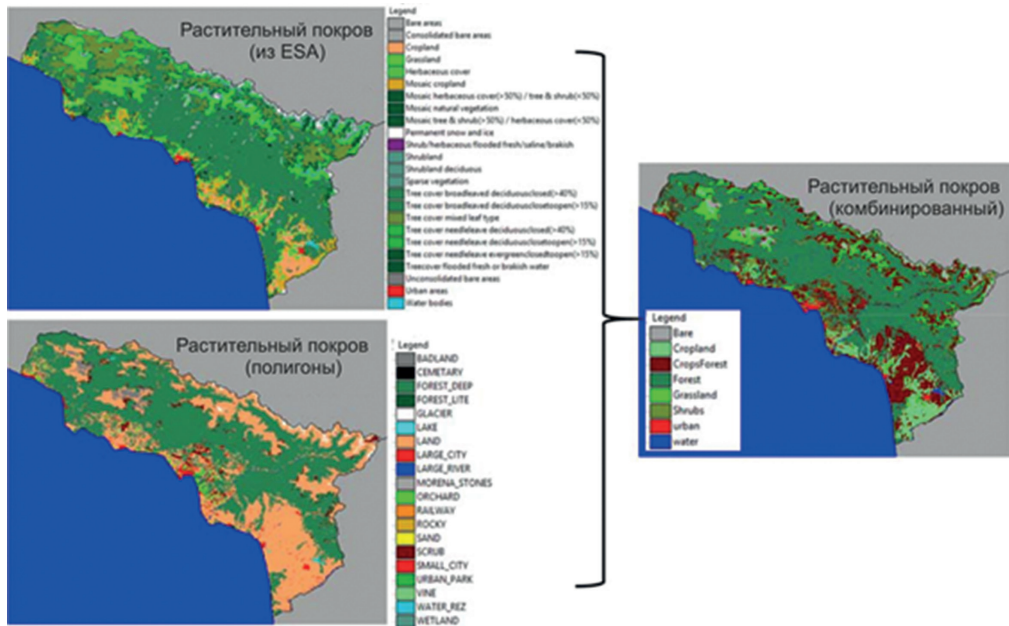


Рисунок 6. Две карты с растительным покровом, полученные из разных источников, были объединены нами в одну – с меньшим количеством классов пространственных объектов

### Данные о подверженных риску объектах

Данные об объектах, расположенных в зоне риска, таких как здания, дороги, леса и сельскохозяйственные угодья, были получены нами в виде слоев на картографическом портале «OpenStreetMap» (OSM).



Рисунок 7. Топографическая карта-схема Абхазии, объединяющая высоты, затенения, эрозионные формы, дороги, здания и административные единицы

Таблица 1

## Типы факторных карт

Карты факторов	Описание	Разрешение	Источник
ЦМР	В ArcGIS было получено и выложено пять снимков для всего региона Абхазии	12.5 м	Радар с синтезированной апертурой типа L с фазированной решеткой (ALOS PALSAR) (ASF DAAC, 2015)
Классы высот	Генерировано из ЦМР, 5 классов	12.5 м	ЦМР (Alos)
Угол уклона	Генерировано из ЦМР, 4 класса	12.5 м	ЦМР (Alos)
Сторона	Генерировано из ЦМР, 8 классов	12.5 м	ЦМР (Alos)
Расстояние до хребтов	Генерировано из ЦМР, 5 классов	12.5 м	ЦМР (Alos)
Расстояние до разломов	2 класса	100 м	Карта тектонических разломов
Расстояние до дорог	5 классов	100 м	Карта дорог
Расстояние до оврагов	Генерировано из ЦМР, 4 классов	30 м	ЦМР (SRTM)
Структура почв	12 классов, получены путем объединения по содержанию глины (%), содержанию песка (%) и содержанию ила (%)	250 м	Почвенные сетки (ISRIC, 2018)
Мощность почвенных грунтов	Абсолютная мощность (m), 6 классов	250 м	Почвенные сетки (ISRIC, 2018)
Типы почв	22 класса		Почвенная карта ГССР
Растительный покров	29 классов	300 м	Европейское космическое агентство (2018)

Осадки	Многолетние среднемесячные значения (мм) классифицированы по семи классам, получены данные среднемесячной интенсивности осадков в 2015–2017 гг.	0.1	Миссия по измерению тропических осадков (TRMM) и Глобальное измерение осадков (GPM) (Wang, J.-J., Adler, R. F., Huffman, G. J., & Bolvin, D. 2014)
Пиковые ускорения колебаний грунта (PGA)	4 класса	500 м	PGA

### Опасные геологические процессы гравитационного характера

Гравитационные процессы означают трансформацию во времени ранее накопленной в результате тектонических поднятий земной коры потенциальной энергии в энергию движения масс.

В англоязычной литературе применяется термин «landslide» – оползень, обвал (Мюллер 1969), если перевести буквально: скольжение по земле.

Сель – кратковременный, с большой разрушительной силой паводок, с очень большим – до 75 % от общей массы потока каменного материала в объеме потока (Чеботарев 1964).

Факт, что значительную часть (около 75 %) территории Абхазии занимает горный рельеф, с наложением на данный фактор высоких уровней среднегодовых осадков [в высокогорной зоне более 2 000 мм/год, в приморской низменности 1 550 мм/год (Экба, Дбар 2007)] способствует формированию высоких рисков природных гравитационных явлений.

### Сбор исторической информации

Прежде чем составить карту подверженности рискам или опасностям, мы собрали историческую информацию об оползневых процессах из различных источников. И хотя исторические данные не содержали информации о типе оползней и дате того или иного события и потому невозможно установить связь между оползнями и триггерами событий, для увеличения количества оползневых точек в холмистой части и горных районах Абхазии мы сделали интерпретацию исторических изображений Google Earth с 2005 по 2018 год. Оползни были оцифрованы как отдельные точки, но без



классификаций типа и времени их возникновения. Таким образом, было оцифровано еще 1 216 пунктов инициированных оползневых событий на территории Абхазии. Они показаны на рисунке 8 зелеными точками.

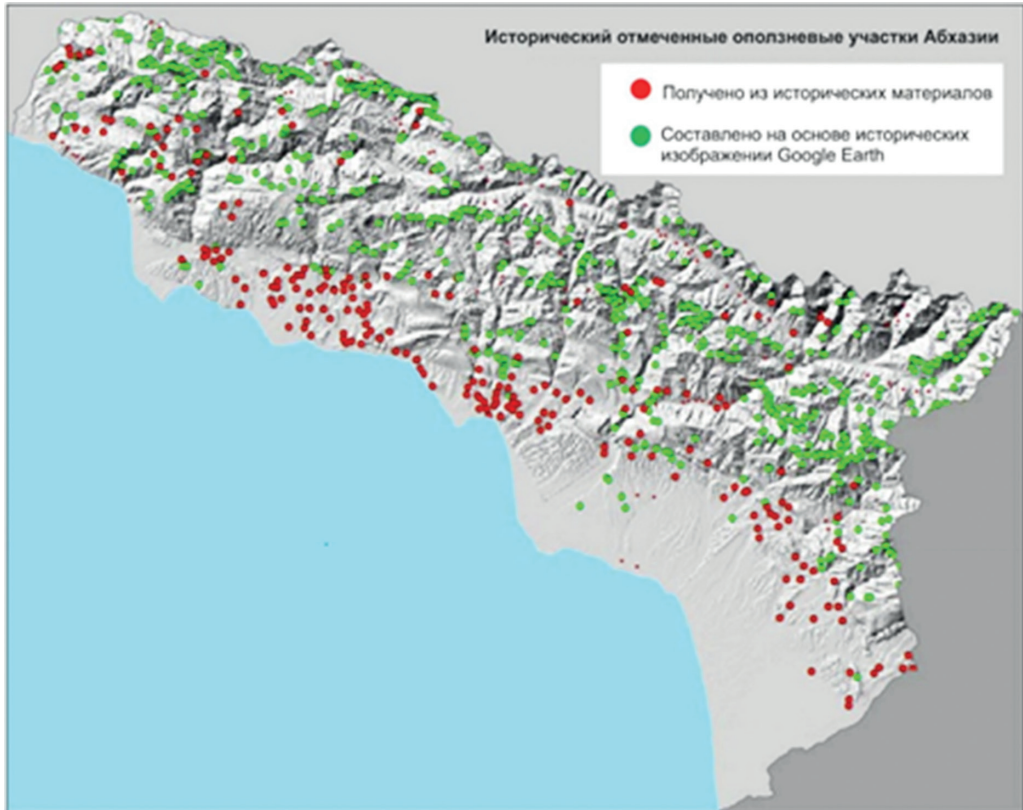


Рисунок 8. Исторические данные о смещении грунтовых масс в Абхазии. Красными точками отмечены оползни, места которых стали известны нам благодаря архивам. Зеленые указывают на местоположения оползневых участков, которые стали известны нам в результате интерпретации изображений в разделе Исторические снимки Google Earth с 2005 по 2018 г.

### **Устойчивость к оползневым процессам (статистический анализ)**

Сценарии, основанные на ГИС, использовались для моделирования весомости доказательств карт различных факторов в сочетании с картой инвентаря (реестра) оползней и камнепадов. На основе расчетов весомости были подтверждены выбранные как наиболее соответствующие причинные факторы.

Полученные результаты статистического анализа представляют собой полезный продукт, поскольку помогают оценить важность факторных карт, их вклад в определение вероятности оползневых явлений.

### Пространственная многокритериальная оценка

Для оползневых явлений было сформировано дерево критериев, в котором использовались различные причинные факторы, как показано на диаграмме дерева критериев (рисунок 9), сгруппированные в пять оползневых групп. Затем была проведена стандартизация отдельных причинных факторов на основе расчета весомости (значимости) доказательств, в результате чего нормализованы их значения в диапазоне от 0 до 1 для каждой карты факторов.

После стандартизации мы использовали комбинацию прямого и парного метода, «взвесив» факторные карты различных групп и сравнив их между собой, мы присвоили им значения в диапазоне от 0 до 1.

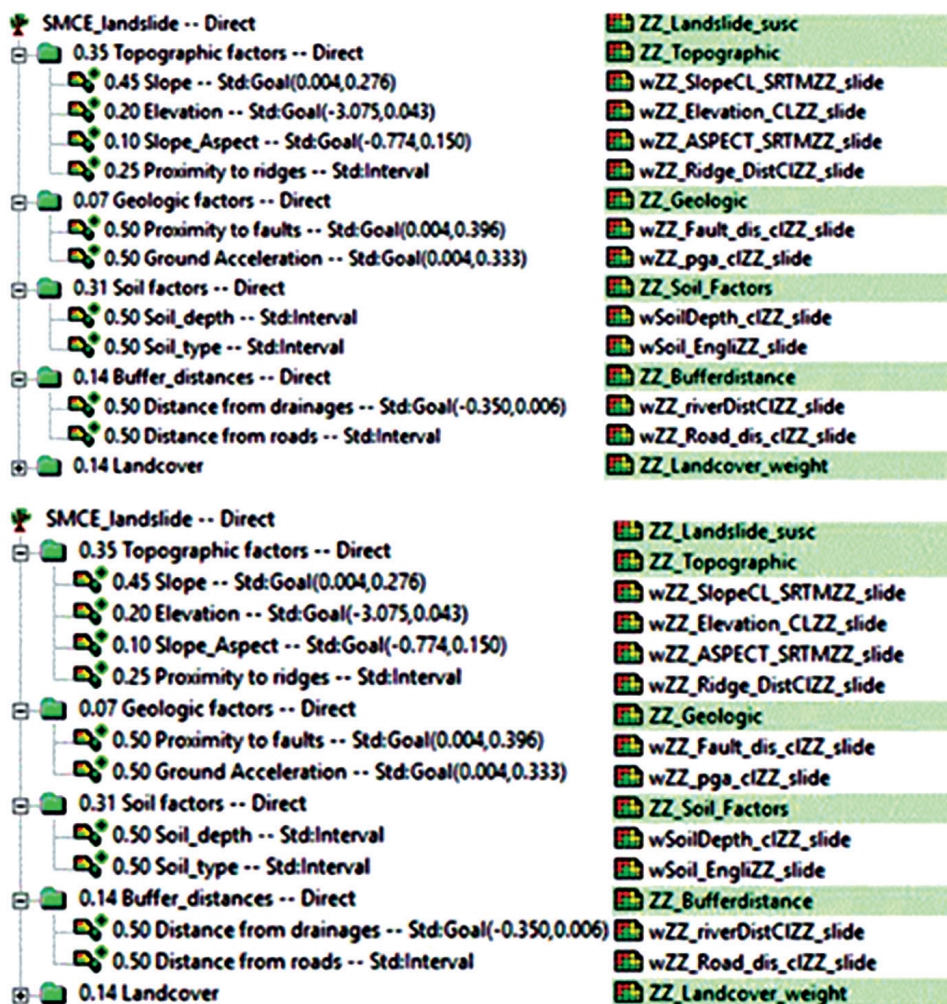


Рисунок 9. Дерево критериев, используемое для оценки чувствительности местности к оползням исходя из сопутствующих триггерных природных явлений

Затем мы генерировали составную карту, которая объединила все показатели в дереве критериев. Далее полученные кривые соотношения использовались для классификации значений карт восприимчивости к риску возникновения оползневых явлений, они были ранжированы на три класса: высокий, умеренный и низкий.

Таблица 1

### Классификация карты в программе ILWIS GIS по классам

Верхняя граница	Наименование	Код
0.33	Низкий	L
0.66	Умеренный	M
1.00	Высокий	H

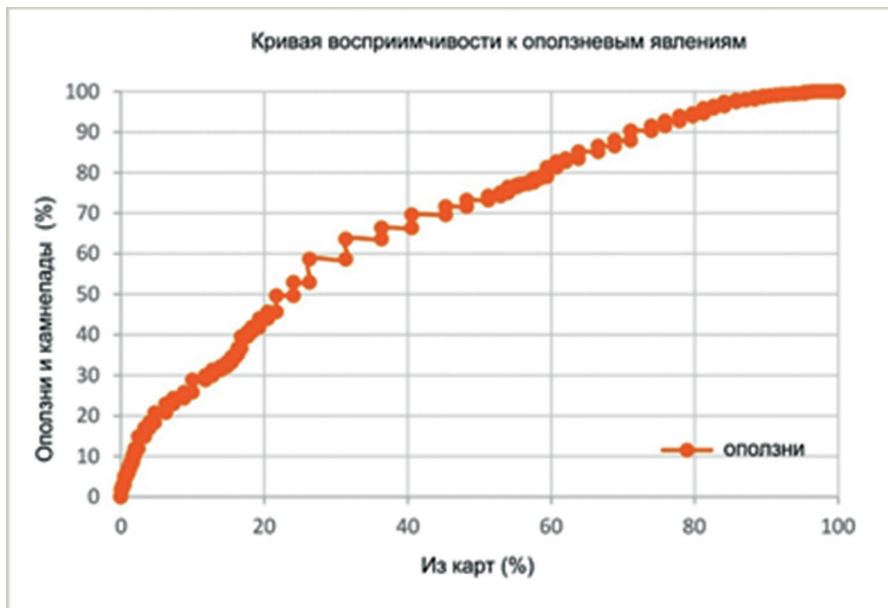
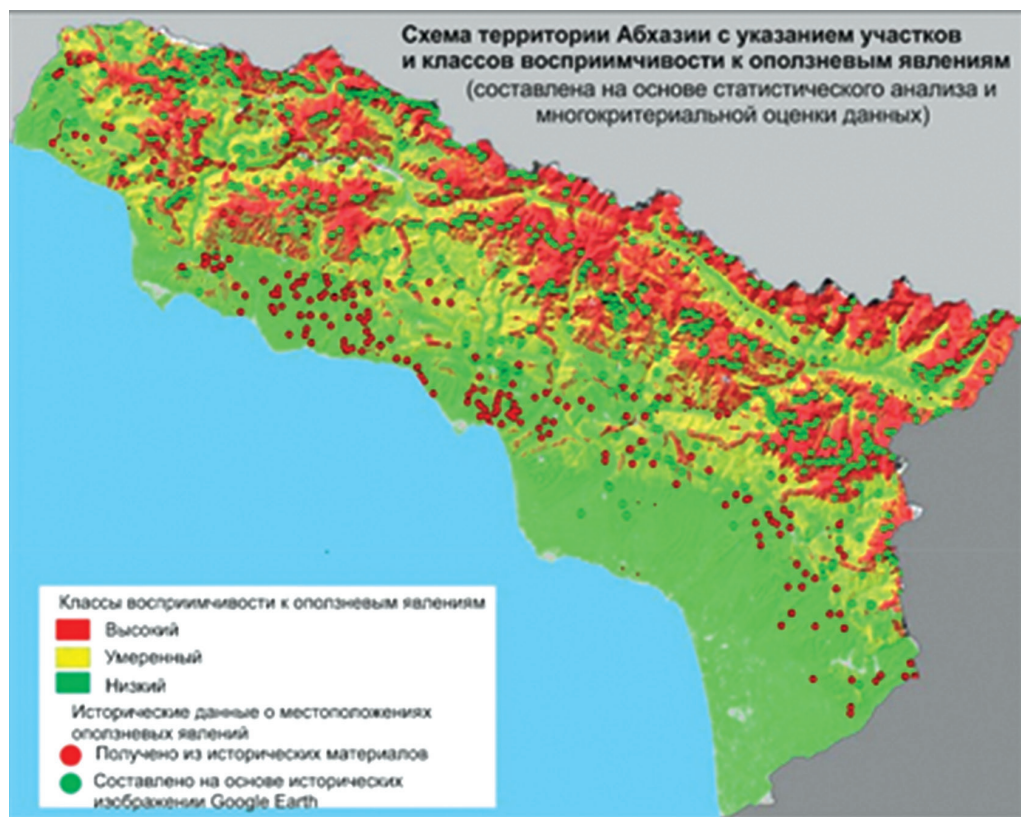


Рисунок 10. Диаграмма восприимчивости к риску возникновения оползневых явлений



*Рисунок 11. Статистическая схема восприимчивости к риску возникновения оползневых явлений территории Абхазии с указанием местоположений участков ранее происходивших экзогенных явлений*

### **Эмпирическое моделирование оползней и селей (гравитационные смещения)**

Моделирование срыва потока проводилось с использованием программного обеспечения FLOW R. Цифровая модель рельефа (ЦМР) с разрешением 12,5 и 30 метров вместе с оползневым началом была использована в качестве входных данных для оценки срыва потока, и эти данные были преобразованы в формат ArcInfo ASCII или ArcInfo ASCII-формат. Угол перемещения 0,1 градус был использован, чтобы обеспечить максимальное расстояние смещения (Horton, P., Jaboyedoff, M., Rudaz, B., & Zimmermann 2013).

Расчет факторов безопасности был выполнен с использованием модели уклона бесконечности. Это было раскрыто в пиксельных расчетах ГИС (van Westen, van Asch, & Soeters 2006).

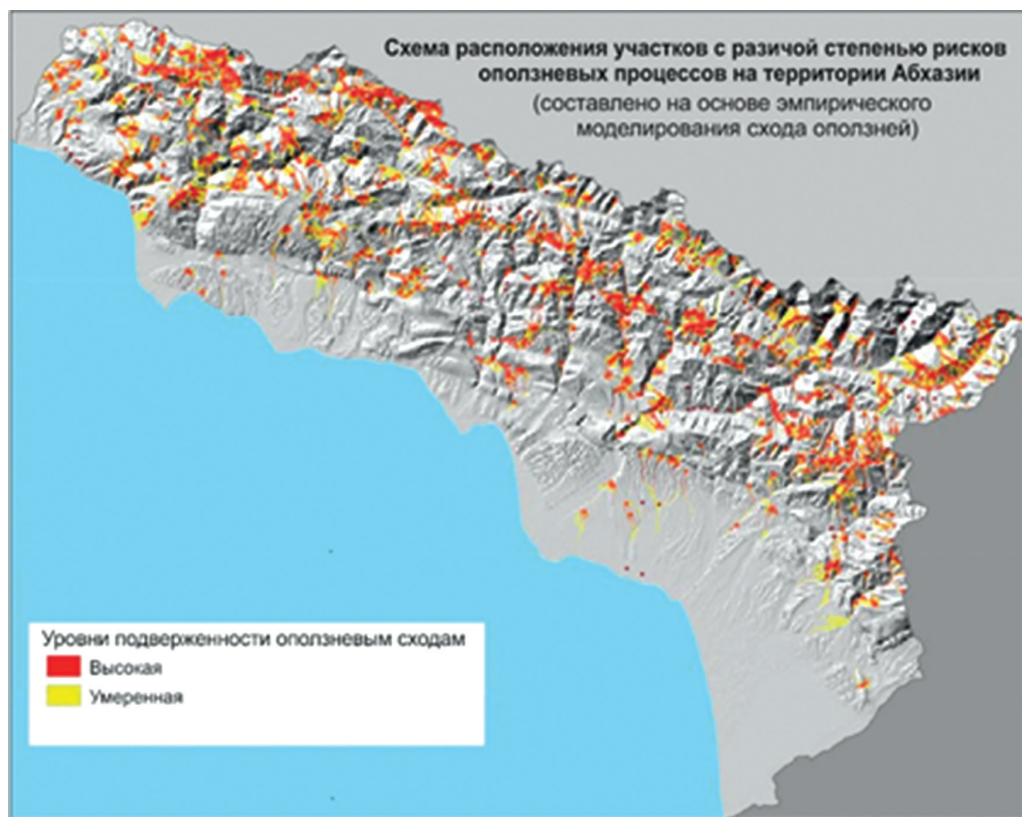


Рисунок 12. Эмпирическая карта схода оползней и образования селевых явлений на территории Абхазии

### **Опасность паводковых явлений (сбор исторических материалов)**

Исторические данные о наводнениях были собраны нами из различных источников. Однако поиск исторической информации о масштабных наводнениях в виде картографических материалов не имел положительных результатов.

На рисунке 15 мы видим временное распределение и количество всех опасных явлений в сравнении с наводнениями в Абхазии.

### **Методика оценки устойчивости потока**

Процедура оценки опасности наводнений широко использует инструменты для динамического моделирования. Примером является алгоритм, разработанный совместными исследованиями Центра Европейского Союза по изучению опасности наводнений и картированию рисков в общеевропейском масштабе (De Roo, Barredo, Lavalle, Bodis, Bonk 2007). Исходя из этого, мы взяли за основу, что оценка опасности наводнения определяется по уровню превышения речных отметок.

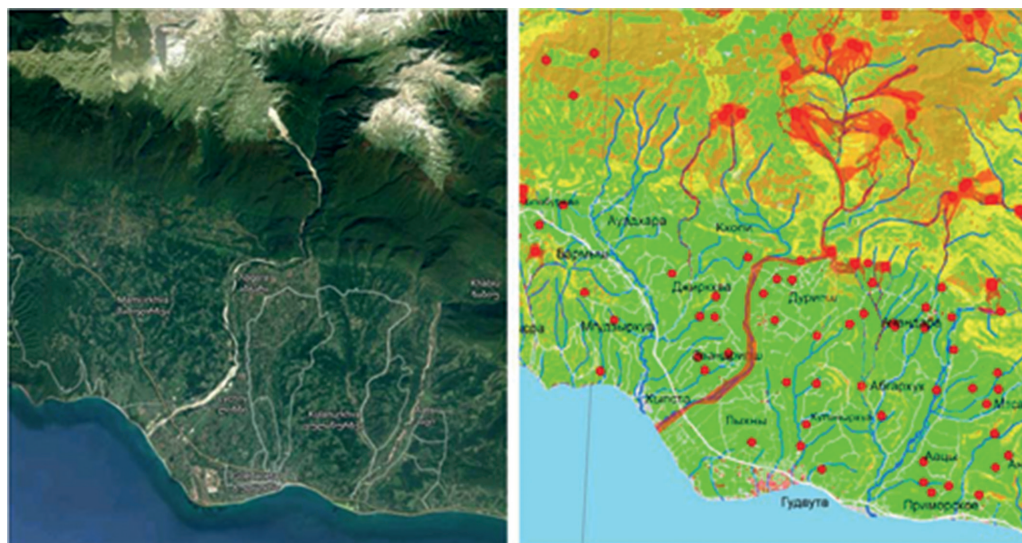


Рисунок 13. Часть схемы территории вокруг с. Дурипи (Абгара), отражающая локальные зоны чувствительности к оползням и недавние отложения селевого потока. Слева изображение Google Earth, справа – карта чувствительности

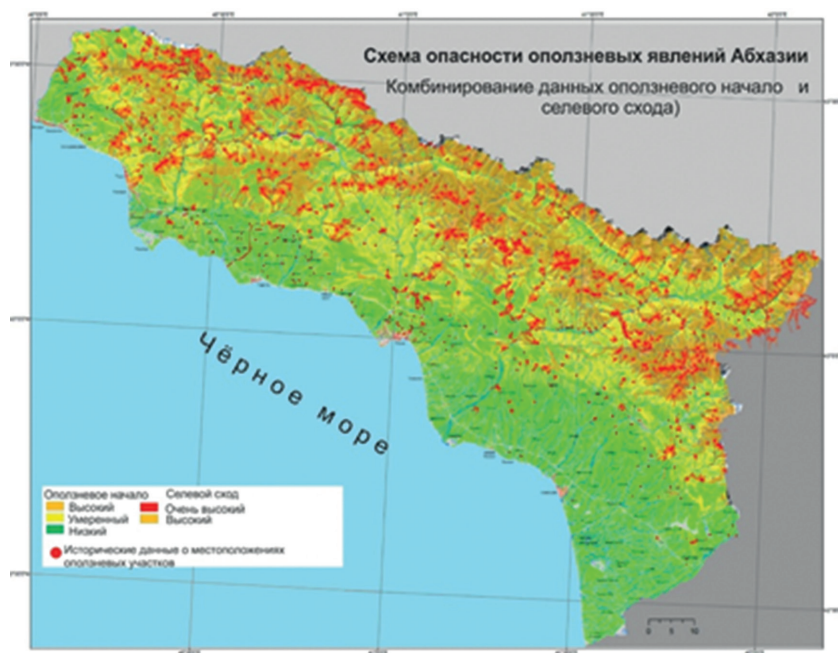


Рисунок 14. Схема расположения участков с высокой долей риска возникновения оползневых явлений на территории Абхазии. Риски подразделяются на три класса: высокий, умеренный и низкий

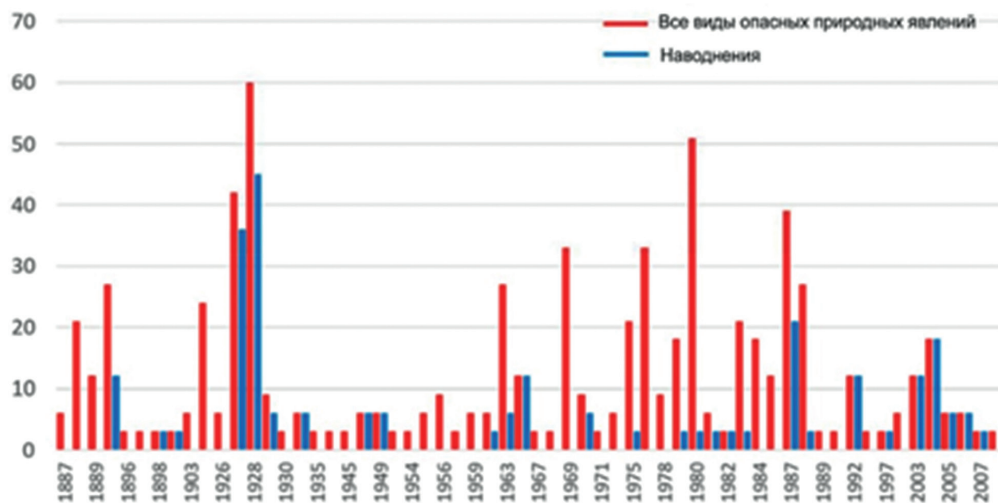


Рисунок 15. Исторические данные, отражающие количественную характеристику наводнений и других опасных природных явлений в Абхазии

Мы провели обработку данных древовидной структуры водосбора, по которой вычислили разницу высот между конкретной ячейкой сетки и ближайшей к ней, соседней. Таким образом, ячейка сетки одного водосборного бассейна никогда не бывает связана с ячейками сетки другого водосборного бассейна.

#### Основные этапы с использованием метода определения:

- 1) определение речной сети производится по цифровой модели рельефа;
- 2) река определяется как «овраг» – с отдельно входящими малыми участками водосбора. Для каждого из этих оврагов участок водосбора попадает в этот пиксель и определяется с помощью функции «водосбор»;
- 3) таким образом, всему суббассейну реки «овраг» придается уровень в пикселях, которые назначаются исходя из высот ЦМР. Наконец, разница между оригинальной ЦМР и ЦМР с местами речных высот оценивается как высота над рекой. Эти участки с разными высотами разделены по уровням чувствительности (рисунок 16).

#### Опасности береговой зоны моря(краткое описание проблемы)

Береговая зона является значимым экономическим ресурсом, при близком ее расположении к низким широтам увеличивается рекреационный потенциал территории. Абхазия обладает значительной протяженностью морской береговой линии (204 км) в условиях влажного субтропического климата. Однако под воздействием факторов различного генезиса (природного и антропогенного) аккумулятивные берега испытывают развитие ин-



*Рисунок 16. Схема опасности наводнений на территории Абхазии, сформированная путем интерпретации затенения холма на ЦМР*

тенсивной абразии, возрастает активность процессов морфодинамики морских берегов. По данным Комиссии по береговой среде Международного географического союза, около 20 % песчано-галечных берегов отступают со скоростью 1 м/год (Пешков 2005). Решение проблем, связанных с сохранением природных береговых ландшафтов, становится приоритетной задачей для стран, обладающих морским побережьем.

Интенсивный рост влияния хозяйственной деятельности на морские берега Абхазии наблюдается с середины XX века. Основная активность антропогенной трансформации, вызванной широким применением гидротехнических сооружений, пришлась на 70–80 годы. Локальная стабилизация отдельного берегового участка спровоцировала нарушение естественных условий функционирования береговых экосистем на всем протяжении литодинамического района. Таким образом, наиболее масштабные нарушения естественных условий формирования пляжей были произведены в городах-курортах и на участках, где к береговой линии близко расположена железная дорога. На городских набережных были внедрены различного типа берегозащитные конструкции (буны, портовые молы), и за этим также последовало усиление процесса размыва берегов.

Основоположники молодой науки «береговедения» В.П. Зенкович,



А.С. Софьянов, Н.А. Айбулатов, В.В. Денисов, В.М. Пешков и др. (Лыма-рев 2009) в поисках ответов на многие прикладные вопросы обращались к берегам восточной части Черного моря. Во второй половине XX века значительная часть научных исследований осуществлялась и на морских берегах Абхазии, проводились масштабные подводные исследования, относящиеся к вдольбереговому движению материала. В процессе работ были определены различные градиенты морского дна, границы литодинамических районов, источники пляжеобразующего материала и т. д.

В настоящее время известно, что морская береговая зона юго-восточного Черноморского побережья образована преимущественно выносимым реками терригенным материалом (галька, гравий, песок) и дефицит этого материала оказывает отрицательное воздействие на устойчивость прибрежных экосистем. В частности, непосредственно на состояние берегов влияет добыча аллювия из русел рек, а также внедрение в береговую зону в качестве берегозащиты железобетонных конструкций. В настоящее время значительная часть прибрежной зоны в городах Гагре, Сухуме, селе Приморском Гудаутского района из-за воздействия антропогенного фактора находится под угрозой размыва.

Отметим основные природные лимитирующие факторы вдольберегового потока наносов в восточной части Черноморского побережья.

Серьезную проблему представляет интенсивное повышение уровня Мирового океана из-за «парникового эффекта». По прогнозам, уровень Мирового океана может подняться (по максимальным оценкам) на 1,17 м к 2050 году и на 3,45 м к 2100 году; по минимальным, соответственно, на 24 см и 51 см (Океан наступает 1989). Кроме того, немаловажными природными факторами, от которых зависит скорость отступления береговой линии моря на берегах Абхазии, являются следующие:

- особенность рельефа и литологии подводного склона;
- удаленность отдельных участков берега от источника питания береговой зоны наносами;
- изменения направления волновой равнодействующей и общего возрастания штормовой активности моря;
- переориентация берегов по отношению к направлению волновой равнодействующей (изменение волновой экспозиции);
- уменьшение твердого стока реки и, как следствие, снижение величины вдольберегового потока наносов, развивающегося в береговой зоне моря;
- наличие устьевых подводных каньонов.

В этих условиях абразия морских берегов может принять катастрофический характер и нанести громадный ущерб экономике страны. Подъем уровня моря означает не только резкую активизацию абразии и размыва берегов, но и значительное усложнение их защиты.

С учетом вышеизложенного, в данной части статьи мы рассматриваем пример возможного использования геоинформационных систем в комплексных исследованиях прибрежной зоны моря. Это позволяет извлечь дополнительную информацию, которая в перспективе послужит основой для экономически целесообразных и технически обоснованных решений при разработке и реализации берегозащитных мероприятий.

### Методика оценки опасности береговой зоны моря

Для определения изменения морской береговой линии были использованы исторические изображения Google Earth. Применение ряда космических снимков, сделанных на протяжении многих лет, является стандартной практикой для картирования изменения береговых линии (Aydin and Uysal 2014; Li et al. 2001). В работе использованы изображения Google Earth с 2003 по 2018 года.

Полная база данных пляжей Черного моря была оцифрована в приложении Google Earth Pro. Набор данных находится в формате шейп-файла и содержит таблицу атрибутов с кратким описанием окружающей среды (экспозиция пляжа, информация об использованных изображениях, наличие или отсутствие волновых явлений, расположение устьев рек, а также оценка объема наносов). Процент потерь прибрежных территорий оценивался двумя значениями, наиболее низким и в противоположность ему – потенциально высоким прогнозом отступления. В результате создана карта, которая демонстрирует коэффициент максимальных потерь пляжных площадей в процентах при трехуровневом сценарии повышения моря (0,5 м, 0,82 м и 1 м).

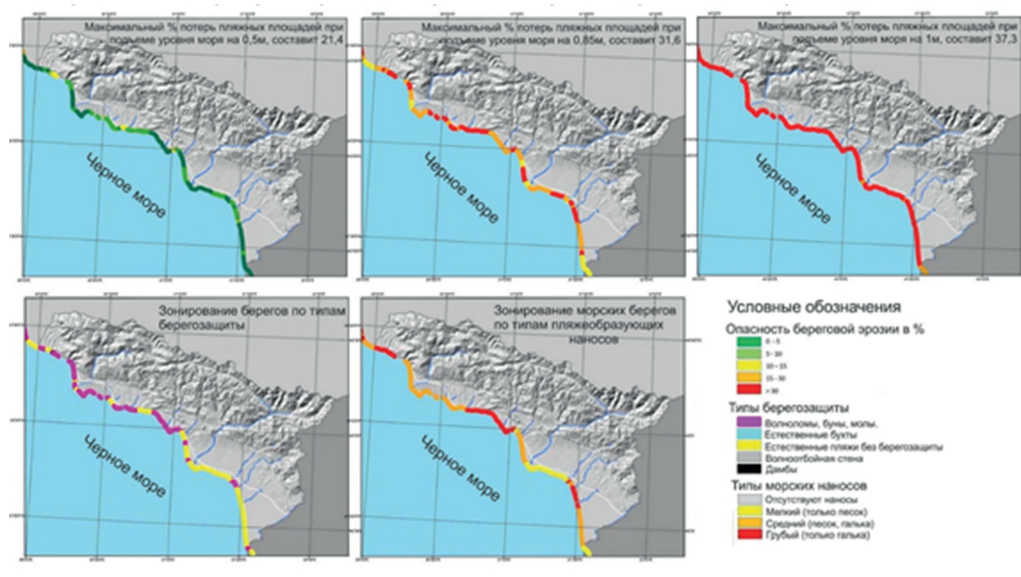


Рисунок 17. Схемы с указанием береговых зон с потенциальной опасностью потерь прибрежных территорий Абхазии

### Заключение

Геоинформационные системы являются наиболее эффективным инструментом хранения и анализа данных, при использовании которого объем информации служит функцией уточнения результатов.

Представленные нами изыскания являются первой практически созданной единой базой множественных рисков возникновения опасных природных явлений на территории Республики Абхазия. Считаем важным признать, что работа в данном направлении должна была быть осуществлена несколько ранее, поскольку большинство окружающих нас стран уже на протяжении многих лет использует ГИС-технологии для осуществления контроля над чрезвычайными ситуациями и решения важных природоохранных задач.

ГИС являются необходимым инструментом для эффективной работы различных ведомственных служб, а инверсное взаимодействие последних с научными учреждениями создаст условия для пополнения базы данных, что позволит качественно улучшать карты множественных рисков и в результате с наибольшей достоверностью давать оценку рискам экономическим.

В настоящий момент сформирован банк данных, в котором аккумулирована информация о непосредственных случаях опасных природных явлений на территории Республики Абхазия. По этим данным и были составлены и скорректированы карты опасности наводнений, оползневых и селевых процессов и возможных потерь прибрежных территорий. Мы отдаем себе отчет, что результаты работы на данном этапе имеют некоторые недостатки – из-за дефицита корректных данных. С учетом этих недостатков материал позволяет произвести не столько количественную, сколько качественную оценку вероятности рисков тех или иных природных явлений.

Для оценки подверженности *оползевым явлениям* факторная карта демонстрирует участки, восприимчивые к риску возникновения именно этих оползневых явлений. Вероятностная оценка гравитационных геологических явлений находится в прямой корреляции с такими факторами, как тип грунтов, градиент уклона, степень увлажненности, сейсмичность. Таким образом, наиболее опасными для населения являются территории предгорных районов с уклонами, превышающими 35° С.

Вместе с морфологическими характеристиками речных берегов важнейшим фактором возникновения *подтоплений* является режим выпадения осадков. На карте факторов отображены территории, подверженные *подтоплениям*. Как правило, они располагаются на низких пойменных terraces средних и крупных рек Республики Абхазия.

Прогноз изменения планового положения морского побережья, произведенный с помощью ГИС, в данный момент активно обогащается новыми данными. В том виде, в каком он существует сегодня (в частности факторные карты прогноза отступления берегов) его использование для решения практических задач пока затруднено.

### Литература

*Каплина 1989*: Каплина П.А. Океан наступает? Парниковый эффект и поднятие уровня моря. Сбр. ст. под ред. П.А. Каплина // М., 1989. 368 с.

*Лымарев 2009*: Лымарев В.И. Профессор В. П. Зенкович и современное береговое природопользование // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. // Одесса, 2009. Т. 14, № 16. С. 68–88.

*Пешков 2005*: Пешков В.М. Галечные пляжи неприливных морей (основные проблемы теории и практики). Краснодар, 2005. 444 с.

*Чеботарев 1964*: Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л., 1964, 221 с.

*Экба, Дбар 2007*: Экба Я. А., Дбар Р. С. Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. Сочи, 2007. 240 с.

*Allenbach, Garonna, Herold, Monioudi, Giuliani, Lehmann A., Velegrakis A. 2015*: Allenbach K., Garonna I., Herold C., Monioudi I., Giuliani G., Lehmann A., Velegrakis A. Black Sea beaches vulnerability to sea level rise // Environmental Science and Policy, 2015. № 46. P.95–109.

*Aydin, M. & Uysal, M. J Coast Conserv 2014*: Aydin, M. & Uysal, M. J Coast Conserv, 2014. № 18. P. 673.

*Blagotić, Kempen 2017*: Blagotić, A., Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. PLOS ONE, 2017. 12 (2), e. 748.

*De Roo, Barredo, Lavallo, Bodis, Bonk 2007*: De Roo A., Barredo J., Lavallo C., Bodis K., Bonk R. Potential Flood Hazard and Risk Mapping at PanEuropean Scale In: Peckham, R.J., Jordan, G. (Eds.), Digital Terrain Modelling. Springer Berlin Heidelberg, 2007. P. 183–202.

*Gaprindashvili, Van Westen 2016*: Gaprindashvili, G. & Van Westen, C. J. Generation of a national landslide hazard and risk map for the country of Georgia. Natural Hazards, 2016. 80 (1). P. 69–101. doi: 10.1007/s11069-015-1958-5.

*Hengl, Mendes de Jesus, Heuvelink, Ruiperez, Gonzalez, Kilibarda, Blagotić, Kempen 2017*: Hengl T., Mendes de Jesus J., Heuvelink G. B. M., Ruiperez Gonzalez M., Kilibarda M., Blagotić A., Kempen B. SoilGrids 250 m: Global gridded soil information based on machine learning. PLOS ONE, 2017. 12 (2), e0169748.

*Horton, Jaboyedoff, Rudaz & Zimmermann 2013*: Horton, P., Jaboyedoff, M., Rudaz, B., & Zimmermann M. Flow-R, a model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2012. № 13 (4). P. 869–885.

*Kappes, Keiler, von Elverfeldt 2012*: Kappes, M. S., Keiler, M., von Elverfeldt, K., & Glade, T. (2012). Challenges of analyzing multi-hazard risk: A review. Natural Hazards, 2012. 64 (2), P. 1925–1958.

*Thiel & Resources 2009*: Thiel, C. Resources, N. (2009). Assessment of the Jasmund cliff area R ugen. Earth, 2009. P. 687–698.

*Van Westen, van Asch & Soeters 2006*: van Westen, C. J., van Asch, T. W. J., & Soeters, R. Landslide hazard and risk zonation - Why is it still so difficult? Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2006. 65 (2), P. 167–184.

Wang, Adler, Huffman & Bolvin 2014: Wang J.-J., Adler R. F., Huffman G. J. & Bolvin D. An Updated TRMM Composite Climatology of Tropical Rainfall and Its Validation. *Journal of Climate*. 2014. 27 (1), P. 273–284.

### Электронный ресурс

ASF DAAC. (2015). PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_high\_res (Publication no. 10.5067/Z97HFCNKR6VA). [Электронный ресурс] URL <https://www.asf.alaska.edu> (Дата обращения: 22. 08. 2018).

British geological survey. (2017). OneGeology Portal. [Электронный ресурс] URL <http://portal.onegeology.org/OnegeologyGlobal/> (Дата обращения: 13. 11. 2018).

European Space Agency. (2018). Land Cover CCI Climate Research Data Package (CRDP). [Электронный ресурс] URL <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download.php> (Дата обращения: 19. 02. 2019).

Geotechdata.info. (2013). Typical values of cohesion and soil friction angle for different soils according to USCS. [Электронный ресурс] URL <http://www.geotechdata.info/parameter/angle-of-friction.html> (Дата обращения: 22. 09. 2018)

ISRIC. (2018). SoilGrids. [Электронный ресурс] URL [https://soilgrids.org/#!/?!?layer=TAXNWRB\\_250m&vector=1](https://soilgrids.org/#!/?!?layer=TAXNWRB_250m&vector=1) (Дата обращения: 28. 01. 2019).

LP DAAC. (2017). SRTM Version 3.0 Global 1 arc second dataset (SRTMGL1). NASA EOSDIS Land Processes DAAC, USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, [Электронный ресурс] URL [https://lpdaac.usgs.gov/data\\_access/data\\_pool](https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool) (Дата обращения: 07. 10. 2018).

MATRA. (2012). Institutional building for natural disaster risk reduction (DRR) in Georgia. [Электронный ресурс] URL <http://drm.cenn.org/index.php/en/> (Дата обращения: 03. 09. 2018).

NASA, P. (2015). TRMM Data download for Precipitation Measurement. [Электронный ресурс] URL <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm> (Дата обращения: 17. 11. 2018).

NASA. (2000). 30-Meter SRTM Elevation Data Downloader, [Электронный ресурс] URL <http://dwtkns.com/srtm30m/> (Дата посещения: 07. 01. 2019).

OpenStreetMap. (n.d.). [Электронный ресурс] URL <https://www.openstreetmap.org/#map=19/34.90747/-110.16396> (Дата обращения: 29. 01. 2019).

Search Earthquake Catalog. (n.d.). [Электронный ресурс] URL <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> (Дата обращения 15. 10. 2018).

Vertex: ASF's Data Portal. (n.d.). [Электронный ресурс] URL <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/> (Дата обращения 27. 10. 2018).

*Р. С. Дбар, Т. П. Строчан, Р. И. Жьйба*

**АҔСНЫ ИАХЪАЦАНАКУА ИШӘАРҒОУ  
АҔСАБАРАТӘ ЦӘЫРҒАҚӘА.  
ГИС-ХАРХӘАГАҚӘА РЫЛА АШӘАРҒАРА АГӘАТАШЬА**

**Аннотация:** *Аусумтәҕеи иазаатғылоуп АҔсны иахъайанакуа иҕоу еиҕа ишәартоу аҔсабаратә цәырҒақәа ргәатаразы иаңйаз аметодикеи уи инақәыриәаны имәаңгаз аусура бжьсаралатәи аļишәақәеи. Аҕйәарақәа мәаңган архивтә материалқәеи, аспутник иҕанайо аҕыхымтәқәеи, ацифратә хыйхырҕақәа рҕеи иҕоу аинформациеи рышьаҕала.*

*Игәаҕоуп еиҕа лассы-ласс имәаңысуа ишәартоу аҔсабаратә цәырҒақәа. Уртҕ рыла ишьақәыргылоуп агеоинформациатә хархәагақәа рҕеи амзы-зқәа рыхсаала. Хәаҕхәаҕа уртҕ агеоинформациатә хархәагақәа уажәнәатә иҕоу аļишәа иҕеиу аинформациала рхарҕәааразы алишарақәа аҕнайоит. Астатиаҕеи еидкылоуп ишәартоу аҔсабаратә цәырҒақәа (адгьылхәа-зара, иҕәынйәаны илбаауа арәашқәа, азхыйрақәа, адгьылйысрақәа, амишын аҕшахәа аеыҕсахрақәа) ирызку аҕоурыхтә материалқәа. Иаза-атғылоуп АҔсны имәаңысыр зылишо ишәартоу аҔсабаратә цәырҒақәа.*

**Ихадароу ажәакәа:** *аҔсабаратә ишәартә, агеоинформациатә хархәагақәа, азхыйрақәа, адгьылйысрақәа, амишын аҕшахәа аеыҕсахрақәа.*

*Dbar R. S., Strochan T. P., Zhiba R. Yu.*

**DANGEROUS NATURAL PHENOMENA  
IN THE TERRITORY OF ABKHAZIA.  
RISK ASSESSMENT USING GIS-TECHNOLOGIES**

**Annotation:** The paper presents the methodology and intermediate results of studies to determine the most probable and dangerous natural risks existing in the territory of Abkhazia. The studies were conducted on the basis of the collection and analysis of archival information, satellite imagery, as well as available data from open digital sources.

The most widespread hazardous natural phenomena with a high frequency of recurrence have been identified, from which maps of factors in geoinformation resources have been compiled. In the future, geographic information technologies will make it possible to make refinements and detail the resulting product, supplement it with new data. The work has collected historical data on several areas of natural hazards (landslides, mudflows, floods, seismic processes, morphodynamics of sea coasts), as well as an assessment of the sensitivity and susceptibility of the modern Republic of Abkhazia to some dangerous natural phenomena.

**Key words:** natural risks, geoinformation resources, floods, seismic processes, morphodynamics of sea coasts

Э. Ш. Губаз

**С природой на «ты»**  
(80 лет академику С. М. Бебия)

Исполнилось 80 лет Сергею Михайловичу Бебия – доктору биологических наук, видному ученому-ботанику, лесоводу, первому вице-президенту Академии наук Абхазии, заслуженному деятелю науки Абхазии, академику, профессору.



Сergeй Михайлович Бебия родился 15 сентября 1940 года в дружной многодетной семье в селе Кутоле Очамчирского района – он седьмой из девяти детей. Отец Сергея Михайловича был очень грамотным человеком – он свободно владел тремя языками и был известен как народный врачеватель. Михаил Бебия был прекрасным хозяином и дальновидным человеком: он смог дать всем

детям высшее образование. Трое из семьи Бебия имеют звания заслуженного – в сфере науки, образования и транспорта.

После окончания Очамчирской средней школы в 1959 году С.М. Бебия поступает в Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт, который блестяще заканчивает в 1964 г. Первые научные работы были выполнены им еще в студенческие годы. В институте ему довелось учиться у выдающихся ученых: ему преподавал профессор Сергей Филиппович Бессарабов, непосредственным научным руководителем был профессор Алексей Константинович Лашкевич. Сергей Михайлович и сегодня вспоминает их с теплом и благодарностью не только за знания, но и за уроки жизни.

Окончив институт, Сергей Бебия возвращается в родную Абхазию и начинает работать на Абхазской научно-исследовательской лесной опытной станции (АбНИЛОС). Он прошел путь от младшего научного сотрудника до заместителя директора по научной работе.

При непосредственном участии Сергея Михайловича впервые на территории СССР стали создаваться уникальные экспериментальные участки лесных культур (монокультур) из ценных иноземных древесных пород.

Результаты его совместных с коллегами исследований на этих участках легли в основу рекомендаций по внедрению перспективных древесных пород в лесные культуры. Исследования были направлены на то, чтобы восполнить дефицит древесины в стране и повысить производительность лесов Черноморского побережья Кавказа, в частности Абхазии.

Сергей Бебия принимал активное участие в изучении типологии, природы формирования, возобновления, сохранения, рационального использования сосновых, каштановых, буковых, дубовых, пихтовых лесов Западного Кавказа. Большое внимание он уделял разработке системы совершенствования лесообразовательных процессов, направленных на повышение продуктивности и сохранения лесов, методов рубки, основ эксплуатации, создание типовых правил и инструкций по лесоводству в Западном Закавказье.

В 1964 году Сергея Михайловича Бебия приглашает на работу директор Сухумского ботанического сада, видный ученый-растениевод Гиви Григорьевич Айба. Он доверяет перспективному ученому возглавить отдел интродукции растений – прекрасный плацдарм для кипучей энергии исследователя.

Буквально в первые дни после окончания Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. ученый возвращается к работе в родном Ботаническом саду. Сад в плачевном состоянии, и вместе с другими сотрудниками за любую работу берется и сам директор. Работают в тяжелейших условиях, без зарплаты, стынут руки. Единственная возможность – согреться у костра, и то за пределами Сада. Все усилия сотрудников в тот момент были направлены на восстановление коллекций.

По словам самого Сергея Михайловича, самым сложным в его жизни оказался момент, когда коллектив после неожиданной смерти академика АНА Г.Г. Айба в 2002 году доверил именно ему возглавить Институт ботаники АНА. Именно так стало называться научное учреждение, вобравшее в себя все научное богатство многих поколений ученых и практиков, трудившихся в Сухумском ботаническом саду.

Время было очень тяжелое. Государственная поддержка – минимальная, и необходимо было принимать сложные, иногда даже рискованные решения. Удалось мобилизовать все силы и ресурсы Института, сплотить коллектив. К 2006 году Институт стал становиться на ноги, вырос его научный потенциал. И в этом, несомненно, большая заслуга Сергея Михайловича Бебия – и как директора, и как крупного, плодотворно работающего ученого. Он восстанавливает старые и налаживает новые связи Ботанического института АНА со многими научными учреждениями и известными учеными России, СНГ и Европы. Благодаря активной и целенаправленной интродукционной работе значительно расширены коллекции Ботанического



сада, завезено много видов и форм редких для Абхазии и в целом Черноморского побережья Кавказа ценных древесных растений.

Сергей Бебия – участник более 30 научных экспедиций по лесам Западного Кавказа, Дальнего Востока, Европейского севера России, Литвы, Латвии, Эстонии, Германии, Польши, Венгрии, Ирландии, Китая, горных систем Татр, Карпат, Урала, Саян, Тянь-Шаня, Горного Алтая, островов Сахалин, Кунашир, Шикотан, Хоккайдо, Тайвань.

Он – автор более 160 печатных научных работ, в том числе нескольких монографий. Среди них такой капитальный труд, как монография «Пихтовые леса Кавказа» (2002), удостоенная Государственной премии Республики Абхазия по науке им. Г. А. Дзидзария. Научные работы Сергея Бебия – результат огромного труда исследователя, внесшего существенный вклад в развитие ботанической и лесоводческой науки. На них ссылаются видные ученые из разных стран.

Он блистательно представляет науку Абхазии на всемирных ботанических конгрессах в Будапеште, Варшаве, Дублине, Хельсинки, Гуанчжоу, где выступает с трибун с докладами, вызывающими неизменный интерес.

Есть у Сергея Михайловича Бебия и немалый опыт научного редактора и издателя книг о природе. Еще в 80 годах прошлого века Сергей Михайлович является научным редактором и одним из авторов работ, посвященных лесам Пицунда-Мюссерского заповедника (Пицунда-Мюссерский заповедник 1987), основателем и главным редактором ежегодной серии «Природа и мы», которая издавалась в конце 1980-х годов в Сухуме.

В 2003 году выходит его работа «Ресурсы декоративных растений Абхазии», которая содержит описание 358 видов и форм декоративных древесных растений, перспективных для использования в озеленении на Черноморском побережье Кавказа.

Именно он является автором первого ботанического словаря абхазско-русско-латинских названий древесных растений Кавказа (2011), соавтором книги «Пихтовые леса России» (2012). Его работы публикуются в центральных академических научных журналах Российской Федерации («Лесоведение», «Природа», «Лесное хозяйство» и других) и других стран – Словакии, Венгрии, Польши, Финляндии, Ирландии, Китая, стран СНГ.

По его инициативе в Абхазском государственном университете в 2001 году на базе Ботанического института была создана кафедра «Лесное хозяйство и ботаника», которую он возглавил и студентам которой читает курсы лекций по лесоведению и лесоводству. Однако не только абхазские студенты слушали лекции профессора Бебия. Еще в 1979 году он читал курс лекций по горному лесоводству и лесоведению в Тарандской высшей лесной школе Технического университета Дрездена, в 1999 году – в Адыг-

ском госуниверситете, в 2012–2019 годах – на Лесохозяйственном факультете Новочеркасского инженерно-мелиоративной академии (НИМА).

Под руководством Сергея Бебия в 2006 году в Сухуме была блестяще проведена Международная научная юбилейная конференция, посвященная 165-летию Сухумского ботанического сада, с участием ученых из России, стран СНГ и Европы. Участники конференции дали высокую оценку научной работе, проводимой в Ботаническом институте под руководством нашего юбиляра. Однако Сергей Михайлович вошел в историю не только как ученый, педагог и руководитель научного учреждения. Заслуживает внимания его активная общественная и дипломатическая работа.

С 1989 года он был активным членом Правления народного форума «Аидгылара» – общественно-политического движения, сыгравшего, как известно, ключевую роль в национально-освободительной борьбе за освобождение Абхазии от колониального режима Грузии.

Сергей Михайлович Бебия бесстрашно выступает на знаменитом историческом народном сходе на Лыхныашта в 1989 году и во всеуслышание заявляет о колониальной, хищнической эксплуатации природных ресурсов Абхазии и необходимости принять решительные меры по спасению ее уникальной природы.

Во время зарубежных командировок С.М. Бебия налаживает связи не только с представителями научного сообщества. Еще в 1975 г. Сергей Бебия основал в Будапеште, в Доме наций, Ассоциацию венгеро-абхазской дружбы, которая работает и сегодня. То есть уже более сорока лет. Культурные, научные и деловые связи между Абхазией и Венгрией существуют и развиваются.

Учитывая дипломатические способности ученого, В. Г. Ардзинба ( в то время еще Председатель Президиума Верховного Совета Абхазии) в 1992 году направляет его в качестве Полномочного представителя Республики Абхазия в Венгрию. С.М. Бебия организовал доставку в Абхазию продуктов, в частности, 120 тонн пищевой соли, столь необходимой в то время фронту и населению.

После Отечественной войны народа Абхазии, в 1995 году, Сергей Бебия издает в Сухуме на абхазском языке при финансовой поддержке Министерства культуры Венгрии избранные стихи известного венгерского поэта Шандора Петефи в переводе Баграта Шинкуба и Мушни Ласуриа. В тот же период по инициативе С. Бебия в Сухуме было организовано торжественное мероприятие, посвященное 100-летию со дня рождения известного абхазского композитора Константина Ковача, венгра по происхождению. Даже в условиях международной изоляции и блокады Сергею Михайловичу удалось обеспечить присутствие на мероприятии делегации из Венгрии, которую принял Владислав Ардзинба – уже Президент Республики Абхазия.

После признания независимости Республики Абхазия Российской Федерацией С.М. Бебия при содействии Ассоциации венгеро-абхазской дружбы и поддержке Президента и Правительства РА организует установку на территории музея имени Шандора Петефи в венгерском городе Кишкерш памятника народному поэту Абхазии Баграту Шинкуба. И снова Сергею Михайловичу приходится использовать свои дипломатические способности. В итоге все сложности удается преодолеть.

Установка памятника Баграту Шинкуба в центре Европы имела для Абхазии огромное значение, как в культурном, так и в политическом плане. И роль в этом деле скромного подвижника из Абхазии, коим считает себя Сергей Бебия, заслуживает восхищения и благодарности.

Много сил и энергии посвящает Сергей Михайлович охране лесов, природы Абхазии и Западного Кавказа. Долгие годы он был секретарем Президиума Республиканского общества охраны природы, председателем научного совета Государственной инспекции по охране природы Абхазии, постоянно выступает на страницах газет и журналов со статьями, дает интервью о необходимости охраны и защиты горных лесов, природы Абхазии и Кавказа. Именно он выступил инициатором сокращения объема годичной лесосеки, а затем и прекращения рубок главного пользования в лесах Абхазии с 1979 года.

Сергей Михайлович Бебия принимал активное участие в разработке Лесного кодекса Абхазии (2009), Правил рубок в лесах Грузии (1972) и Абхазии (2000), является инициатором создания Псху-Гумистинского заповедника и одним из активных участников создания Рицинского национального парка, соавтором проекта создания Национального парка «Кодорское ущелье». При его участии всемирно известный Сухумский субтропический дендропарк, который в 1941 году был варварски отнят у Ботанического сада Лаврентием Берия и превращен в Госдачу Правительства, в 1987 году снова стал частью Сада.

Сергей Михайлович – инициатор приостановления, затем и прекращения в 1989 году реализации проекта по прокладке линии электропередач ЛЭП-500 от ИнгурГЭС до Псоу по верхнегорным лесным массивам без какого-либо экологического обоснования. Невозможно представить, какое катастрофическое воздействие реализация этого проекта оказала бы на экосистему Абхазии.

Заслуги Сергея Михайловича Бебия – и как крупного ученого, и как общественного деятеля трудно оценить современникам. Разве могут вместить все, что сделал этот скромный, постоянно постигающий новое человек, чины, звания и награды, которые могут дать люди?

В 2006 году Сергею Михайловичу присвоено ученое звание профессора. В 2009 году он становится академиком-секретарем Отделения медико-биологических, сельскохозяйственных наук и наук о Земле Академии наук Абхазии. С

2014 года – академиком-секретарем АНА, в 2015 году он становится вице-президентом, а в 2019-м – первым вице-президентом Академии наук Абхазии.

Несмотря на большую занятость в Академии, Сергей Михайлович находит время и для научной, преподавательской и общественной работы. Он по-прежнему возглавляет отдел интродукции растений в Ботаническом институте АНА и кафедру Лесное хозяйство и ботаника в Абхазском государственном университете. Он входит в состав редакционных коллегий нескольких журналов: «Труды Ботанического Института АНА», «Вестник АНА», «Сибирский лесной журнал» Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Трудов ботанических садов Никитского (г. Ялта) и Донецкого (г. Донецк).

Сергей Михайлович Бебия награжден орденом «Ахьдз-апша» II степени, является лауреатом Государственной премии Республики Абхазия по науке им. акад. Г.А. Дзидзария, заслуженным деятелем науки, заслуженным деятелем высшей школы Республики Абхазия, почетным профессором Новочеркасского инженерно-мелиоративного института, членом Совета ботанических садов России.

Сергей Михайлович – человек с активной гражданской позицией и государственным подходом к решению научных и народнохозяйственных задач, глубоко осознающий современные тенденции развития ботанической науки. Ему присуща ответственность за любое порученное дело, и в каком бы коллективе ему ни доводилось работать, он пользуется заслуженным авторитетом и уважением.

Несмотря на солидный возраст, Сергей Бебия полон энергии, с огромным энтузиазмом преданно служит науке и своему народу. В июле 2015 года он с несколькими коллегами совершил восхождение на труднодоступную, практически неизученную и чрезвычайно интересную во флористическом отношении Безымянную гору на территории Псху-Гумистинского заповедника с высшей гипсометрической отметкой в 2600 м над у.м, где было проведено геоботаническое описание растительности и собран разнообразный научный материал.

80 лет Сергей Михайлович Бебия отмечает одновременно с 55-летием научно-педагогической деятельности. Он полон замыслов и замечательных планов – творческих, научных, экспедиционных.

Коллеги и научная общественность Республики Абхазия желают Сергею Михайловичу Бебия крепкого здоровья и реализации всего намеченного.

**Амилаттә парадырра – хэынтқарратә хықәкы хадахарц**  
(Академик А. А. Гэарамиа 80 шықәса ихыйра иазкны)



Ацсны жэләр рпоет Б. Шьынқәба ифырхатца изы иихээз еицырдыруа ажэакәа «жэләр рыбзиабара кьалан иаазом, иалнахыз –далнахит, иапсам – дабазом» (Шьынқәба 2017: 376) гэыѳбарада изуқыр калоит афизико-математикатә тцаарадырракәа рдоктор, апрофессор, апсабаратә тцаарадырракәа Урыстэылатәи ракадемиа академик, Ацснйтәи ахэынтқарратә университет аректор Гэарамиа Алеко Алыкьса-ица.

Алеко Гэарамиа хаамтэзтәи апсуа хэынтқарреи атцаарадырреи рышьақәгыларәфы алагамта ду кэзтэз хатароуп. Еицазхарцахыоу ии академиатә тцаарадырратә еихьзарақәеи, шықәсырацэалатәи уи ирцаѳратә усуреи, иеиѳкааратә баѳхатәреи дарбанзаалак хдыынцьуаѳ изы гэдуроуп.

Ахаракырахь инагоу акыр ихьцэыроу амѳа ақәлара згәагьыз дарбанзаалак илшом уи акацәара азнеира. Уи зрәкхо дызхылтцыз ижэләр рдац-пашә айқэырхара, аизырхара зхықәкы лашоу иоуп.

Атцаарадырреи зхэынтқарра гәакьеи рымац аура зыпстазаара зегьы иаѳырцшыгоу Гэарамиа Алеко Алыкьса-ица диит 1940 шықәса цэыббра 7 рзы Очамчыра араион Гэыц ақытан, ахәоуеикәшәареи аиххэыцреи, аилибакаареи ахра ахьауаз аснатаѳы.

1985 шықәсазы СССР Атцаарадырракәа ракадемиа Сибратәи акәша аматематика Аинститут акны (ак. Новосибирск), «Аквэзигэыпцкәа раксионатә классқәеи хкырацәала еилоу алгебреи» атемала адоктортә диссертация анихьча дхынхәуеит ипсадгьыл гәакьахь. Аусура далагоит Ацснйтәи ахэынтқарратә университет акны, алгебра акафедра аихабыс, 1988 шықәса мшапымза –далхын ректорс.

Ауниверситет атоурых акны ақәѳиарақәа реипш, хәарада, икан аудаѳрақәагьы. Урц рахьтә еиха ихьантэз аамтан иаххысыз ашәышықә-

са 80-тәи ашықәскәа рхыркәшамта. Апсны атоурых иазку атцаамтәкәа ркны хәпхьоит: «В конце 80-х годов XX века в Абхазии сложилась сложная этнополитическая ситуация, в центре которой оказался и Абхазский государственный университет. Это был последний предвоенный этап национально-освободительного движения абхазского народа и становления Абхазского государственного университета в его нынешнем виде (Чхамалия 2017: 3). Ускан, ишдыру еипш, Қырттәыла аиҳабыра ақәцара рыдыркылоит Апснытәи ахәынтқарратә университет ақыртуа университет иакәшаны икартарц азы. Аха уи иахылҕеиааит аиҕагыларақәеи аидысларақәеи. Урт атагылазаашьақәа рнафс, Алеко Алықьса-ипа иажәалагалала, ихацыркхеит хмилаҭ ртоурых азы акырзтцазкуа ахтыскәа жәпақы: хцараиурта ииаган Апсны аиҳабыратә мчра анапацакаҳь (аиурисдикцияхь); хажәлар реилартәареи хдоуха аизырхареи хықәкыс икацаны Тырқәтәылатәи хцынцбуаа рхылтцштытреи, асовет хәынтқарра аидиология аныррала зеимадара ҕахытәтәаз Нхытц-Кавказтәи хашьцәа рхатарнакцәеи хуниверситет радыцхьалара; хмилаҭтә цараиуртакны Апсны атоурыхи, археологиеи аетнологиеи ркафедра аартра; Асовет еидгыла атцара аминистрра акны Апснытәи астудентцәеи аспирантцәеи рзы атәыла еихау атцараиуртәкәа ркны хықәкылатәи атцаратыцқәа (целевые места) рзалхра азцаара азбара ухәа... Ессаира ишьтыцуан атцараиурта ахатыр.

Апсны жәлар Рцынцтәылатә еибашьра аамта удафқәа раангы, хцараиурта аусура аанымкылара иамаз аполитикатә цакы иазхәыцны, 1993 шықәса аапын алагамта инаркны, Гәдоута ақалақь аҕы иаццан ауниверситет аштаб. Алеко Алықьса-ипа хатала Евразиятәи ауниверситеткәа Рассоциация Ахада, Москватәи ахәынтқарратә университет аректор В. Садовнич иахь икаитцаз аапхьара иалтцшәахеит хуниверситет уи аилазаарахь адкылара. Насгы, Москватәи ахәынтқарратә университет акны 87-фык астудентцәа – атыцхацәеи, 16-фык арцафратә еилазаара алахәцәеи рыдкылара.

Аибашьра анеилга, атагылазаашьа даараза ишыбаапсызгы, 1993 шықәса жьтаара мзасы ихацыркхеит арцаратә ус. Аха Гәарамиа Алеко Алықьса-ипа инапхгаратаратә кәзара иабзоураны амилаҭтә цараиурта еикәхеит, ашьапы иқәгылт, аҕиарамфә иануп.

Атцарадырра ауафы ихатара ашьақәгылареи ахәынтқарра аиҕакаареи ркны цакыс иамоу дазаатгыло, урт аамтәкәа раантәи иҕәцаажәарақәа руак акны иазгәеитоит: «Национальное образование – это органичное единство школы, фундаментальной науки и культуры. Управление современным государством может осуществляться только на научно-образовательной основе. Это фактор национальной безопасности. Место государства в мире определяет уровень интеллекта нации.

Я, собственно, убежден в том, что образование должно стать у нас национальной идеей. Мы часто говорим: “молодежь-наше будущее”. Но как молодые люди должны стать нашим будущим? Только через хорошее воспитание и достойное обучение. Это и есть образование» (Гварамия 2014: 3).

«Иахья хуниверситет иахагылоу академик Алеко Алықьса-ица Гэарамия – хмилаттә кадрқәа рыхтәы фонд иеиуоу, Европа зегы еицырдыруа математикуп. Убри инаццаны, инаукатә харақыра иеипшуп инапхгаратә ратә бахатәрагы. Абарт ибахатәра ду ачыдарақәа хуниверситет аусура шышьтырхуа, ацара-азаратә процесс еснагь цхьака ишырго еипш, Ацсны антыцтәи иреихазоу ацараиуртәкәеи иарей реиҗаарақәа артбауеит, иаргәгәоит» хәа азгәеитоит Ацсны жәлар рышәкәы Алықьса Гөгәуа (Гөгәуа 2017: 4).

Цабыргны, Алеко Алықьса-ица Урыстәыла, иара убас ахәанхыц егырт ахэынтқаррақәа рахь дцаны ишыкәиргылаз акыр аимадарақәа ирыбзоураны, хтәыла азхатара аиуаанзагы, хмилаттә цараиуртә азхарцо, ацхыраара азыкарцо иалагеит.

Аибашьрашьтахтәи аамтәи иахьатәи аамтәи зынза еидкылашьа рымазам. Аказаарей акамзаарей рымәа ианысыз амилаттә цараиуртәи, Алеко Алықьса-ица дызхагылоу арцафратә-профессортә еилазаарей ирымоу аихьзарақәа рацоуп. Избоуп афакультетқәа ааба ирымехаркуа 40 инарзынапшуа азаанатқәа рырцаратә ус иацанакуа ихадаратәу азцаарақәа зегы. Арцафәеи астудентцәеи рытцаарадырратә усура фазарала ихараку апеипштә хырхарта шьтнахит.

Алеко Гэарамия ицаулоу ицстазааратә цышәеи, казарыла имоакәцарей ирылтшәоуп лассы-ласс ацараиуртәфәи имоапысуа атцарадыррей аазарей ирыдхәалоу, изызхауа абицара рзанааттә цышәеи, рхатара ашыкәыргыларей рзы акыр рызто еицырдыруа ахәаанырцәтәи асасцәа – атцарауаа рөызладырхәуа аусмоапгәтәкәа: атцарадырратә-практикатә конференциякәа, асимпозиумкәа. Убасгы, хдоухатә цстазаарафәи ианалукааша атыц аанызкыло ахатәрақәа ргәалашәарей, ичыдоу арыцхәкәа разгәатарей ирыдхәалоу еиуеипшым ахәылпазқәа, аицыларақәа.

Жәларбжьаратәи аимадарақәа (60 инареихоуп анапы зцаоу аиқәышахатрақәа) ирыбзоураны астудентцәеи аспирантцәеи, арцафратә еилазаара ахатарнакцәеи алшара рымоуп рцаратә фазара аизырхарей, апышәеимадарей Урыстәыла, Аахыц Уацстәыла, Приднестровиа, Италия, Швеицариа, Тьркәтәыла, Еиду Америкатәи Аштатқәа ухәа жәпакы ахэынтқаррақәа рцараиуртәкәа ркны.

Ацснытәи ахэынтқарратә университет алахәылоуп Евразиатәи ауниверситетқәа Рассоциациеи, Урыстәылатәи аклассикатә университетқәа Рассоциация, иара убас Оксфордтәи академиатә еилазаара.

Ҳхэынтқарра аргылара ганрацэалатэи азцаарақэа рызбарағы, азанаат азказацэа ирызрыжэыртоу – хуниверситет – еснагь атыц чыда ааннакылон. Уи аушьтымтацэа кэфиарала аус руеит еиуеипшым ахырхартақэа рыла. Азэырөы атэыла анапхгарағы атакзыпхықэу амацзурақэа ааныркылоит.

«Ахыз-Апша» аорден актэии аобатэии аоазарақэа занашью, «Апсны Ахэынтқаррағы иреихазоу ашкол зэапсазтэыз аусзуао» Гэарамиа Алеко Алыкьса-ица анапхгаратэ, атцааратэ усура инаваргыланы, идырра цаулақэа изызхауа рымадара – арцаөра дшағыц дафуп. Еиуеипшым аамтақэа раан уи алекцияқэа дрыпхьон, асеминарқэа мөацигон Европатэи иреихау атцарайуртақэа: Москватэи, Берлинтэи, Дрезднетэи, Венатэи, Потсдамтэи, Софиатэи, Прагатэи, Кардиффтэи, Ригатэи ухэа, адунеи атэылақэа 20 инареиханы ркны.

Оксфорд икоу Жэларбжьаратэи Сократтэи аилак 2011шықэсазы апсуа цараяо – «Атцаарадыррағы ахыз» хэа ахатыртэ хьзы ихнатцеит, иагьианаршьеит адунеитэ тцаарадыррағы илагамтазы аорден, ихыз анырцеит ХХI ашэышықэса иналукааша атцараяа Адунеизегьтэи рреестр.

Алеко Гэарамиа «сара пасатэи боксиоруп, еснагь афэр аус рыдызулон, урт ргэамч сара сахьгы ииасит» (Гэарамиа 2020: 1) хэа дахлафауа иазгэеиталоит. Ииашаны, ашкол шықэскэа раахыс дызгэылазхалаз ари аспорт хкы акны иеихьзарақэа даара ихаракуп: ареспублика дачемпионуп; Апсны абокс Афедерация деихабын; жэларбжьаратэи акатегория змоу збафуп; 1974 шықэсазы Гавана имөапысуаз абокс азы адунеи актэи ачемпионат иалахэыз Асовет Еидгыла аделигация напхгара айтон; 1980 шықэсазы Москватэи аолимпиада акны абокс азы ахэмаррақэа рымац зуаз азбафцэа дреиуан.

Оксфордтэи академиатэ еидгыла Хатыр зқэу апрофессор Алеко Алыкьса-ица кэкы хаданы ипстазаарағы иипхьазо, иара ишьтанеиуа абицарақэа царадыррала реибытара ауп. Уи игэы рыладууп 30 шықэса инареиханы напхгара зито амилаттэ царайуртағы, еиуеипшым аамтақэа рзы зцарадырратэ шықэгылларағы ицабаа здитцаз, напхгара ззиуаз, имөакэитцоз ауаа. Уи арцабыргуеит ө-жэашықэсеи бжаки рапхья иихэаз иажэакэа рыхшыфтак, цэахэа хаданы изгэылсуа, хуниверситет 85-шықэса ахытца иазкыз иажэахэгы:

«Судьбу нашего национального вуза невозможно рассматривать в отрыве от судьбы народа Республики Абхазия.

Я уверен, что у нашего университета и нашего народа большой потенциал. Мы, национальный вуз, имеем свое лицо в мире.

...Образование стало у нас национальной идеей. Вдумайтесь все, ведь образование не констатация каких-то фактов, а поднятие качества образования должно стать, действительно, национальной идеей. За этим последует поднятие качества жизни людей. Поэтому я бы просил всех проявлять



большую терпимость, молодежи настроиться на учебу, а всем нам – на хорошую работу во имя нашего народа и государства» (Гварвмия 2017: 2).

Алеко Алықса-ица Гэарамия апсуа нхаџ нага ихылцыз цениуп, адунеи зыхьз адыруа царауаџуп. Напхгара ззиуа ацарайуртакны ацара зцои, аус зуеи зегьы даара ирацэџуп иџахцаауа, еснагь илацш ххуп, хамџакэитџоит иарбан усзаалак акны. Еихаракгьы аџар ирзынархоу адгылара агижьуам, уи шыакэдыргэгэџоит лассы-ласстэи иажэакэа: «...ҳара ихамџуп аџар бзиа – урт рыцхыраара, амџа иаша рыкэтцара аус аџы атакцхыкэра ҳадуп зегьы» (Гварамия 2017: 2). Ачҳара ду ааирцшуеит айхабацэа ркнеипш аитцабацэа рганахьалагьы. «...хуниверситет “хэынтқарроуп” ахэынтқарра аџныцка. Арака аџеиџшара хамазам. Убас икаларџуп Ацсны ахьынзаназаазо зегьынцъара. Хайдгьыланы, ҳаизыразны хускэа еицаҳазбалар, ҳапхьака аџеипш лаша хзыцшуп» (Гэарамия 2018: 3) ҳэа азгэаџо, ауаа реидкылара илиршоит.

Зыхэ ашьара удаџу итцаарадырратэ усуреи, игэышьтыхгоу иажэеи – ацарайурта астудентцэа еицазаазо, арцаџратэ еилазаара мџакэызцо кэышроуп. Иахьагьы аацсарак камцакэа аус иуеит, итцааратэ, ирцаџратэ усура еихсыгьуам.

Алеко Алықса-ица! Зыбзиабара шэалнахыз ҳажэлар шыардаамта Анцэа шэҳагимырхааит!

### Алитература

Шьынқэба 2017: Шьынқэба Б.У. Ахра ашэа // Иалкаау. џ-томкны. Акэа, 2017.

Чхамалия 2017: Чхамалия А.А. Историческому факультету АГУ – 80 лет // Апсуа университет. № 6. 2017. С. 3.

Гварамия 2014: Управление современным государством может осуществляться только на научно-образовательной основе // Апсуа университет / Подгот. статьи А.А. Чхамалия. № 7–8. Сухум, 2014. Ад. 4.

Гогэуа 2017: Хцарайурта иакэлоу, зажэеи зуси цкым. Апсны жэлар рышэкэыџы Алықса Гогэуа иџэажэара // Апсуа университет / Астатия акьыцхь иазирхиеит А.А. Чхамалия. № 7. 2017. Ад. 4.

Гэарамия 2020: Алеко Гэарамия 80 шыкэса ихыцит // Апсны / Астатия акьыцхь иазирхиеит А.А. Чхамалия. № 41. 2020. Ад. 1.

Гварамия 2017: У нашего университета и нашего народа большой потенциал // Апсуа университет / Астатия акьыцхь иазирхиеит А.А. Чхамалия. № 7. 2017. Ад. 2.

Гэарамия 2018: Хмилатгэ царайурта амџа удаџ ианысит. ААУ аректор, академик А.А. Гэарамия иџэажэара // Апсуа университет / Астатия акьыцхь иазирхиеит А.А. Чхамалия. № 1–2. 2018. Ад. 3.

## АҚӘРАНЫХӘА

### ЮБИЛЕИ

Э. Ш. Губаз

#### Ученый и патриот (Лесику Янковичу Айба – 70 лет)



Видному ученому, заслуженному деятелю науки Республики Абхазия, первому доктору сельскохозяйственных наук из абхазов, академику АНА, иностранному академику Российской академии наук, кавалеру ордена «Ахь-дз-Апша» II степени Лесику Янковичу Айба исполнилось 70 лет.

Лесик Айба родился и вырос в традиционной абхазской семье в селе Отхара Гудаутского района. Отец Янкуа и его супруга Шура Багателиа славились исключительным гостеприимством. Детство Лесика Янковича прошло в родном селе, в окружении добропорядочных односельчан, истинных носителей лучших черт этнической культуры.

В 1968 году Л. Я. Айба окончил Отхарскую среднюю школу и поступил на факультет агрономии Сухумского института субтропического хозяйства. После службы в Советской Армии на территории Германской демократической республики вернулся в Абхазию и был направлен на работу на Гудаутский фермзавод в должности начальника послеферментационного участка.

Впоследствии по рекомендации своего учителя и наставника – крупного ученого Виктора Дорофеевича Хишба – он приступает к работе в качестве лаборанта на Сухумской опытной станции субтропических культур Всесоюзного института растениеводства имени акад. Н.И. Вавилова. Сегодня он является генеральным директором научного предприятия – достойного преемника той самой Опытной станции.

С января 1981 по 1985 год Л.Я. Айба учится в аспирантуре Всесоюзного ордена Ленина научно-исследовательского института растениеводства им. акад. Н.И. Вавилова в Ленинграде. Он прошел блестящую школу ВНИИРа, где работали, без преувеличения, корифеи мировой сельскохозяйственной

науки – Д.Д. Брежнев, В.В. Витковский, Я.С. Нестеров, Г.В. Еремин и др. В тот же период он вместе со своим научным руководителем акад. Г.В. Ереминым – неперенный участник международных научных экспедиций по горным системам Памира и Тянь-Шаня.

Совместная работа со специалистами высочайшего профессионального уровня способствовали формированию Л.Я. Айба как ученого – исследователя и экспериментатора. Успешно окончив аспирантуру, в 1985 г. Лесик Янкович блестяще защищает в Ленинграде кандидатскую диссертацию на тему «Биолого-хозяйственная характеристика подвойных семенных форм персика из коллекции ВИРа». Именно он первым в СССР изучает биолого-хозяйственную характеристику подвойных семенных форм персика, выявляет и рекомендует направить наиболее перспективные для создания маточных семенных садов. По возвращении в Абхазию он работает на станции субтропических культур ВИРа сначала младшим научным сотрудником отдела плодовых культур, затем старшим научным сотрудником.

В 1991 году Л.Я. Айба направляют в качестве руководителя на Гудаутское научное предприятие, где под его началом были заложены промышленные посадки киви. Уже в те времена были очевидны перспективы этого фрукта, который ученые так и называли – фрукт XXI века. Впоследствии тем самым садом восхищался Первый Президент Абхазии Владислав Ардзинба, он посетил его во время Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг., дал высокую оценку работе научного коллектива и рекомендовал широко распространить эту уникальную культуру по всей Абхазии. «Введение в культуру нового вида растения – это самая большая заслуга, которую можно оказать своей стране», так охарактеризовал В.Г. Ардзинба работу Лесика Янковича Айба.

Между тем ученый посвятил изучению биологических и хозяйственных свойств киви три монографии и в 2005 г. защитил на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук диссертацию: «Научное обоснование технологии производства плодов актинидии китайской (киви) в Абхазии».

За 20 лет клоновой селекции культуры киви Л.Я. Айба получены новые голоплодные сорта: четыре женских («Победитель», «Апсны», «Отхара», «Гульриш») и один мужской – «Мачара». Эти сорта зарегистрированы и введены в каталог Субтропических культур Российской Федерации. Сегодня киви растет у многих жителей Абхазии на приусадебных участках, и урожаи его приносят немалый доход.

В 1992 году перспективного ученого назначают заместителем Министра сельского хозяйства республики. На этой должности он проработал до марта 1994 года, когда по решению Кабинета Министров РА его назначают генеральным директором научно-исследовательского Института сельского хозяйства Академии наук Абхазии.

Л.Я. Айба и сегодня успешно руководит деятельностью сложного, многопрофильного научного учреждения, коим является Институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии. Именно в стенах этого научного учреждения в полной мере раскрылись его таланты исследователя и организатора.

В разное время он возглавляет экспедиции по Закавказью и странам СНГ по сбору старых лесных сортов и форм плодовых культур и винограда. Более 1 000 образцов ценнейшего собранного материала обогатили коллекцию Института. (При этом бесценный генофонд культурных растений ГНУ ИСХ АНА является не только национальным достоянием Республики Абхазия, но и всей мировой сельско-хозяйственной науки). Внес Л.Я. Айба большой вклад и в теоретическую разработку и практическое внедрение плодовых культур и винограда в Абхазии. Вот уже почти 20 лет Л.Я. Айба является профессором Российского государственного аграрного университета им. Тимирязева (Москва), читает лекции по субтропическому плодоводству. В 2009 г. ему присвоено звание Почетный профессор Брянской государственной сельскохозяйственной академии. Акад. Л.Я. Айба – участник многих международных конференций в странах СНГ, на которых он достойно представляет отечественную науку.

Деятельность коллектива ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА» под руководством акад. Л.Я. Айба сыграла выдающуюся роль в сохранении и дальнейшем развитии всей интродукционной и акклиматизационной работы как в Абхазии, так и на всем Черноморском побережье Кавказа. Его научная, исследовательская и организационная работа способствовала теоретической разработке и практическому внедрению новых субтропических культур не только в Республике Абхазия, но и на Юге России. На научные работы Л. Я. Айба ссылаются видные ученые из разных стран мира. Сегодня он – единственный абхазский ученый, имеющий титул иностранного члена Росстийской академии наук.

На этапе становления Академии наук Абхазии Лесик Янкович был активным членом Правительственной комиссии Республики Абхазия по организации Академии, созданию и принятию ее Устава в 1997 году.

С 2010 по 2016 год работал первым вице-президентом Академии наук Абхазии, в настоящее время, является генеральным директором Института сельского хозяйства, членом президиума Академии, академиком-секретарем Отделения медико-биологических, сельскохозяйственных наук и наук о Земле.

Лесик Янкович – человек большой души, пользуется всеобщей любовью за искренность, сердечность и чувство юмора. Он – прекрасный рассказчик, объединяющий людей. И о работе он всегда говорит увлеченно, убедительно, с интересными примерами из практики. Все, кому довелось работать с Лесиком Янковичем, отмечают его необыкновенную доброжелательность. Он ценит в молодых коллегах профессионализм, умение разбираться в людях, организаторские способности в сочетании с творческой одаренностью.

Умение работать с людьми, замечать в каждом из них «искру Божью», превращать эти искры в пламя и позволило академику Л.Я. Айба создать свою научную школу. Под его руководством с 2005 года завершили учебу в аспирантуре по сельскохозяйственному направлению в различных учреждениях РФ 18 человек, из них девять успешно защитили кандидатские диссертации. Все они работают в Институте сельского хозяйства АНА в качестве ведущих специалистов. В то же время работать с Лесиком Янковичем Айба не так-то просто. Он всегда принципиален и требователен к подчиненным. Как, впрочем, и к себе. Все, кто трудился с ним, кто работает сегодня, знают, что дисциплина у него – на ведущем месте. Ученые разных поколений помнят, с какой скрупулезностью он редактировал научные тексты, требуя краткости и четкости в изложении.

Сегодня Лесику Янковичу – 70 лет. Для абхаза – зрелый возраст. Большие заслуги Л.Я. Айба как крупного ученого и общественного деятеля высоко оценены Правительством нашей страны. Он – заслуженный деятель науки Абхазии, награжден орденом «Ахьдз-Апша» II степени.

Свое 70-летие и 45-летие научно-педагогической деятельности Л.Я. Айба встречает в расцвете творческих сил. Нас, друзей и коллег, восхищает размах его работ по практическому внедрению достижений науки в практику сельскохозяйственного производства. Есть ученые, которые много экспериментируют, имеют немало научных публикаций, часто выступают в СМИ, а конкретных внедрений в производство, учеников, последователей, то есть своей школы у них нет. Лесик Янкович – пример обратного: впечатляющие результаты его научно-практической работы позволяют назвать его «конструктором растений».

Большую роль сыграл Лесик Янкович в расширении исследований по интродукции и акклиматизации, ресурсоведению, охране редких и исчезающих видов растений. Под его непосредственным руководством и при активном участии в разных районах республики заложены сотни гектаров плодовых садов и винограда. Вклад академика Л.Я. Айба в отечественную аграрную науку трудно переоценить. Его многогранный природный дар и профессионализм оказывает огромное влияние на развитие биологической и сельскохозяйственной науки в нашей стране и на Юге России.

От имени коллег, общественности Республики Абхазия мы желаем Лесику Янковичу Айба долгих лет жизни, доброго здоровья и плодотворной творческой работы на благо абхазской науки.

ПОРТРЕТЫ УЧЕНЫХ

*Л. М. Яковлева*

**НАУКА И ЖИЗНЬ БОРИСА ЛАПИНА**



30 апреля 2020 года ушел от нас Борис Аркадьевич Лапин. Ушел, не дожив до 99-летия трех месяцев. С уходом Бориса Аркадьевича мировая медицинская наука понесла тяжелую и невосполнимую утрату. Из прожитых 98 полных лет 71 год Борис Аркадьевич Лапин работал. И собирался жить и работать еще. Так он и сказал в одном из интервью: «До ста лет поработаю, а там – посмотрим!»

Родился Борис Аркадьевич 10 августа 1921 года в Харькове. С первых же дней Великой Отечественной войны он сражался за Родину – пилот, инструктор в воз-

душно-десантных войсках. После тяжелого ранения в 1943 году во время боев на Курской дуге в районе знаменитой Прохоровки потерял ногу, был демобилизован и в 1944 году поступил во 2-й Московский медицинский институт. Окончил его с отличием в 1949 году. До 1952-го – аспирантура, в 1953-м стал кандидатом медицинских наук (диссертация посвящена изучению механизмов развития инфаркта миокарда).

В 1952 году его направили в Сухум на Медико-биологическую станцию АМН СССР. Работал научным сотрудником, зав. лабораторией патологической анатомии, заместителем директора по научной работе. А в 1958 году Б.А. Лапин, назначенный директором, стал одним из инициаторов и участников преобразования Медико-биологической станции в Институт экспериментальной патологии и терапии (ИЭПиТ) АМН СССР, которым он с тех пор и руководил 33 года, до начала в 1992 году Отечественной войны народа Абхазии. Тогда он был вынужден в тяжелейших условиях вывезти часть

научного коллектива и часть питомника обезьян в Адлер, где был создан Институт медицинской приматологии АМН Российской Федерации. Он становится директором и этого научного учреждения.

В 2013 году, проработав в общей сложности 55 лет руководителем крупнейшего, практически единого научного центра – сухумский ИЭПиТ и адлерский НИИ медицинской приматологии – Борис Аркадьевич решением Президиума Академии медицинских наук РФ был утвержден научным руководителем адлерского НИИ. И в этом «звании» он проявлял себя самым активным образом до конца жизни.

В 1959 году Б.А. Лапин защитил докторскую диссертацию, в 1962 году получил звание профессора, стал членом-корреспондентом, а с 1974 года – и действительным членом Академии медицинских наук СССР. В течение 30 лет он возглавлял Комитет по медико-биологическим исследованиям на приматах при Президиуме АМН.

Он – академик Академии естественных наук РФ, действительный член Международной академии астронавтики, действительный член Международной академии наук, Иностраный член Академии наук Абхазии. Трудно перечислить все отечественные и зарубежные научные общества, в которых состоял и активно работал Борис Аркадьевич.

Круг его научных интересов был связан с изучением патологии сердечно-сосудистой системы, коронарной недостаточности и инфаркта миокарда, биологии и сравнительной патологии приматов, экспериментальной онкологии и онко-вирусологии. Многие результативные исследования Борисом Лапиным проводились совместно с верным спутником жизни профессором Лилитой Яковлевой (Л. Яковлевой, к сожалению, тоже уже нет в живых).

За участие в работах по космической биологии и медицине в составе коллектива Б.А. Лапин был удостоен премии Правительства Российской Федерации, в 2002 году за цикл исследований на обезьянах – Государственной премии РФ по науке и технике вместе с коллективом авторов.

Под руководством Бориса Аркадьевича выполнено 37 кандидатских и 18 докторских диссертаций. Он – автор и соавтор 15 монографий и более 750 научных публикаций.

У него много наград: ордена Отечественной войны I и II степеней, орден Ленина, два ордена Трудового Красного Знамени, орден «Знак почета», орден «За заслуги перед Отечеством» III степени, орден Почета и 17 медалей.

Авторитет Б.А. Лапина в мировой науке велик, он – основоположник научного направления медицинской приматологии, его исследования заложили фундамент научной школы этого направления. Борис Аркадьевич внес огромный вклад в успешную реализацию совместных российско-американских программ в области космической биологии. Его большой заботой была

подготовка научных кадров – многочисленные ученики Лапина возглавляют сегодня научные коллективы в России, странах ближнего и дальнего зарубежья. Его любили за преданность науке, за доброту, обаяние, человеколюбие, умение понять и помочь, за бескорыстие. Джеффри Робертс из США, выступая на адлерской конференции, сказал, что в ученом мире за Лапиным закрепилось «звание»: прадедушка приматологии.

До последних дней жизни академик Б. А. Лапин был связан с сухумским институтом, когда-то созданным им самим – с ГНУ «НИЭПиТ АНА», опекал абхазских молодых ученых, оказывал методическую помощь.

Борис Аркадьевич Лапин часто повторял: «40 лет я проработал в Абхазии, в Сухуме. Я не могу забыть эти годы, годы большого творческого подъема, во многом поддерживаемого моими абхазскими друзьями и коллегами, годы взаимопонимания, единомыслия. Я не могу забыть жителей Абхазии, их доброе отношение ко мне. Часть моего сердца всегда там».

И мы в Абхазии ценим эти слова Бориса Аркадьевича Лапина, как и весь его огромный плодотворный жизненный путь.



## **ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА СПИРИДОНОВИЧА БАРКАЯ**

24 января 2020 года не стало старейшего сотрудника Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии Академии наук Абхазии, заместителя директора этого института по науке, руководителя



отдела патофизиологии крови, кандидата медицинских наук, профессора Абхазского государственного университета, педагога, члена-корреспондента Российской академии естественных наук Владимира Спиридоновича Баркая.

Владимир Спиридонович Баркая родился 13 декабря 1928 года в Сухуме. Поступил во 2-й Московский медицинский институт им. Н.И. Пирогова. По окончании вуза в 1958 году был реко-

мендован 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 гемопозза на ожоговую травму.

В 1961 году В.С. Баркая вместе с супругой З.В. Шевцовой возвращается в Абхазию, в родной город, 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 были 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 аутотрансплантатов кроветворной ткани из локально защищенных (посредством экрана) участков костного мозга обезьян, облученных  $\gamma$ -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 аутотрансплантаты 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.

Данные, полученные В. С. Баркая в процессе исследований по сравнительной характеристике патологических процессов, формирующихся как при кратковременном остром, так и при пролонгированном облучении  $\gamma$ -лучами низкой интенсивности, 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 X Симпозиума социалистических стран по космической биологии и медицине.

В процессе исследований В.С. Баркая удалось получить и охарактеризовать модель фракционированного облучения малыми дозами  $\gamma$ -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.

Особенно велик личный вклад Владимира Спиридоновича Баркая как ученого и человека в становление Научно-исследовательского института экспериментальной патологии и терапии (НИИЭПТ) после Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. 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, часть животных погибла.

Между тем сам Владимир Спиридонович Баркая и его супруга – ныне доктор наук, академик Академии наук Абхазии Зинаида Всеволодовна Шевцова остались верны своему институту. И хотя Абхазии была объявлена блокада, не было даже телефонного и почтового сообщения, тем не менее коллеги, работавшие в ведущих научных учреждениях России, узнав, что

НИИЭПиТ в Сухуме жив, что в нем продолжается работа, что Владимир Баркая на месте, спешили на помощь. Первые контакты были установлены с Гематологическим научным центром и Институтом эндокринологии Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Взяв на себя ответственность за научную и научно-организационную деятельность института, В.С. Баркая находил силы и на научную работу. В комплексных исследованиях ряда лабораторий института под руководством В.С. Баркая был получен уникальный материал о тяжелых последствиях влияния стрессорных факторов военного и послевоенного времени на организм обезьян и о сроках восстановления их соматического здоровья. Были разработаны и охарактеризованы: модель «донора», полученная экстракцией 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 и многое другое.

Был также 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).

Как профессор базовой кафедры биологического факультета Абхазского государственного университета В.С. Баркая на протяжении многих лет читал лекции и успешно руководил дипломными работами студентов, готовил специалистов лабораторного дела – врачей-биохимиков.

Не поддается оценке роль Владимира Спиридоновича Баркая в подготовке молодой научной смены в послевоенный период. Помогая молодым коллегам в работе, он щедро делился собственными научными наработками, без малейшего сожаления расставаясь с частью материала, которого, как считали коллеги, хватило бы не на одну, а как минимум на две докторские диссертации.

Не верится, что мы больше не услышим его требовательного голоса, сразу настраивающего на ответственное отношение к делу. Владимир Спиридонович останется с нами навсегда – в своих учениках, в учениках учеников, и в их учениках в будущем.

## НАУЧНЫЕ ИДЕИ ЖИВЫ И БУДУТ РЕАЛИЗОВАНЫ



24 июля 2020 года ушел из жизни наш старший коллега и товарищ, заслуженный деятель науки Республики Абхазия Вадим Владимирович Медведовский.

Жизнь и деятельность ученого – это особое творчество, представляющее, по сути, непрерывное накопление знания, и лишь частично переполняющие человека знания и идеи оказываются отраженными в его работах и публикациях. Большая же часть знаний, подобно подводной части айсберга, остается в самом человеке и уходит с ним. Наверное поэтому после ухода ученого всегда остается ощущение пустоты, заполнить которую так и не удается.

Для Вадима Владимировича Медведовского процесс обретения, накопления знаний был творческим вдвойне, тройне... И столь же щедро делился он всем, что знал, с учениками и коллегами.

Вадим Владимирович родился 1 ноября 1934 года на Украине, в поселке Клевань Ровенской области, в семье рабочего. В 1952 году поступил в Одесский гидрометеорологический институт, который окончил в 1957-м по специальности «океанология». Судьбу Вадима Медведовского решила преддипломная практика в Сухуми: он понял, что именно здесь его научная жизнь будет насыщенной, интересной и принесет пользу родной стране. По окончании института он получил распределение на Научную морскую станцию Акустического института Академии наук СССР (в дальнейшем станция стала именоваться Сухумским филиалом НИИ «Атолл», потом – Гидрофизическим институтом Академии наук Абхазии, Институтом экологии АНА). Буквально каждый день работы – все 63 года – для Вадима Владимировича был наполнен важными исследованиями, требующими сосредоточенности, серьезных научных знаний и постоянной работы над собой.

Тематика исследований, в которых Вадим Владимирович участвовал в течение всех этих десятилетий, была необычайно широкой. Большая часть

работ проводилась в интересах Военно-морского флота СССР, часть – в интересах рыбного хозяйства (оптимизация условий применения рыбопоисковой аппаратуры – гидролокаторов и эхолотов – для обнаружения скоплений морских организмов: рыб, ракообразных, китов и т. п.).

Группа ученых во главе с В.В. Медведовским исследовала изменчивость морской среды, оказывающей влияние на гидроакустические процессы. Объектами исследований были параметры и изменчивость физических и химических свойств вод Атлантического, Тихого и Северного ледовитого океанов и примыкающих к ним морей.

Если сложить время, проведенное В.В. Медведовским в многомесячных экспедициях на научно-исследовательских судах (а это 16 экспедиций!), то в общей сложности получается, что в море он провел 12 лет. 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 занимал снимок 1959 года, на котором запечатлен момент, когда они с товарищами поднимают над Северным полюсом флаг тогда еще Абхазской автономной советской социалистической республики. Вадим Владимирович рассказывал, как во время дрейфа экспедиции на ледовой станции «Северный полюс» они сшили этот флаг сами, с трудом, но все-таки подобрали нужные цвета.

В числе значимых экспедиций он с гордостью называл участие в боевом походе кораблей ВМФ в Атлантическом океане в 1972 году, а также экспедицию в Атлантике по программе «Polex» в 1976-м.

В течение всего периода работы В.В. Медведовский организовывал и проводил исследования гидрологических и гидрохимических характеристик водных масс абхазской акватории Черного моря.

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.

Здесь же, в Абхазии, Вадим Владимирович создал семью. Предметом его особой гордости являлись двое внуков – сыновья дочери Маргариты. Об их способностях и успехах в области программирования Вадим Владимирович всегда рассказывал с нескрываемым удовольствием.

Во время Отечественной войны народа Абхазии 1992–1993 гг. много бесценного научного материала было потеряно и пропало безвозвратно. Однако некоторые какие-то работы Вадиму Владимировичу удалось восстановить – по отрывочным записям.

В период с 1995 по 2001 год В.В. Медведовский возглавлял информационно-аналитический отдел Государственного комитета по экологии Республики Абхазия, где пригодился его огромный опыт и бесценные знания морской среды и природы.

С 2001 года В.В. Медведовский работал старшим научным сотрудником Гидрофизического института АНА, который с 2017 года вошел в Государственное научное учреждение «Институт экологии АНА».

С 2006 года В.В. Медведовский в качестве старшего преподавателя географического факультета Абхазского государственного университета читал студентам лекции по геологии, геоморфологии и гидрологии.

Вся жизнь Вадима Владимировича служит образцом преданности стране, науке и учреждению, в котором он начал работать молодым человеком и которому отдал все свои силы и энергию научного творчества.

Светлая память о Вадиме Владимировиче навсегда останется в наших сердцах, а реализацию его идей продолжат последователи – молодые ученые Абхазии.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

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 быть пронумерован и иметь титульную страницу.
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.

### **Образец 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. 168

**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 должны быть высокого качества и представляются в электронном варианте. 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).



---

**АВТОРЦӘА ИРЫЗКНЫ**

---

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

***Авидзба Валерий Борисович*** – кандидат технических наук, главный винодел Компании «Вина и воды Абхазии»; E-mail: [elist-trat@yandex.ru](mailto:elist-trat@yandex.ru)

***Авидзба Мадина Анатольевна*** – зав. отделом плодородства ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА» E-mail: [avidzba80@mail.ru](mailto:avidzba80@mail.ru)

***Адзынба Юра Джабович*** – главный агроном Компании «Вина и Воды Абхазии»; E-mail: [elist-trat@yandex.ru](mailto:elist-trat@yandex.ru)

***Айба Вахтанг Шутиевич*** – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом виноградарства ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА», старший преподаватель кафедры агрономии АГУ; E-mail: [elist-trat@yandex.ru](mailto:elist-trat@yandex.ru)

***Айба Лесик Янкович*** – доктор сельскохозяйственных наук, академик АНА, директор ГНУ «Институт сельского хозяйства АНА»;  
Телефон: +7(940) 9215766; E-mail: [kivi\\_50@mail.ru](mailto:kivi_50@mail.ru)

***Анкваб Ахра Владимирович*** – старший преподаватель кафедры Абхазской литературы Абхазского государственного университета; E-mail: [acikubar@gmail.com](mailto:acikubar@gmail.com)

***Ахсалба Асида Константиновна*** – кандидат физико-математических наук, начальник отдела гидрометеорологического и экологического мониторинга ГНУ «Институт экологии АНА»; E-mail: [asida\\_cen@mail.ru](mailto:asida_cen@mail.ru)

***Антонова Ирина Сергеевна*** – доцент кафедры геоботаники экологии растений биологического факультета Санкт-Петербургского государственного университета; E-mail: [ulmaceae@mail.ru](mailto:ulmaceae@mail.ru)

***Бебия Сергей Михайлович*** – доктор биологических наук, профессор, академик АНА, зав. отделом интродукции растений ГНУ «Ботанический институт АНА»; E-mail: [bebia\\_sergei@mail.ru](mailto:bebia_sergei@mail.ru)

**Губаз Эдуард Шамильевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, директор ГНУ «Ботанический институт АНА»; E-mail: [eduard\\_gubaz@mail.ru](mailto: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; E-mail: [romandbar@mail.ru](mailto:romandbar@mail.ru)

**Джакония Елена Феликсовна** – научный сотрудник отдела интродукции и и.о. ученого секретаря ГНУ «Ботанический институт АНА»; E-mail: [elena\\_djakonia@mail.ru](mailto:elena_djakonia@mail.ru)

**Джокуа Анна Арсеновна** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией физиологии и патологии высшей нервной деятельности ГНУ «Институт экспериментальной патологии и терапии АНА»;

**Елистратов Валерий Павлович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник гидрофизического и гидрографического отдела Государственного научного учреждения «Институт экологии АНА»; E-mail: [elist-trat@yandex.ru](mailto:elist-trat@yandex.ru)

**Жиба Роман Юрович** – начальник отдела динамики береговых процессов и карстологии ГНУ «Институт экологии АНА»; E-mail: [romazb@mail.ru](mailto:romazb@mail.ru)

**Ильницкая Елена Тарасовна** – заведующая лабораторией сортоизучения и селекции винограда ФГБНУ «Северокавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия»; E-mail: [ilnitskaya79@mail.ru](mailto:ilnitskaya79@mail.ru)

**Каландия Теона Зурабовна** – кандидат биологических наук, заведующая клинико-химической лабораторией ГНУ «НИЦ курортологии и нетрадиционной медицины имени А. Куджба АНА», доцент кафедры физиологии человека, животных и химии биолого-географического факультета АГУ; E-mail: [tea\\_78@mail.ru](mailto:tea_78@mail.ru)

**Кенигсбергер Генрих Викторович** – заместитель директора по науке, начальник отделения гидрофизики и гидрографии ГНУ «Институт экологии АНА»; E-mail: [kenigsbergger@mail.ru](mailto:kenigsbergger@mail.ru)

**Кирия Михаил Семенович** – заведующий отделом ГНУ «Институт экологии АНА»; E-mail: [m.kiriya@yandex.ru](mailto:m.kiriya@yandex.ru)

**Кокоша Людмила Васильевна** – кандидат биологических наук, заместитель директора НИЦ курортологии и физиотерапии им. А. Куджба; E-mail: [balneology@yandex.ru](mailto:balneology@yandex.ru)

**Кременецкая Мария Вячеславовна** – студентка 1 курса магистратуры биологического факультета Санкт-Петербургского государственного университета; E-mail: [kremenmasha@gmail.com](mailto:kremenmasha@gmail.com)

**Лейба Виталий Датикович** – директор Абхазской научно-исследовательской лесной опытной станции; E-mail: [abnilos@rambler.ru](mailto:abnilos@rambler.ru)

**Макаркина Марина Викторовна** – младший научный сотрудник лаборатории сортоизучения и селекции винограда ФГБНУ «Северокавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия»; E-mail: [Konec\\_citatu@mail.ru](mailto:Konec_citatu@mail.ru)

**Марколия Анатолий Иванович** – доктор физико-математических наук, член-корреспондент АНА, генеральный директор ГНУ «Сухумский физико-технический институт АНА»; E-mail: [gnpo\\_sfti@mail.ru](mailto:gnpo_sfti@mail.ru)

**Мархолия Валерий Владимирович** – начальник отдела экологического мониторинга Новоафонского пещерного комплекса им. Г.Ш. Смыр; E-mail: [n.a.cav@mail.ru](mailto:n.a.cav@mail.ru)

**Михеев Василий Иванович** – начальник отдела морского приборостроения ГНУ «Институт экологии АНА»; E-mail: [ie-ana.ru](mailto:ie-ana.ru)

**Начкебия Ханна Адгуровна** – помощник вице-президента АНА, администратор сайта; E-mail: [khannanachkebia@mail.ru](mailto:khannanachkebia@mail.ru)

**Осия Астанда Владимировна** – кандидат биологических наук, сотрудник НИЦ курортологии и физиотерапии им. А. Куджба; E-mail: [balneology@yandex.ru](mailto:balneology@yandex.ru)

**Осия Отар Владимирович** – директор НИЦ курортологии и физиотерапии им. А. Куджба; E-mail: [balneology@yandex.ru](mailto:balneology@yandex.ru)

**Попов Олег Евгеньевич** – старший научный сотрудник Института физики атмосферы РАН им. А.М. Обухова; E-mail: [olegp@mail.ru](mailto:olegp@mail.ru)

**Пустоварова Ольга Валерьевна** – заместитель директора ГУ «Абхазский государственный центр экологического мониторинга»; E-mail: [olgapustov@mail.ru](mailto:olgapustov@mail.ru)

**Сизов Иван Иванович** – кандидат физико-математических наук, начальник отдела гидрофизических исследований ГНУ «Институт экологии АНА»; E-mail: [sizov@yandex.ru](mailto:sizov@yandex.ru)

**Соловьева Юлия Петровна** – заслуженный журналист Республики Абхазия, начальник редакционно-издательского отдела АНА; E-mail: [julis17@yandex.ru](mailto:julis17@yandex.ru)

**Строчан Тимур Петрович** – научный сотрудник отдела гидрофизики и гидрографии ГНУ «Институт экологии АНА»; E-mail: [strochan.timur@rambler.ru](mailto:strochan.timur@rambler.ru)

**Тимошенко Анатолий Павлович** – кандидат физико-математических наук, начальник научного отдела (вакуумно-плазменных технологий) Государственного научного учреждения «Сухумский физико-технический институт АНА»; E-mail: [timanat1@mail.ru](mailto:timanat1@mail.ru)

**Титов Иван Юрьевич** – мл. научный сотрудник отдела интродукции растений ГНУ «Ботанический институт АНА»; E-mail: [titov\\_ivan86@mail.ru](mailto:titov_ivan86@mail.ru)

**Хагба Герман Семенович** – старший преподаватель кафедры общей физики Абхазского государственного университета; E-mail: [Khagba65@mail.ru](mailto:Khagba65@mail.ru)

**Хачева Софья Илларионовна** – старший научный сотрудник отдела биотических исследований Института экологии АНА, старший преподаватель кафедры экологии и морфологии животных АГУ; E-mail: [khacheva2014@yandex.ru](mailto:khacheva2014@yandex.ru)

**Хинтуба Лолита Вячеславовна** – аспирантка первого года по ГНУ «Институт экологии АНА», старший лаборант лаборатории на базе кафедры прикладной физики Абхазского государственного университета; E-mail: [LolitaKhintuba@yandex.ru](mailto:LolitaKhintuba@yandex.ru);

**Цвижба Рашид Адамурович** – студент 1 курса магистратуры биолого-географического факультета Абхазского государственного университета; E-mail: *rachidtzvidjba@mail.ru*

**Червяцова Ольга Яковлевна** – научный сотрудник ФГБУ «Государственный заповедник «Шульган-Таш»; E-mail: *kittary@yandex.ru*

**Шеремет Ирина Петровна** – кандидат биологических наук, заведующая кафедрой физиологии человека, животных и химии биолого-географического факультета АГУ; E-mail: *tea\_78@mail.ru*;

**Экба Январби Алиевич** – доктор физико-математических наук, академик АНА, вице-президент АНА, заместитель директора Института экологии АНА; E-mail: *ekba-yan@yandex.ru*

**Яковлева Лилиана Михайловна** – заведующая отделом газеты «Республика Абхазия», заслуженный журналист Республики Абхазия

## CONTENT

### PHYSICO-MATHEMATICAL AND TECHNICAL SCIENCES

- Markolia A. I., Timoshenko A. P.* Development of the formation and deposition of a switching layer of nickel on flat surfaces of aluminum and molybdenum . . . . . 11
- Markolia A. I., Timoshenko A. P.* Testing and selection of the optimal geometry of the magnetic field for a setup with a magnetron sputtering system . . . . . 23
- Kenigsberger G. V., Mikheev V. I., Popov O. E.* Three-element receiving system as a measuring instrument of the direction of arrival of the sound field in conditions of horizontal refraction . . . . . 31
- Khagba G. S.* Determination of the temperature field of a two-layer cylindrical thermoelement based on Bi<sub>2</sub> Te<sub>3</sub> in the stationary case . . . . . 39
- Khagba G. S.* Determination of the non-stationary temperature field during ablation - melting of a solid matter based on Bismuth (Bi) by the integral method in the one-dimensional case . . . . . 48

### BIOMEDICAL, AGRICULTURAL AND GEOSCIENCES

- Dzhokua A. A.* Long-term consequences of war-time craniocerebral injuries (according to the data of electroencephalographic examinations of participants in the Patriotic War of the people of Abkhazia 1992-1993) . . . . . 58
- Kalandia T. Z., Sheremet I. P.* Study of antibodies to helminths and the prevalence of helminthiasis among residents of the Republic of Abkhazia . . . . . 61
- Kokosha L. V., Pustovarova O. V., Osiya A. O., Osiya O. V.* «Auadkhara» mineral water . . . . . 75
- Kokosha L. V., Pustovarova O. V., Osiya A. O., Osiya O. V.* «Primorskaya-2» mineral water . . . . . 93
- Tsvizhba R. A.* Mosses flora dissemination along the vertical vegetation zones of Abkhazia . . . . . 105
- Bebiya S. M., Dzhakonia E. F., Titov I. Yu., Leyba V. D.* Giant tree in the Pskhu-Gumista nature reserve . . . . . 113
- Antonova I. S., Kremenetskaya M. V., Leyba V. D.* Peculiarities of early ontogenetic states of *Quercus myrsinifolia* Blume introduced in the Republic of Abkhazia . . . . . 118
- Antonova I. S., Tolchennikova I. O.* To the question of the potential use of *Myrica rubra* in the Republic of Abkhazia . . . . . 125
- Dbar R. S., Kiriya M. S.* Red palm weevil in Abkhazia: invasion, spread and control measures . . . . . 135

<i>Khacheva S. I.</i> Xylotrophic fungi - indicators of the state of forest ecosystems of the Republic of Abkhazia . . . . .	142
<i>Ayba L. Ya.</i> At the origins of subtropical crop production in Abkhazia . . . . .	157
<i>Ilitskaya E. T., Makarkina M. V., Ayba V. Sh., Avidzba V. B., Avidzba M. A., Adzynba Yu. D.</i> DNA-certification of Amlahu grape plants in the collection of «Wines and Waters of Abkhazia» LLC . . . . .	167
<i>Ekba Ya. A., Akhsalba A. K., Khintuba L. V., Nachkebia Kh. A.</i> Variability of the main climate-forming factors on the territory of Abkhazia during the period of global warming . . . . .	172
<i>Ekba Ya. A., Dbar R. S., Chervyatsova O. Ya., Markholia V. V.</i> Temperature regime of karst caves under the influence of natural factors . . . . .	184
<i>Ekba Ya. A., Dbar R. S., Akhsalba A. K., Chervyatsova O. Ya.</i> Sources of radon radiation in karst caves of the Republic of Abkhazia . . . . .	197
<i>Dbar R. S., Strochan T. P., Zhiba R. Yu.</i> Dangerous natural phenomena on the territory of Abkhazia. Risk assessment with the use of GIS technologies . . . . .	208

## ANNIVERSARIES

<i>Gubaz E. S.</i> Scholar and patriot (70th anniversary of Lesik Yankovich Aiba) . . . . .	231
<i>Ankvab A. V.</i> National education should become the main goal of the state . . . . .	237
<i>Gubaz E. S.</i> On a first-name basis with the nature. To the 80th anniversary of academician S.M. Bebiya . . . . .	242

## PORTRAITS OF SCHOLARS

<i>Yakovleva L. M.</i> . Science and life of Boris Lapin . . . . .	246
<i>Solovyova Y. P.</i> In memory of Vladimir Spiridonovich Barkai . . . . .	249
<i>Dbar R. S.</i> Scientific ideas are alive and will be realized . . . . .	252
Information about the authors . . . . .	255
Information for authors / List of authors . . . . .	257

**Ацсны Атцаарадыррақәа ракадемиа  
Адыррағара**

Асериа «Ацсабаратә тцаарадыррақәа»

**№ 10**

**Вестник  
Академии наук Абхазии**

Серия «Естественные науки»

Редакторы: *М. Г. Квициния, Ю. С. Соловьева,  
Г. А. Страничкина, С. О. Хаджим,*

Технический редактор *К. Р. Бигвава*

Компьютерная верстка *К. Р. Бигвава*