



**ТРУДЫ
КАРАДАГСКОЙ
НАУЧНОЙ СТАНЦИИ
им. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО –
ПРИРОДНОГО
ЗАПОВЕДНИКА РАН**

Выпуск 3(7)

2018

УДК 06 (477.75)

Главный редактор: Р. В. Горбунов, канд. геогр. наук
Заместитель главного редактора: Н. С. Костенко, канд. биол. наук
Ответственный редактор: В. И. Мальцев, канд. биол. наук
Технические редакторы: Т. Ю. Горбунова, Л. В. Знаменская

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

П. Н. Баранов, д-р геол.-минерал. наук,
д-р геол. наук
М. М. Бескаравайный, канд. биол. наук
В. А. Боков, д-р геогр. наук
Ю. И. Будашкин, канд. биол. наук
Б. А. Вахрушев, д-р геогр. наук
Ю. В. Глибин
С. Б. Гулин, д-р биол. наук
Н. А. Давидович, канд. биол. наук
А. В. Ена, д-р биол. наук
Е. И. Ергина, д-р геогр. наук
С. П. Иванов, д-р биол. наук
В. В. Майко, д-р. ист. наук
В. А. Миноранский, д-р с.-х. наук
Е. Л. Неврова, д-р биол. наук

А. А. Пасынков, д-р геол.-минерал. наук
Э. Б. Петрова, д-р ист. наук
Ю. В. Плугатарь, чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук
Е. А. Позаченюк, д-р геогр. наук
М. А. Поляков, канд. биол. наук
В. В. Рожнов, академик РАН, д-р биол. наук
А. А. Родионов, канд. ист. наук
И. И. Руднева, д-р биол. наук
Ю. А. Силкин, канд. биол. наук
Т. Н. Смекалова, д-р ист. наук
А. А. Солдатов, д-р биол. наук
А. В. Фатерыга, канд. биол. наук
В. В. Фатерыга, канд. биол. наук
И. В. Флоринский, д-р техн. наук
А. Л. Чепалыга, д-р геогр. наук

Все материалы, подаваемые в «Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН», проходят двойное независимое анонимное рецензирование

Адрес редакции

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»
ул. Науки, 24, пгт Курортное, г. Феодосия, Республика Крым, 298188
Телефон +7 36562 26212
E-mail: karadag.trudy@yandex.ru

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН», 2018

Ассоциация по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных
«ЖИВАЯ ПРИРОДА СТЕПИ»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«КАРАДАГСКАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ им. Т.И.ВЯЗЕМСКОГО –
ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК РАН»

ТРУДЫ КАРАДАГСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ им. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО – ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА РАН

Научный журнал

Основан в мае 2016 г.

Периодическое издание

Выходит 4 раза в год

Выпуск 3 (7)
2018

СОДЕРЖАНИЕ

Изучение биоразнообразия и экологический мониторинг

- Белич Т.В., Садогурский С.Е., Садогурская С.А.* Ревизия флоры макрофитов заповедника «Мыс Мартьян» 3
- Бескаравайный М.М.* О многолетних изменениях гнездовой авифауны Карадага (Юго-Восточный Крым) 22
- Логоминова И.В., Агафонов А.В., Горбунов Р.В.* Этолого-акустические исследования белобочек (*Delphinus delphis ponticus* Varabasch-Nikiforov, 1935) в акваториях Юго-Восточного побережья Крыма 35

Географические, геологические и палеонтологические исследования

- Горбунов Р.В., Кузнецов А.Н., Лебедев Я.О., Горбунова Т.Ю., Котлов И.П., Хой Н.Д.* О некоторых особенностях структуры и функционирования горных тропических лесных ландшафтов Центрального Вьетнама и необходимости создания ландшафтно-экологического стационара 43
- Федоров В.М., Залиханов А.М.* Анализ изменения ледовых ресурсов Центрального Кавказа. 68
- Зуев А.В., Глибин Ю.В., Гасников С.В., Фролова Т.А.* Проявление континентальности климата в пределах Карадагской горной группы 85

Исторические, археологические и искусствоведческие исследования

- Адамень Ф.Ф., Щербина А.Д.* Деятельность научно-исследовательского института «Крымская астрофизическая обсерватория» в рамках проекта «Спектр-УФ» 94

Хроники

- Гулин Сергей Борисович* 101
- Сведения об авторах.* 103

Association for the Conservation and Recovery of Rare and Endangered Animals
«LIVING NATURE OF THE STEPPE»

Federal State Budget Scientific Institution
«T.I. VYAZEMSKY KARADAG SCIENTIFIC STATION –
NATURE RESERVE OF THE RAS»

PROCEEDINGS OF T.I. VYAZEMSKY KARADAG SCIENTIFIC STATION – NATURE RESERVE OF THE RAS

Scientific Journal

Established in May 2016

Periodical

Issued 4 times a year

Issue 3 (7)
2018

CONTENT

Biodiversity Researches and Environmental Monitoring

- Belich T.V., Sadogurskiy S.Ye., Sadogurskaya S.A.* **Revision Flora of Makrofytes of the «Mys Martyan» Nature Reserve** 3
- Beskaravajnyj M.M.* **About Long-Term Changes of the Karadag Nested Avifauna (South-East Crimea)** 22
- Logominova I.V., Agafonov A.V., Gorbunov R.V.* **Ethological-Acoustic Researches Of Common Dolphins (*Delphinus delphis ponticus* Barabasch-Nikiforov, 1935) in the Water Area of the Southeast Coast of Crimea** 35
-

Geographical, Geological and Paleontological Researches

- Gorbunov R.V., Kuznetsov A.N., Lebedev Ya.O., Gorbunova T.Yu., Kotlov I.P., Hoi N.D.* **About Some Peculiarities of Structure and Functioning of Mountain Tropical Forest Landscapes of Central Vietnam and Necessity of Creation of Landscape-Ecological Stationary** 43
- Fedorov V. M., Zalikhanov A. M.* **The Analysis of Changes in Glaciation of the Central Caucasus** 68
- Zuev A.V., Glibin Y.V., Gasnilov S.V., Frolova T.A.* **Display of Continental Climate within the Karadag Mountain Group** 85
-

Historical, Archaeological and Art Researches

- Adamen F.F., Shcherbina A.D.* **Activity of Scientific Research Institute "Crimean Astrophysical Observatory" within the Framework of the Project "Spectr-UV"** 94
-

Chronicles

- Gulin Sergey Borisovich* 101
-

- Information about the authors* 103
-

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

УДК 581.526.323 (477.75)

РЕВИЗИЯ ФЛОРЫ МАКРОФИТОВ ЗАПОВЕДНИКА «МЫС МАРТЬЯН»

Белич Т.В., Садогурский С.Е., Садогурская С.А.

*ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», пгт Никита, г. Ялта, Республика Крым, Российская Федерация,
e-mail: tbelich@yandex.ru; ssadogurskij@yandex.ru; sadogurska@yandex.ru*

Представлены итоги многолетнего изучения макрофитобентоса морской акватории заповедника «Мыс Мартьян», расположенного на Южном берегу Крыма. Приведены основные характеристики псевдолиторального и сублиторального макрофитобентоса на разных грунтах. Номенклатурно-таксономическая ревизия показала, что у берегов заповедника флора макрофитов насчитывает 142 вида и внутривидовых таксона (ВВТ) макроводорослей и морских трав, что составляет около трети флоры макрофитов Черного моря: Chlorophyta – 33 в т.ч. 1 ВВТ (представители одного класса, 4 порядков, 10 семейств, 15 родов); Ochrophyta – 29 в т.ч. 2 ВВТ (представители одного класса, 7 порядков, 12 семейств и 20 родов); Rhodophyta – 78 в т.ч. 2 ВВТ (представители 4 классов, 16 порядков, 20 семейств и 42 рода); Tracheophyta – 2 (один класс, один порядок, одно семейство и один род). Преобладают олигосапробные (56%), коротковегетирующие (67%) виды. К раритетной фракции относятся 34 вида и ВВТ.

Ключевые слова: Черное море; Крымский полуостров; макрофитобентос; видовой состав; заповедник; мыс Мартьян.

Введение

Южный берег Крыма (ЮБК) образует обособленную физико-географическую область, расположенную между Главной горной грядой и берегом Черного моря на крайнем юге Крымского полуострова. Узкой полосой (от двух до 12 км шириной) он простирается от мыса Фиолент на западе до мыса Ильи на востоке (Ена, 1983). Данный район отличается высоким ландшафтным и биологическим разнообразием, а также обилием объектов культурно-исторического наследия, при этом именно здесь локализована рекреационно-туристическая и транспортная инфраструктура, а плотность населения наиболее высока. В результате степень антропогенной трансформации береговой зоны ЮБК значительна и продолжает возрастать. К настоящему времени 65 % побережья забетонированы, а не закрепленными остаются фактически лишь мысовые области (Современное состояние..., 2015). Поэтому фрагменты берега с сохранившимися естественными ландшафтами и коренной или близкой к ней растительностью остались в труднодоступных местах, в т.ч. у скальных мысов, которые в итоге приобретают чрезвычайную экологическую ценность (Садогурский и др., 2016; Садогурский и др., 2017). К таковым относится и мыс Мартьян (в переводе с древнегреческого – свидетель, новогреческого – ученик Христа, мученик (Черкасов, 2012)). В 1973 г. на базе Никитского ботанического сада был создан одноименный Государственный природный заповедник (с 2015 г. функционирует как природный парк). Он расположен на восточном замыкании Ялтинского горнолесного амфитеатра и имеет следующие координаты: нижняя (морская) граница – 44⁰30' с.ш., верхняя (на высоте 240 м н.у.м.) – 44⁰31' с.ш., западная – 34⁰15' в.д., восточная – 34⁰16' в.д. Общая площадь ООПТ – 2,4 км² и половину ее составляет прибрежная акватория Черного моря

(рис. 1). В заповеднике сохраняется эталонный природный комплекс ЮБК, включающий уникальный участок реликтового леса, близкого по составу и структуре средиземноморскому маквису и прибрежно-морские сообщества с типичной донной растительностью.



Рис. 1. Общий вид морского побережья заповедника «Мыс Мартьян» (фото авторов)

Изучение морского фитобентоса окрестностей Никитского сада было начато в XIX веке Г. Шперком (Шперк, 1869) и К. Декенбахом (в гербарии YALT хранятся его сборы 1890–1892 гг.), продолжено В. Черновым в 20-х гг. прошлого столетия (Чернов, 1929).

С созданием заповедника началось планомерное изучение морской фитобиоты этого уникального участка побережья (Погребняк, Маслов, 1976; 1980). К 1998 г. был собран обширный материал, что позволило провести инвентаризацию фитобентоса заповедной акватории. Было указано 127 видов водорослей-макрофитов и два вида морских трав: Chlorophyta – 31, Ochrophyta – 25, Rhodophyta – 71 и Tracheophyta – 2 (Маслов и др., 1998). К 2006 г. появились сведения о 137 видах водорослей: Chlorophyta – 36, Ochrophyta – 28, Rhodophyta – 73, (Белич и др., 2006). Последняя инвентаризация макрофитобентоса показала 138 видов водорослей-макрофитов: Chlorophyta – 37, Ochrophyta – 26 (включая 2 разновидности), Rhodophyta – 75 и 2 вида – Tracheophyta (Маслов, 2011).

В 1970-х г. на участке валунно-галечного пляжа был заложен мониторинговый стационар, в границах которого исследования донной растительности непрерывно ведутся до настоящего времени. Анализ соотношения эколого-флористических группировок (по обобщениям данных 1970-х, 1990-х и 2000-х гг.) показал, что в сложении флоры изменяется количественное соотношение сапробиологических и систематических групп водорослей: снижается доля олигосапробов при увеличении доли мезосапробов, растет роль Chlorophyta. Кроме того, отмечена тенденция к уменьшению биомассы растительности (Белич, Маслов, 2001). Ныне заповедник считается одним из наиболее полно изученных в альгофлористическом отношении

фрагментов береговой зоны Крымского полуострова (Белич и др., 2013), хотя результаты мониторинговых наблюдений показывают, что и здесь обнаруживаются новые локалитеты макрофитов (Садогурский и др., 2018). Кроме того, в последние годы в результате применения современных методов и подходов в номенклатуре и систематике макроводорослей произошли существенные изменения. Иными словами, «простой» список видов, является сложной развивающейся системой, требующей периодического пересмотра в соответствии с новыми данными и представлениями (Ена, 2012).

В связи с этим цель настоящей работы – провести ревизию и охарактеризовать современный состав макрофитобентоса морской акватории заповедника «Мыс Мартьян» с учетом новых флористических находок и современных номенклатурно-таксономических изменений. Работа представляет собой подведение итогов многолетних исследований (с 1973 по 2017 гг.) в этой области.

Материалы и методы

Исследования были выполнены в прибрежной морской акватории у м. Мартьян в интервале глубин 0–8(10) м. Мыс представляет собой известняковый отторженец, протянувшийся от Никитской яйлы к морю. Нависающий над водой известняковый гребень подвержен интенсивному выветриванию и периодически обрушается (Ена и др., 2004). В результате для побережья заповедника, общая протяженность которого около 2 км, характерны обрывистые скалы высотой до 20 м (сложенные мраморовидными известняками и сцементированными брекчиями), опоясанные валунно-галечными, гравийно-галечными и реже валунно-глыбовыми пляжами. Господствующее направление вдольберегового потока наносов – с востока на запад (Панин, 1980). Берег приглубый, в акватории доминируют твердые скальные грунты, которые с глубины 8–10 м (местами с 14 м) сменяются рыхлыми песчаными с незначительной примесью ракуши. Минерализация воды составляет 17–18 г/л.

Бентосные макрофиты отбирали по общепринятой гидробиотической методике, (Еременко, 1969; Калугина, 1969). При количественном учете фитобентоса в псевдолиторали использована рамка 0,10x0,10 м (в десятикратной повторности), сублиторали – 0,25x0,25 м (в пятикратной повторности). Номенклатура и систематическое положение представителей отделов Chlorophyta, Ochrophyta (класс Phaeophyceae), Rhodophyta и Tracheophyta приведены по AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2018), стандартные сокращения имен авторов таксонов даны в соответствии с International Plant Names Index (IPNI, 2018) и (Authors..., 2001). Дополнительно (в скобках) приведены номенклатурные комбинации по определителю А.Д. Зиновой (Зинова, 1967), который использовался в качестве базового руководства при идентификации таксонов. Продолжительность вегетации водорослей дана по сводке А.А. Калугиной-Гутник (Калугина-Гутник, 1975), сапробиологическая характеристика – по неопубликованным данным А.А. Калугиной-Гутник, любезно предоставленным ею сотрудникам Никитского ботанического сада.

Полученные результаты и обсуждение

В акватории заповедника наличие и общий характер бентосного растительного покрова определяются типом субстрата. Макрофитобентос псевдолиторальной зоны достаточно специфичен по составу флоры и структуре растительных сообществ. На твердых грунтах (рыхлые не представлены) растительность образует полосу, максимальная ширина которой на валунно-глыбовых участках достигает 60 см (± 30 см над и под урезом воды), а на валунно-галечных и гравийно-галечных обычно не

превышает 30–40 см. В зависимости от сезона года величина проективного покрытия (ПП) колеблется от 1–10% на гравийно-галечных до 60–90% на валунно-галечных и валунно-глыбовых пляжах. Для псевдолиторали характерны полидоминантные сообщества с сезонной сменой доминирующих видов. В зимний период доминируют представители Ochrophyta (*Scytosiphon lomentaria*¹, *Petalonia zosterifolia*, *Ectocarpus siliculosus*), весной Chlorophyta (*Ulva intestinalis*, *U. linza*, *Cladophora sericea*, *C. albida*), а в летний – Rhodophyta и Ochrophyta (*Gelidium crinale*, *Palisada perforata*, *Osmundea pinnatifida*, *Dictyota fasciola*, виды рода *Ceramium*) (рис. 2). Ярусность в этих сообществах не выражена, средняя биомасса сообществ на валунно-глыбовых участках составляет 1,5 кг/м², а на валунно-галечных и гравийно-галечных – около 1 кг/м².

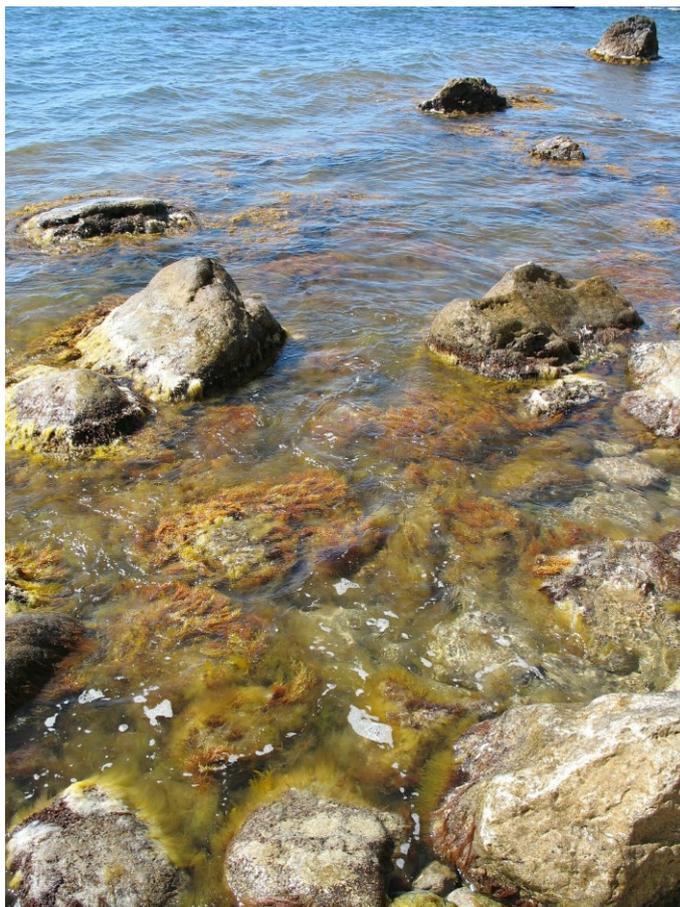


Рис. 2. Псевдолитораль заповедника «Мыс Мартьян»; весенний аспект

В сублиторальной зоне твердые грунты до нижней границы их распространения занимают многоярусные сообщества *Cystoseira crinita* и *Cystoseira barbata* (рис. 3). ПП колеблется в пределах 60–100%, максимальная плотность зарослей приходится на глубины 3–5 м, средняя биомасса составляет 5–6 кг/м². На талломах представителей рода *Cystoseira*, формирующих первый ярус сообществ, хорошо выражена эпифитная сингузия, при этом видовой состав и количественные характеристики эпифитов варьируют в течение года. Наиболее массовыми видами (со- и субдоминантами) являются *Cladostephus spongiosum* f. *verticillatum*, *Vertebrata subulifera*, *Jania virgata*, *Ceramium ciliatum*, *Palisada perforata*, *P. thuyoides*, *Osmundea pinnatifida*. Это наиболее разнообразные по видовому составу и продуктивные сообщества. В то время как порядка 90% биомассы образуют представители Ochrophyta (хотя на больших глубинах до 20% и более могут составлять Rhodophyta за счет замены во втором ярусе

¹ Полные номенклатурные комбинации (включая авторов таксонов) приводятся ниже в списке видов.

Cladostephus spongiosum f. verticillatum на *Phyllophora crispa*), по количеству видов преобладают Rhodophyta, за которыми следуют Chlorophyta и, наконец, Ochrophyta.



Рис. 3. Сообщество *Cystoseira crinita* в сублиторали заповедника «Мыс Мартьян»; глубина 3 м

На рыхлых грунтах преимущественно в интервале глубин 7–9 м встречаются участки, занятые сообществами *Zostera marina* и *Z. noltei* (рис. 4). Сообщества монодоминантные (участки смешанных зарослей незначительны), ярусность обычно не выражена, средняя биомасса при ПП от 25–30% до 60–70% составляет 0,4–0,8 кг/м², при этом до 85–95% биомассы образуют морские травы.



Рис. 4. Сообщество *Zostera marina* в сублиторали заповедника «Мыс Мартьян»; глубина 8 м.

Водоросли в основном развиваются эпифитно на листьях взморников (преимущественно на дистальных частях), реже на их обнажающихся корневищах. Наиболее характерными для данных сообществ являются *Chondria capillaris*, *Vertebrata subulifera*, *Ceramium diaphanum*, *Polysiphonia denudata*, *Acrochaetium secundatum*, *Ectocarpus siliculosus*, *Cladophora sericea*, *C. albida*.

Долгосрочный мониторинг состояния донных фитоценозов позволяет получить количественные данные о динамике фитобентоса и зафиксировать изменения видового состава. Приведенный ниже список представляет собой результат почти полувекового изучения макрофитобентоса морской акватории у мыса Мартьян.

CHLOROPHYTA Rchb.

Ulvophyceae Mattox et K.D. Stewart

Ulotrichales Borzi

Ulotrichaceae Kütz.

Ulothrix Kütz.

Ulothrix implexa (Kütz.) Kütz. – Улотрикс перепутанный. Однолетний, полисапроб.

Urospora Aresch.

Urospora penicilliformis (Roth) Aresch. – Уроспора кисточковидная. Сезонный зимний, полисапроб.

Spongomorpha Kütz.

Spongomorpha aeruginosa (L.) C. Hoek [*Spongomorpha lanosa* (Roth) Kütz.] – Спонгоморфа сине-зеленая. Сезонный зимний, мезосапроб.

Ulvales F.F.Blackman & Tansley

Kornmanniaceae Golden & K.M.Cole

Blidingia Kylin

Blidingia minima (Nägeli ex Kütz.) Kylin – Блидингия мелкая. Однолетний, мезосапроб.

Ulvellaceae Schmidle

Epicladia Reinke

Epicladia pontica Rochl. – Эпикладия понтическая. Продолжительность вегетации требует уточнения. Олигосапроб.

Ulvella P. Crouan et H. Crouan

Ulvella leptochaete (Huber) R. Nielsen, O'Kelly & R. Wysor [*Ectochoete leptochaete* (Huber) Wille] – Ульвелла тонкощетиная. Однолетний, олигосапроб.

Ulvella nadsonii (Rochl.) Gallardo, Gómez Garreta, Ribera, Cormaci, G. Furnari, Giaccone & Boudour. [*Pseudulvella nadsonii* Rochl.] – Ульвелла Надсона. Продолжительность вегетации требует уточнения. Мезосапроб.

Ulvella scutata (Reinke) R. Nielsen, O'Kelly & R. Wysor [*Pringsheimiella scutata* (Reinke) Marchew.] – Ульвелла щитовидная. Однолетний, полисапроб.

Ulvella viridis (Reinke) R. Nielsen, O'Kelly & R. Wysor [*Entocladia viridis* Reinke] – Ульвелла зеленая. Однолетний, олигосапроб.

Phaeophilaceae D.F. Chappell, O'Kelly, L.W.Wilcox & G.L. Floyd

Phaeophila Hauck

Phaeophila dendroides (P. Crouan & H. Crouan) Batters – Феофила древовидная. Однолетний, полисапроб.

Ulvaceae J.V. Lamour. ex Dumort.

Ulva L.

Ulva clathrata (Roth) C. Agardh [*Enteromorpha clathrata* (Roth) Grev.] – Ульва решетчатая. Однолетний, мезосапроб.

Ulva intestinalis L. [*Enteromorpha intestinalis* (L.) Link nom. illeg.?] – Ульва кишечница. Однолетний, полисапроб.

Ulva kylinii (Bliding) H.S. Hayden, Blomster, Maggs, P.C. Silva, Stanhope & Waaland

[*Enteromorpha kylinii* Bliding] – Ульва Кюлина. Продолжительность вегетации и сапробность требуют уточнения.

Ulva linza L. [*Enteromorpha linza* (L.) J. Agardh, *Enteromorpha ahlneriana* Bliding nom. illeg.] – Ульва линза. Однолетний, мезосапроб.

Ulva prolifera O.F. Müll. [*Enteromorpha prolifera* (O.F. Müll.) J. Agardh] – Ульва прорастающая. Однолетний, полисапроб.

Ulva rigida C. Agardh – Ульва жесткая. Многолетний, мезосапроб.

Примечания. *Enteromorpha linza* и *E. ahlneriana* ранее приводились для заповедника "Мыс Мартьян" как два самостоятельных вида (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

Ulva maeotica (Proshk.-Lavr.) P.M. Tsarenko [*Enteromorpha maeotica* Proshk.-Lavr.] исключена из списка видов заповедника, поскольку соответствующие образцы были определены неверно: к *U. maeotica* были отнесены экземпляры *U. intestinalis*.

Cladophorales Haeckel

Cladophoraceae Wille

Chaetomorpha Kütz.

Chaetomorpha aërea (Dillwyn) Kütz. – Хетоморфа воздушная. Однолетний, олигосапроб.

Chaetomorpha gracilis Kütz. – Хетоморфа изящная. Однолетний, мезосапроб.

Chaetomorpha linum (O.F. Müll.) Kütz. [*Chaetomorpha chlorotica* (Mont.) Kütz.] – Хетоморфа линум. Однолетний, олигосапроб.

Примечание. *Chaetomorpha linum* и *Ch. chlorotica* ранее приводились для заповедника "Мыс Мартьян" как два самостоятельных вида (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

Cladophora Kütz.

Cladophora albida (Nees) Kütz. [*Cladophora albida* (Huds.) Kütz.] – Кладофора беловатая. Однолетний, мезосапроб.

Cladophora coelothrix Kütz. – Кладофора украшенная нитями. Однолетний, мезосапроб.

Cladophora dalmatica Kütz. – Кладофора далматская. Однолетний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Cladophora liniformis Kütz. – Кладофора нитевидная. Однолетний, полисапроб.

Cladophora sericea (Huds.) Kütz. – Кладофора шелковистая. Однолетний, мезосапроб.

Cladophora vadorum (Aresch.) Kütz. – Кладофора вадорская. Однолетний, мезосапроб. Вид включен в Красную книгу Украины (ККУ) (Червона книга..., 2009).

Cladophora vagabunda (L.) C. Hoek – Кладофора раскидистая. Однолетний, полисапроб.

Примечание. *Cladophora siwaschensis* K.I. Meу. исключена из списка видов, заповедника (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011): сравнение образцов *C. siwaschensis* из Сиваша и других гипергалинных водоемов с образцами из акватории у м. Мартьян дает основание относить последние к *C. albida*.

Rhizoclonium Kütz.

Rhizoclonium riparium (Roth) Harv. [*Rhizoclonium implexum* (Dillwyn) Kütz.] – Ризоклониум прибрежный. Однолетний, мезосапроб.

Boodleaceae Børgesen

Cladophoropsis Børgesen

Cladophoropsis membranacea (Bang ex C. Agardh) Børgesen – Кладофоропсис пленчатый. Сезонный летний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Bryopsidales J.H. Schaffn.

Bryopsidaceae Bory

Bryopsis J.V. Lamour.

Bryopsis cupressina var. *adriatica* (J. Agardh) M.J. Wynne [*Bryopsis adriatica* (J. Agardh)

Menegh. nom. illeg.?) – Бриопсис кипарисовый разновидность адриатический. Однолетний, мезосапроб. Вид включен в Красную книгу Крыма (ККК) (Красная книга..., 2015), ККУ.

Bryopsis hypnoides J.V. Lamour. – Бриопсис гипнообразный. Однолетний, мезосапроб. Вид включен в Красную книгу Болгарии (ККБ) (Red Data ..., 2015).

Bryopsis plumosa (Huds.) C. Agardh – Бриопсис перистый. Сезонный зимний, мезосапроб.

Codiaceae Kütz.

Codium Stackh.

Codium vermilara (Oliv) Delle Chiaje – Кодиум червеобразный. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККУ, ККК.

Ostreobiaceae P.C. Silva ex Maggs & J. Brodie

Ostreobium Bornet & Flahault

Ostreobium quekettii Bornet & Flahault – Остреобиум Квекке. Продолжительность вегетации требует уточнения. Олигосапроб.

OCHROPHYTA Caval.-Sm.

Phaeophyceae Kjellm.

Dictyotales Bory

Dictyotaceae J.V. Lamour. ex Dumort.

Dictyota J.V. Lamour.

Dictyota dichotoma (Huds.) J.V. Lamour. – Диктиота дихотомическая. Сезонный летний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Dictyota fasciola (Roth) J.V. Lamour. [*Dilophus fasciola* (Roth) M. Howe] – Диктиота ленточная. Сезонный летний, олигосапроб.

Dictyota spiralis Mont. [*Dilophus spiralis* (Mont.) Hamel] – Диктиота спиральная. Сезонный летний, олигосапроб.

Padina Adans.

Padina pavonica (L.) Thivy [*Padina pavonia* (L.) Gaill. nom. illeg.?] – Падина павлинья. Сезонный летний, олигосапроб. Вид включен в ККБ.

Ectocarpales Bessey

Acinetosporaceae G. Hamel ex Feldmann

Feldmannia Hamel

Feldmannia irregularis (Kütz.) Hamel [*Ectocarpus arabicus* Fig. et De Not.] – Фельдмания нерегулярная. Сезонный летний, олигосапроб.

Примечание. *Feldmannia irregularis* и *Ectocarpus arabicus* ранее приводились для заповедника "Мыс Мартьян" как два самостоятельных вида (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

Ectocarpaceae C. Agardh

Ectocarpus Lyngb.

Ectocarpus siliculosus (Dillwyn) Lyngb. [*Ectocarpus confervoides* (Roth) Le Jolis] – Эктокарпус стручковатый. Сезонный зимний, мезосапроб.

Примечание. *Ectocarpus siliculosus* и *E. confervoides* ранее приводились для заповедника "Мыс Мартьян" как два самостоятельных вида (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

Ectocarpus siliculosus var. *dasycarpus* (Kuck.) Gallardo [*Ectocarpus dasycarpus* Kuck.] – Эктокарпус стручковатый разновидность густоплодный. Сезонный зимний, мезосапроб.

Ectocarpus penicillatus (C. Agardh) Kjellm. – Эктокарпус кистевидный. Сезонный зимний, мезосапроб.

Ectocarpus caspicus A. Henckel – Эктокарпус каспийский. Продолжительность вегетации и сапробность требуют уточнения.

Chordariaceae Grev.

Corynophlaea Kütz.

***Corynophlaea umbellata* (C. Agardh) Kütz.** – Коринофлея зонтичная. Сезонный летний, олигосапроб.

***Corynophlaea flaccida* (C. Agardh) Kütz.** [*Corynophlaea flaccida* Kütz.] – Коринофлея повислая. Сезонный летний, олигосапроб.

Myrionema Grev.

***Myrionema magnusii* (Sauv.) Loiseaux** [*Ascoscyclus magnusii* Sauv. nom. inval.] – Мирионема Магнуса. Продолжительность вегетации требует уточнения. Олигосапроб.

***Myrionema seriatum* (Reinke) Kylin** – Мирионема однорядная. Сезонный зимний, олигосапроб.

Pilinia Kütz.

***Pilinia rimoza* Kütz.** – Пилиния трещиноватая. Продолжительность вегетации требует уточнения. Олигосапроб.

Punctaria Grev.

***Punctaria tenuissima* (C. Agardh) Grev.** [*Desmotrichum undulatum* (J. Agardh) Reinke, *Entonema effusum* (Kylin) Kylin] – Пунктария тончайшая. Сезонный зимний, в зависимости от стадии развития олигосапроб или мезосапроб. Вид включен в ККУ.

Примечание. *Desmotrichum undulatum* и *Entonema effusum* приводились ранее для заповедника "Мыс Мартьян" как самостоятельные виды (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

Spermatochnus Kütz.

***Spermatochnus paradoxus* (Roth.) Kütz.** – Сперматохнус особенный. Сезонный летний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Stilophora J. Agardh

***Stilophora tenella* (Esper) P.C. Silva** [*Stilophora rhizodes* (Ehrh.) J. Agardh nom. illeg.?] Силофора нежная. Сезонный летний, олигосапроб. Вид включен в ККК, ККУ, Красную книгу РФ (ККРФ) (Красная книга..., 2008).

Myriactula Kuntze

***Myriactula rivulariae* (Suhr ex Aresch.) Feldmann** – Мириакула ривуляриевая. Сезонный летний, олигосапроб.

Scytosiphonaceae Farl.

Scytosiphon C. Agardh

***Scytosiphon lomentaria* (Lyngb.) Link**, nom. cons. [*Scytosiphon lomentaria* (Lyngb.) J. Agardh] – Сцитосифон коленчатый. Сезонный зимний, мезосапроб.

Petalonia Derbès & Solier

***Petalonia zosterifolia* (Reinke) Kuntze** – Петалония зостеролистная. Продолжительность вегетации требует уточнения. Олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Ralfsiales Y. Nakam. ex P.-E. Lim & H. Kawai

Ralfsiaceae Farl.

Ralfsia Berkeley

***Ralfsia verrucosa* (Aresch.) Aresch.** [*Ralfsia verrucosa* (Aresch.) J. Agardh] – Ральфсия бородавчатая. Многолетний, олигосапроб.

Sporochnales Sauv.

Sporochnaceae Grev.

Nereia Zanardini

***Nereia filiformis* (J. Agardh) Zanardini** – Нерейя нитевидная. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК.

Tilopteridales Bessey

Cutleriaceae J.W. Griff. & Henfr.

Zanardinia Nardo ex Zanardini

Zanardinia typus (Nardo) P.C. Silva [*Zanardinia prototypus* Nardo] – Занардиния типовая. Многолетний, олигосапроб.

Sphacelariales Mig.
Sphacelariaceae Decne.
Sphacelaria Lyngb.

Sphacelaria cirrosa (Roth) C. Agardh – Сфацелария усатая. Многолетний, олигосапроб. Cladostephaceae Oltm.

Cladostephus C. Agardh

Cladostephus spongiosum (Huds.) C. Agardh [*Cladostephus spongiosus* (Lightf.) C. Agardh] – Кладостефус губчатый. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Cladostephus spongiosum f. *verticillatum* (Lightf.) Prud'homme [*Cladostephus verticillatus* (Lightf.) C. Agardh nom. illeg.?] – Кладостефус губчатый форма мутовчатая. Многолетний, олигосапроб. Таксон включен в ККУ.

Примечание. Некоторые авторы не без оснований считают, что *Cladostephus spongiosum* f. *verticillatum* является гетеротипным синонимом *Cladostephus spongiosum* (Guiry, Guiry, 2018).

Stypocaulaceae Oltm.
Halopteris Kütz.

Halopteris scoparia (L.) Sauv. [*Stypocaulon scoparium* (L.) Kütz.] – Халоптерис метловидный (стипокаулон метловидный). Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК.

Fucales Bory
Sargassaceae Kütz.
Cystoseira C. Agardh

Cystoseira barbata (Stackh.) C. Agardh [*Cystoseira barbata* (Gooden. et Woodw.) C. Agardh] – Цистозира бородастая. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК.

Cystoseira crinita Duby [*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory] – Цистозира косматая. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК и Красную книгу Черного моря (ККЧМ) (Black., 1999).

Примечание. *Cystoseira crinita* отсутствует в определителе А.Д. Зиновой (Зинова, 1967) и синоним приведен по сводке *Algae of Ukraine* (*Algae of Ukraine...*, 2006). Существует мнение, что данный таксон является средиземноморским эндемиком и в Черном море не встречается, а экземпляры, идентифицируемые как *C. crinita* f. *crinita*, равно как и *C. crinita* f. *bosporica*, на самом деле относятся к *Cystoseira bosporica* Sauv. (Berov et al., 2015). Данный вопрос требует специального исследования.

RHODOPHYTA Wettst.

Stylonematophyceae H.S. Yoon, K.M. Müller, Sheath, F.D. Ott & D. Bhattacharya

Stylonematales K.M. Drew
Stylonemataceae K.M. Drew
Chroodactylon Hansg.

Chroodactylon ornatum (C. Agardh) Basson [*Asterocytis ramosa* (Thwaites) Gobi ex F.Schmitz] – Хроодактилон украшенный. Сезонный летний, полисапроб. Вид включен в ККУ.

Stylonema Reinsch

Stylonema alsidi (Zanardini) K.M. Drew [*Goniotrichum elegans* (Chauv.) Zanardini] – Стилонема Алсиди. Сезонный летний, мезосапроб. Вид включен в ККУ.

Bangiophyceae Wettst.
Bangiiales F. Schmitz
Bangiaceae Engl.
Bangia Lyngb.

***Bangia fuscopurpurea* (Dillwyn) Lyngb.** – Бангия буровато-пурпурная. Сезонный зимний, полисапроб.

Pyropia J. Agardh

***Pyropia leucosticta* (Thur.) Neefus & J. Brodie** [*Porphyra leucosticta* Thur.] – Пиропия белоиспещренная. Сезонный зимний, мезосапроб.

Compsopogonophyceae G.W. Saunders & Hommers.

Erythropeltales Garbary, G.I. Hansen & Scagel

Erythrotrichiaceae G.M. Sm.

Sahlingia Kornmann

***Sahlingia subintegra* (Rosenv.) Kornmann** [*Erythrocladia subintegra* Rosenv.] – Салингия цельноватая. Сезонный летний, олигосапроб.

Erythrotrichia Aresch.

***Erythrotrichia carnea* (Dillwyn) J. Agardh** – Эритротрихия мясокрасная. Сезонный летний, мезосапроб.

***Erythrotrichia bertholdii* Batters** – Эритротрихия Бертольда. Сезонный летний, мезосапроб.

Florideophyceae Cronquist

Acrochaetiales Feldmann

Acrochaetiaceae Fritsch ex W.R. Taylor

Acrochaetium Nägeli

***Acrochaetium battersianum* Hamel** [*Kylinia battersiana* (Hamel) Kylin] – Акрохетиум Баттерса. Однолетний, мезосапроб.

***Acrochaetium humile* (Rosenv.) Børgesen** [*Kylinia humilis* (Rosenv.) Papenf.] – Акрохетиум низкорослый. Однолетний, олигосапроб.

***Acrochaetium secundatum* (Lyngb.) Nägeli** [*Kylinia virgatula* (Harv.) Papenf., *Kylinia secundata* (Lyngb.) Papenf.] – Акрохетиум односторонний. Однолетний, олигосапроб.

Примечание: *Kylinia virgatula* и *K. secundata* приводились ранее для заповедника "Мыс Мартьян" как самостоятельные виды (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

***Acrochaetium microscopicum* (Nägeli ex Kütz.) Nägeli** [*Kylinia microscopica* (Nägeli ex Kütz.) Kylin] – Акрохетиум микроскопический. Однолетний, олигосапроб.

***Acrochaetium parvulum* (Kylin) Hoyt** [*Kylinia parvula* (Kylin) Kylin] – Акрохетиум крошечный. Однолетний, мезосапроб.

Rhodochorton Nägeli

***Rhodochorton purpureum* (Lightf.) Rosenv.** – Родохортон пурпуровый. Многолетний олигосапроб. Вид включен в ККУ.

***Rhodochorton velutinum* (Hauck) Hamel** – Родохортон ворсистый. Многолетний, олигосапроб.

Palmariales Guiry & D.E.G. Irvine

Meiodiscaceae Clayden & G.W. Saunders

Meiodiscus G.W. Saunders & McLachlan

***Meiodiscus spetsbergensis* (Kjellm.) G.W. Saunders & McLachlan** [*Rhodochorton penicilliforme* (Kjellm.) Rosenv.] – Мейодискус шпицбергенский. Многолетний, олигосапроб.

Colaconematales J.T. Harper & G.W. Saunders

Colaconemataceae J.T. Harper & G.W. Saunders

Colaconema Batters

***Colaconema daviesii* (Dillwyn) Stegenga** [*Acrochaetium daviesii* (Dillwyn) Nägeli] – Колаконема Дэвиса. Однолетний, мезосапроб.

***Colaconema thuretii* (Bornet) P.W. Gabrielson, nom. illeg.** [*Acrochaetium thuretii* (Bornet) Collins & Herv.] – Колаконема Тюре. Однолетний, мезосапроб.

***Colaconema savianum* (Menegh.) R.Nielsen** [*Acrochaetium savianum* (Menegh.) Nägeli] – Колаконема Сави. Однолетний, мезосапроб.

Nemaliales F. Schmitz

Liagoraceae Kütz.

Helminthora J. Agardh

***Helminthora divaricata* (C. Agardh) J. Agardh** – Гельминтора растопыренная. Продолжительность вегетации требует уточнения. Олигосапроб. Вид включен в ККК, ККУ.

Nemaliaceae (Farl.) De Toni & Levi-Morenos

Nemalion Duby

***Nemalion elminthoides* (Velley) Batters** – Немалион червеобразный. Сезонный летний, олигосапроб. Вид включен в ККБ, ККУ.

Corallinales P.C. Silva et H.W. Johans.

Corallinaceae J.V. Lamour.

Corallina L.

***Corallina officinalis* L.** – Кораллина лечебная. Многолетний, олигосапроб.

Ellisolandia K.R. Hind & G.W. Saunders

***Ellisolandia elongata* (J. Ellis & Sol.) K.R. Hind & G.W. Saunders** [*Corallina mediterranea* Aresch.] – Элисоландия удлиненная. Однолетний, олигосапроб.

Hydrolithon (Foslie) Foslie

***Hydrolithon farinosum* (J.V. Lamour.) Penrose & Y.M. Chamb.** [*Melobesia farinosa* J.V. Lamour.] – Гидролитон мучнистый. Однолетний, олигосапроб.

Jania J.V. Lamour.

***Jania rubens* (L.) J.V. Lamour.** – Яния краснеющая. Многолетний, олигосапроб.

***Jania virgata* (Zanardini) Mont.** [*Corallina granifera* Ell. et Soland.] – Яния прутьевидная. Многолетний, олигосапроб.

Pneophyllum Kütz.

***Pneophyllum fragile* Kütz.** [*Melobesia lejolisii* Rosan.] – Пнеофиллум хрупкий. Однолетний, олигосапроб.

***Pneophyllum confervicola* (Kütz.) Y.M. Chamb.** [*Melobesia minutula* Foslie] – Пнеофиллум обрастающий. Однолетний, олигосапроб.

Titanoderma Nägeli

***Titanoderma pustulatum* (J.V. Lamour.) Nägeli** [*Dermatolithon pustulatum* (J.V. Lamour.) Foslie] – Титанодерма пупырчатая. Многолетний, олигосапроб.

Gelidiales Kylin

Gelidiaceae Kütz.

Gelidium J.V. Lamour

***Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon** [*Gelidium crinale* (Turner) J.V. Lamour.] – Гелидиум волосной. Многолетний, мезосапроб.

***Gelidium spinosum* (S.G. Gmel.) P.C. Silva** [*Gelidium latifolium* (Grev.) Bornet et Thur.] – Гелидиум колючий. Многолетний, мезосапроб.

Gigartinales F. Schmitz

Phyllophoraceae Willk.

Phyllophora Grev.

***Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon** [*Phyllophora nervosa* (DC.) Grev.] – Филлофора курчавая. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК, ККРФ.

Gracilariales Fredericq & Hommers.

Gracilariaceae Nägeli

Gracilariopsis E.Y. Dawson

***Gracilariopsis longissima* (S.G. Gmel.) Steentoft, L.M. Irvine & Farnham** [*Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. nom. rejic.] – Грациляриопсис длиннейший. Многолетний,

олигосапроб.

Hapalidiales W.A. Nelson, J.E. Sutherland, T.J. Farr & H.S. Yoon

Hapalidiaceae J.E. Gray

Phymatolithon Foslie

***Phymatolithon calcareum* (Pall.) W.H. Adey & D.L. McKibbin** [*Phymatolithon polymorphum* (L.) Foslie] – Фиматолитон известняковый. Многолетний, олигосапроб.

Peyssonneliales D.M. Kravesky, Fredericq & J.N. Norris

Peyssonneliaceae Denizot

Peyssonnelia Decn.

***Peyssonnelia dubyi* P. Crouan & H. Crouan** – Пейсонелия Дуби. Многолетний, мезосапроб.

***Peyssonnelia rubra* (Grev.) J. Agardh** – Пейсонелия красная. Многолетний, мезосапроб.

Halymeniales G.W. Saunders & Kraft

Halymeniaceae Bory

Dermocorynus P. Crouan & H. Crouan

***Dermocorynus dichotomus* (J. Agardh) Gargiulo, Morabito & Manghisi** [*Grateloupia dichotoma* J. Agardh] – Дермокоринус дихотомический. Многолетний, олигосапроб.

Rhodymeniales F. Schmitz

Lomentariaceae Willk.

Lomentaria Lyngb.

***Lomentaria clavellosa* (Lightf. ex Turner) Gaillon** – Ломентария мелкобулавовидная. Однолетний, мезосапроб.

***Lomentaria firma* (J. Agardh) Falkenb.** – Ломентария крепкая. Однолетний, олигосапроб.

***Lomentaria uncinata* Meneghini** – Ломентария крючковатая. Однолетний, олигосапроб.

Champiaceae Kütz.

Chylocladia Grev.

***Chylocladia verticillata* (Lightf.) Bliding** [*Chylocladia squarrosa* (Kütz.) Thur.] – Хилокладия мутовчатая. Однолетний, олигосапроб.

Gastroclonium Kütz.

***Gastroclonium reflexum* (Chauv.) Kütz.** [*Chylocladia reflexa* (Chauv.) Lenorm. nom. illeg.?] – Гастроклониум отогнутый. Однолетний, олигосапроб.

Ceramiales Nägeli

Ceramiaceae Dumort.

Antithamnion Nägeli

***Antithamnion cruciatum* (C. Agardh) Nägeli** – Антитамнион крестовидный. Однолетний, мезосапроб.

Callithamnion Lyngb.

***Callithamnion corymbosum* (Sm.) Lyngb.** – Каллитамнион щитковидный. Однолетний, полисапроб.

***Callithamnion granulatum* (Ducluz.) C. Agardh** – Каллитамнион зернистый. Однолетний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Ceramium Roth

***Ceramium arborescens* J. Agardh** – Церамиум древовидный. Однолетний, олигосапроб.

***Ceramium deslongchampsii* Chauv. ex Duby** – Церамиум Делонгшампа. Однолетний, олигосапроб.

***Ceramium diaphanum* (Lightf.) Roth** [*Ceramium tenuissimum* (Lyngb.) J. Agardh] – Церамиум прозрачный. Однолетний, полисапроб.

Примечание. *Ceramium diaphanum* и *C. tenuissimum* приводились ранее для заповедника "Мыс Мартьян" как самостоятельные виды (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

Ceramium diaphanum var. *elegans* (Roth) Roth [*Ceramium elegans* Ducl.] – Церамиум прозрачный var. элегантный. Сезонный летний, мезосапроб.

Ceramium echionotum J. Agardh – Церамиум шиповатый. Однолетний, мезосапроб.

Ceramium tenuicorne Kütz. Waern [*Ceramium strictum* Grev. et Harv.] – Церамиум тонкороговидный. Однолетний, мезосапроб.

Ceramium ciliatum (J. Ellis) Ducluz. – Церамиум реснитчатый. Сезонный летний, олигосапроб.

Ceramium virgatum Roth [*Ceramium pedicellatum* (Duby) J. Agardh nom. illeg.?
Ceramium rubrum (Huds.) C. Agardh nom. illeg.?] – Церамиум прутьевидный. Однолетний, полисапроб.

Примечание. *Ceramium pedicellatum* и *C. rubrum* приводились ранее для заповедника "Мыс Мартьян" как самостоятельные виды (Маслов и др., 1998; Маслов, 2011).

Ceramium secundatum Lyngb. – Церамиум односторонний. Однолетний, мезосапроб.

Pterothamnion Nägeli

Pterothamnion plumula (J. Ellis) Nägeli [*Antithamnion plumula* (J. Ellis) Thur.] – Птеротамнион перышко. Однолетний, мезосапроб.

Dasyaceae Kütz.

Dasya C. Agardh

Dasya baillouviana (S.G. Gmel.) Mont. [*Dasya pedicellata* (C. Agardh) C. Agardh] – Дазия Байлоу (Байлу). Сезонный летний, олигосапроб.

Delesseriaceae Bory

Apoglossum (J. Agardh) J. Agardh

Apoglossum ruscifolium (Turner) J. Agardh – Апоглоссум рускусолистный. Многолетний, олигосапроб.

Rhodomelaceae Horan.

Chondria C. Agardh

Chondria capillaris (Huds.) M.J. Wynne [*Chondria tenuissima* (Gooden. et Woodw.) C. Agardh] – Хондрия волосовидная. Однолетний, олигосапроб.

Chondria dasyphylla (Woodw.) C. Agardh – Хондрия густолистная. Однолетний, олигосапроб.

Laurencia J.V. Lamour.

Laurencia coronopus J. Agardh – Лоренсия чашевидная. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК, ККУ.

Laurencia obtusa (Hudson) J.V. – Лоренсия тупая. Многолетний, олигосапроб.

Lophosiphonia Falkenb.

Lophosiphonia obscura (C. Agardh) Falkenb. – Лофосифония неясная. Однолетний, мезосапроб.

Osmundea Stackh.

Osmundea hybrida (DC.) K.W. Nam [*Laurencia hybrida* (DC.) Lenorm. nom. illeg.?] – Осмундея гибридная. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК, ККУ.

Osmundea pinnatifida (Huds.) Stackh. [*Laurencia pinnatifida* (S.G. Gmel.) J.V. Lamour nom. illeg.?] – Осмундея перистонадрезная. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККК, ККУ.

Palisada K.W. Nam

Palisada perforata (Bory) K.W. Nam [*Laurencia papillosa* (Forsk.) Grev. nom. illeg.?] – Палисада продырявленная (перфорированная). Многолетний, олигосапроб.

Palisada thuyoides (Kütz.) Cassano, Senties, Gil-Rodríguez & M.T. Fujii [*Laurencia paniculata* J. Agardh] – Палисада туюевидная. Многолетний, олигосапроб.

Herposiphonia Nägeli

Herposiphonia secunda (C. Agardh) Ambronn – Герпосифония односторонняя. Сезонный летний, олигосапроб.

Polysiphonia Grev.

Polysiphonia arenaria Kütz. [*Polysiphonia pulvinata* Kütz. nom. illeg.?] – Полисифония песчаная. Сезонный летний, мезосапроб. Примечание: правильное название таксона требует уточнения, поскольку приведенная здесь номенклатурная комбинация до настоящего времени не верифицирована (Guiry, Guiry, 2018).

Polysiphonia breviarticulata (C. Agardh) Zanardini – Полисифония короткочленистая. Сезонный летний, мезосапроб.

Polysiphonia elongata (Huds.) Spreng. [*Polysiphonia elongata* (Huds.) Harv. nom. illeg.?] – Полисифония удлиненная. Многолетний, олигосапроб.

Polysiphonia denudata (Dillwyn) Grev. ex Harv. [*Polysiphonia denudata* (Dillwyn) Kütz. nom. illeg.?] – Полисифония обнаженная. Однолетний, мезосапроб.

Polysiphonia fucoides (Huds.) Grev. [*Polysiphonia nigrescens* (Dillwyn) Grev. nom. illeg.?] – Полисифония фукоидная. Однолетний, олигосапроб.

Polysiphonia sanguinea (C. Agardh) Zanardini – Полисифония кроваво-красная. Однолетний, олигосапроб.

Polysiphonia subulata (Ducluz.) Kütz. [*Polysiphonia violacea* var. *subulata* (Ducluz.) L. Batten] – Полисифония шиловидная. Однолетний, олигосапроб. Вид включен в Black Sea Red Data List (BSRDL) (Black ..., 1997).

Polysiphonia opaca (C. Agardh) Moris & De Not. [*Polysiphonia opaca* (C. Agardh) Zanardini nom. illeg.?] – Полисифония матовая. Многолений, мезосапроб.

Polysiphonia fibrillosa (Dillwyn) Spreng. [*Polysiphonia spinulosa* Grev.] – Полисифония мочковатая. Сезонный летний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Vertebrata Gray

Vertebrata reptabunda (Suhr.) Díaz-Tapia & Maggs [*Lophosiphonia reptabunda* (Suhr.) Kylin] – Вертебрата ползущая. Однолетний, мезосапроб. Вид включен в ККУ.

Vertebrata subulifera (C. Agardh) Kuntze [*Polysiphonia subulifera* (C. Agardh) Harv.] – Вертебрата шилоносная. Однолетний, олигосапроб.

Xiphosiphonia A.M. Savoie & G.W. Saunders

Xiphosiphonia pennata (C. Agardh) A.M. Savoie & G.W. Saunders [*Pterosiphonia pennata* (Roth.) Falkenb. nom. illeg.?] – Ксифосифония перистая. Многолетний, олигосапроб. Вид включен в ККУ.

Tracheophyta Sinnott ex Cavalier-Smith.

Monocots

Alismatales R. Br. ex Bercht. & J. Presl

Zosteraceae Dumort.

Zostera L.

Zostera marina L. – Взморник морской. Многолетний. В шкале сапробности А.А. Калугиной-Гутник отсутствует соответствующая информация о морских травах, поэтому исходя из особенностей экологии, описанных в многочисленных публикациях, и по результатам собственных наблюдений было предложено отнести виды *Z. marina*, *Z. noltei* к мезосапробам (Садогурский, Белич, 2003). Вид включен в ККК, BSRDL и охраняется Бернской Конвенцией (Конвенция..., 1998).

Zostera noltei Hornem. – Взморник Нольта. Многолетний, мезосапроб. Вид включен в ККК, BSRDL.

В результате ревизии флоры с учетом новых флористических находок и последних номенклатурно-таксономических изменений аннотированный список макрофитобентоса заповедника "Мыс Мартьян" насчитывает 142 вида и внутривидовых таксона. Наиболее широко представлен отдел Rhodophyta (табл. 1): в трех классах по одному порядку, в каждом из которых по одному семейству и двум

родам. Самый многочисленный класс Florideophyceae включает 13 порядков (8 из них включают по одному семейству и одному роду); наиболее многочисленный порядок Ceramiales: в акватории заповедника он представлен 4 семействами и 15 родами. Отдел Chlorophyta представлен одним классом, который включает 4 порядка; из них самый многочисленный порядок Ulvales – 4 семейства, 5 родов. Отдел Ochrophyta представлен одним классом; наиболее многочисленный порядок Ectocarpales: он включает 4 семейства, 11 родов. В акватории заповедника обитает всего два вида, относящихся к одному роду из отдела Tracheophyta.

Таблица 1.

Систематический состав макрофитобентоса морской акватории заповедника «Мыс Мартьян»

Отделы	Классы	Порядки	Семейства	Роды	Виды (в т.ч. внутривидовые таксоны)
Chlorophyta	1	4	10	15	33
Ochrophyta	1	7	12	20	29
Rhodophyta	4	16	20	42	78
Tracheophyta	1	1	1	1	2

Флора макрофитов в целом олигосапробна, более половины видового списка формируют представители этой сапробиологической группы (табл. 2). Преобладают коротковегетирующие (однолетние и сезонные) виды, но в сравнении с другими участками береговой зоны Крымского полуострова доля многолетних видов достаточно высока.

Таблица 2.

Распределение количества видов (ед./%) по эколого-флористическим группировкам во флоре макрофитобентоса акватории заповедника «Мыс Мартьян»

Группировки	Chlorophyta	Ochrophyta	Rhodophyta	Tracheophyta	Всего
олигосапробы	9/27,27	23/79,31	47/60,26	–	79/55,63
мезосапробы	15/45,46	4/13,79	26/33,33	2/100	47/33,11
полисапробы	8/24,24	–	5/6,41	–	13/9,15
?	1/3,03	2/6,90	–	–	3/2,11
коротковегетирующие	27/81,83	16/55,17	52/66,67	–	95/66,90
многолетние	2/6,06	9/31,04	25/32,05	2/100	38/26,77
?	4/12,12	4/13,79	1/1,28	–	9/6,33
Всего	33/100	29/100	78/100	2/100	142/100

Примечание: ? – нет данных.

С учетом того, что для Черного моря в настоящее время известно 445 видов макрофитов (Black..., 2014), около 32 % от этого числа сосредоточено в акватории у м. Мартьян. Раритетная фракция флоры макрофитов заповедника насчитывает 34 вида и внутривидовых таксонов (учтены международные, национальные и региональные красные списки и конвенции по Азово-Черноморскому региону). Отметим, что к их числу относятся и ценозообразующие виды *Cystoseira barbata*, *Cystoseira crinita*, *Zostera marina* и *Zostera noltei*. Кроме того, в акватории у мыса Мартьян зарегистрировано единственное для побережья Крыма местонахождение *Helminthora divaricata* (Красная..., 2015) и второе местонахождение *Halopteris scoparia* (Sadogurskaya et al., 2017). Биотопы, основу которых формируют сообщества макрофитов, подпадают под действие Директивы ЕС о сохранении естественной среды обитания и дикой фауны и флоры (Directive 92/43/ЕЕС; коды 1160 – Большие мелководные заливы и бухты и 1170 – Рифы) (Interpretation..., 2007).

Заключение

Таким образом, к настоящему времени для акватории заповедника «Мыс Мартьян» с учетом последних номенклатурно-таксономических изменений приводится 142 вида и внутривидовых таксонов макроводорослей и морских трав (что составляет около трети флоры макрофитов Черного моря): Chlorophyta – 33 вида, включая один внутривидовой таксон (представители одного класса, четырех порядков, 10 семейств, 15 родов); Ochrophyta – 29, включая два внутривидовых таксона (представители одного класса, семи порядков, 12 семейств и 20 родов); Rhodophyta – 78, включая два внутривидовых таксона (представители четырех классов, 16 порядков, 20 семейств и 42 рода); Tracheophyta – два (один класс, один порядок, один семейство и один род). Преобладают олигосапробные (56%) коротковегетирующие виды (67%). К категории раритетных (редких и нуждающихся в охране) относятся 34 вида и внутривидовых таксона. Результаты многолетних наблюдений свидетельствуют о созологической ценности заповедной акватории и ее высокой роли в сохранении биоразнообразия Крыма и всего Азово-Черноморского региона. Вместе с тем из-за специфики водной среды и высокой динамичности процессов, протекающих в водных экосистемах, практически невозможно создать надежные буферные зоны и даже заповедный статус не гарантирует защиту прибрежно-морским биотопам от антропогенного влияния и трансформации. Поэтому мониторинговые исследования в границах заповедника будут продолжены.

Список литературы

1. Белич Т.В., Маслов И.И. Мониторинг фитобентоса псевдолиторали природного заповедника «Мыс Мартьян» // Труды Никитского ботанического сада. – 2001. – Т. 120. – С. 158–162.
2. Белич Т.В., Садогурский С.Е., Садогурская С.С. Новые для природного заповедника «Мыс Мартьян» (Черное море) виды макрофитобентоса // Заповідна справа в Україні. – 2006. – Т. 12. – № 2. – С. 21–23.
3. Белич Т.В., Садогурский С.Е., Садогурская С.А. Роль Заповедника "Мыс Мартьян" в развитии морских гидробиологических исследований у берегов Крыма // Научные записки природного заповедника "Мыс Мартьян". Материалы международной конференции "40 лет природному заповіднику "Мыс Мартьян", 14-17 мая 2013, Ялта. – 2013. – Вып. 4. – С. 58-65.
4. Ена А.В. Природная флора Крымского полуострова. – Симферополь: Н. Оріанда, 2012. – 232 с.
5. Ена В.Г. Заповедные ландшафты Крыма. – Симферополь: Таврия, 1983. – 108 с.
6. Ена В.Г., Ена Ал.В., Ена Ан.В. Заповедные ландшафты Тавриды. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2004. – 424 с.
7. Еременко Т.И. Опыт использования подводных исследований для изучения сезонной динамики фитобентоса в северо-западной части Черного моря // Морские подводные исследования. – М.: Наука, 1969. – С. 95–104.
8. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей Южных морей СССР. – М.; Л.: Наука, 1967. – 400 с.
9. Калугина А.А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. М.: Наука, 1969. – С. 105–113.
10. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.

11. *Конвенція про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі* (Берн, 1979 рік). Київ: Мінекобезпеки України, 1998. – 76 с.
12. *Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы* / Отв. ред. д.б.н., проф. Ена А.В. и к.б.н. Фатерыга А.В. Симферополь: ООО "ИТ "АРИАЛ", 2015. – 480 с.
13. *Красная книга Российской Федерации (растения и грибы)* / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М.В. Ломоносова; Гл. редколл. Трутнев Ю.П. и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
14. *Маслов И.И.* Аннотированный список морского макрофитобентоса природного заповедника «Мыс Мартьян» // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2011. – Вып. 2. – С. 62–71.
15. *Маслов И.И., Саркина И.С., Белич Т.В., Садогурский С.Е.* Аннотированный каталог водорослей и грибов заповедника «Мыс Мартьян». – Ялта, 1998. – 31с.
16. *Панин А.Г.* Опыт крупномасштабного геоморфологического картографирования на примере заповедника «Мыс Мартьян» // Физическая география и геоморфология. Республиканский межведомственный научный сборник. – 1980. – Вып. 23. – С. 131–137.
17. *Погребняк И.И., Маслов И.И.* К изучению донной растительности района мыса Мартьян // Труды Никитского ботанического сада. – 1976. – Т. 70. – С. 105–113.
18. *Погребняк И.И., Маслов И.И.* О сезонной динамике биомассы макроскопических водорослей псевдолиторального пояса акватории морского участка заповедника «Мыс Мартьян» // Труды Никитского ботанического сада. – 1980. – Т. 81. – С. 64–76.
19. *Садогурский С.Е., Белич Т.В.* Современное состояние макрофитобентоса Казантипского природного заповедника (Азовское море) // Заповідна справа в Україні. – 2003. – Т. 9. – № 1. – С. 10–25.
20. *Садогурский С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.А.* О новых для заповедника «Мыс Мартьян» видах фитобентоса (Крым, Черное море) // Nature Conservation Research. Заповедная Наука. – 2018. – Т. 3. – № 1. – С. 100–102. DOI: 10.24189/ncr.2018.013
21. *Садогурский С.Е., Маслов И.И., Белич Т.В., Садогурская С.А.* Краткие результаты и перспективы морских гидробиологических исследований в Никитском ботаническом саду // Сборник материалов Всероссийской научно-практич. конф. с международным участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы», в 3-х т. (Севастополь, 19-24 сентября 2016 г.). Т. 1. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – С. 76–79.
22. *Садогурський С.Ю., Рифф Л.Е., Садогурська С.О., Белич Т.В.* До стратегії збереження природного фіторізноманіття берегової зони моря // XIV з'їзду УБТ 25-26.04.2017 р. – Київ, 2017. – С. 134.
23. *Современное состояние береговой зоны Крыма* / под ред. Горячкина Ю.Н. Морской гидрофизический институт. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. – 252 с.
24. *Червона книга України. Рослинний світ* / За ред. Дідуха Я.П. – Київ: Глобалконсалтинг, 2009. – 912 с.
25. *Черкасов А.В.* Предварительные итоги рекогносцировочного историко-культурного изучения полифункционального археологического комплекса Рускофиль-Кале // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2012. – Вып. 3. – С. 6–22.
26. *Чернов В.К.* К биологии водорослей у Южного берега Крыма // Русский ботанический журнал. – 1929. – Т. 8. – № 8-9. – С. 222–229.
27. *Шперк Г.* Очерки альгологической флоры Черного моря в систематическом, морфологическом и физиологическом отношении. – Харьков, 1869. – 160 с.

28. *Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography*. Vol. 1. Cyanoprocyota – Rhodophyta / Eds. P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. Ruggell: A.R.A. Gantner Verlag K.G., 2006. – 713 p.
29. *Authors of plant names: A list of authors of scientific names of plants, with recommended standard forms of their names, including abbreviations* / Eds. R.K. Brummitt and C.E. Powell. – Kew: Royal Botanical Gardens, 1992, reprinted 2001. – 732 p.
30. *Berov D., Ballesteros E., Sales M. & Verlaque M.* Reinstatement of species rank for *Cystoseira bosphorica* Sauvageau (Sargassaceae, Phaeophyceae) // *Cryptogamie Algologie*. – 2015. – 36 (1). – P. 65–80.
31. *Black Sea phytobenthos check-list* // *Black Sea Monitoring Guidelines. Macrophytobenthos*. 2014. Accessed at: http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2013/12/Manual_macrophytes_EMBLAS_ann.pdf. Retrieved: 19.02.2016.
32. *Black Sea Red Data Book* / Ed. by H.J.Dumont. – New York: United Nations Office for Project Services, 1999. – 413 p.
33. *Black Sea Red Data List*. 1997. Available from: <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/index.htm>. Retrieved: 12.02.2018.
34. *Interpretation Manual of European Union Habitats*. EUR 27. European Commission, DG Environment. – Brussels, 2007. – 144 p.
35. *IPNI. The International Plant Names Index (IPNI)*, 2018. Accessed at: <http://www.ipni.org>. Retrieved: 21.02.2018.
36. *Guiry, M.D., Guiry, G.M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2018. Accessed at: <http://www.algaebase.org>. Retrieved: 13.02.2018.
37. *Red Data Book of the Republic of Bulgaria. Vol. 1. Plants and Fungi* / Eds. Peev D. et. al. – Sofia: BAS & MOEW, 2015. – 881 p.
38. *Sadogurskaya S.S., Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A.* New Locations of *Halopteris scoparia* (L.) Sauv. (Phaeophyceae) Along the Seacoast of the Crimean Peninsula // *International Journal of Algae*. – 2017. – V. 19. – issue 1. – P. 51–58. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v19.i1.40

REVISION FLORA OF MAKROFYTES OF THE «MYS MARTYAN» NATURE RESERVE

Belich T.V., Sadogurskiy S.Ye., Sadogurskaya S.A.

Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Centre of RAS, Nikita, Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation, e-mail: tbelich@yandex.ru; ssadogurskiy@yandex.ru; sadogurska@yandex.ru

The results of a long-term study on macrophytobenthos of the marine area of the "Mys Martyan" Nature Reserve located on the Southern Coast of the Crimea are presented. The main characteristics of pseudolithoral and sublittoral macrophytobenthos on different substrata are presented. Nomenclature-taxonomic revision showed that the macrophyte flora contains 142 species and intraspecific taxon (IST) of macroalgae and sea grasses near the coast of the Nature Reserve, which is about one third of the macrophyte flora of the Black Sea: Chlorophyta – 33 including 1 IST (representatives of the one class, 4 orders, 10 families, 15 genera); Ochrophyta – 29 incl. 2 IST (representatives of the 1 class, 7 orders, 12 families and 20 genera); Rhodophyta – 78 incl. 2 IST (representatives of 4 classes, 16 orders, 20 families and 42 families); Tracheophyta – 2 (1 class, 1 order, 1 family and 1 gender). Oligosaprobic (56%), short-vegetative (67%) prevail. The category of rare fraction includes 34 species and IST.

Key words: Black Sea; Crimean peninsula; macrophytobenthos; species composition; Nature Reserve; cape Martyan.

Поступила в редакцию 23.05.2018 г.

УДК 598.2: 574.42 (477.75)

О МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ГНЕЗДОВОЙ АВИФАУНЫ КАРАДАГА (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КРЫМ)

Бескаравайный М.М.

*ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН»,
пгт Курортное, г. Феодосия, Российская Федерация, e-mail: karavay54@mail.ru*

Анализируются качественные изменения гнездовой авифауны Карадага за почти 100-летний период ее изучения (1919–2018 гг.) и динамика численности некоторых регулярно гнездящихся видов за время существования Карадагского заповедника. Общий список гнездящихся птиц включает 91 вид; из них 66 обнаружено до создания заповедника и 80 – в последующий период (1980–2018 гг.). Ко времени создания заповедника гнездовая авифауна утратила не менее 11 видов: вероятные причины этого – прямое уничтожение (крупные соколообразные, филин), выпас и сенокосение (наземногнездящиеся виды), реконструкция береговой зоны. После 1980 г. обнаружены 25 ранее не отмеченных видов: из них 7 появились в результате расширения гнездовых ареалов, 2 – после акклиматизации в Крыму, 3–4 – вследствие создания искусственных водоемов на прилегающих территориях. За 38-летний период существования заповедника сокращение численности выявлено у 11 видов (2 – в скально-береговых и 9 – в древесно-кустарниковых биотопах), рост численности – у 5 (в вышеуказанных биотопах соответственно 3 и 2 вида).

Ключевые слова: Карадаг; заповедник; гнездовая авифауна; изменения видового состава; динамика численности.

Введение

Изучение гнездовой авифауны горной группы Карадаг, расположенной на крайнем востоке Главной гряды Крымских гор, имеет почти 100-летнюю историю. До создания в 1979 г. Карадагского заповедника орнитологические исследования на этой территории имели эпизодический характер: наиболее полный список гнездящихся здесь птиц составлен в 1952 г. студентом Одесского университета Г.Д. Серским. Более или менее значительные коллекционные сборы, в том числе в гнездовое время, имеются в фондах зоомузеев ННПМ НАН Украины, Киевского и Харьковского университетов.

Систематическое изучение птиц указанного региона Крыма началось после создания Карадагского заповедника. Результаты инвентаризации авифауны, полученные в начальный период функционирования заповедника (1980–1982 гг.), изложены в отчете экспедиций Института зоологии АН УССР (Изучение фауны..., 1984), где приводится 70 гнездящихся (в т.ч. предположительно) видов. Впоследствии количественные учеты в гнездовое время проводились здесь регулярно.

Целью настоящей работы является анализ многолетних изменений видового состава гнездящихся птиц и численности отдельных видов авифауны Карадага, произошедших ко времени создания заповедника и в последующий почти 40-летний период. Актуальность этих исследований определяется необходимостью осуществления экологического мониторинга, как одной из основных задач заповедников.

Материал и методика

Обработаны материалы, собранные в 1919–1958 гг. на Карадаге и ближайших прилегающих к нему территориях, а также данные учетов и наблюдений на этой же территории после создания Карадагского заповедника (1980–2018 гг.). Общая площадь района исследований, ограниченного с юго-запада руслом р. Отузка, а с северо-запада

и севера – шоссе Щебетовка – Коктебель, составляет около 29 кв. км, из которых на сухопутную часть заповедника приходится около 20.7 кв. км.

Отправными пунктами для анализа многолетней динамики видового состава гнездящихся птиц послужили следующие архивные и коллекционные материалы, полученные в дозаповедный период и в первые годы существования заповедника.

1. Дипломная работа Г.Д. Серского «Гнездящиеся птицы Карадага» (Одесса, 1953 г.) по материалам исследований 30 мая – 16 июля 1952 г.

2. Дневник М.А. Воинственского: записи от 13 и 14 мая 1958 г. (Воинственский, 2006).

3. Дневник Ю.В. Аверина, рукопись: записи от 6–7 августа 1951 г. и 11–12 июня 1952 г.

4. Коллекционные материалы фондов Зоомузея НАН Украины (Каталог коллекций..., 1997а, 1997б, 2002, 2008), Харьковского университета (Девятко, Джамирзоев, 2008), Киевского университета.

5. Отчет экспедиций Института зоологии АН УССР 1980–1982 гг.¹ (Изучение фауны..., 1984): этими исследованиями охвачена только юго-восточная часть заповедника (хребты Береговой и Беш-Таш, гора Святая, долина Карадагская, балка Туманова).

С 1981 г. орнитологические наблюдения и количественные учеты птиц проводились ежегодно на всей территории заповедника. Для анализа динамики численности гнездящихся птиц использованы данные, полученные на двух учетных маршрутах. Древесно-кустарниковые виды учитывались на маршруте 1,7 км в редколесьях дуба пушистого – биотопе, где видовой состав достигает наибольшего разнообразия. Учет проводился дважды в сезон (в начале мая и начале июня) по голосам и визуально: ширина учетной полосы определялась по дальности обнаружения индивидуально для каждого вида. Виды скально-береговых биотопов учитывались с катера на морском маршруте 6 км вдоль береговой линии заповедника.

По материалам вышеперечисленных архивных документов и коллекционных фондов, а также полученным после создания заповедника, был составлен список видов, гнездование которых на Карадаге подтверждено достоверно или предполагается с высокой вероятностью. Так, вид включался в список, если он был добыт или регулярно наблюдался в подходящем биотопе в гнездовое время и достоверно известен как гнездящийся на юге Крыма. Не включены в список виды, указанные как гнездящиеся и оседлые явно ошибочно, или добытые в гнездовое время, но гнездование которых вызывает сомнение (в списке Серского – *Aquila clanga*, *Tringa ochropus*, *Alcedo atthis*, *Sylvia borin*; в коллекции Харьковского университета – *Sylvia curruca*).

Номенклатура и порядок расположения видов в данной работе приводятся по сводке Л.С. Степаняна (2003) с учетом некоторых таксономических и номенклатурных изменений, произошедших в последующие годы.

Результаты исследований

Общий список птиц, гнездование которых достоверно или с высокой вероятностью установлено на Карадаге в XX в. и за прошедший период XXI вв., приводится в таблице 1 и включает 91 вид.

Таким образом, согласно архивным и коллекционным материалам, список гнездовой авифауны Карадага в дозаповедный период включает 66 видов. Современный ее состав, с учетом предположительно гнездящихся, можно оценить в 80 видов.

¹ В данном отчете приводятся отдельные наблюдения, проведенные и в дозаповедный период: сроки исследований, указанные во вступительной части к главе «Птицы» – 1976–1982 гг.

Таблица 1.

**Видовой состав гнездящихся птиц Карадага по материалам исследований
1919–2018 гг.**

Вид	Время регистрации в районе исследований	
	До создания Карадагского заповедника (1919–1979 гг.)	После создания заповедника (ЗМУ, ЭИЗ, наши данные)
1	2	3
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	–	+*
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1947 (КНУ); 1952 (ДС, ДА)	++
<i>Tadorna ferruginea</i>	–	?+
<i>Anas platyrhynchos</i>	–	++
<i>Pernis apivorus</i>	1952 (ДС)	++
<i>Accipiter gentilis</i>	–	+
<i>Accipiter nisus</i>	–	++
<i>Buteo rufinus</i>	–	++
<i>Buteo buteo</i>	1952 (ЗМУ); припл. 1976 (ЭИЗ)	++
<i>Circaetus gallicus</i>	1952 (ДС); 1958 (ДВ)	?++
<i>Aquila heliaca</i>	1952 (ДС)	–
<i>Haliaeetus albicilla</i>	1952 (ДС, ДА)	–
<i>Gyps fulvus</i>	1927 (ДС: по данным Б.К. Штегмана)	+
<i>Falco cherrug</i>	Припл. 1976 (ЭИЗ)	++
<i>Falco peregrinus</i>	1946 (КНУ); 1952 (ДС, ДА)	++
<i>Falco tinnunculus</i>	1919, 1925 (ЗМУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС, ДА); 1958 (ДВ)	++
<i>Alectoris chukar</i>	–	++
<i>Perdix perdix</i>	–	+
<i>Coturnix coturnix</i>	1952 (ДС)	?+
<i>Phasianus colchicus</i>	–	++
<i>Gallinula chloropus</i>	–	++
<i>Charadrius dubius</i>	1946 (КНУ); 1957 (ХНУ)	–
<i>Scolopax rusticola</i>	–	+
<i>Larus cachinnans</i>	–	++
<i>Columba palumbus</i>	1958 (ДВ)	++
<i>Columba livia</i>	1946 (КНУ); 1952 (ДС, ДА); 1958 (ДВ)	++
<i>Streptopelia decaocto</i>	–	++
<i>Streptopelia turtur</i>	1925, 1927 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1958 (ДВ)	++
<i>Cuculus canorus</i>	1938 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1958 (ДВ)	++
<i>Bubo bubo</i>	1949 (ДС: по данным Н.А. Алексеева)	–
<i>Asio otus</i>	–	++
<i>Otus scops</i>	1925 (ЗМУ); 1952 (ДС)	++
<i>Athene noctua</i>	1919 (ДС: по данным М.М. Беляева); 1946 (КНУ)	++
<i>Strix aluco</i>	–	++
<i>Caprimulgus europaeus</i>	1925, 1938 (ЗМУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС); 1958 (ДВ, ЗМУ)	++
<i>Apus apus</i>	1920 (ЗМУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС, ДА)	++
<i>Apus melba</i>	1919 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС, ДА); 1956 (ЗМУ); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++
<i>Coracias garrulus</i>	1919 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1958 (ДВ)	–
<i>Merops apiaster</i>	1972 (сообщ. К.Е. Михайлова)	–
<i>Upupa epops</i>	1951 (ДА); 1952 (ДС, ДА); 1958 (ДВ)	++
<i>Jynx torquilla</i>	1952 (ДС)	?+
<i>Dendrocopos major</i>	1952 (ДС)	++
<i>Dendrocopos syriacus</i>	–	++
<i>Hirundo rustica</i>	1946 (КНУ); 1952 (ДС)	++
<i>Delichon urbicum</i>	1952 (ДС, ДА); 1957 (ХНУ)	++
<i>Galerida cristata</i>	1919 (ЗМУ); 1946 (КНУ, ХНУ); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ)	++
<i>Calandrella cinerea</i>	1952 (ДС)	–

Продолжение таблицы 1

1	2	3
<i>Melanocorypha calandra</i>	1952* (ДС)	–
<i>Alauda arvensis</i>	1952 (ДС)	–
<i>Anthus campestris</i>	1919 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ, ЗМУ)	–
<i>Anthus trivialis</i>	1920 (ЗМУ)	++
<i>Motacilla alba</i>	1920 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1952 (ДС)	++
<i>Lanius collurio</i>	1919 (ЗМУ); 1927 (ЗМУ); 1946 (КНУ, ХНУ); 1947 (КНУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС); 1958 (ДВ)	++
<i>Lanius minor</i>	1952 (ДС); 1947 (КНУ)	–
<i>Oriolus oriolus</i>	1920 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1958 (ДВ)	++
<i>Sturnus vulgaris</i>	1920, 1925, 1927, 1938 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++
<i>Garrulus glandarius</i>	1925 (ЗМУ); 1946 (ХНУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС); 1962 (ЗМУ); 1973* (КНУ); 1957 (ХНУ)	++
<i>Pica pica</i>	–	++
<i>Corvus cornix</i>	1920 (ЗМУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС, ДА); 1958 (ДВ)	++
<i>Corvus corax</i>	1951, 1952 (ДС, ДА); 1958 (ДВ)	++
<i>Sylvia nisoria</i>	1919 (ЗМУ); 1958 (ДВ); 1976, 1979 (сообщ. В.М. Зубаровского)	++
<i>Sylvia atricapilla</i>	1920 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++
<i>Sylvia communis</i>	1919 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1958 (ДВ)	++
<i>Phylloscopus collybita</i>	–	?+
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	–	++
<i>Saxicola torquata</i>	–	+
<i>Oenanthe oenanthe</i>	1925* (ЗМУ); 1952* (ДС)	?+
<i>Oenanthe pleschanka</i>	1920, 1925*, 1938 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ)	++
<i>Oenanthe hispanica</i>	1914 (Костин, 1983)	+
<i>Monticola saxatilis</i>	1925 (ЗМУ); 1952 (ДС)	++
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	1920 (ЗМУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ; ЗМУ)	++
<i>Erithacus rubecula</i>	–	++
<i>Luscinia megarhynchos</i>	1927 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++
<i>Turdus merula</i>	1919, 1927 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1952 (ДС, ДА); 1958 (ДВ)	++
<i>Turdus philomelos</i>	–	++
<i>Turdus viscivorus</i>	1920 (ЗМУ); 1948 (КНУ); 1952 (ДС)	++
<i>Aegithalos caudatus</i>	1952 (ДС); 1957 (ХНУ)	++
<i>Parus ater</i>	–	+
<i>Parus caeruleus</i>	1951 (ДА); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ, ЗМУ)	++
<i>Parus major</i>	1920 (ЗМУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС, ДА); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++
<i>Certhia familiaris</i>	–	?+
<i>Passer domesticus</i>	1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1962 (ЗМУ)	++
<i>Passer montanus</i>	–	++
<i>Fringilla coelebs</i>	1919 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС, ДА); 1958 (ДВ)	++
<i>Chloris chloris</i>	1919* (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС)	++
<i>Carduelis carduelis</i>	1919 (ЗМУ); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++
<i>Acanthis cannabina</i>	1919* (ЗМУ); 1952 (ДС)	++
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	1952 (ДС)	+
<i>Emberiza calandra</i>	1919, 1925, 1927, 1938 (ЗМУ); 1946 (КНУ); 1951 (ДА); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++
<i>Emberiza cia</i>	1951 (ДА); 1952 (ДС); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ); 1962 (ЗМУ)	++
<i>Emberiza hortulana</i>	1919 (ЗМУ); 1946, 1947 (КНУ); 1951 (ДА); 1952* (ДС); 1956 (КНУ); 1957 (ХНУ); 1958 (ДВ)	++

Примечания к таблице.

Источники информации: ДС – дипломная работа Г.Д. Серского; ДВ – дневник М.А. Воинственского; ДА – дневник Ю.В. Аверина; ЗМУ – фонды зоомузея НАН Украины; КНУ – фонды Киевского национального университета; ХНУ – фонды Харьковского национального университета; ЭИЗ – отчет экспедиций Института зоологии АН УССР.

Условные обозначения: * – указан только для прилегающих к заповеднику территорий; ++ – в гнездовое время встречается регулярно; + – не более 5 регистраций за весь период исследований; ? – встречался в гнездовое время, но гнездование предположительно.

Потери видового состава. Сопоставление списков птиц дозаповедного и заповедного периодов Карадага показывает, что ко времени создания заповедника из состава его гнездовой авифауны выпало не менее 11 видов. В 1949 г. последний раз был отмечен филин (*Bubo bubo*); в 1952 г. – могильник (*Aquila heliaca*), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*)², сизоворонка (*Coracias garrulus*), чернолобый сорокопуд (*Lanius minor*), жаворонки малый (*Calandrella cinerea*), степной (*Melanocorypha calandra*) и полевой (*Alauda arvensis*); в 1957 г. – малый зуек (*Charadrius dubius*); в 1958 г. – полевой конек (*Anthus campestris*); в 1972 г. – золотистая щурка (*Meropus apiaster*) (табл. 1). В 1952 г. на прибрежных скалах Серский наблюдал «большие колонии» воронка (*Delichon urbicum*): в 1980 г. были учтены лишь единичные гнезда (Изучение фауны..., 1984), а позже вид регистрировался в районе исследований исключительно как синантропный.

Из материалов Серского следует, что причинами исчезновения с данной территории крупных соколообразных птиц и филина явились добыча взрослых птиц (белоголовый сип, филин) и изъятие птенцов из гнезд (могильник, возможно орлан-белохвост). К исчезновению видов, характерных для открытых травянистых биотопов (жаворонки, полевой конек), вероятно, привели такие факторы, как чрезмерная пастбищная нагрузка на степи Карадага (Дидух, Шеляг-Сосонко, 1982) и сенокошение. Имевшая место в последние десятилетия реконструкция береговой зоны ведет к сокращению площади песчаных и мелкогалечных пляжей, представляющих собой основной гнездовой биотоп малого зуйка.

Следует отметить, что такие виды, как малый зуек, сизоворонка, золотистая щурка, жаворонки малый и степной, полевой конек и чернолобый сорокопуд в настоящее время продолжают гнездиться в близлежащих районах восточной части Южного берега Крыма.

Еще 5 видов, считавшихся исчезнувшими на основании результатов наблюдений в первые годы существования заповедника (Изучение фауны..., 1984; Бескаравайный, 1997), впоследствии регистрировались на его территории в гнездовое время: регулярно – осоед (*Pernis apivorus*) и змеяд (*Circaetus gallicus*), в отдельные годы – перепел (*Coturnix coturnix*) и вертишейка (*Jynx torquilla*). В 2013 г., после 86-летнего перерыва, отмечен факт гнездования на Карадаге белоголового сипа (*Gyps fulvus*) (Бескаравайный, 2015).

Появление новых видов. После создания Карадагского заповедника (в 1980–2016 гг.) на территории изучаемого района в гнездовое время обнаружено 25 ранее не отмеченных видов. Причины появления приблизительно половины из этого числа установлены – это акклиматизация, заселение Крыма вследствие естественного расширения гнездовых ареалов, создание искусственных гнездопригодных биотопов (водоемы, древесные насаждения).

Акклиматизационные работы, осуществляемые в Крыму в середине XX в., привели к появлению на гнездовании двух охотничьих видов.

1. Кеклик (*Alectoris chukar*). Плановые мероприятия по интродукции кекликов проводились в предгорьях и восточной части Южного берега Крыма в 1947–1976 гг.; в 1979 г. район сплошного распространения охватывал территорию от Алушты до Феодосии (Костин, 1983), куда входит и район наших исследований. Как фоновый оседлый, вид впервые указан для Карадагского заповедника в 1980 г. (Изучение фауны..., 1984), где он населяет каменистые и скалистые склоны, покрытые кустарниковой и разреженной древесной растительностью (0.2–2.9 пар/10 га).

2. Фазан (*Phasianus colchicus*). Выпуски фазанов в охотничьи угодья Крыма продолжались с 1947 г. (Костин, 1983) до последних лет. Для территории заповедника,

² По опросным данным гнездился также в 1965–1966 гг.

где этот вид населяет участки с густым травостоем среди редколесий, он впервые приводится как редкий оседлый в 1980 г. (Изучение фауны..., 1984). В настоящее время плотность гнездования в указанных биотопах колеблется от 0.4 до 2.4 пар/кв. км.

Появление на гнездовании в исследуемом районе еще 7 видов обусловлено расширением их гнездовых ареалов и ростом численности, имеющими место во второй половине XX – начале XXI в.

1. Тетереви́тник (*Accipiter gentilis*). В последние два десятилетия участились наблюдения вида в гнездовое время в Горном Крыму (Костин, 2008, наши данные), что может свидетельствовать о росте численности. На Карадаге гнездование впервые зарегистрировано в 1994 г. на покрытом грабовым лесом северном склоне г. Святая, (Мищенко, 1994; Бескаравайный, 1996); впоследствии на территории заповедника гнездились 1–2 пары.

2. Курганник (*Buteo rufinus*). В Крыму гнездится со 2 половины 90-х гг. (Гринченко и др., 2000), на Карадаге (скальные обрывы) регистрируется с 2006 г. (Бескаравайный, 2016).

3. Кольчатая горлица (*Streptopelia decaocto*). В Крыму впервые отмечена в 1971 г. (Костин, 1983), на Карадаге – в 1982 г. (Изучение фауны..., 1984). В настоящее время регулярно гнездится в парках и прилегающих к заповеднику населенных пунктах: на территории поселка и парка Карадагской биостанции – не менее 3 пар.

4. Ушастая сова (*Asio otus*). Рост численности в Крыму наметился с середины 70-х гг., как следствие развития лесополос и заселения их врановыми птицами (сорока, серая ворона грач), старые гнезда которых используются в качестве субстрата для кладок (Товпинец, Евстафьев, 2005). На Карадаге первые наблюдения вероятно гнездящихся сов сделаны в 1981–1982 гг., достоверно гнездование установлено в 1983 г. В 1984 г. плотность в дубово-фисташковых редколесьях составляла 2 пары/кв. км, в последние годы редка.

5. Сирийский дятел (*Dendrocopos syriacus*). Впервые зарегистрирован в Крыму в 1979 г. (Костин, 1983), вероятно в 1 половине – середине 90-х гг. началось активное заселение искусственных древесных насаждений полуострова. На Карадаге отмечается с 2006 г.: в настоящее время немногочислен в сосновых лесопосадках, 2–3 пары гнездятся в поселке и парке биостанции.

6. Пеночка-теньковка (*Phylloscopus collybita*). В гнездовое время стала появляться в Горном Крыму с конца 80-х гг., на Карадаге впервые добыта 19.06.1993 г. (Цвельх, Аппак, 2011). Территориальные самцы в гнездовых биотопах регистрировались на облесенных склонах гор Святая (12.06.2012 г.) и Легенер (29.05.2013 г.).

7. Черноголовый чекан (*Saxicola torquata*). В Крыму известен на гнездовании с 1989 г. (Абакумов и др., 1995). В этом же году первый и единственный раз гнездовая пара отмечена в заповеднике – на открытом участке с густым травостоем и редкой кустарниковой растительностью среди редколесий дол. Карадагской.

Существенные изменения претерпел гидрофильный орнитокомплекс, включающий в настоящее время 6 достоверно или предположительно гнездящихся видов. Причиной появления в районе исследований 4 видов стало создание на Южном берегу Крыма водоемов хозяйственного назначения при дефиците естественных пресноводных угодий.

1. Малая поганка (*Tachybaptus ruficollis*). Гнездование одной пары отмечалось в 1992 и 1993 гг. на искусственном водоеме в дол. Отузской рядом с границей заповедника.

2. Кряква (*Anas platyrhynchos*). Первые регистрации в гнездовое время у морских берегов Карадага датированы 1981 г. (Изучение фауны..., 1984), впоследствии здесь учитывали до 3 пар: гнезда обнаружены среди кустарниковой растительности на

приморских склонах (Бескаравайный, 2008). Единичные пары учитывали на небольших прудах в периферийной зоне заповедника.

3. Камышница (*Gallinula chloropus*). Впервые пара отмечена в 1984 г. на небольшом искусственном пруду в северо-восточной части заповедника. В 90-х гг. не менее 2 пар держались на прудах рядом с западной его границей – в долинах Отузской и Беш-Таш.

4. Огарь (*Tadorna ferruginea*). Предположительно гнездовые пары впервые наблюдались на морском берегу в северо-восточной части заповедника весной и летом 1999–2003 гг. (Бескаравайный, 2008, 2016).

Исследованиями, проведенными на Карадаге после создания заповедника, были выявлены еще 8 в настоящее время немногочисленных, но более или менее регулярно гнездящихся видов, предположительно появившихся на изучаемой территории в 60–70-х гг.

1. Перепелятник (*Accipiter nisus*). Впервые гнездование отмечено в 1981 г. В настоящее время численность в лесных биотопах заповедника составляет приблизительно 5–6 пар.

2. Средиземноморская чайка (*Larus michahellis*). По материалам Серского, на Карадаге держится в течение всего лета, но не гнездится. Впервые гнездование в береговой зоне установлено в 1980 г. (Изучение фауны..., 1984).

3. Серая неясыть (*Strix aluco*). Впервые отмечена в заповеднике в 1983 г. Регулярно, но в небольшом числе (не более 0.1 пар/10 га) гнездится на лесных участках с дуплистыми деревьями.

4. Сорока (*Pica pica*). Впервые наблюдалась на Карадаге в 1980 г., (Изучение фауны..., 1984), по опросным данным встречалась в 60-х гг.

5. Пеночка-трещотка (*Phylloscopus sibilatrix*). Ранее в гнездовое время (5.06.1957 г.) была отмечена только на прилегающей к Карадагу территории – у пос. Щебетовка (Девятко, Джамирзоев, 2008). В заповеднике впервые зарегистрирована в 1981 г, вероятно гнездовые особи встречались и в 1980 г. (Изучение фауны..., 1984). В настоящее время регулярно гнездится на лесных участках.

6. Зарянка (*Erithacus rubecula*). Впервые указана для заповедника в 1980 г. (Изучение фауны..., 1984), впоследствии регулярно, но в небольшом числе (0.4–0.7 пар/10 га) учитывалась в тех же биотопах, что и предыдущий вид.

7. Певчий дрозд (*Turdus philomelos*). Впервые зарегистрирован на Карадаге в 1982 г. Не ежегодно и в очень небольшом числе гнездится в лесных биотопах заповедника.

8. Полевой воробей (*Passer montanus*). Впервые обнаружен в 1980 г. (Изучение фауны..., 1984), гнездится в развалинах зданий на территории заповедника и постройках прилегающих населенных пунктов. В настоящее время немногочислен.

Еще 4 вида известны в заповеднике всего по одной или нескольким регистрациям – это серая куропатка (*Perdix perdix*) (1997 и 1998 гг.), вальдшнеп (*Scolopax rusticola*) (1995, 2000, 2001 гг.), московка (*Parus ater*) (1997 г.) и обыкновенная пищуха (*Certhia familiaris*) (2005 г.). Судить о действительном времени появления этих видов на Карадаге не представляется возможным.

Динамика численности некоторых регулярно гнездящихся видов. Ранее были рассмотрены динамика численности и современное состояние гнездящихся в заповеднике видов, занесенных в красные книги Российской Федерации и Крыма (Бескаравайный, 2008, 2016). Согласно этим данным, общую тенденцию к росту показывает численность хохлатого баклана (*Phalacrocorax aristotelis*) (пик в 2011 г. – 205 пар), балобана (*Falco cherrug*) (во второй половине 70-х гг. – единично, в конце XX – начале XXI в. – 2–3 пары), сапсана (*Falco peregrinus*) (с середины 80-х гг. до начала XXI в. – от 1 до 4 или 5 пар). Заметно снизил численность сизый голубь (*Columba livia*).

Не меньший интерес представляет анализ динамики гнездовой численности видов, являющихся обычными и многочисленными. За 38-летний период существования заповедника заметные изменения численности на его территории имели место у следующих видов.

1. Средиземноморская чайка. В 1980 и 1981 гг. на прибрежных скальных обрывах Карадага обнаружены две колонии 25 и 15 пар (Изучение фауны..., 1984). В 1982–1991 гг. численность составляла 100–220 пар, в первом десятилетии XXI в. – не более 60 пар (Бескаравайный, 2008), в последние несколько лет – 2–6 пар. Динамика численности обособленной колонии в районе мыса Мальчин, где вид был впервые обнаружен в 1995 г., показана на рис. 1.

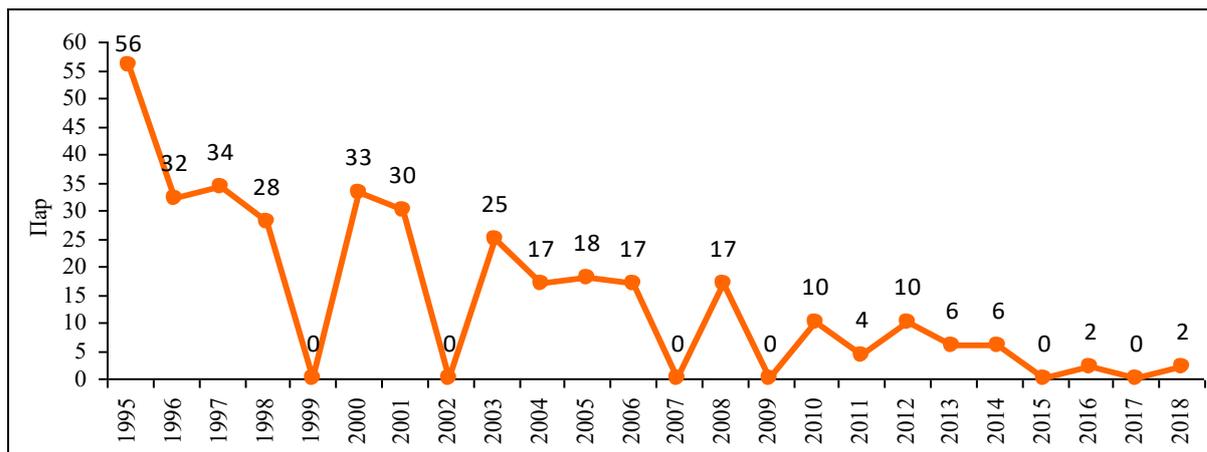


Рис. 1. Многолетняя динамика численности средиземноморской чайки в колонии у мыса Мальчин

2. Обыкновенная горлица (*Streptopelia turtur*). В 1952 г., по наблюдениям Серского, была обычной. Максимальная численность отмечалась в 80-х гг. (в редколесьях – до 0,6 пар/10 га), впоследствии наметилась тенденция к ее снижению как в редколесьях (после 2001 г. – до 0,3 пар/га), так и на лесных участках (Бескаравайный, 2016). В последние годы на маршруте не учитывалась, или фиксировалась единично: многолетняя динамика гнездовой плотности показана на рис. 2.

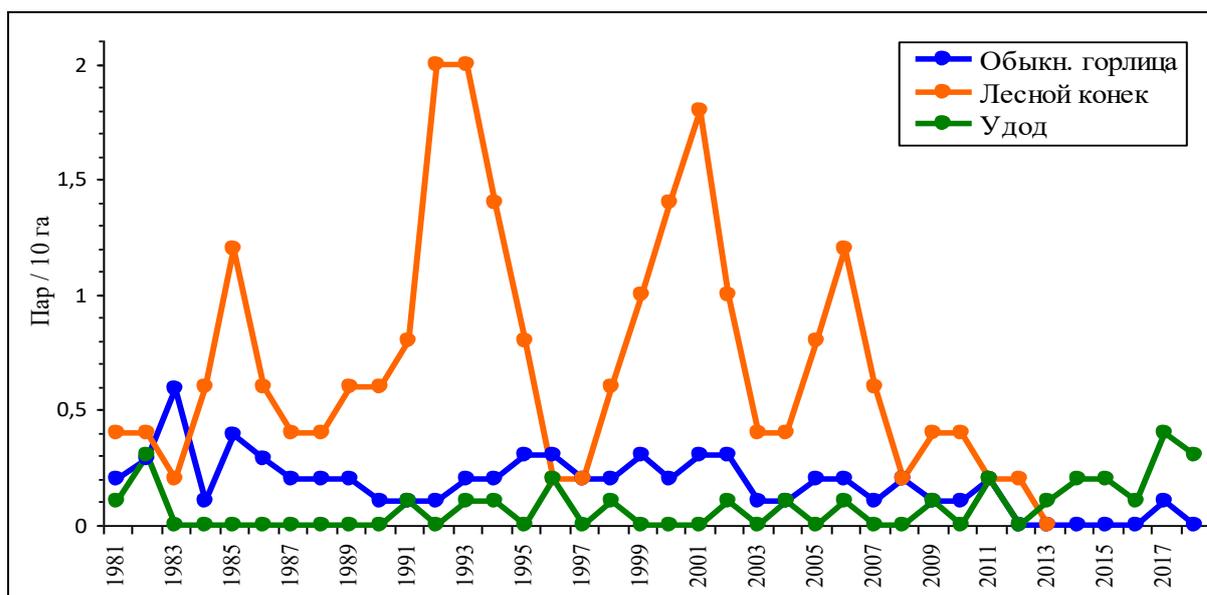


Рис. 2. Многолетняя динамика гнездовой плотности обыкновенной горлицы, удода и лесного конька

3. Удод (*Upupa epops*). В 1982 г. гнездовая плотность составляла 0.3 пар/10 га, затем вид исчез и впоследствии нерегулярно регистрировался только с 1991 г.: до 2016 г. – 0.1–0.2 пар/10 га, в 2017 г. – 0.4 пар/10 га (рис. 2).

4. Лесной конек (*Anthus trivialis*). До 2006 г. плотность гнездования варьировала от 0.2 до 2 пар/10 га: ее пики имели место в 1985 г. (1.2 пар/10 га), 1992–1993 гг. (2 пар/10 га), 2001 г. (1.8 пар/10 га), и 2006 г. (1.2 пар/10 га). Затем наблюдалось стойкое снижение, с 2013 г. на учетном маршруте не отмечался (рис. 2).

5. Обыкновенный скворец (*Sturnus vulgaris*). В 1952 г. был указан Серским, как гнездящийся «в большом количестве» на скалах хр. Сюрю-Кая, впоследствии в данном районе и в аналогичных биотопах Карадага отсутствовал. В 1981–1982 гг. гнезился в заповеднике на участках старого дубово-ясеневое леса по склону бал. Тумановой (группы до 5 пар); в последующие годы был обычным только в поселке и парке биостанции.

6. Сорока. В начале 80-х гг. численность в заповеднике была оценена примерно в 15 пар (Изучение фауны..., 1984). Максимальная гнездовая плотность (1,6 пар/10 га) отмечена в 1983 г., впоследствии она варьировала от 0.2 до 0.8 пар/10 га (рис. 3), а после 2001 г. вид не регистрировался.

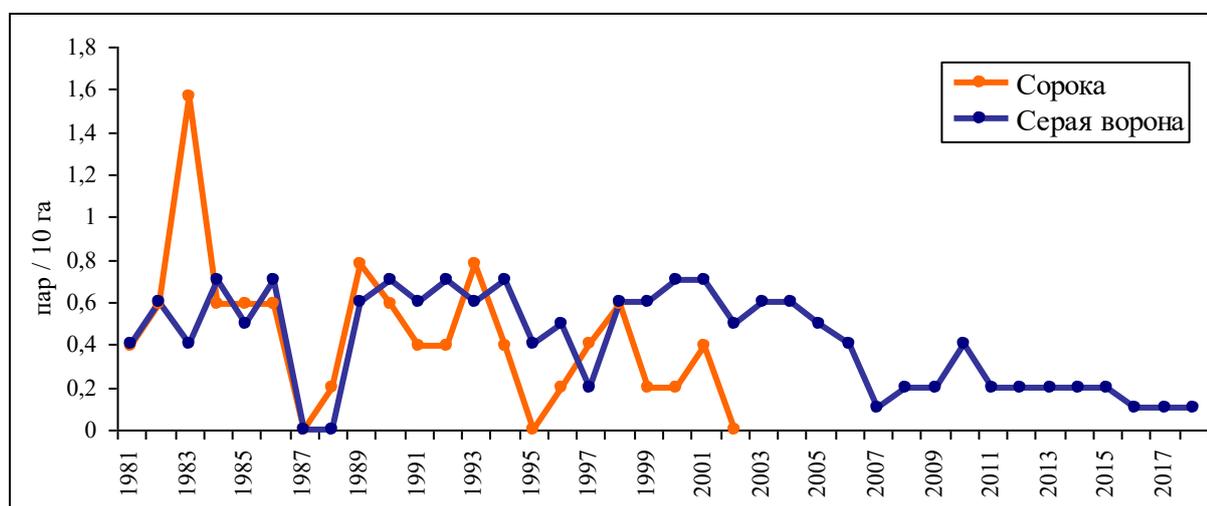


Рис. 3. Многолетняя динамика гнездовой плотности сороки и серой вороны

7. Серая ворона (*Corvus cornix*). В 1952 г. на Карадаге обнаружена одна пара (данные Серского), в начале 80-х гг. – 25 пар (Изучение фауны..., 1984). До 2010 г. плотность гнездования колебалась от 0.2 до 0.7 пар/10 га, в дальнейшем наметилось ее снижение до 0.1–0.2 пар/10 га (рис. 3).

8. Серая славка (*Sylvia communis*). В 1952 г., по оценке Серского, была редкой. С начала 80-х до 2008 г. – одна из самых многочисленных гнездящихся птиц (2.2–5.5 пар/10 га); впоследствии произошло резкое падение численности: после 2014 г. на учетном маршруте не регистрировалась (рис. 4), в других районах заповедника отмечались лишь единичные пары.

9. Пеночка-трещотка. В последние два десятилетия XX в. и первые годы XXI в. плотность гнездования в дубовых и грабовых лесах заповедника составляла 0.3–0.5 пар/10 га, в последующие годы (2002–2009 гг.) увеличившись более чем вдвое (0.8–1.3 пар/10 га).

10. Обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus*). После 1983 г. наблюдался рост плотности гнездования с пиками в 1994 г. (2.4 пар/10 га) и 2008–2009 гг. (1.8 пар/10 га), после чего колебания составили от 0.3 до 0.9 пар/10 га (рис. 4).

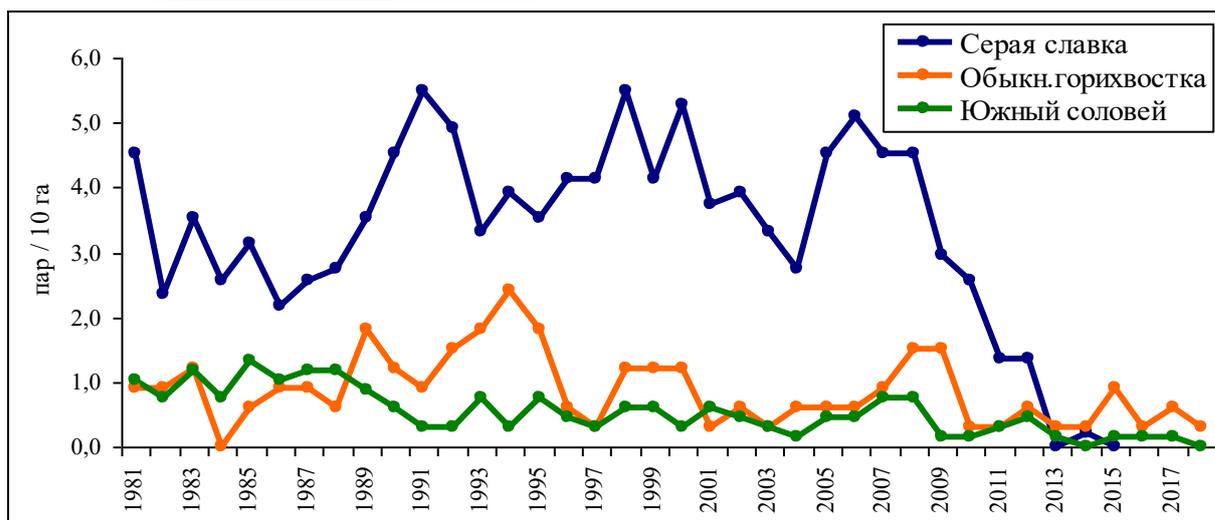


Рис. 4. Многолетняя динамика гнездовой плотности серой славки, обыкновенной горихвостки и южного соловья

11. Южный соловей (*Luscinia megarhynchos*). Относительно высокая плотность гнездования (0.7–1.3 пар/10 га) имела место в 1981–1989 гг., затем до 2013 г. постепенно снижалась, составив после этого не более 0.2 пар/10 га (рис. 4).

12. Черный дрозд (*Turdus merula*). Многочисленным был в 1952 г. (Серский) и начале 80-х гг. (Изучение фауны..., 1984). До середины 90-х гг. гнездовая плотность составляла 0.2–0.3 пар/10 га, после чего наблюдался ее рост – в первом десятилетии XXI в. до 0.7 пар/10 га (рис. 5).

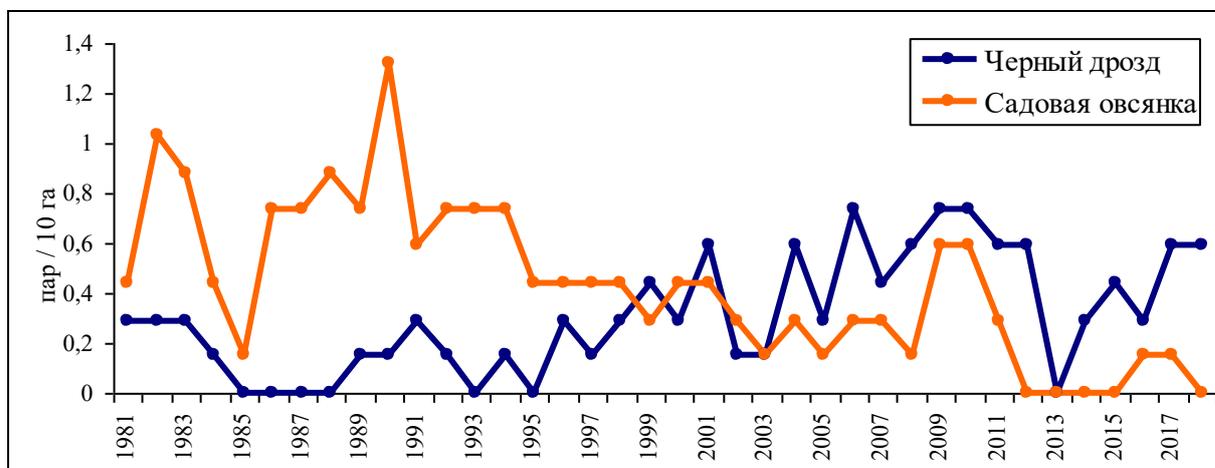


Рис. 5. Многолетняя динамика гнездовой плотности черного дрозда и садовой овсянки

13. Садовая овсянка (*Emberiza hortulana*). Была обычной до середины 90-х гг., плотность гнездования достигла пика в 1991 г. (1.3 пар/10 га). В дальнейшем наметилась тенденция к ее снижению: после 2011 г. – от нулевой до 0.2 пар/10 га (рис. 5).

Заключение

Согласно материалам исследований, проведенных в XX в. – начале XXI в., список гнездящихся птиц Карадага включает 91 вид, из которых 66 выявлено до создания Карадагского заповедника и 80 – в период его существования. За прошедший

98-летний период гнездовая авифауна этого региона Крыма претерпела существенные качественные и количественные изменения.

Ко времени создания заповедника (1979 г.), на исследуемой территории перестали гнездиться не менее 11 видов птиц: последние регистрации большинства из них приходится на 50-е гг. XX в. Наиболее вероятной причиной их исчезновения явились антропогенные факторы: прямое уничтожение и разорение гнезд (2 вида дневных хищников и филин), выпас и сенокосение (наземногнездящиеся виды – жаворонки и полевой конек), реконструкция береговой зоны (малый зуек).

С 1980 г. до настоящего времени в районе исследований обнаружены 25 ранее не отмеченных видов, из которых 7 (курганник, кольчатая горлица, ушастая сова, сирийский дятел, пеночка-теньковка, черноголовый чекан, возможно тетеревятник) появились на Карадаге вследствие естественного расширения гнездовых ареалов. Появление еще 6 видов обусловлено антропогенными причинами: 2 (кеклик и фазан) заселили территорию заповедника после акклиматизации в Крыму в середине – второй половине XX в., 3–4 (малая поганка, кряква, камышница, возможно огарь) – вследствие создания искусственных водоемов на прилегающих к заповеднику сельскохозяйственных угодьях. С высокой вероятностью можно предполагать появление на гнездовании в 60–70-е годы 8 не зарегистрированных ранее, но в настоящее время регулярно гнездящихся видов (перепелятник, средиземноморская чайка, серая неясыть, сорока, пеночка-трещотка, зарянка, певчий дрозд, полевой воробей).

За прошедшие 38 лет существования Карадагского заповедника гнездовая численность ряда видов претерпела значительные изменения. В скально-береговых биотопах ее снижение выявлено у средиземноморской чайки и сизого голубя, рост – у хохлатого баклана, балобана и сапсана (Бескаравайный, 2016). В древесно-кустарниковых биотопах тенденция к снижению численности прослеживается у 9 видов; наиболее резкое ее падение (от доминирующего до нулевого или единичного участия в составе орнитокомплекса) отмечено у лесного конька, серой славки и сороки. Рост численности наблюдается у пеночки-трещотки и черного дрозда.

Список литературы

1. Абакумов В.Г., Бескаравайный М.М., Кинда В.В., Костин С.Ю., Стадниченко И.С., Цвельх А.Н. Современное состояние черноголового чекана *Saxicola torquata* в Крыму // Русский орнитологический журнал. – 1995. – Т. 4, вып. 3/4. – С. 142–144.
2. Бескаравайный М.М. Новые данные о редких и малоизученных видах птиц Юго-восточного Крыма // Вестник зоологии. – 1996. – № 3. – С. 71–72.
3. Бескаравайный М.М. Биотопическое распределение и сезонная динамика населения птиц Карадагского заповедника // НАН Украины, Труды Карадагского филиала ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского. – Севастополь, 1997. – С. 24–44.
4. Бескаравайный М.М. Птицы морских берегов Южного Крыма. – Симферополь: «Н.Оріанда», 2008. – 160 с.
5. Бескаравайный М.М. Некоторые итоги орнитологических исследований на юго-востоке Крыма в начале XXI века // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов. – Симферополь: Н.Оріанда, 2015. – С. 335–340.
6. Бескаравайный М.М. Современное состояние раритетной авифауны Карадагского заповедника // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2016. – Вып. 2. – С. 52–65.
7. Воинственский М.А. Дневники крымских экспедиций 1957 и 1958 гг. // Авіфауна України. – 2006. – Вип. 3. – С. 2–40.

8. Гринченко А.Б., Кинда В.В., Пилюга В.И., Прокопенко С.П. Современный статус курганника в Украине // Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2000. – Вып. 3. – С.13–26.
9. Девятко Т.Н., Джамирзоев Г.С. Каталог орнитологической коллекции Музея природы Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина (Кавказ, южные регионы России и Украины, Средняя Азия, Казахстан). – Махачкала: ДГПУ, 2008. – 236 с.
10. Дидух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Карадагский государственный заповедник. Растительный мир. – Киев: Наукова Думка, 1982. – 152 с.
11. Изучение фауны и численности наземных позвоночных Карадага (1981–1982) // Карадагский гос. заповедник АН УССР. Летопись природы, 1984. – Т. 1, кн. 1, ч. 5. – Карадаг, 1984. – 142 с.
12. Каталог коллекций зоологического музея ННПМ НАН Украины. Птицы. Вып. 1. Неворобьиные Non-Passeriformes (Пингвинообразные Sphenisciformes – Журавлеобразные Gruiformes) / Пекло А. М. – Киев: Зоомузей ННПМ НАН Украины, 1997а. – 156 с.
13. Каталог коллекций зоологического музея ННПМ НАН Украины. Птицы. Вып. 2. Неворобьиные Non-Passeriformes (Ржанкообразные Charadriiformes – Дятлообразные Piciformes) / Пекло А. М. – Киев: Зоомузей ННПМ НАН Украины, 1997б. – 235 с.
14. Каталог коллекций зоологического музея ННПМ НАН Украины. Птицы. Вып. 3. Воробьинообразные – Passeriformes (Tyrannidae, Hirundinidae, Dicruridae, Oriolidae, Corvidae, Cracticidae, Paradoxornithidae, Timaliidae, Campephagidae, Pycnonotidae, Cincidae, Troglodytidae, Mimidae, Muscicapidae, Bombycillidae, Ptilonotidae, Laniidae, Sturnidae, Meliphagidae, Zosteropidae, Vireonidae, Coerebidae, Parulidae, Ploceidae, Viduidae, Estrildidae, Icteridae, Thraupidae, Fringillidae) / Пекло А. М. – Киев: Зоомузей ННПМ НАН Украины, 2002. – 312 с.
15. Каталог коллекций зоологического музея ННПМ НАН Украины. Птицы. Вып. 4. Воробьинообразные – Passeriformes (Alaudidae, Motacillidae, Prunellidae, Sylviidae, Regulidae, Remizidae, Sittidae, Tichodromadidae, Certhiidae, Aegithalidae, Passeridae, Emberizidae) / Пекло А. М. – Киев: Зоомузей ННПМ НАН Украины, 2008. – 410 с.
16. Костин Ю.В. Птицы Крыма. – М.: Наука, 1983. – 240 с.
17. Костин С.Ю. Ретроспективный анализ статуса представителей отряда соколообразные (Falconiformes) в Крыму // Новітні дослідження соколоподібних та сов. Матеріали III Міжнародної наукової конференції «Хижі птахи України», м. Кривий Ріг, 24–25 жовтня 2008 р. – Кривий Ріг, 2008. – С. 168–182.
18. Мищенко М.О. Гнездование тетеревятника в Крыму // Беркут. – 1994. – Т. 3, вып. 2. – С. 127.
19. Природа Карадага / Бескаравайный М.М., Костенко Н.С., Миронова Л.П. и др. Под ред. Морозовой А.Л. и Вронского А.А. – Киев: Наукова Думка, 1989. – 288 с.
20. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). – М.: Академкнига, 2003. – 808 с.
21. Товпинец Н.Н., Евстафьев И.Л. Ушастая сова *Asio otus* в Крыму // Фальцфейновські читання. Збірник наук. праць. Т. 2. – Херсон. 18–20 травня 2005 р. – Херсон, 2005. – С. 186–190.
22. Цвельх А.Н. Распространение *Larus michahellis* J.F. Naumann и *Larus cachinnans* Pallas на Крымском полуострове // Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2016. – Вып. 19. – С. 160–165.

23. Цвельх А.Н., Анпак Б.А. Экспансия пеночки-теньковки в Крым // Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2011. – Вып. 14. – С. 68–72.

**ABOUT LONG-TERM CHANGES OF THE KARADAG NESTED AVIFAUNA
(SOUTH-EAST CRIMEA)**

Beskaravajnyj M.M.

*T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Kurortnoe, Feodosia,
Russian Federation, e-mail: karavay54@mail.ru*

Qualitative changes nested avifauna of Karadag for almost 100-year period of its studying (1919–2018) and dynamics of number of some regularly nesting species during existence of Karadag nature reserve are analyzed. The general list of nesting birds includes 91 species; from them 66 species are detected before founding of nature reserve and 80 – during the subsequent period (1980–2018). By time of creation of nature reserve nested avifauna has lost not less than 11 species: the probable causes of it – is direct destruction (large Falconiformes, an eagle owl), grazing and mowing (ground-nesting species), reconstruction of a coastal zone. After 1980 it is detected 25 earlier not registered species: from them 7 have appeared as a result of expansion of nested areas, 2 – after acclimatisation in the Crimea, 3–4 – owing to creation of artificial reservoirs in adjoining territories. For the 38-year period of existence of nature reserve number reduction is revealed at 10 species (2 – in rocky-coastal and 8 – in arboreal biotopes), number growth – at 5 (in corresponding biotopes accordingly 3 and 2 species).
Keywords: Karadag; nature reserve; nested avifauna; changes of specific structure; dynamics of number.

Поступила в редакцию 10.04.2018 г

УДК 612.6.05

ЭТОЛОГО-АКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОБОЧЕК (*Delphinus delphis ponticus* Barabach-Nikiforov, 1935) В АКВАТОРИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

Логоминова И.В.¹, Агафонов А.В.^{1,2}, Горбунов Р.В.^{1,3}

¹ФГБУН «Кардагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»,
г. Феодосия, пгт Курортное, Российская Федерация

²ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Российская Федерация

³ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация

e-mail: logominova@rambler.ru, agafonov.57@mail.ru, gorbunov@imbr-ras.ru

Работа посвящена исследованиям поведения и подводной акустической сигнализации белобочек в акваториях юго-восточного побережья Крыма. При обработке акустического материала были выделены все три категории характерных для дельфинов звуковых сигналов. По результатам систематизации и анализа тональных сигналов были идентифицированы 9 типов свистов, которые потенциально могут являться индивидуальными «автографами». Проведенные исследования показали, что совокупное применение визуальных и акустических методов наблюдения может существенно уточнить представление о численности, социальной структуре популяции и специфике поведенческой активности данного вида.

Ключевые слова: черноморская белобочка; поведение; акустическая сигнализация; свистовые сигналы; «свисты-автографы».

Введение

Дельфины (**Delphinidae**), как и другие представители отряда китообразных (**Cetacea**), являются высокоспециализированными млекопитающими, идеально приспособившимися к жизни в водной среде. Ими освоены практически вся акватория Мирового океана, а также ряд пресноводных водоемов. Дельфины являются, как правило, консументами III – IV порядков, занимая, таким образом, вершины соответствующих пищевых цепей. Интерес к изучению этих животных значительно вырос в середине XX века; многочисленные исследования были посвящены таким аспектам их жизнедеятельности, как механизмы обеспечения дыхания и терморегуляции, передвижение в воде, рождение и вскармливание детенышей, ориентация под водой, социальная структура популяций, поведение, когнитивные способности и др. (Белькович, 1987; Белькович, Дубровский, 1976; Клейненберг, 1956).

Для большинства видов дельфинов характерна интенсивная подводная акустическая сигнализация. К настоящему времени наиболее полно описан вокальный репертуар афалин (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821). Представителями данного вида продуцируются три основные категории сигналов: серии импульсов, используемые для эхолокации; модулированные импульсно-тональные сигналы; тональные сигналы (свисты) (Агафонов, Панова, Логоминова, 2016). Подобные категории сигналов свойственны и представителям большинства других видов дельфинов. Еще в середине 60-х годов XX века Д. и М. Колдуэллами было установлено, что доминирующим в репертуаре каждой афалины является свистовой сигнал с уникальной формой частотного контура, названный «свистом-автографом» (signature whistle) (Caldwell, Caldwell, 1965). Работы последних лет показали, что подавляющее большинство тональных сигналов афалин представляет собой систему «персонифицированных» (т.е. продуцируемых только конкретными особями) сигналов (Агафонов, Панова, 2012; Агафонов, Панова, Логоминова, 2016). «Автограф» является «ядром» этой системы, и в таком аспекте его можно рассматривать как своеобразный «акустический маркер»

особи, позволяющий значительно повысить точность учета численности и миграций представителей данного вида (Логоминова, Агафонов, 2018).

Одним из трех видов дельфинов, обитающих в Черном море (и, по-видимому, наиболее распространенным) является белобочка (*Delphinus delphis* Linnaeus, 1758); отечественными исследователями она традиционно определяется, как географически изолированный подвид (*D. d. ponticus* Barabasch-Nikiforov, 1935). До середины 30-х годов XX века считалось, что черноморская белобочка распространена исключительно у берегов и в открытое море не выходит. В дальнейшем, однако, было показано, что, белобочка, является по характеру питания типично пелагическим видом, населяет практически всю акваторию Черного моря, образует скопления в тех местах, где в данное время сосредоточен ее корм. (Клейнберг, 1956). С 1970-х гг. наблюдается угнетение популяции черноморской белобочки, что связано с последствиями интенсивного промысла черноморских дельфинов (окончательно прекращен в 1983 г.), эпизоотиями, гибелью в рыболовных сетях, деградацией окружающей среды, истощением кормовой базы. Следует отметить, что актуальная информация о современном состоянии популяции черноморской белобочки отсутствует.

Для белобочек так же, как и для афалин, характерна интенсивная подводная акустическая сигнализация. Однако число исследований белобочек по данной тематике, до сих пор остается крайне немногочисленным, а их результаты представляются довольно фрагментарными. Неясным, например, является вопрос о продуцировании представителями вида индивидуальных опознавательных сигналов (аналогов «свистов-автографов» афалин). Следует заметить, что исследований акустической сигнализации черноморской белобочки до сих пор вообще не проводилось. В качестве примеров работ, осуществленных в других регионах, можно привести исследования, представленные ниже.

В 2005 году группой исследователей были проведены работы в Кельтском море, целью которых было описание свистовых сигналов обыкновенных дельфинов *Delphinus delphis* (белобочек), а также сравнение полученных данных с акустическими сигналами белобочек из района Ла-Манша. Зарегистрированные за период с мая по август 2005 года, свистовые сигналы классифицированы на 6 категорий и 30 подтипов, частотный диапазон таких свистов, зафиксированных в Кельтском море, лежит в пределах 3,56 кГц до 23,51 кГц, длительностью 0,05–2,02 секунды. Параметры свиста варьировались в зависимости от поведенческого контекста, размера групп дельфинов (Ansmann et al., 2007). Полученные данные, по мнению исследователей, помогут описать структуру субпопуляции, а также сравнить акустические сигналы и их вариации в разных географических районах. Подобные акустические работы проводились исследователями в 60–80-х гг., в Южной Калифорнии, анализировались акустические сигналы в контексте поведения дельфинов, детальное внимание уделялось свистовым сигналам и их вариациям (Moore, Ridgway, 1995). Также исследования в области подводной акустической активности белобочек были проведены в Новой Зеландии, в заливе Хаураки, в северной части острова Северный, в 2008 и 2009 гг., впервые были проанализированы количественные характеристики свистов, для данной акватории (Petrella et al., 2012).

С 2014 г. нами проводятся круглогодичные этолого-акустические исследования черноморских дельфинов, одним из объектов которых являются белобочки. В данной работе мы проанализировали собранные акустические материалы, полученные в ходе наблюдения за белобочками в акваториях юго-восточного побережья Крыма.

Материалы и методы

Систематические этолого-акустические исследования белобочек были начаты нами в январе 2017 года. До того появления белобочек в окрестностях Новосветских

бухт и у мыса Меганом (юго-восточное побережье Крыма) периодически отмечалось с конца 2015 года, а с 2016 года стало достаточно регулярным; в настоящее время сбор и обработка данных продолжаются (рис. 1).

Наблюдения и акустические записи ведутся как стационарно с берега, так и с моря, с использованием моторной лодки.

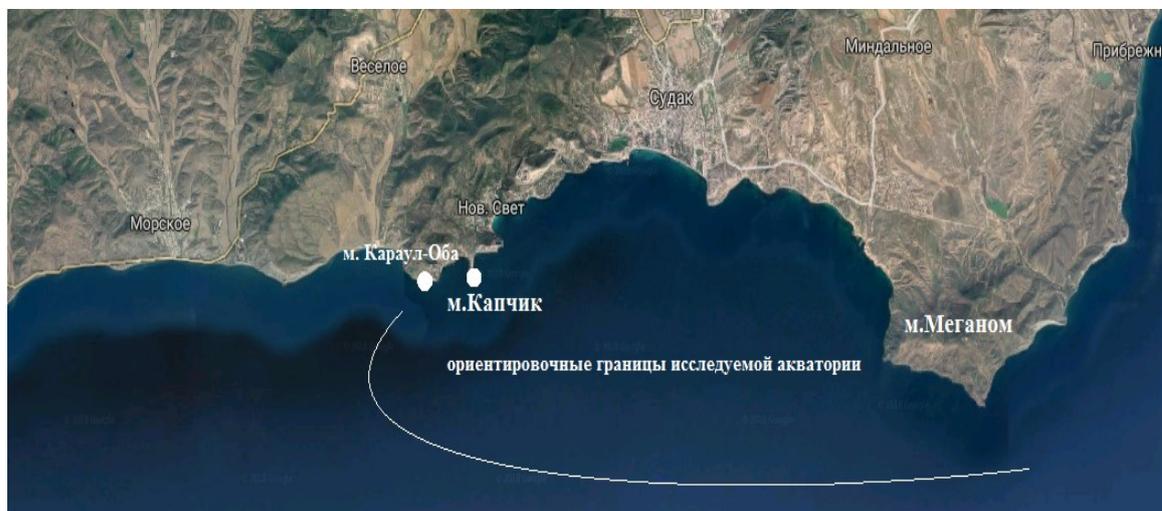


Рис. 1. Район проведения этолого-акустических исследований

Данные о перемещении дельфинов по акватории, численность и примерный возрастной состав, а также тип поведенческой активности заносились в журнал наблюдений по стандартной форме. Для проведения визуальных наблюдений использовался бинокль HORIZON 12x50, фоторегистрация осуществлялась при помощи камеры Canon D1200 с телеобъективом Sigma 150–600 мм.

Для сбора акустических данных применялись стандартные гидроакустические тракты, состоявшие из гидрофона со встроенным предварительным усилителем, кабеля и наземного усилителя-коммутатора с блоком питания и динамиком; акустические записи проводились в монофоническом (одноканальном) режиме. В качестве регистрирующего устройства применялся цифровой рекордер ZOOM H1, формат записи PCM (WAV), 16 бит, частота дискретизации 44.2 кГц (диапазон записи 0,1–22,1 кГц).

Обработка акустических сигналов осуществлялась при помощи программы Adobe Audition 1.5 при следующих установочных параметрах: размер блока быстрого преобразования Фурье 256–1024 точек, весовая функция Хемминга. Программа позволяет визуализировать обрабатываемые сигналы в спектральном или волновом виде и производить точные замеры их частотно-временных характеристик. Классификация свистов осуществлялась по спектрограммам на основании сравнения частотных контуров сигналов, при этом рассматривалась только основная (нижняя) гармоника; измерялись следующие параметры: общая длительность сигнала и длительность его элементов, начальная, конечная, минимальная и максимальная частоты основного тона.

Результаты и обсуждение

На протяжении 2017 года и первом квартале 2018 года, отмечались периодические встречи белобочек в прибрежной части исследуемых акваторий (рис. 2).

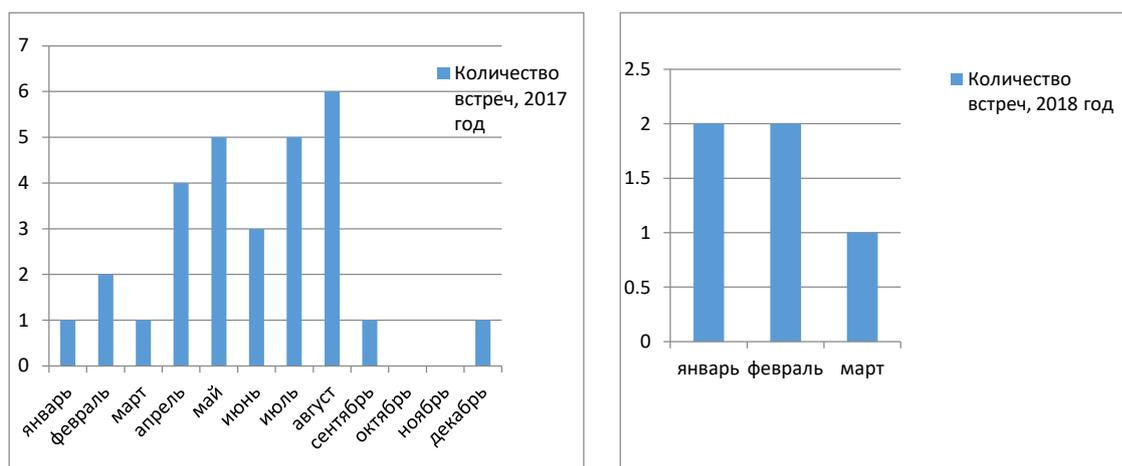


Рис. 2. Встречаемость белобочек в исследуемом районе в период проведения наблюдений

Встречи с белобочками были зафиксированы как у мыса Меганом, так и в акватории Новосветских бухт Судакского района. При этом отмечалась высокая поведенческая активность дельфинов, связанная с охотой. Количественный состав групп варьировал в пределах от 2–8 до 15–25 особей. В осенне-зимний период белобочки группами численностью 10–15 особей наблюдались в акватории Новосветских бухт (чаще всего в районе мыса Капчик), в весенне-летний – в акватории Новосветских бухт и у м. Меганом. При этом были отмечены как интеграция отдельных групп дельфинов (численностью 2–6 особей) в более крупное объединение (ориентировочно до 20–25 животных) для совместной охоты, так и разделение такого объединения на мелкие группы для индивидуальной охоты и обследования акватории. С апреля по сентябрь включительно в исследуемом районе работают рыболовецкие сейнера, за которыми обычно следуют афалины; это становится характерным также и для белобочек. Следует отметить, что конфликтные ситуации между представителями разных видов не возникают; наблюдается совместное следование за тралом сейнера как белобочек, так и афалин, а также кооперация двух видов дельфинов при охоте.

Регистрация подводной акустической активности белобочек выполнялась во всех случаях их наблюдений, всего 17 встреч белобочек в исследуемых акваториях, общий объем акустических записей составляет 19 часов. При анализе акустического материала были выделены все три категории звуковых сигналов, свойственные дельфинам.

Так, например, 25.08.2017 г. плотная группа белобочек, состоящая из самок и детенышей, численностью примерно 6–8 особей, наблюдалась в окрестностях Новосветских бухт, в районе мыса Караул-Оба. Дельфины вели активную охоту способом «котел», более часа удерживая рыбу в одном месте. При этом преобладали эхолокационные щелчки (рис. 3) и импульсно-тональные сигналы (рис. 4). Далее, при снижении поведенческой активности, расформировании плотной группы на отдельные пары и рассредоточении их по акватории, отмечалось продуцирование тональных (свистовых) сигналов (рис. 5).

14.12.2017 г. в акватории на окраине Новосветских бухт наблюдалась самка белобочки с детенышем, которые следовали в направлении м. Меганом, каких-либо специфических форм поведения при этом не отмечалось. В сделанной акустической записи были отмечены только серии импульсов (т.е. – локация) и импульсно-тональные сигналы.

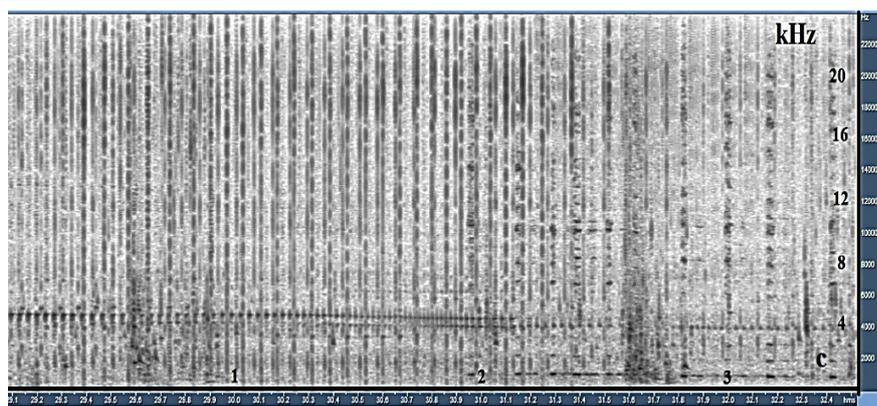


Рис. 3. Пример спектрограммы эхолокационных щелчков белобочек, зарегистрированных в акватории Новосветских бухт 24.07.2017 г.

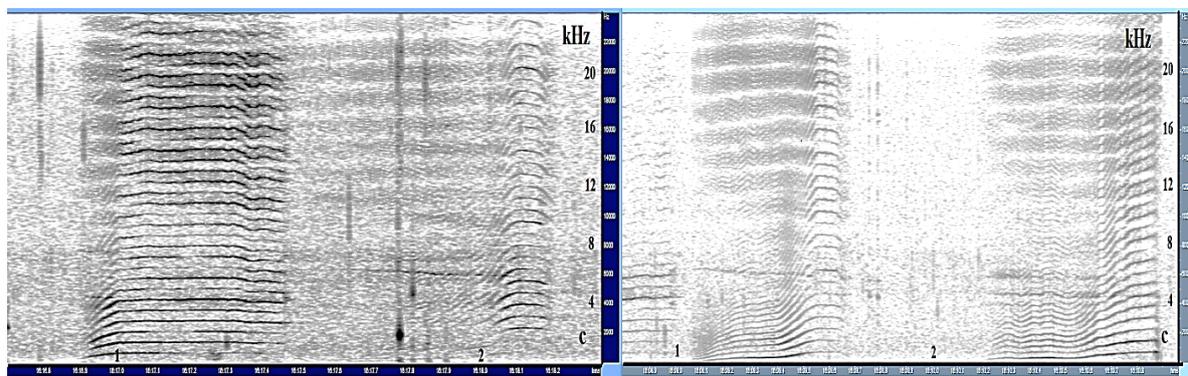


Рис. 4. Пример спектрограмм импульсно-тональных сигналов белобочек, зарегистрированных в акватории Новосветских бухт 24.07.2017 г.

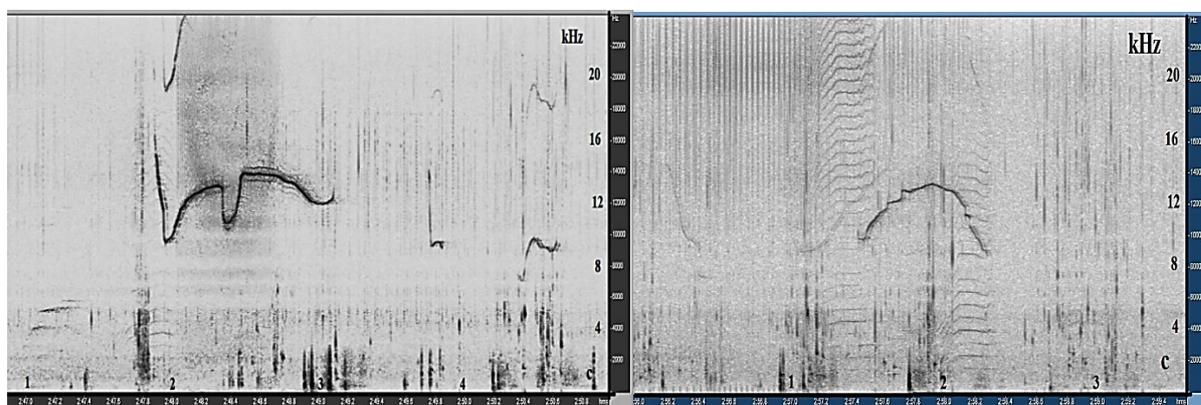


Рис. 5. Пример спектрограмм тональных (свистовых) сигналов белобочек, зарегистрированных в акватории Новосветских бухт 25.08.2017 г.

Идентификация тональных (свистовых) сигналов белобочек осуществлялась с использованием методики, аналогично применявшейся при анализе «свистов-автографов» афалин (Агафонов, Панова, Логоминова, 2016). При обработке акустических данных, выделено 250 тональных сигналов белобочек. Было обнаружено, что сходные сигналы продуцировались дельфинами в виде последовательностей; общее количество свистов, отнесенных к одному типу (вариаций), могло составлять нескольких десятков. По результатам систематизации и анализа зарегистрированных тональных сигналов каждому свисту присвоен порядковый номер (рис. 6). Всего идентифицировано 9 типов свистов, которые предположительно могут быть «автографами» каждой отдельной особи, еще 11 тональных сигналов, будет возможным

отнести к категории «свистов-автографов», при последующем увеличении объема визуально-акустического материалов, типология таких свистов может быть уточнена и расширена.

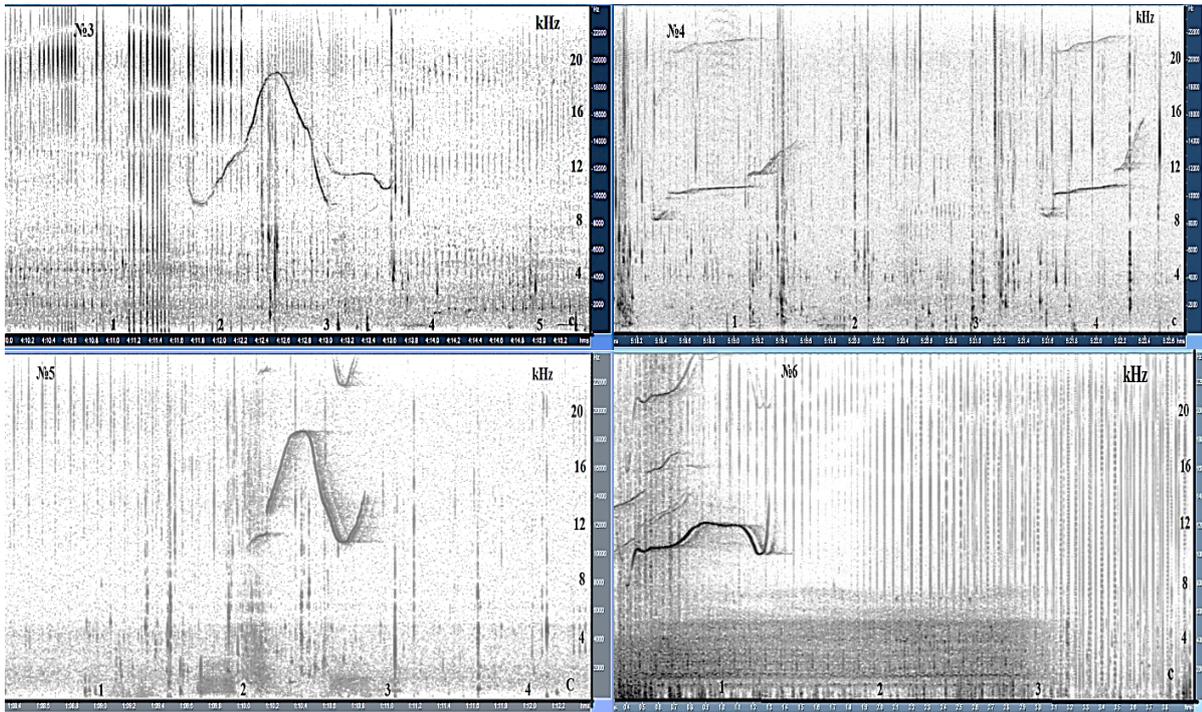


Рис. 6. Примеры спектрограмм свистовых сигналов белобочек, идентифицированных как возможные «свисты-автографы»

Традиционно белобочка считается стадным видом, для которого типично образование крупных скоплений на достаточном удалении от берега (Клейненберг, 1956). Однако анализируя результаты проведенных наблюдений, можно предположить, что в настоящее время представители вида в поисках рыбы стали осваивать прибрежную часть акваторий. Нами было отмечено, что для более продуктивной охоты и поиска новых мест концентрации рыбы, животные вынуждены разделяться на мелкие группы (включая даже особей-одиночек). Численный состав таких групп обычно состоит из двух-трех самок и двух-трех детенышей соответственно; встречаются также отдельные пары, состоящие из самки и детеныша. Иногда отдельные пары и группы белобочек могут кооперироваться для совместной охоты и отдыха, отмечен также переход отдельных пар самка-детеныш из группы в группу. Кроме того, в качестве одного из способов добычи пищи, наблюдается тенденция следования за тралями рыболовецких сейнеров – это в особенности характерно для самок с детенышами.

При сравнении акустических записей со сделанными параллельно визуальными наблюдениями, установлено, что при активной охоте и игровом поведении преобладает продуцирование импульсно-тональных сигналов и локаций, а при рассредоточении группы белобочек на подгруппы и отдельные пары – становится характерным продуцирование дельфинами свистовых сигналов. Таким образом, использование тональных (свистовых, «свистов-автографов») сигналов, еще раз подтверждает теорию их специального назначения – для обозначения особей-продуцентов и их местоположения в акватории при разделении группы, а также для поддержания единства в группах.

Выводы

В ходе обработки зарегистрированных акустических сигналов белобочек было выделено три категории акустических сигналов, свойственных также и другим видам зубатых китообразных: 1) локационные щелчки; 2) импульсно-тональные сигналы; 3) тональные или свистовые сигналы.

Анализ результатов визуально-акустических наблюдений показал зависимость продуцирования разных категорий сигналов от типа поведенческой активности. Так, во время совместных охот и отдыха, когда животные объединены в достаточно крупные группы, отмечено преобладание импульсно-тональных сигналов и серий импульсов (локации). В случаях же разделения дельфинов на более мелкие группы, было зарегистрировано преобладание свистов. Таким образом, можно предположить, что белобочки продуцируют свисты, аналогичные «свистам-автографам» афалин, т.е. выполняющие индивидуально-опознавательную функцию. Всего было идентифицировано 9 типов свистов, которые потенциально могут являться индивидуальными «автографами». Кроме того, 11 типов тональных сигналов требуют дальнейших уточнений при соответствующем увеличении объема акустического материала.

В целом проведенные исследования показали, что совокупное применение визуальных и акустических методов наблюдения могут существенно уточнить представление о численности, социальной структуре популяции и специфике поведенческой активности белобочек.

Список литературы

1. Агафонов А.В., Панова Е.М. Индивидуальный репертуар тональных (свистовых) сигналов афалин (*Tursiops truncatus*), содержащихся в дельфинарии в условиях относительной изоляции // Известия РАН Серия биологическая. – 2012. – №5. – С. 125–35.
2. Агафонов А.В., Панова Е.М., Логоминова И.В. Типология тональных сигналов афалин (*Tursiops truncatus*). М.: СММ – ИО РАН, 2016. – 143 с.
3. Белькович В.М. (ред.). Поведение и биоакустика китообразных. М.: ИОАН СССР, 1987. – 218 с.
4. Белькович В.М., Дубровский Н.А. Сенсорные основы ориентации китообразных. Л.: Наука, 1976. – 204 с.
5. Клейнбергер С.Е. Млекопитающие Черного и Азовского морей: опыт биолого-промыслового исследования. М.: Акад. наук СССР, 1956. – 288 с.
6. Логоминова И.В., Агафонов А.В. Пространственно-временная динамика локальной популяции черноморской афалины (*Tursiops truncatus ponticus* Barabash, 1940): визуальные и акустические методы описания // Океанология. – 2018. – №4 (в печати)
7. Ansmann I.C., Gould J.C., Evans P.G.H., Simmonds M., Keith S.G. Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles // Marine Biological Association of the United Kingdom. – 2007. – №87. – P. 19–26.
8. Caldwell M.C., Caldwell D.K. Individualized whistle contours in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) // Nature. – 1965. – V. 207. – P. 214–219.
9. Moore S. E., Ridgway S. H. Whistles produced by common dolphins from the Southern California Bight // Aquatic Mammals. – 1995. – №21.1. – P. 55–63.

10. Petrella V., Martinez E., Anderson M. G., Stockin K. A. Whistle characteristics of common dolphins (*Delphinus* sp.) in the Hauraki Gulf, New Zealand // Marine Mammal Science. – 2012. – №28 (3). – P. 479–496.

ETHOLOGICAL-ACOUSTIC RESEARCHES OF COMMON DOLPHINS (*Delphinus delphis ponticus* Barabasch-Nikiforov, 1935) IN THE WATER AREA OF THE SOUTHEAST COAST OF CRIMEA

Logominova I.V.¹, Agafonov A.V.^{1,2}, Gorbunov R.V.^{1,3}

¹*T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Kurortnoye, Feodosia, Russian Federation*

²*P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russian Federation*

³*The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russian Federation*
e-mail: logominova@rambler.ru, agafonov.57@mail.ru, gorbunov@imbr-ras.ru

This paper is devoted to researches of behavior and underwater acoustic activity of Common dolphins in the water area of the southeast coast of Crimea. All three categories of sounds typical for dolphins have been marked out in processing of acoustic data. By results of systematization and analysis of tonal signals nine types which can potentially be “signature whistles” have been identified. The conducted researches have shown that the cumulative application of visual and acoustic methods of observation can significantly specify ideas of number, the social structure of population and specifics of behavior of this species.

Key words: Common dolphin; behavior; acoustic signaling; tonal signals; “signature whistles”

Поступила в редакцию 07.05.2018 г.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И
ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.5/.9(597)

**О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГОРНЫХ ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО
ВЬЕТНАМА И НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТНО-
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА**

**Горбунов Р.В.^{1,2,3}, Кузнецов А.Н.^{1,4}, Лебедев Я.О.³, Горбунова Т.Ю.³,
Котлов И.П.^{1,4}, Хой Н.Д.¹**

¹*Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и
технологический центр, Ханой, Социалистическая Республика Вьетнам*

²*ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация*

³*ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»
г. Феодосия, пгт Курортное, Российская Федерация*

⁴*ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Москва, Российская Федерация*

*e-mail: karadag_station@mail.ru, forestkuz@mail.ru, ya.o.lebedev@yandex.ru,
gorbunovatyu@gmail.com, ikotlov@gmail.com, danghoi110@gmail.com.*

В работе обобщены результаты экспедиционных ландшафтных исследований на территории Южного Вьетнама (национальный парк Бидуп-Нуйба). Получены новые сведения о некоторых закономерностях структуры и функционирования горных тропических лесных экосистем. Представлены картографические материалы, иллюстрирующие компонентную структуру ландшафтов на топологическом уровне. Охарактеризованы факторы и условия формирования ландшафтов, морфологическая структура ландшафтов в пределах ключевого участка. Предложена сеть точек и программа мониторинговых работ на базе проектируемого Бидупского ландшафтно-экологического стационара.

Ключевые слова: ландшафт, экосистема, структура ландшафтов, функционирование ландшафтов, ландшафтно-экологический стационар, Бидуп-Нуйба, Вьетнам

Введение

Исследование горных ландшафтов имеет свои особенности, связанные с проявлением множества не столь характерных для условий равнинных территорий эффектов как высотная поясность, склоновая микроразнональность, позиционность и др. Кроме того, в условиях складчатого рельефа формируются совершенно особые единицы морфологической структуры ландшафтов (стрии), связанные с высокой мозаичностью литологического строения в пределах одного высотного пояса (высотной местности). Исследованиям горных ландшафтов территории бывшего Советского Союза (умеренный, степной, пустынный климатические пояса) занимается ряд научных школ. Стационарные исследования особенностей структуры и функционирования горных ландшафтов в условиях тропического климата в русскоязычной литературе не упоминаются.

Целью работы является выявление особенностей структуры и функционирования горных и предгорных ландшафтов в условиях тропического и субэкваториального типов климата. Объектом исследований является территория Вьетнама, где расположен Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-

исследовательский и технологический центр, а соответственно, имеется материально-техническая база для проведения исследований.

Программа исследований включает два основных направления:

1. Изучение структуры горных ландшафтов территории Вьетнама;
2. Изучение функционирования основных типов ландшафтов.

Первое направление предполагает в долгосрочной перспективе исследование вертикальной, горизонтальной структуры ландшафтов и структуры межкомпонентных связей. Кроме того, планируется описание особенностей проявления высотной поясности, склоновой микроразнообразности, позиционные эффекты в формировании структуры горных ландшафтов. Одним из итогов этого исследования будет разработка ландшафтной карты территории Вьетнама на основе современных представлений о структуре горных ландшафтов.

Второе направление связано с изучением функционирования основных типов экосистем (радиационного, теплового и водного балансов). Для изучения функционирования необходимо создание сети ландшафтно-экологических стационаров в основных типах экосистем, обеспечивающих автоматическую регистрацию ландшафтно-экологических параметров (температура воздуха на высотах 0,5 и 2 м, температуры воздуха под пологом леса с регулярным шагом под пологом леса и над кронами, температура почвы на различной глубине, температура в лесной подстилке и в травяном ярусе, приходящая прямая и рассеянная солнечная радиация на поверхности крон деревьев, на поверхность почвы, затенение солнечной радиации пологом леса, отражённая радиация, количество атмосферных осадков, поверхностный сток, испарение с поверхности почвы, транспирация, влажность почвы на различных глубинах, влажность лесной подстилки, влажность воздуха, фенология растительных сообществ, прирост биомассы и др.).

В текущем году выполнена подготовительная работа по обоснованию территории ландшафтно-экологического стационара в Национальном парке Бидуп-Нуйба.

Работа выполнена в Совместном Российско-Вьетнамском Тропическом научно-исследовательском и технологическом центре.

Территория исследований

Национальный парк (НП) Бидуп-Нуйба основан в 2004 году и назван по двум самым высоким вершинам плато Лангбиан: Бидуп (2287 м) и Нуй Ба (2167 м). Парк общей площадью 70038 га является одним из пяти крупнейших национальных парков во Вьетнаме. НП Бидуп-Нуйба расположен в южной части Вьетнама (рис. 1) и занимает территорию южной оконечности Контумского тектонического блока. Территория парка сложена юрскими и меловыми вулканическими породами различного литологического состава, перекрытыми мощной корой выветривания, сохранность которой обеспечивает практически полное отсутствие эрозионных процессов на склонах, покрытых сомкнутым тропическим лесом, почвы под которым переводят воду атмосферных осадков в вертикальный сток. В горном массиве сформировались полидоминантные смешанные леса со сложной (4 подъяруса) и среднесложной (3 подъяруса) вертикальной структурой древостоев – на выположенных участках и пологих склонах, и с простой (1-2 подъяруса) структурой на гребнях хребтов, вершинах и крутых склонах. Лесные древостои сложены лиственными деревьями из сем. Magnoliaceae, Theaceae, Sapindaceae, Betulaceae, Fagaceae, Elaeocarpaceae, Hamamelidaceae, Altingiaceae, Schisandraceae, Cornaceae, Anacardiaceae, Pentaphylaceae, Malvaceae, Palmae, а также хвойными из Pinaceae (*Pinus kesyia*, *P. dalatensis*, *P. krempfii*, *Keteleeria evelyniana*,) Podocarpaceae (*Dacrycarpus imbricatus*, *Dacrydium elatum*, *Nageia wallichiana*) и Cupressaceae (*Fokienia hodginsii*) (Кузнецов и др., 2006; Кузнецов, 2013, 2016).

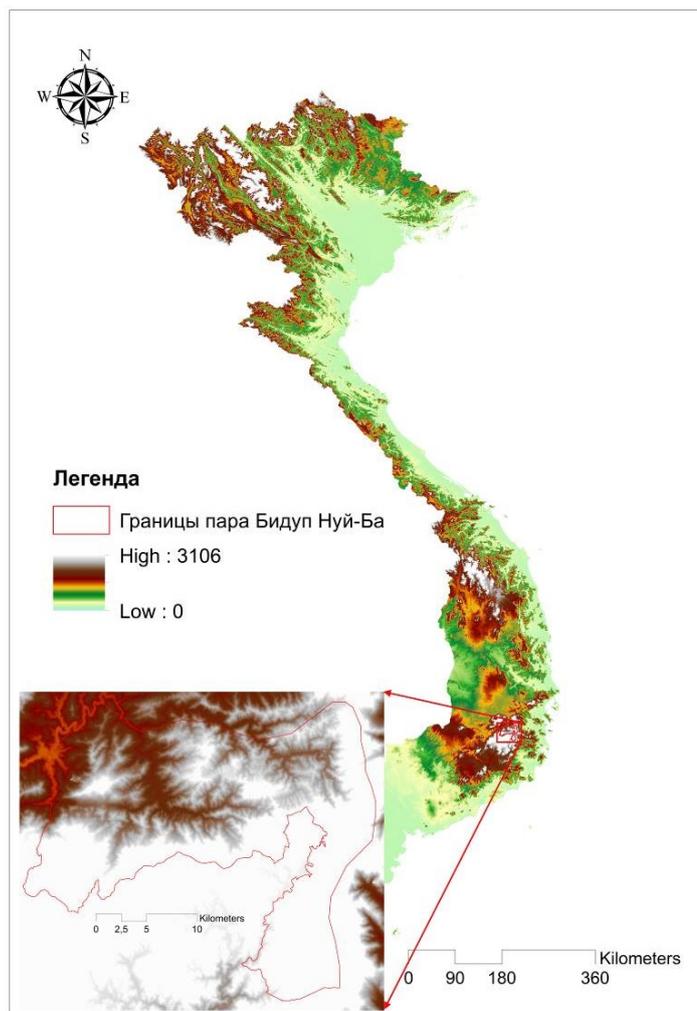


Рис. 1. Географическое положение НП Бидуп-Нуйба. Картографическая основа – ЦМР SRTM

Анализ картографических материалов (топографической карты масштаба 1:100000, геологической карты, карты растительности), а также общедоступной цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM (пространственное разрешение 30 м), позволил выявить границы ландшафтов в пределах парка (рис. 2). Границы ландшафтов выявлены на основе представлений о ведущей роли геолого-геоморфологического строения в пространственной дифференциации ландшафтов.

Выявление границ ландшафтов осуществлялось путём соотнесения текстуры рельефа с геологической картой по методике, описанной в работах (Миллер, 1974; Круглов, 2008). На основе полученной карты-гипотезы предложены трансекты для полевого профилирования, и территория поиска ключевого участка для ландшафтно-экологического стационара, на которую составлена предварительная ландшафтная карта на уровне сложных урочищ. В процессе полевых исследований выявлено несоответствие генерализации карты ее масштабу (Котлов и др., 2018), в результате чего границы проектируемого стационара и трансекты скорректированы.

Определённый в ходе полевых исследований ключевой участок находится в восточном секторе НП Бидуп-Нуйба в границах Бидупского ландшафта (№ 3 на рис. 2). Координаты 108.700E, 12.170N – 108.705E, 12.175N. Площадь участка 17,9 га. Перепад высот от 1483 до 1579 м н.у.м. Участок представляет собой днище долины ручья с протокой, отходящей и вновь примыкающей к основному руслу вследствие меандрирования. Вероятно, протока представляет собой старый участок русла, в

настоящий момент трансформирующийся в старицу. Пространственные размеры сформированного между руслом и протокой острова (осередка) составляют 90 м в ширину и 210 в длину (рис. 3).

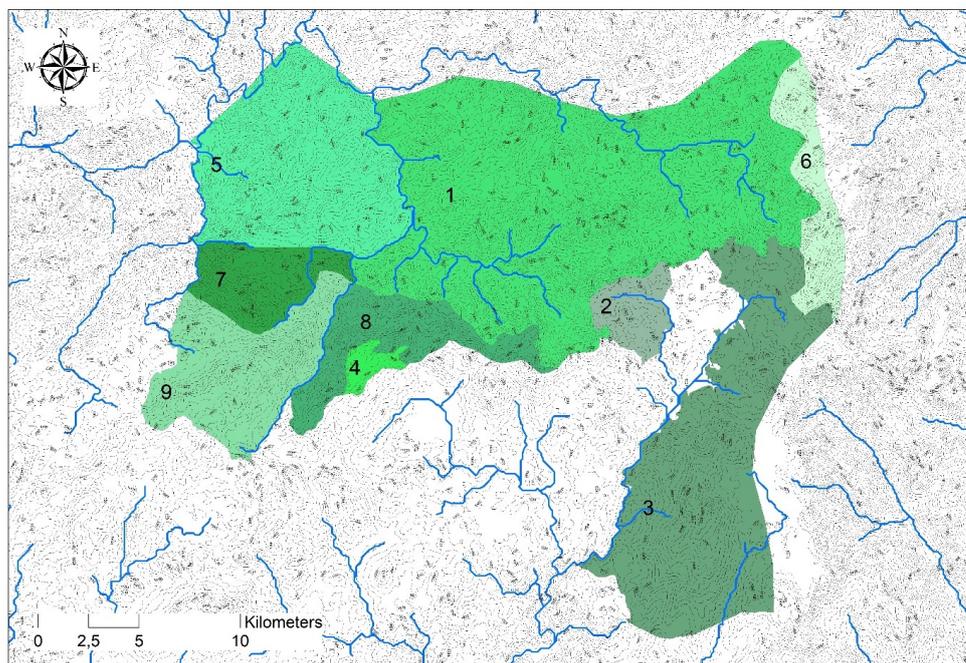


Рис. 2. Ландшафтная структура НП Бидуп-Нуйба. Картографическая основа – гидрографическая сеть

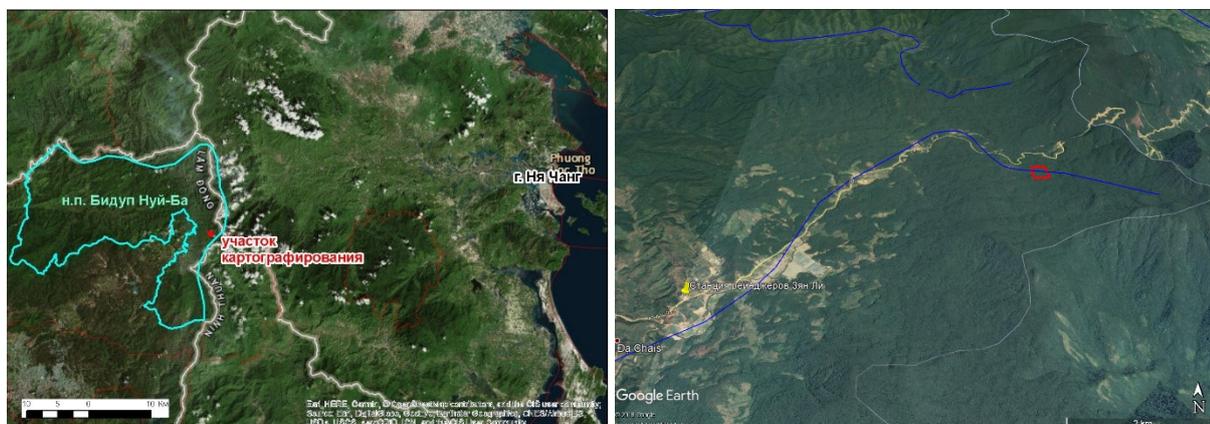


Рис 3. Изучаемая территория в НП Бидуп-Нуйба. Линией голубого цвета обозначены границы НП. Справа – площадка исследования в среднем масштабе

Материалы и методы

Полевая крупномасштабная ландшафтная съемка традиционно осуществляется в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный (Видина, 1962; Миллер, 1974; Геренчук, Раковська, Топчіев, 1975; Жучкова, 1977; Дроздов, 1986 и др.). На подготовительном этапе проводится изучение литературного материала, имеющихся картографических произведений, фондовых материалов и пр., намечаются маршруты, трансекты, точки комплексных фациальных описаний, строится ландшафтная карта-гипотеза. В дополнение к собранным материалам на полевом этапе производится аэрофотосъемка местности с применением беспилотного летательного аппарата

(БПЛА) и разработка высокоточного ортофотоплана территории и цифровой модели поверхности (ЦМП).

На камеральном этапе осуществляется обработка полученного материала и строится крупномасштабная ландшафтная карта. Такой подход апробирован для условий территории Российской Федерации и бывшего СССР. Материалы беспилотной аэросъемки в этом аспекте используются обычно на подготовительном этапе для создания карты-гипотезы.

Однако опыт работ в горных тропических лесах Центрального и Южного Вьетнама показал, что классические подходы к построению полевой ландшафтной карты на уровне фаций не всегда реализуемы, что связано с особенностями горизонтальной и вертикальной структуры ландшафта. Кроме того, выявлена практическая невозможность осуществления ландшафтного картирования без применения дистанционных методов исследования (Котлов и др., 2018).

Результаты и обсуждения

Особенности компонентной структуры ландшафтов. Территория ключевого участка сложена, согласно геологической карте, верхнемеловыми дацитами, риодацитами, риолитами, фельзитами, андезитодацитами, туфами. Дочетвертичные отложения перекрыты мощной корой выветривания, мощность которой в окрестностях ключевого участка варьируется в пределах $10^{-1} \times n - 10^1 \times n$ м. Непосредственно на самом ключевом участке мощность коры выветривания составляет от нескольких до 30–50 см. При этом в ходе маршрутов авторы отмечали мощные коры выветривания в 10–15 м, как правило, в разрезах добычных карьеров. При условии одинакового возраста кор выветривания столь большая разница может говорить о существенно различной устойчивости разных материнских пород к выветриванию.

На рис. 4 представлена карта генетических типов рельефа территории ключевого участка.

В целом, для территории проектируемого стационара характерны следующие генетические типы рельефа:

1. Структурно-денудационный рельеф – представлен междолинными грядами, склонами структурных гряд, вершинами гребней, подошвами склонов, седловинами, террасами, которые формируют водосборные понижения и создают возможность формированию ложбин. Овражная сеть или эрозионное расчленение склонов практически отсутствует. Склоны как правило выпукло-вогнутой формы. Кроме того, следует отметить формирование структурных ложбин, связанных с изменением экспозиции склонов структурной гряды. В этом случае формируется структурный перегиб толщи пород и возникают условия для концентрации поверхностного стока.

2. Структурно-эрозионный рельеф – представлен ложбинами стока, водосборными понижениями, а также конусами выноса ложбин. Днище ложбин как правило перекрыто плащом делювиально-пролювиальных отложений. В целом, следует отметить, что формирование эрозионных форм рельефа приурочено на исследуемой территории к наличию временного водотока. Ложбины узкие, вытянутые вдоль склона, часто с высокими крутыми бортами с выходами скальных пород. В днище наблюдается наличие периодического руслового процесса, который протекает, вероятно, в сезон дождей. Слабо врезанные ложбины часто не достигают базиса эрозии и теряются в пределах поймы или структурной террасы.

3. Структурно-флювиальный рельеф – представлен руслом реки, бортами русла, порогами реки, осередками, сложенными аллювиальными отложениями, речной поймой. К структурно-флювиальному типу рельефа может быть отнесён и остров в русле реки, сформировавшийся на выходе коренной породы и затем увеличивший свою

площадь за счёт аллювиальных речных отложений. Восточная сторона острова сложена конгломератом, состоящим из слабосценментированного аллювия. Мысы острова сложены более молодыми аллювиальными отложениями.

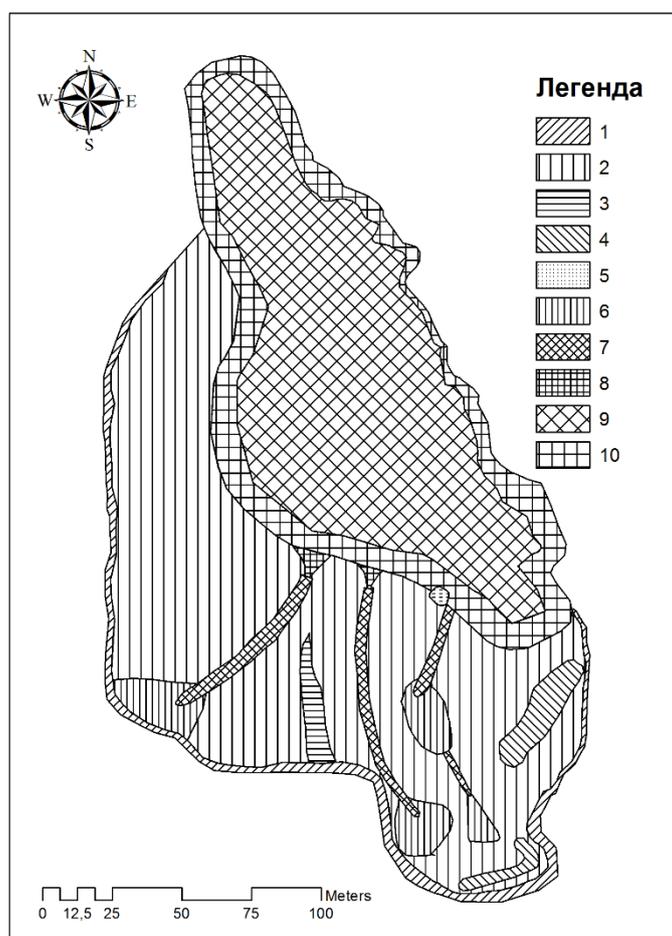


Рис. 4. Генетические типы рельефа: структурно-денудационный рельеф: 1 – гребень структурной гряды; 2 – склоны структурной гряды; 3 – поверхность гребня межложбинной гряды; 4 – структурные террасы; 5 – скальный отторженец; структурно-эрозионный рельеф: 6 – водосборные понижения на поверхности структурных гряд; 7 – ложбины; 8 – конусы выноса; структурно-флювиальный рельеф: 9 – остров; 10 – русло реки

Климат Вьетнама тропический муссонный, специфика климата территории горного массива с вершиной Бидуп – определяется следующими факторами: относительной близостью морской акватории, меридиональным положением главного горного хребта, соседством с горными массивами Чуянгсин (на севере) и Хонба (на юго-востоке) и высокой облесенностью. Среднегодовое количество осадков около 2000 мм (Bioclimatic diagrams ..., 2000), регулярные атмосферные осадки (преимущественно ливневого характера) выпадают с сентября по ноябрь, ливни отмечаются также в период с середины мая по июнь, для остального времени года – морозящие дожди нерегулярного характера и разной продолжительности. Сведения о среднемесячных, максимальных и минимальных суточных температурах и влажности воздуха под пологом горного смешанного леса представлены в табл. 1. Сбор данных проводился Кузнецовым А.Н. и Кузнецовой С.П. с использованием портативных дата-логгеров, установленных на участке леса (высота деревьев 25–30 м, структура древостоя

сформирована тремя подъярусами) на высоте 1 м от поверхности почвы, высота над уровнем моря 1500 м.

Таблица 1.

Температура и влажность воздуха под пологом смешанного горного леса с января по октябрь, 2009г.

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Средняя t°C	13,7	15,0	16,2	17,2	17,9	19,0	18,1	18,3	18,0	17,5
max t°C	28,0	23,0	24,5	25,0	22,0	25,5	25,5	23,5	23,0	24,5
min t°C	5,0	4,5	7,0	12,5	14,5	14,0	13,0	13,0	14,5	14,0
Средняя W%	93,0	96,3	95,9	99,1	97,5	96,9	98,8	98,8	100,0	99,6
min W%	58,2	63,4	48,2	74,4	76,2	66,4	69,5	69,5	91,9	76,4

Из таблицы следует, что среднемесячные температуры под пологом горного леса не превышают 19°C, средние показатели относительной влажности не ниже 93%. В период с декабря по первую половину марта температура воздуха в ночное время иногда опускается ниже 5–7°C.

Экспедиция 2018 года проводилась в конце марта – начале апреля. На территории лесного кордона Зянг Ли был установлен портативный дата-логгер, который позволил провести первичные измерения основных метеорологических показателей. Измерения проводились с 24.03.2018 г. по 31.03.2018 г. с периодичностью каждые 30 минут. Далее данные усреднялись до часа. На рис. 5 и 6 представлены графики изменений регистрируемых показателей.

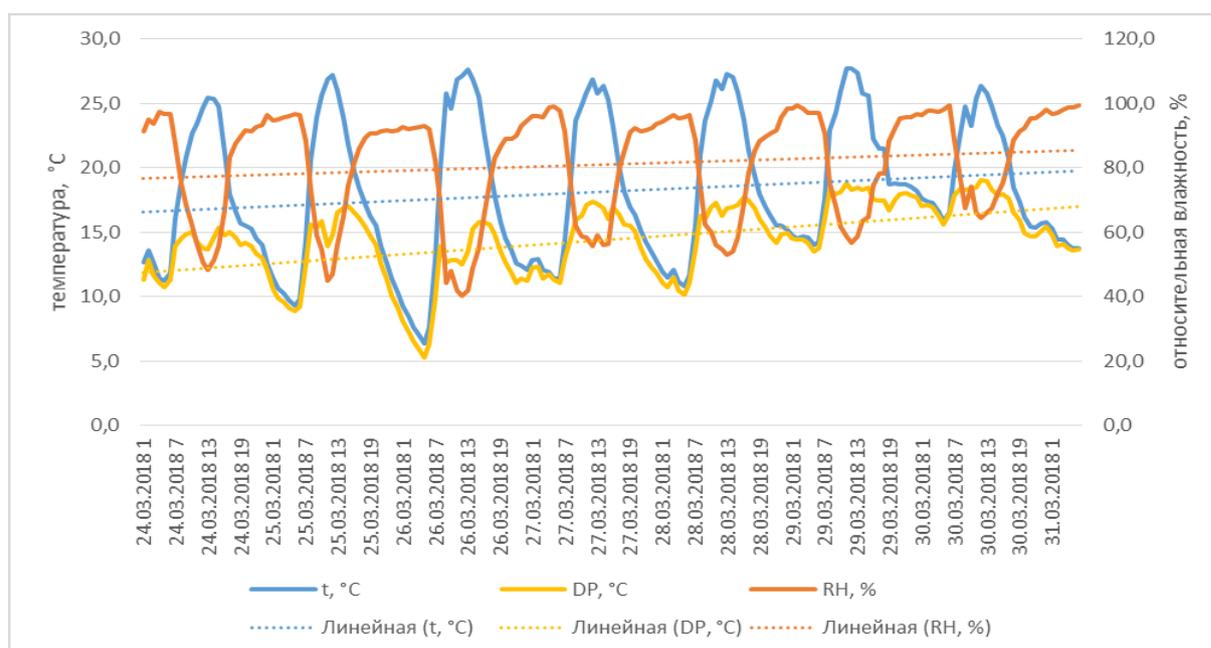


Рис. 5. Динамика температуры воздуха, точки росы и относительной влажности воздуха на лесном кордоне Зянг Ли

Прослеживается закономерное соотношение изменений температуры и относительной влажности воздуха – при понижении температуры воздуха относительная влажность возрастает. Кроме того, за период наблюдений фиксировалось постепенное повышение среднесуточной температуры воздуха с 17,7°C до 19,9°C, что связано с заходом на территорию области пониженного давления, которая принесла более тёплые и влажные воздушные массы, и наблюдавшиеся в конце экспедиции атмосферные осадки.

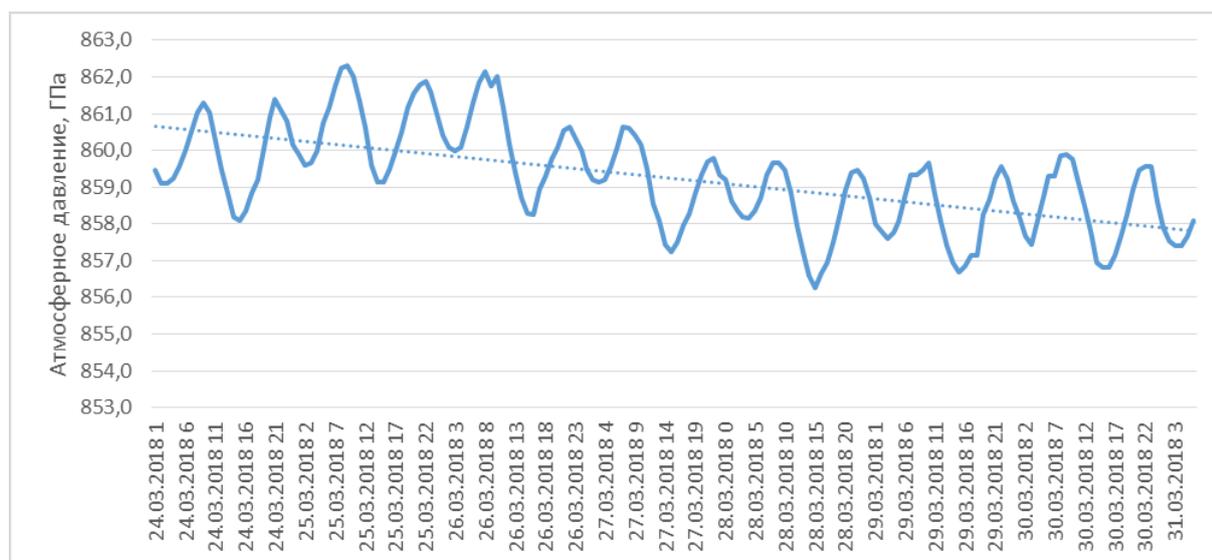


Рис. 6. Динамика атмосферного давления на лесном кордоне Зянг Ли

Суточный ход температуры воздуха характеризуется значительными амплитудами. Максимум температуры воздуха наблюдался в полдень и достигал в среднем за период измерений $26,6^{\circ}\text{C}$ (рис. 7). Минимальные значения характерны для периода утреннего выхолаживания и составили в среднем за наблюдаемый период $11,6^{\circ}\text{C}$. Таким образом, усредняя полученные ряды данных, можно говорить, что в конце сухого сезона суточная амплитуда температуры воздуха на изучаемой территории достигает 15°C . Вместе с тем, если брать экстремумы, то суточная амплитуда температуры может достигать более 20°C .

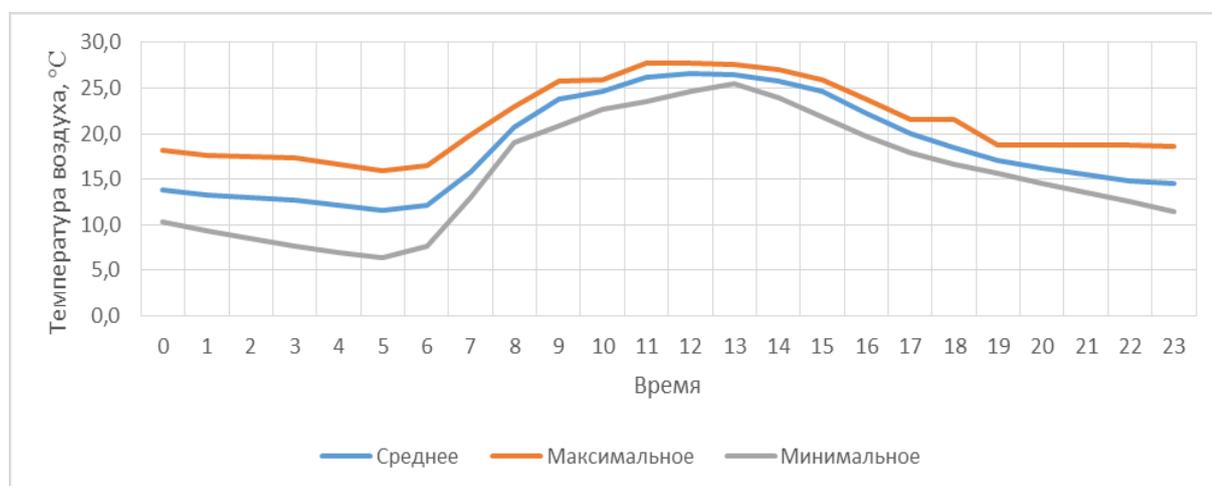


Рис. 7. Суточный ход температуры воздуха на лесном кордоне Зянг Ли

Из графика на рис. 7 следует, что наиболее вариативный период наблюдается во время утреннего выхолаживания, начинающегося около 4 утра и заканчивающегося около 6–7 часов утра. В этом периоде размах вариации достигает $9,7^{\circ}\text{C}$. Наиболее устойчивы температуры в 12.00–13.00. В этот период размах вариации составляет $2,2^{\circ}\text{C}$.

Суточный ход влажности воздуха обратно пропорционален ходу температуры (рис. 8). Максимальные среднесуточные значения относительной влажности воздуха наблюдаются в ночные часы, и достигают более 95%. В часы утреннего выхолаживания относительная влажность максимальна и составляет 96,9%. Минимальные значения относительной влажности наблюдаются в полдень – $52,8\%$.

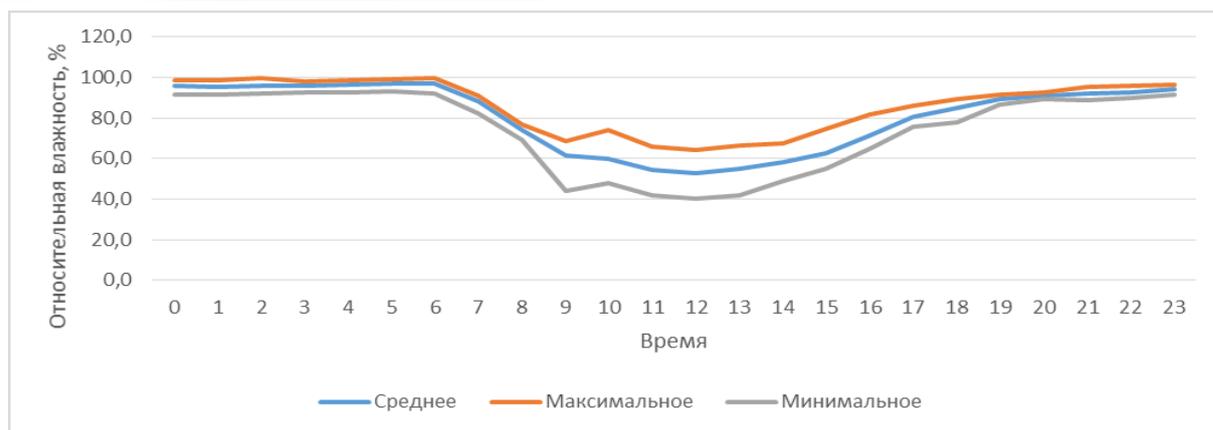


Рис. 8. Суточный ход относительной влажности воздуха на лесном кордоне Зянг Ли

Таким образом, суточная амплитуда относительной влажности воздуха в среднем составляет 44,1 %. Если же брать экстремумы, то за наблюдаемый период суточная амплитуда колебалась от 35% до 52,8%. Следует отметить, что наибольшим размахом вариации значения относительной влажности характеризуются дневные часы. Так, в полдень, размах вариации достигал 24,1%. В часы утреннего выхолаживания – 6%.

Описанная ситуация с температурой и относительной влажностью воздуха обнаруживает интересную зависимость, связанную с тем, что в часы утреннего выхолаживания наблюдаются наибольшие вариации значений температуры и наименьшие значения размаха вариации относительной влажности. То есть, в эти часы вне зависимости от температуры, влажность воздуха держится постоянно в пределах одинаково высоких значений. В это же время формируются туманы. Это видно на рис. 8, где в ночные часы график хода относительной влажности находится на плато. В дневные же часы, наоборот, при достаточно постоянных значениях температуры наблюдается высокая вариабельность относительной влажности при её достаточно низких значениях.

Рост температуры воздуха и падение значений относительной влажности начинается в 6 утра с восходом солнца, когда практически всё количество поступающей солнечной радиации тратится на испарение туманов и росы. Этот процесс завершается в 9 утра и далее амплитуды суточного хода температуры и влажности воздуха выравниваются. Вечернее понижение температуры воздуха и повышение влажности воздуха начинается в 15.00 и происходит более равномерно, чем в утренние часы.

Почвенный покров исследованного участка представлен двумя типами почв: зональными желтозёмами (полевое диагностирование – жёлтые феррсиаллитные) и интразональными аллювиальными почвами в пойме реки и на острове.

Феррсиаллитные желтозёмы представлены подтипами желтозёмы типичные и лессивированные (Шишов и др., 1996). Желтозёмы формируются на делювии и пролювии магматических пород, а также на коре выветривания, которая, в пределах ключевого участка, развита слабо и редко достигает мощности 10 см, хотя в окрестностях стационара имеются разрезы, где мощность коры выветривания достигает более 10 м. В днищах ложбин в качестве почвообразующей породы выступает пролювий. Скелетность почвы возрастает вниз по профилю независимо от почвообразующих пород. Общий вид всех исследованных профилей феррсиаллитных желтозёмов представлен на сводном рис. 9.

На поверхности гребня структурной гряды под сосново-широколиственным лесом формируется маломощный легкосуглинистый желтозём типичный на глинистой коре выветривания дацитов. Общий вид профиля представлен на рис. 9а, описание разреза дано в таблице 2.

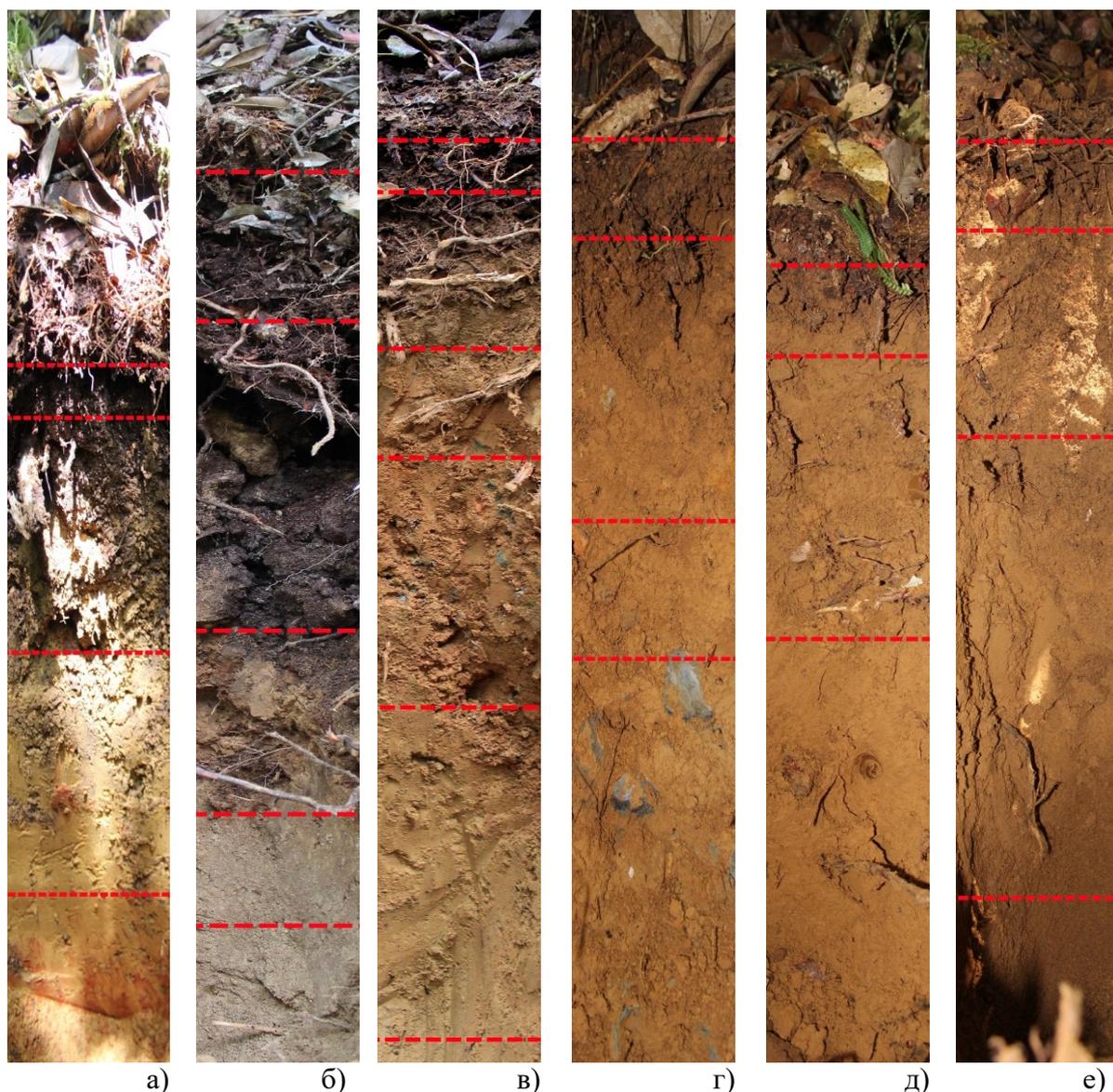


Рис. 9. Общий вид описываемых разрезов: а) маломощный легкосуглинистый желтозём типичный на глинистой коре выветривания дацитов; б) среднемощный супесчаный желтозём лессивированный на щебнисто-каменном делювии дацитов; в) маломощный среднесуглинистый желтозём типичный на щебнисто-каменном делювии дацитов в средней части склона; г) маломощный среднесуглинистый желтозём типичный на щебнисто-каменном делювии дацитов в нижней части склона; д) маломощный среднесуглинистый желтозём типичный на щебнисто-каменном делювии дацитов на подножии склона; е) аллювиальная среднесуглинистая опесчаненная почва на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника. Красной штриховкой показаны границы почвенных горизонтов.

В верхней части склона структурной гряды на склонах северной экспозиции под среднесомкнутым широколиственным лесом с развитым травяным ярусом формируется среднемощный супесчаный желтозём лессивированный на щебнисто-каменном делювии дацитов. Микрорельеф почвенного покрова сформирован живыми и отмершими скелетными корнями деревьев. Мощность растительного опада составляет 15–20 см. Формирование опада и оторфованного горизонта связано с местоположением на холодном склоне северной экспозиции, где скорость биологического круговорота значительно ниже. Общий вид профиля представлен на рис. 9б, описание разреза приведено в таблице 3.

Таблица 2.

Описание почвенного разреза маломощного легкосуглинистого желтозёма типичного на глинистой коре выветривания дацитов

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0–2	Светло-серо-коричневая, свежая, рыхлая, новообразований нет, включения: корни растений, опад, переход четкий по цвету, форма границы ровная
A ₁	2–4	Серо-коричневая, свежая, легкосуглинистая, мелкокомковатая, рыхлая, новообразований нет, включения: корни растений, переход постепенный по цвету, форма границы не ровная
AE	4–18	Светло-коричневая, свежая, легкосуглинистая, пылеватая, плотная, новообразований нет, включения: редкие корни растений, переход постепенный по цвету, форма границы не ровная
EB	18–40	Коричнево-жёлтая, влажная, среднесуглинистая, мелкокомковатая, плотная, новообразования: красные пятна, включения: редкие корни растений, переход постепенный по цвету, форма границы неровная
B	40–48	Красно-жёлтая, влажная, среднесуглинистая, мелкокомковатая, плотная, новообразования: красные пятна, включения: нет

Таблица 3.

Описание почвенного разреза среднемощного супесчаного желтозёма лессивированного на щебнисто-каменном делювии дацитов

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0–3	Растительный опад: листья и ветки
At	3–18	Торфянистый, тёмно-коричневый, сухой, рыхлый, новообразования: нет, включения: обильные корни растений, переход четкий по цвету, граница неровная
AE	18–29	Светло-серо-коричневый, свежий, супесь, крупноглыбистая, уплотненный, с высокой межагрегатной пористостью, новообразования: нет, включения: корни растений, переход резкий по цвету, граница неровная
B ₁	29–58	Коричнево-желтый, влажный, супесь, мелкокомковато-пылеватая, новообразования: железомарганцевые конкреции, включения: корни растений, переход слабовыраженный по цвету, форма границы ровная
B ₂	58–82	Коричнево-желтый, влажный, супесь, мелкокомковато-пылеватый, новообразования: нет, включения: корни растений, переход постепенный по цвету, форма границы ровная
B ₃	82–96	Палево-желтый, влажный, песок, комковатая, новообразования: железомарганцевые пленки, включения: корни растений

В средней части склона структурной гряды под среднесомкнутым широколиственным лесом с тремя древесными подъярусами (при этом нижний – фрагментарен) и с хорошо развитым травяным ярусом формируется маломощный среднесуглинистый желтозём типичный на щебнисто-каменном делювии дацитов. Общий вид профиля представлен на рис. 9в, описание разреза дано в таблице 4.

В нижней части и на подошве склона под широколиственным лесом с тремя древесными подъярусами (нижний из которых разрежен) и фрагментарным травяным ярусом происходит упрощение профиля желтозёма, нетипичное снижение его мощности (рис. 9г-д, табл. 5, 6), что свидетельствует о низкой интенсивности склонового перемещения материала.

Не исключено, что наблюдаемые угловатые обломки горной породы, принятые нами за делювиальные отложения в средней части склона, являются элювием.

На территории острова в русле реки под пойменным широколиственным лесом формируется маломощная аллювиальная среднесуглинистая почва на песчаном и галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника. Общий вид профиля представлен на рис. 9е, описание разреза дано в таблице 7.

Таблица 4.

Описание почвенного разреза маломощного среднесуглинистого желтозёма типичного на щебнисто-каменном делювии дацитов в средней части склона

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0–3	Растительный опад: листья и ветки
A	3–8	Коричневая, влажная, среднесуглинистая, мелкокомковатая, рыхлая, новообразования: нет, включения: обильные корни растений, переход чёткий по цвету, форма границы неровная
AB	8–22	Серо-коричневая, влажная, легкосуглинистая, мелкокомковатая, уплотнённая, новообразования: нет, включения: корни растений, щебень дацита, переход постепенный по цвету, форма границы ровная
B ₁	22–32	Светло-коричневая, влажная, среднесуглинистая, комковатая, плотная, новообразования: железомарганцевые конкреции, включения: корни растений, камни и щебень дацита, переход нечёткий по цвету, форма границы ровная
B ₂	32–59	Коричнево-жёлтая, влажная, легкосуглинистая, комковатая, плотная, новообразования: железомарганцевые конкреции (более обильно), включения: корни растений, камни и щебень дацита, переход резкий по цвету, форма границы ровная
B ₃	59–112	Палево-коричневая, влажная, легкосуглинистая, мелкокомковатая, плотная, новообразования: железомарганцевые конкреции, включения: сильно выветрелые камни и щебень дацита, переход резкий по включениям, форма границы ровная
BC	более 112	Делювий дацитов

Таблица 5.

Описание почвенного разреза маломощного среднесуглинистого желтозёма типичного на щебнисто-каменном делювии дацитов в нижней части склона

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0–1	Растительный опад: листья и ветки
A	1–8	Серо-коричнево-желтая, влажная, легкосуглинистая, мелкокомковатая, рыхлая, новообразования: нет, включения: корни растений, переход постепенный по цвету, форма границы ровная
AB	8–26	Жёлто-коричневая, влажная, среднесуглинистая, мелкокомковатая, уплотнённая, новообразования: нет, включения: корни растений, щебень дацита, переход постепенный по цвету, форма границы ровная
B	26–37	Жёлто-светло-коричневая, влажная влажная, среднесуглинистая, мелкокомковатая, уплотнённая, новообразования: нет, включения: корни растений, камни и щебень дацита, переход резкий по включениям, форма границы неровная
BC	37–65	Жёлто-светло-коричневая, влажная, легкосуглинистая, мелкокомковатая, новообразования: нет, включения: корни растений, камни и щебень дацита (до 90%)

Таблица 6.

Описание почвенного разреза маломощного среднесуглинистого желтозёма типичного на щебнисто-каменном делювии дацитов на подножии склона

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0–3	Растительный опад: листья и ветки
A	3–8	Тёмно-серо-коричневая, свежая, легкосуглинистая, комковатая, рыхлая, новообразования: нет, включения: корни растений, переход постепенный по цвету, форма границы ровная
AB	8–26	Светло-серо-коричневая, свежая, среднесуглинистая, комковатая, уплотнённая, новообразования: нет, включения: корни растений, переход постепенный по цвету и плотности, форма границы ровная
B	26–56	Светло-коричневая, влажная, среднесуглинистая, комковатая, уплотнённая, новообразования: нет, включения: корни растений

Таблица 7.

Описание почвенного разреза аллювиальная среднесуглинистая опесчаненная почва на галечниково-валунном аллювии дацитов, андезитов, туфов и песчаника

Горизонт	Глубина, см	Описание
A ₀	0–1	Растительный опад: листья и ветки
AB	1–8	Серо-коричневая, свежая, легкосуглинистая слабоопесчаненная, мелкокомковатая, рыхлая, новообразования: нет, включения: корни растений, детрит, переход нечёткий постепенный по плотности и механическому составу, форма границы ровная
B ₁	8–22	Серо-коричневая, влажная, среднесуглинистая опесчаненная, крупнокомковатая, уплотненная, новообразования: нет, включения: корни растений, переход нечёткий постепенный по плотности и механическому составу, форма границы ровная
B ₂	22–63	Серо-коричневая, мокрая, песчаная, мелкозернистая, плотная, включения: галька и гравий аллювия, переход резкий по включениям, форма границы ровная
BC	63–71	Серо-коричневая, мокрая, песчаная, мелкозернистая, плотная, включения: обильная галька и гравий аллювия

Из каждого горизонта выявленных и описанных на стационаре двух основных зональных подтипов почв – желтозёма типичного и желтозёма лессивированного – были отобраны пробы для проведения последующих лабораторных физико-химических исследований. Пробы были переданы в Институт Географических экспериментальных исследований Академии наук и технологий Вьетнама, где выполнялись определения основных показателей и общего химического состава почвенных образцов. Результаты выполненных определений приведены в таблицах 8 и 9.

Изучению геохимии почв Вьетнама посвящены работы В.О. Лопес де Гереню с соавторами (2011, 2015), А.А. Околеловой, Тхинь Нгуен Ван, В.К. Авилова (2014), О.С. Хохловой с соавторами (2017). В работах детально описаны суточная и сезонная динамика потока CO₂ из почв в различных древостоях муссонного тропического леса, факторы неоднородности этого процесса, свойства и морфогенетические особенности основных типов почв Южного Вьетнама (заповедник Донгнай, национальный парк Каттхен). Однако описанные в этих работах почвы формируются в равнинных условиях юга Вьетнама. Горные же почвы Южного Вьетнама остаются на сегодняшний день практически не изученными.

В ходе полевого диагностирования наблюдаемые почвы отнесены к желтым феррсиаллитным почвам в соответствии с классификацией, предложенной (Шишов и др, 1996) по характеру дифференциации профиля и цвету горизонтов. Геохимическое опробование подтвердило предположение по соотношению валового состава силикатов и полторных оксидов. Однако почвы характеризуются высокими концентрациями органического углерода и азота, более характерным для темно-красных ферралитных почв. Кроме того, значительна доля илистых частиц, что характерно для красных ферралитных почв. Точное диагностирование почв является предметом дальнейшего делального исследования.

Анализ данных физико-химического исследования образцов горизонтов желтозёма типичного среднесуглинистого позволяет получить представление об общем химическом составе почвы, уточнить распределение химических элементов по почвенному профилю и вынести суждения о возможном наличии закономерностей такого распределения. Физические свойства почв, такие, как размер и соотношение почвенных фракций, самым непосредственным образом влияют на почвенные процессы и химический состав. Соотношение тонкопесчаных, пылеватых и глинистых частиц по горизонтам соответствует их закономерному распределению по почвенному профилю: содержание тонкопесчаных частиц уменьшается к иллювиальному и минеральному горизонтам, в то время, как содержание пылеватых частиц достигает своего максимального значения в минеральном, а глинистых частиц – в иллювиальном горизонтах соответственно.

Таблица 8.

Результаты аналитических исследований среднесуглинистого желтозёма типичного на щебнисто-каменном делювии дацитов

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Метод	Горизонты					
				A	AB	B ₁	B ₂	BC	C
1	pH _{KCl}	-	TCVN 5979:1995	3,77	3,94	4,09	4,16	3,96	3,97
2	Содержание органического углерода	%	TCVN 9294:2012	10,650	7,906	1,543	0,482	0,377	0,238
3	Классы размера частиц	0,2–0,02 мм, %	TCVN6862:2012	47,00	41,84	29,74	35,06	43,92	36,04
		0,02–0,002 мм, %		34,36	39,60	33,14	40,46	38,66	46,94
		<0,002 мм, %		18,64	18,56	37,12	24,48	17,42	17,02
4	Ёмкость катионного обмена	мг-экв/100 г	TCVN 8568:2010	24,05	15,35	12,00	9,40	10,75	11,75
5	Ca ²⁺	мг-экв/100 г	TCVN 8569:2010	1,103	1,243	1,689	1,168	0,677	0,470
6	Mg ²⁺	мг-экв/100 г		0,956	0,492	0,313	0,205	0,271	0,243
7	K ⁺	мг-экв/100 г		0,453	0,305	0,093	0,070	0,088	0,075
8	Na ⁺	мг-экв/100 г		0,318	0,397	0,409	0,306	0,261	0,255
9	Al ³⁺	мг-экв/100 г		0,00	0,00	1,65	0,70	2,60	2,50
10	H ⁺	мг-экв/100 г	TCVN 4403:2011	3,75	3,00	0,70	0,85	0,90	0,75
11	Обменная кислотность	мг-экв/100 г		3,75	3,00	2,35	1,55	3,50	3,25
12	Общий Si	% SiO ₂	TCVN 7891:2008	34,98	81,70	46,37	40,98	48,85	49,66
13	Общий Al	% Al	TCVN6496:1999-ICPMS	6,1636	7,3822	5,6776	7,6029	5,0139	5,7273
14	Общий Fe	% Fe		5,1127	5,7030	4,8858	5,4155	4,9312	4,3930
15	Общий Ca	мгCa/кг		427,41	401,34	402,67	1047,28	220,87	360,95
16	Общий Mg	мгMg/кг		2170,37	1911,56	1698,06	2319,23	4244,29	2024,41
17	Общий K	мгK/кг		728,75	695,45	431,43	789,32	1978,52	873,04
18	Общий Na	мгNa/кг		191,18	176,79	137,29	174,24	150,91	163,19
19	Общий Ti	мгTi/кг		1606,14	1592,77	1456,35	1065,71	1105,27	737,51
20	Общий Mn	мгMn/кг		434,19	453,46	347,76	482,53	383,77	304,88
21	Общий P	%P ₂ O ₅		TCVN 8940:2011	0,168	0,164	0,126	0,167	0,243
22	Общий N	%N	TCVN 6498:1999	0,701	0,434	0,099	0,031	0,023	0,023
23	Активный P	мгP ₂ O ₅ /100 г	TCVN 5256:2009	14,839	30,028	15,137	14,785	15,283	14,785
24	Активный K	мг/100 г	TCVN 8662:2011	9,811	6,991	1,788	1,722	1,778	2,088

Таблица 9.

**Результаты аналитических исследований среднемощного супесчаного желтозёма лессивированного
на щебнисто-каменном делювии дацитов**

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Метод	Горизонты			
				АЕ	В ₁	В ₂	В ₃
1	pH _{KCl}	-	TCVN 5979:1995	2,11	3,72	3,92	3,87
2	Содержание органического углерода	%	TCVN 9294:2012	59,695	2,995	2,787	0,758
3	Классы размера частиц	0,2–0,02 мм, %	TCVN6862:2012	94,33	54,18	64,74	66,48
		0,02–0,002 мм, %		1,31	22,84	17,14	21,58
		<0,002 мм, %		4,36	22,98	18,12	11,94
4	Ёмкость катионного обмена	мг-экв/100 г	TCVN 8568:2010	43,90	21,90	16,25	7,50
5	Ca ²⁺	мг-экв/100 г	TCVN 8569:2010	0,705	0,429	0,425	0,853
6	Mg ²⁺	мг-экв/100 г		1,755	0,103	0,072	0,147
7	K ⁺	мг-экв/100 г		0,624	0,061	0,042	0,055
8	Na ⁺	мг-экв/100 г		0,717	0,158	0,141	0,201
9	Al ³⁺	мг-экв/100 г		0,00	8,50	4,40	3,20
10	H ⁺	мг-экв/100 г		TCVN 4403:2011	14,00	1,45	1,05
11	Обменная кислотность	мг-экв/100 г		14,00	9,95	5,45	4,00
12	Общий Si	% SiO ₂	TCVN 7891:2008	7,40	28,03	74,56	78,14
13	Общий Al	% Al	TCVN6496:1999-ICPMS	0,2235	1,7611	2,5169	2,715
14	Общий Fe	% Fe		0,0678	0,7813	0,6595	0,4984
15	Общий Ca	мгCa/кг		252,66	250,42	248,70	275,50
16	Общий Mg	мгMg/кг		279,19	169,26	175,00	161,27
17	Общий K	мгK/кг		219,58	374,85	625,23	960,56
18	Общий Na	мгNa/кг		1357,26	125,54	129,21	340,00
19	Общий Ti	мгTi/кг		8,58	3,78	3,66	6,71
20	Общий Mn	мгMn/кг		6,45	18,76	16,77	17,92
21	Общий P	%P ₂ O ₅		TCVN 8940:2011	0,105	0,036	0,044
22	Общий N	%N	TCVN 6498:1999	1,783	0,128	0,104	0,032
23	Активный P	мгP ₂ O ₅ /100 г	TCVN 5256:2009	14,596	14,888	16,625	16,975
24	Активный K	мг/100 г	TCVN 8662:2011	18,865	3,446	2,107	1,814

Значение обменного pH_{KCl} почвенной вытяжки указывает на тенденцию снижения кислотности от гумусового к минеральному горизонту. Аналогично уменьшается содержание органического углерода в почве с максимальными значениями в гумусовом и переходном (AB) горизонтах, и его резкое (от 7,9 до 1,5 %) снижение уже в иллювиальном горизонте B_1 . Обменная кислотность (мг-экв/100г), рассчитанная по вытяжке ионов водорода и алюминия, уменьшается к иллювиальным горизонтам и имеет два пика – в гумусовом и минеральном горизонтах.

Обменная кислотность в гумусовом горизонте обусловлена присутствием иона водорода, в то время, как в минеральном горизонте – ионами алюминия; вместе с тем, ионы алюминия появляются в иллювиальном горизонте B_1 . Подобное распределение коррелирует с содержанием и распределением по горизонтам оксидов кремния, алюмосиликатов и гидроксидов железа, общий процент содержания которых во всех минеральных горизонтах не ниже 50 %, с максимумом в переходном горизонте AB (свыше 90 %) и последующее уменьшение с глубиной, а минимальное содержание – в гумусовом горизонте A (45 %).

Емкость катионного обмена значительно уменьшается к иллювиальному горизонту B_2 , и немного увеличивается к минеральному горизонту C. При этом содержание обменных катионов распределяется либо так же – уменьшается к иллювиальному горизонту B_2 , и немного увеличивается к минеральному горизонту C (Mg^{2+} и K^+), либо имеет пик накопления (Ca^{2+} и Na^+) в иллювиальном горизонте B_1 с последующим уменьшением к минеральному горизонту C. Поглощительная способность почвы, вслед за содержанием иона водорода, уменьшается к минеральным горизонтам, насыщенность почв основаниями уменьшается от 50 % до 30 %.

Общее содержание доступных для растений биогенных элементов – фосфора (P_2O_5 , % и мг P_2O_5 /100 г) и азота (N, %), активного K и других – определяет биологическую ценность почв. Содержание фосфора (%) уменьшается от гумусового к иллювиальному горизонту, а в пересчете на мг/100 г, среднее значение по горизонтам составляет 14–15 мг/100 г, пик аккумуляции приходится на горизонт AB – 30 мг/100 г. Содержание азота (%) закономерно уменьшается (вслед за содержанием органического углерода) от гумусового (A) к минеральному горизонту (C).

Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, Mn – относятся к элементам с высоким кларком концентрации в земной коре и имеют соответствующий ряд распределения. Следовательно, общее содержание элементов, не соответствующее данному распределению, будет указывать на геохимические особенности отдельных типов почв. Полученные данные свидетельствуют о том, что содержание в желтозёме K, Mg, Ti и Mn значительно превышают содержание в почве Ca и Na. На Mg и Ti приходится самые высокие значения – 4244,29 мгMg/кг для иллювиального горизонта BC и 1606,14 мгTi/кг для гумусового горизонта A. Содержание титана постепенно уменьшается с глубиной, а его высокое содержание в почве (наряду с K, Mg и Mn) обуславливается химическим составом почвообразующих пород.

Ca, Na и Mn имеют схожую миграцию по профилю, и два максимума аккумуляции – в гумусовом горизонте A и в иллювиальном горизонте B_2 . Такое распределение может быть связано с образованием геохимической ловушки в горизонте B_2 , в связи с уменьшением кислотности почвенной среды, так как Ca и Na (наряду с Mg) относятся к элементам водной миграции. В частности, содержание Mg и K также уменьшается к минеральным горизонтам, но имеют другие максимумы аккумуляции – в гумусовом горизонте A и в минеральном горизонте BC. Не исключено, что аккумуляция K в горизонте BC связана с увеличением плотности (увеличение содержания пылеватых и глинистых частиц) в нижележащем горизонте C.

Соотношение тонкопесчаных, пылеватых и глинистых частиц по горизонтам в супесчаном лессивированном желтозёме существенно отличается от их распределения

по почвенному профилю в описанном выше желтозёме типичном среднесуглинистом: содержание тонкопесчаных частиц постепенно увеличивается с максимумом в минеральном горизонте, в то время, как содержание пылеватых частиц достигает своего максимального значения в гумусовом, а глинистых частиц – в иллювиальном горизонте соответственно.

Значение обменного pH_{KCl} почвенной вытяжки почти не изменяется, становится чуть более щелочной. Вместе с тем, содержание органического углерода в почве уменьшается значительно от гумусового (10,65 %) к иллювиальному горизонту B_1 (2,995 %). Обменная кислотность (мг-экв/100 г), рассчитанная по вытяжке ионов водорода и алюминия, уменьшается в иллювиальном горизонте (9,95 мг-экв/100 г), в то время, как гумусовом горизонте отмечается минимум (3,75 мг-экв/100 г). Аналогично с желтозёмом типичным среднесуглинистым, обменная кислотность в гумусовом горизонте обусловлена присутствием иона водорода, в то время, как в иллювиальном горизонте – ионами алюминия; ионы алюминия появляются в том же горизонте. Показатели обменной кислотности полностью коррелируют с содержанием и распределением по горизонтам оксидов кремния, алюмосиликатов и гидроксидов железа, с максимумом в переходном горизонте B_2 (свыше 83 %) и последующим уменьшением с глубиной, и минимальным содержанием – в гумусовом горизонте A (44 %). Горизонт B_1 может являться переходным AB со значением содержания оксидов в 40 %.

Емкость катионного обмена постепенно уменьшается от гумусового горизонта к иллювиальному. При этом содержание всех исследованных обменных катионов распределяется с постепенным уменьшением к иллювиальному горизонту B_2 , и немного увеличивается к иллювиальному горизонту B_3 . Поглотительная способность почвы, вслед за содержанием иона водорода, уменьшается к минеральным горизонтам, насыщенность почв основаниями по всему профилю незначительна, почва относится к ненасыщенным основаниями.

Общее содержание биогенных элементов – фосфора (P_2O_5 , % и $mgP_2O_5/100$ г), азота (N, %), активного К полностью схоже с содержанием в желтозёме типичном среднесуглинистом: содержание фосфора (%) уменьшается от гумусового к иллювиальному горизонту, а в пересчете на мг/100 г, среднее значение по горизонтам составляет 14–17 мг/100 г, распределение происходит с небольшим увеличением к нижней части профиля. Содержание азота (%) закономерно уменьшается (вслед за содержанием органического углерода) от гумусового горизонта (A_E) к иллювиальному горизонту (B_3).

Общее содержание элементов Ca, Na, K, Mg, Ti, Mn в супесчаном лессивированном желтозёме, наряду с желтозёмом типичным среднесуглинистом не соответствует закономерному распределению, и является геохимическим признаком данного типа почв. K, Mg, Ti и Mn значительно превышают содержание в почве Ca и Na. На Mg и Ti также приходится самые высокие значения – 2170,37 мгMg/кг и 1606,14 мгTi/кг (схожее значение отмечается и для желтозёма типичного среднесуглинистого) – в гумусовом горизонте A_E . Значения содержания как магния (до 169,26 мгMg/кг), так и титана (до 3,78 мгTi/кг) резко уменьшаются в иллювиальном горизонте B (B_1 , B_2 , B_3), подобная закономерность отмечена и для элементов Ca, K, Na, Mn, что может быть связано с физическими свойствами горизонтов B_1 , B_2 , B_3 – увеличенным в них процента содержания тонкопесчаной фракции (миграционные свойства выше, чем у пылеватых и глинистых частиц). Высокое содержание в почве Ti, Mg и Mn в гумусовом горизонте A_E обусловлено химическим составом почвообразующих пород (дациты) и последующей миграцией вещества из автоморфных условий в транс-аккумулятивные.

Ca, Na и K активно мигрируют вниз по профилю, имеют два максимума аккумуляции – в гумусовом горизонте АЕ и в иллювиальном горизонте В₃. Такое распределение также может быть связано с образованием геохимического барьера в горизонте В₃, в связи с изменением кислотности почвенной среды или увеличением плотности нижележащих горизонтов (С). Как отмечалось выше, Ca, Na и Mg, относящиеся к элементам водной миграции, в супесчаном лессивированном желтозёме, наряду с желтозёмом типичным среднесуглинистым, активно перемещаются вниз по склону из гумусового горизонта к минеральному. Причины аккумуляции K в горизонте В₃ также может быть связана с увеличением плотности (увеличение содержания пылеватых и глинистых частиц) в нижележащем горизонте С.

Согласно высотной поясности, рассматриваемая территория НП Бидуп располагается в поясе верхнегорных лесов (Кузнецов, 2016). В пределах пояса происходит локальная дифференциация типов сообществ в зависимости от их местоположения. Так, на ключевом участке формируются типы лесных сообществ с разной степенью сомкнутости лесного полога, разным количеством древесных подъярусов, степенью разреженности подчиненных подъярусов и развитости яруса трав. В поймах рек формируются различной степени сомкнутости широколиственные лесные сообщества, которые вверх по склону сменяются на широколиственные лесные сообщества с менее развитым ярусом трав, а на гребне гряды представлены смешанные (сосново-широколиственные) сообщества. На склонах северных экспозиций создаются условия для накопления опада и образования лесной подстилки.

Лесному растительному покрову даны следующие характеристики: высота (м), число древесных подъярусов, сомкнутость крон (баллы 0–1) и средний диаметр деревьев в подъярусе (см), сомкнутость подроста и травяного яруса (баллы 0–1). Координаты точек описания зафиксированы с использованием GPS. Всего на площадке картографирования в НП Бидуп-Нуйба выполнено 30 полных комплексных и 86 маршрутных описаний.

Интеграция данных полевых описаний и данных аэрофотосъёмки позволили получить карту структуры растительных сообществ для территории ключевого участка (рис. 11). Выявлено, что наиболее сложные по вертикальной структуре (4 подъяруса) древостои формируются на плоских и слабонаклонных водораздельных поверхностях рельефа. Деревья таких древостоев имеют высоту деревьев более 30 м и диаметры стволов 40–70 см, сомкнутость средняя (0,4–0,5). Менее сложные древостои с 3-мя подъярусами характерны для днища долины водотока. Высота таких древостоев 30–32 м, разброс диаметров стволов деревьев 28–80 см. Древостои на склонах состоят из 2–3 подъярусов, имеют высоту 19–22 м, характеризуются средней и высокой сомкнутостью (0,5–0,8).

Морфологическая структура ландшафтов. С целью изучения морфологической структуры ландшафтов территории ключевого участка было выполнено 30 комплексных фациальных описаний. Интеграция данных полевых описаний и данных беспилотной аэрофотосъёмки позволила получить карту морфологической структуры ландшафтов (Котлов и др., 2018).

Согласно результатам, полученным в ходе предварительного этапа картографирования было выявлено, что рассматриваемая территория располагается в пределах Бидупского ландшафта (тропический муссонный среднегорный водораздельный хребет сильно расчленённый флювиально-эрозионно-денудационный сложенный верхнемеловыми магматическими породами с различной степенью сомкнутости вечнозелёными широколиственными лесами на ферралитных и ферсалилитных почвах), в пределах высотной местности сомкнутого литокарпусово-магнолиевого верхнегорья. В пределах изученной территории выявлено 5 типов урочищ, включающих в себя 98 типов фаций, что говорит о высоком ландшафтном разнообразии изучаемой территории.

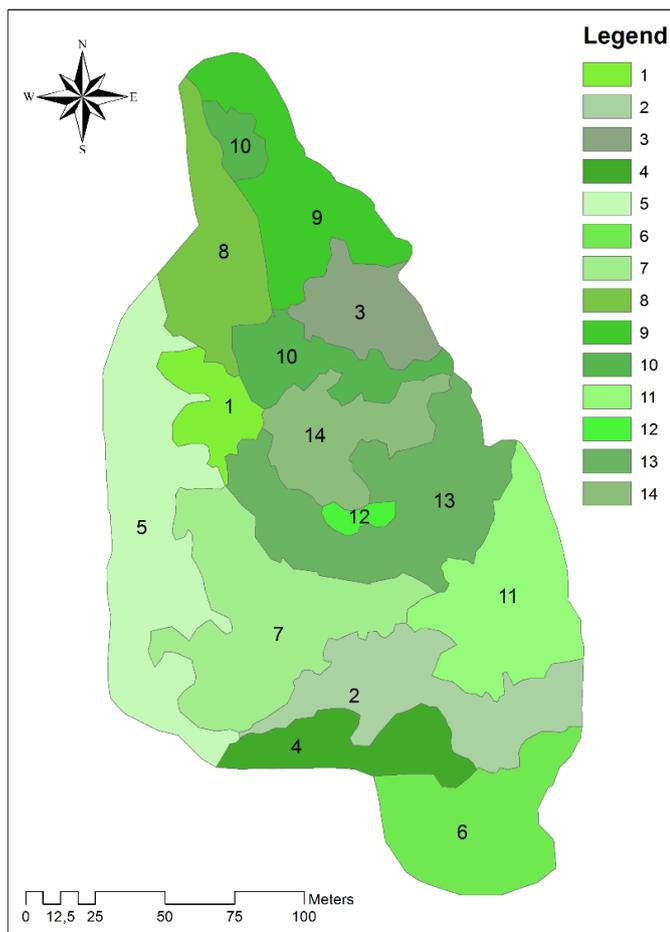


Рис. 11. Структура растительных сообществ: 1) среднесомкнутый широколиственный лес с двумя подъярусами и сомкнутым травяным ярусом; 2) сильносомкнутый широколиственный лес и смешанный (с участием хвойных – *Pinus krempfii*) лес с двумя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом; 3) разреженный широколиственный лес в пойме реки лес с тремя древесными подъярусами с хорошо развитым травяным ярусом; 4) среднесомкнутый широколиственный лес с тремя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом; 5) среднесомкнутый широколиственный лес с тремя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом; 6) среднесомкнутый широколиственный лес с четырьмя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом; 7) среднесомкнутый широколиственный лес с четырьмя древесными подъярусами и фрагментарным травяным ярусом; 8) сильносомкнутый широколиственный лес с тремя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом; 9) разреженный широколиственный лес в пойме реки с двумя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом; 10) разреженный широколиственный лес в пойме реки с тремя древесными подъярусами сомкнутым травяным ярусом; 11) среднесомкнутый широколиственный лес в пойме реки с тремя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом; 12) среднесомкнутый широколиственный лес в пойме реки с тремя древесными подъярусами и фрагментарным травяным ярусом; 13) среднесомкнутый широколиственный лес в пойме реки с тремя древесными подъярусами и сомкнутым травяным ярусом; 14) среднесомкнутый широколиственный лес в пойме реки с четырьмя древесными подъярусами и разреженным травяным ярусом.

Наличие высокого ландшафтного разнообразия, коренных типов ландшафтов, высокая динамичность процессов на выбранном участке определяют его кондиционность для создания здесь ландшафтно-экологического стационара.

О необходимости создания Бидупского ландшафтно-экологического стационара. Ландшафтные стационары – экспериментальные полигоны, призванные выявлять особенности функционирования и динамики типичных для территории их расположения экосистем, их реакции на внешние воздействия. Сеть стационаров, расположенных на территории бывшего Советского Союза дала ряд уникальных результатов, связанных с изучением структуры и функционирования ландшафтов. Это представление о геомассах, геогоризонтах и стексах (Марктопский стационар), методика изучения динамики состояний ландшафтов (стационар Лесуново), синергетика и стратегия ландшафтов (Черногорский стационар), учение о геоэктонах (Карадагский стационар) и др. Изначальная концепция стационаров как сети, подобной сети метеослужбы была не правильной. На наш взгляд (и здесь мы находим поддержку в работе В.Н. Петлина (2009)) ландшафтные (ландшафтно-экологические) стационары должны рассматриваться как экспериментальные полигоны, позволяющие выявлять особенности функционально-динамических процессов в ландшафтах и их реакцию на внешние воздействия. В настоящее время наиболее актуальными в данном вопросе должны быть реакции на изменения климата и оцениваться уязвимость экосистем к этим изменениям. Изменение климата, как уже давно доказано, носит региональные особенности проявления. Поэтому важным аспектом является выявление реакций и уязвимости коренных неизменённых антропогенной деятельностью экосистем на эти изменения. Хотя сегодня, вероятно, пришло время говорить о создании стационаров в том числе и в антропогенно-преобразованных ландшафтах, что связано с необходимостью адаптации системы землепользования к меняющимся реалиям. Это наиболее актуально для сельскохозяйственных, лесохозяйственных и водохозяйственных ландшафтов, наиболее подверженных климатическим изменениям.

Регион Юго-Восточной Азии, в том числе территория Вьетнама, являются слабо изученными с точки зрения функционирования и динамики ландшафтов. Сведения о структуре и функционировании лесных экосистем Вьетнама приведены в работах А.Н. Кузнецова, С.П. Кузнецовой (2006, 2011, 2013), А.Н. Кузнецова (2016), которые описали флористическое разнообразие, вертикальную структуру, высотную поясность, особенности феноритмики, особенности естественного возобновления и отдельные микроклиматические особенности различных тропических лесов, то есть создав таким образом предпосылки для изучения структуры и функционирования тропических лесных ландшафтов.

Выявление особенностей функционирования и динамики ландшафтов невозможно без знаний о структуре радиационного, теплового и водного балансов. И если данные дистанционного зондирования позволяют рассчитывать большую часть элементов балансов на основе анализа мультиспектральной съемки, функционирование ландшафтов топологического уровня возможно изучить лишь наземными инструментальными методами на специально созданных стационарах. Кроме того, мультиспектральные характеристики космических снимков позволяют определить только характеристики поверхности крон деревьев лесных сообществ, которые хоть и являются функцией процессов переноса и превращения вещества, энергии и информации в пределах лесного сообщества, но не раскрывают эти процессы, и, соответственно, не могут служить основой для описания процессов функционирования экосистемы. Это особенно актуально в горных тропических лесах, где вертикальные размеры ландшафтов могут достигать 40–50 м. А если учитывать и ландшафтный воздух, который является элементом ландшафта, то и все 100 м. В этих пределах формируется высокая степень вертикальной анизотропии, а соответственно большое количество геогоризонтов, каждый из которых характеризуется своими величинами геомасс, энтропии и т.д.

Все перечисленные факты свидетельствуют о том, что создание ландшафтно-экологического стационара в условиях горных тропических лесов сулит множество научных открытий, получение новых знаний в области тропической экологии.

Полученные данные о компонентной и морфологической структуре ландшафтов позволяют говорить о кондиционности выбранного ключевого участка для создания ландшафтно-экологического стационара, а полученная карта морфологической структуры ландшафтов – выработать рекомендации по размещению сети измерительного оборудования.

Ключевой позицией создания ландшафтно-экологического стационара является базовая метеостанция, которая будет давать регулярные ряды данных. Стационар же, в свою очередь, может быть оснащён как стационарными измерительными системами, так и обеспечиваться полустационарными и экспедиционными исследованиями.

Изучение функционирования экосистем неразрывно связано с исследованием их радиационного, теплового и водного балансов, а также балансов вещества. Именно эти параметры определяют функционирование лесов и в тоже самое время зависят от видового состава и фитогеометрии леса, процессов трансформации вещества и энергии в лесных экосистемах (Бобра и др., 2001). Здесь следует отметить существование двух типов процессов: те, которые протекают вне зависимости от ландшафта и являются для него фоновыми (циркуляция воздушных масс, муссоны, выпадение осадков), и те, которые формируют в ландшафте прямые и обратные связи, создавая, тем самым, особенности его структуры и функционирования.

Возвращаясь к базовой станции, одним из требований её функционирования является постоянный контроль измерительного оборудования, обеспечение его сохранности. Современный рынок метеорологического оборудования предлагает множество технических решений относительно метеостанций, не требующих развёртывания классической метеорологической площадки.

Учитывая необходимость обеспечения электрического питания и кабельной передачи данных на компьютер, наилучшим местом установки метеостанции мог бы стать лесной кордон Зянг Ли, где есть возможность обеспечения постоянного пункта приёма данных. Метеостанция устанавливается на метеомачту высотой 10 м, на вершине которой размещается анеморумбометр. Установка такого же комплекса на той же мачте на другой высоте (например, 2 м и 0,5 м) позволила бы получить градиент измеряемых параметров и рассчитывать величины параметров теплового баланса.

Кроме того, кордон Зянг Ли располагается на открытом участке и полученные значения поступления солнечной радиации будут равны величинам солнечной радиации, поступающей на верхнюю деятельную поверхность крон, что измерить иным способом проблематично в связи с высотой крон первого яруса 30 и более метров.

Базовая метеорологическая станция позволит обеспечить непрерывный ряд данных на открытом участке, что, в свою очередь, исходя из результатов экспедиционных исследований позволит рассчитать отклонения ландшафтно-геофизических данных от данных базовой станции и, используя в дальнейшем данные дистанционного зондирования, экстраполировать измеряемые характеристики на большие площади. Кроме того, набор измеряемых параметров на метеостанции и выявленные в процессе экспедиции отклонения в различных типах ландшафтных фаций позволит описать особенности динамики состояний локальных экосистем различного временного масштаба и составлять карты типов состояний.

На территории стационара предлагается использование переносных портативных метеостанций во время экспедиционных исследований. Причем проведение экспедиций должно охватить все типы погодных состояний, выявленных при работе станции. Это обеспечит получение отклонений значений параметров от

базовой станции во всех типах экосистем и во всех возможных типах погодных состояний.

На рис. 12 представлена предлагаемая схема размещения измерительного оборудования стационара.

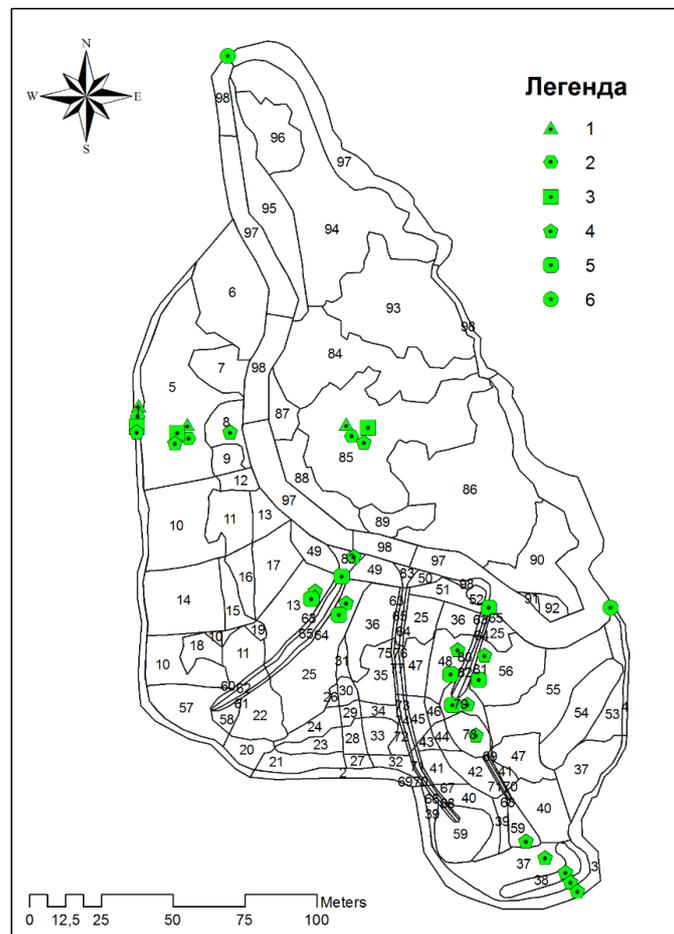


Рис. 12. Схема расположения стационарных измерительных систем в границах предлагаемого стационара: 1) актинометрические измерения; 2) температурные измерения; 3) измерения относительной влажности воздуха; 4) pluвиографы; 5) микроиспарители; 6) гидрологические посты

Стационарно планируется проведение следующих измерений:

1. Актинометрические измерения (прямая, суммарная, отражённая солнечная радиация, альбедо) в различных типах лесных сообществ – необходима установка в различных типах урочищ: на гребне гряды, в средней части склона гряды, на острове; экспедиционно – измерение освещения в различных типах фаций люксометрами;

2. Температура воздуха на высоте 2 м и 0,5 м в различных типах урочищ: на гребне гряды, в средней части склона гряды, на острове. Измерения необходимо проводить термографами в психрометрических будках либо дата-логерами, экспедиционно – во всех типах фаций. В случае наличия дата-логеров – желательно покрытие ими всех типов фаций;

3. Температура почвы и лесной подстилки на разных глубинах в различных типах фаций – во время экспедиций полустационарно вытяжными почвенными термометрами;

4. Относительная влажность воздуха на высоте 2 м и 0,5 м в различных типах урочищ: на гребне гряды, в средней части склона гряды, на острове. Измерения

необходимо проводить гигрографами в психрометрических будках либо дата-логерами, экспедиционно – во всех типах фаций;

5. Влажность почвы на разных глубинах в различных типах фаций – во время экспедиций весовым методом. Необходимо обеспечение на кордоне сушильным шкафом и весами;

6. Влажность лесной подстилки – экспедиционно в фациях, где формируется лесная подстилка;

7. Количество и интенсивность атмосферных осадков – необходима установка плювиографов в различных типах урочищ: на гребне гряды, в средней части склона гряды, на острове. Экспедиционно возможно расширение сети точек измерения с целью выявления задержания осадков различными типами сообществ за счёт использования временных осадкоприёмников.

8. Влагозапасы в почве – установка в различных типах сообществ микроиспарительного комплекса. Желательный режим измерений – один раз в месяц. Возможно автоматизация процесса за счёт установки самописца. Требуется инженерное решение.

9. Поверхностный сток воды, плоскостная эрозия, ионный сток – строительство стоковых площадок на склонах с различными типами лесных сообществ.

10. Расход воды в месте выхода из реки старицы и впадения старицы в основной водоток.

Выводы

Основными результатами первого этапа работ стало получение первичных сведений о структуре и функционировании тропических экосистем топологического уровня в горном лесном массиве.

Для территории ключевого участка составлены карты компонентной и морфологической структуры ландшафтов. Описаны условия формирования ландшафтов. Проанализированы первичные данные микроклиматических измерений.

На основе полученных результатов предложен перечень и пространственно распределённая сеть стационарных исследований на территории ключевого участка и обосновано создание ландшафтно-экологического стационара.

Список литературы

1. Бобра Т.В., Боков В.А., Ведь И.П., Гаркуша Л.Я., Зуев А.В., Клюкин А.А., Лагунов И.М., Лычак А.И., Панферов О.И., Соцкова Л.М. Ландшафтно-геофизические условия произрастания лесов юго-восточной части Горного Крыма / Под ред. В.А. Бокова. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2001. – 136 с.
2. Видина А.А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтными исследованиям. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 135 с.
3. Геренчук К.И., Раковська Е.М., Топчиев О.Г. Польові географічні дослідження. – К.: Вища школа, 1975. – 246 с.
4. Дроздов К.А. Крупномасштабные исследования равнинных ландшафтов. – Воронеж: ВГУ, 1986. – 174 с.
5. Жучкова В.К. Организация и методы комплексных физико-географических исследований. – М.: МГУ, 1977. – 184с.
6. Котлов И.П., Горбунов Р.В., Фам Маи Фыонг, Дин Ву Ан Ту Беспилотная аэрофотосъёмка для задач крупномасштабного ландшафтного картографирования в горных тропических лесах Вьетнама // Ландшафтная география в XXI веке: материалы международной научной конференции «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвящённые 100-летию со дня

- рождения Г.Е. Гришанкова» (Симферополь, 11 – 14 сентября 2018 г.) / ред. Е.А. Позаченюк [и др.]. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. – С. 36–49.
7. Котлов И.П., Горбунов Р.В., Фам Маи Фьонг, Дин Ву Ан Ту Беспилотная аэрофотосъемка для задач крупномасштабного картографирования горных тропических лесных ландшафтов // Труды Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 2 (6). – С. 63–84.
 8. Круглов І. Делімітація, метризація та класифікація морфогенних екорегіонів Українських Карпат // Український географічний журнал – 2008, № 3. – С. 59–68.
 9. Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П., Фан Лыонг. Растительность горных массивов Би Дуп – Хон Ба – южной оконечности меридионального гималайского хребта Чыонг Шон // Материалы зоолого-ботанических исследований в горных массивах Би Дуп и Хон Ба, Далатское плато, южный Вьетнам. «Биоразнообразии Вьетнама». – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – С. 9–115.
 10. Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П. Муссонные тропические леса Вьетнама (итоги 20-летних ботанико-экологических исследований) // Известия РАН. Серия биологическая. – 2013. – № 2. – С. 206–216.
 11. Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П. Сукцессии в тропических лесных растительных сообществах Вьетнама // Биосфера. – 2011. – Т. 3. – № 1. – С. 50–66.
 12. Кузнецов А.Н. Структура и динамика муссонных тропических лесов Вьетнама: дис. ... д. биол. наук: 03.02.01. – М., 2016. – 554 с.
 13. Лопес де Гереню В.О., Аничкин А.Е., Авилов В.К., Кузнецов А.Н., Курганова И.Н. Термиты как фактор пространственной неоднородности потоков CO₂ из почв в муссонных тропических лесах южного Вьетнама // Почвоведение. – 2015. – № 2. – С. 228–238.
 14. Лопес де Гереню В.О., Курбатова Ю.А., Курганова И.Н., Тиунов А.В., Аничкин А.Е., Мякина Т.Н., Кузнецов А.Н. Суточная и сезонная динамика потока CO₂ из почв в различных древостоях муссонного тропического леса // Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1074–1082.
 15. Миллер Г.П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. – Львов: Вища школа, 1974. – 202 с.
 16. Околелова А.А., Тхинь Нгуен Ван, Авилов В.К. Свойства основных типов почв биосферного заповедника Донг Най (Южный Вьетнам) // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2014. - № 10 (181). – Выпуск 27. – С. 138–144.
 17. Петлін В. М. Методологія та методика експериментальних ландшафтознавчих досліджень. – Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 400 с.
 18. Хохлова О.С., Мякина Т.Н., Кузнецов А.Н., Губин С.В. Морфогенетические особенности почв национального парка Кат Тьен, Южный Вьетнам // Почвоведение. – 2017. – № 2. – С. 176–194.
 19. Шишов Л.Л., Андроников С.В., Белобров В.П., Куленкамн А.Ю., Пантелеев Л.С., Соколов И.А. Почвы переменного-влажных тропиков Лаоса и их рациональное использование. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1996. – 276 с.
 20. *Bioclimatic diagrams of Vietnam*. Ed. Nguen Khanh Van et al. Hanoi: National University Publishing House, 2000. – 126 p.

ABOUT SOME PECULIARITIES OF STRUCTURE AND FUNCTIONING OF MOUNTAIN TROPICAL FOREST LANDSCAPES OF CENTRAL VIETNAM AND NECESSITY OF CREATION OF LANDSCAPE-ECOLOGICAL STATIONARY
Gorbunov R.V.^{1,2,3}, Kuznetsov A.N.^{1,4}, Lebedev Ya.O.³, Gorbunova T.Yu.³, Kotlov I.P.^{1,4}, Hoi N.D.¹

¹*Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam*

²*The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol Russian Federation*

³*T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Kurortnoe, Feodosia, Russian Federation*

⁴*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russian Federation*
e-mail: karadag_station@mail.ru, forestkuz@mail.ru, ya.o.lebedev@yandex.ru, gorbunovatyu@gmail.com, ikotlov@gmail.com, danghoi110@gmail.com.

The results of expeditionary landscape research in the territory of Central Vietnam (the national nature park Bidup Nui-Ba) are summarized. New information has been obtained on certain patterns of the structure and functioning of mountain tropical forest ecosystems. Cartographic materials illustrating the component structure of landscapes at the topological level are presented. The factors and conditions for the formation of landscapes, the morphological structure of landscapes within a key area are characterized. A network of points and program of monitoring works based on the projected Bidoup landscape-ecological stationary is proposed.

Key words: landscape, ecosystem, landscape structure, functioning of landscapes, landscape-ecological stationary, Bidup Nui-Ba, Vietnam

Поступила в редакцию 04.09.2018 г.

УДК 55.556

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВЫХ РЕСУРСОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА⁴

Федоров В.М., Залиханов А.М.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
Москва, Российская Федерация, e-mail: fedorov.msu@mail.ru

По данным астрономических эфемерид рассчитывались значения приходящей на верхнюю границу атмосферы Земли солнечной радиации. Проводилось сравнение значений суммарного баланса массы ледника Джанкуат с рассчитанными значениями солнечной радиации, приходящей на верхнюю границу атмосферы за год в северное полушарие, а также с разностью солнечной радиации, поступающей в экваториальную и полярную область северного полушария Земли (инсоляционной контрастностью). На основе рассчитанных значений приходящей солнечной радиации по уравнениям регрессии были рассчитаны значения суммарного баланса массы для ледника Джанкуат на период с 1850 по 2050 гг.

Проведенное на основе корреляционного анализа сравнение показало, что тенденция сокращения массы льда ледника Джанкуат определяется эффектом усиления межширотного теплообмена, что подтверждается, во-первых, тесной отрицательной связью суммарного баланса массы с разностью солнечной радиации приходящей в экваториальную и полярную область северного полушария. Во-вторых, высокой отрицательной связью суммарного баланса массы с изменением продолжительности меридиональной южной циркуляции.

Тенденция изменения массы ледника Джанкуат на продолжительных временных интервалах (десятки – первые сотни лет) определяется, главным образом, радиационным фактором. На менее продолжительных интервалах времени (годы – первые десятки лет) многолетняя тенденция существенно нарушается влиянием циркуляционных факторов.

Ключевые слова: горные ледники, Кавказ, солнечная радиация, циркуляционные процессы, баланс массы льда, корреляция, уравнение регрессии, тенденции изменения.

Введение

Многолетние изменения массы льда в ледниковых районах Земли связаны, прежде всего, с изменением глобальной температуры, являющейся одним из основных показателей изменяющегося климата. Наиболее важным в проблеме исследования и прогнозирования изменений климата является вопрос о причинах, вызывающих эти изменения (Кондратьев, 1987; Монин, 1982; Монин, Шишков, 1979, 2000). В XX веке отмечена тенденция повышения глобальной приповерхностной температуры, однако причины этого однозначно не определены. Широко распространено мнение, о том, что основной причиной изменения глобального климата является «парниковый» эффект, связываемый, главным образом, с эмиссией парниковых газов, определяемой антропогенным фактором (http://www.wmo.int/pages/index_ru.html). В то же время, не подвергается сомнению то, что солнечная радиация, поставляющая на Землю свет и тепло, имеет важнейшее значение в генезисе климата (Монин, Шишков, 1979, 2000). «Солнце – единственный источник тепла, достаточно сильный для того, чтобы оказывать значительное влияние на температуру поверхности земли и воздуха» (Воейков, 1948, с. 166).

Циркуляционные процессы в атмосфере вносят существенные изменения в годовой, сезонный и суточный ход изменения температуры воздуха, который определяется, поступающей от Солнца энергией. Они существенно деформируют, связанную с приходящей солнечной радиацией суточную, сезонную и годовую

⁴ Работа выполнена в рамках госбюджетной темы и при финансовой поддержке РФФИ, проекты 15-05-07590, 15-29-06967.

периодичность в изменении температурного режима. С циркуляционными процессами в атмосфере связано образование и распространение атмосферных осадков. Таким образом, циркуляционные процессы влияют на ход основных климатических показателей, определяющих условия развития ледников и в связи с этим представляются (наряду с приходящей от Солнца энергией), важнейшим фактором как распространения ледников в пространстве, так и их развития во времени. Нами поставлена задача по исследованию и оценке изменения ледовых ресурсов Центрального Кавказа в связи с приходящей на верхнюю границу атмосферы (ВГА) солнечной радиацией и циркуляционными процессами в атмосфере в многолетнем режиме. В качестве оценки ледовых ресурсов принимался суммарный баланс массы репрезентативного для Центрального Кавказа ледника Джанкуат, для которого получен продолжительный ряд балансовых наблюдений.

С широтными особенностями распределения солнечной радиации связано расположение климатических поясов (широтная зональность). Климатические условия Кавказа определяются его положением на границе двух широтных поясов – умеренного и субтропического, с чем связаны особенности радиационного режима и циркуляции атмосферы. Ледник Джанкуат расположен на северном макросклоне Главного Кавказского хребта в верховьях долины Адылсу, правого притока реки Баксан. Детальные исследования на леднике Джанкуат начаты в 1965 году, с 1968 года на леднике ведутся непрерывные балансовые наблюдения (Ледник Джанкуат, 1978; Поповнин, Петраков, 2005). С этого времени для ледника (одного из десяти эталонных ледников Земли) получен наиболее продолжительный в России ряд инструментальных балансовых показателей, что и определило выбор ледника Джанкуат в качестве объекта наших исследований. Кроме этого, выполнены реконструкции изменения суммарного баланса массы льда (Дюргеров, Поповнин, 1980; Федоров, 2011), что увеличивает продолжительность балансовых рядов и, создает возможности для анализа причин изменения массы льда на леднике Джанкуат в более широком временном диапазоне. Так же для ледника получены хронологические датировки некоторых конечных морен, что позволяет проводить оценку реконструкции баланса массы этого ледника (Золотарев, 1999; Алейникова, 2001).

Результаты реконструкции суммарного баланса и инструментальных балансовых наблюдений и данные выполненных на их основе реконструкции (по макроциркуляционной модели) суммарного баланса массы ледника сопоставляются в работе с рассчитанными значениями приходящей на ВГА в северное полушарие Земли солнечной радиации.

Методика исследований

В методике исследований применялись расчеты приходящей на ВГА солнечной радиации и расчеты весовых коэффициентов элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) с использованием типизации циркуляционных процессов в атмосфере (Кононова, 2009) для реконструкции суммарного баланса массы ледника Джанкуат.

Расчет инсоляции Земли

Расчеты приходящей на ВГА Земли солнечной радиации известны начиная с работ М. Миланковича (Миланкович, 1939). Они проводились с учетом трех параметров орбитального движения Земли (эксцентриситет земной орбиты, наклон оси вращения Земли и долгота перигелия) на длительные периоды времени (сотни тыс. лет). Расчеты выполнялись только для отдельных широт. Принималось, что Земля имеет форму сферы. В расчетах, таким образом, принимались во внимание только вековые вариации изменения характеристик орбитального движения Земли и,

связанные с ними вариации в поступлении к Земле солнечной радиации. Периодические вариации элементов земной орбиты и наклона оси вращения Земли при этом не учитывались. Разрешение по времени при расчетах Миланковича и его последователей (Шараф, Будникова, 1968; Монин, 1982) составляло от 1 до 5 тысяч лет. Иными словами, для отдельной широты (например, 65 градусов северной широты) для каждых суток определенного года рассчитывалось поступление приходящей солнечной радиации. Затем совершая шаг в 1 или 5 тыс. лет в прошлое (отступая на 1 или 5 тыс. лет назад) снова производились расчеты для каждых суток этого года (отстоящего на 1 или 5 тыс. лет от предыдущего) с учетом изменения эксцентриситета, наклона оси и долготы перигелия. Таким последовательными итерациями производились расчеты приходящей на ВГА Земли солнечной радиации для определенной географической широты на длительные периоды времени. При расчетах с таким большим разрешением по времени отдельные годы внутри интервалов продолжительностью в 1 или 5 тыс. лет оказывались неопределенными в отношении приходящей солнечной радиации. Выполняемые таким способом расчеты могли быть полезными при анализе палеоклиматических изменений, но для анализа современного климата расчеты с разрешением по времени в 1–5 тыс. лет привлечены быть не могут.

Расчеты, учитывающие периодические возмущения элементов земной орбиты и, связанных с ними высокочастотных вариаций солнечной радиации, были начаты в Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова, в России (Vorisenkov et al., 1983, 1985). Однако дальнейшего развития эти исследования не получили. Исследования высокочастотных вариаций инсоляции также были начаты и проводятся в институте астрономии и геофизики имени Г. Леметра, Бельгия (Bertrand et al., 2002 а, б). Расчеты инсоляции (на основе решения задачи о движении 2-х тел) в этом диапазоне были выполнены в Институте криосферы Земли (Тюмень) И.И. Смутьским и О.И. Кротовым (Смутьский, Кротов, 2013).

Расчеты инсоляции в диапазоне высокочастотных вариаций также были выполнены в МГУ имени М.В. Ломоносова, автором совместно с А.А. Костиным (<http://www.solar-climate.com>). Расчеты приходящей солнечной радиации выполнялись по данным астрономических эфемерид (Giorgini et al., 1996; <http://ssd.jpl.nasa.gov>) для всей поверхности Земли (без учета атмосферы) в интервале с 3000 г. до н.э. по 2999 г. н.э. Исходными астрономическими данными для расчетов инсоляции были склонение и эклиптическая долгота Солнца, расстояние от Земли до Солнца, разность хода равномерно текущего (среднего солнечного) и всемирного корректируемого времени (истинного солнечного). Поверхность Земли аппроксимировалась эллипсоидом (GRS80 – Geodetic Reference System, 1980) с длинами полуосей равными 6378137 м (большие) и 6356752 м (малая). В общем виде алгоритм расчетов можно представить выражением:

$$I_{nm}(\varphi_1, \varphi_2) = \int_{t_1}^{t_2} \left(\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sigma(H, \varphi) \left(\int_{-\pi}^{\pi} \Lambda(H, t, \varphi, \alpha) d\alpha \right) d\varphi \right) dt, \quad (1)$$

где I – приходящая солнечная радиация за элементарный n -й фрагмент m -го тропического года (Дж); σ – площадной множитель (м^2), с помощью которого вычисляется площадной дифференциал $\sigma(H, \varphi) d\alpha d\varphi$ – площадь бесконечно малой трапеции – ячейки эллипсоида; α – часовой угол, φ – географическая широта, выраженные в радианах; H – высота поверхности эллипсоида относительно поверхности Земли (м); $\Lambda(H, \varphi, t, \alpha)$ – инсоляция в заданный момент в заданном месте поверхности эллипсоида ($\text{Вт}/\text{м}^2$), t – время (с). Шаги при интегрировании составляли: по долготе 1° , по широте 1° , по времени $1/360$ часть продолжительности тропического года (Fedorov, 2015, 2018). Значение солнечной постоянной (среднее многолетнее значение TSI) принималось равным $1361 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (Kopp, Lean, 2011). Изменение активности Солнца не учитывалось. Подробно методика выполненных расчетов

приходящей на эллипсоид Земли (без учета атмосферы) солнечной энергии изложена на электронном ресурсе «Солнечная радиация и климат Земли» (<http://www.solar-climate.com>).

Основные отличия нашего подхода (по времени, пространству и исходным данным) от известных (из астрономической теории климата) расчетов низкочастотных вариаций инсоляции заключаются в следующем.

1) М. Миланкович и его последователи рассчитывали инсоляцию Земли (без учета атмосферы) на длительные периоды времени (от нескольких сотен до миллионов лет) с учетом только ее вековых вариаций связанных с изменением эксцентриситета, долготы перигелия и наклона оси вращения Земли (с периодами в несколько десятков тысяч лет). Разрешение по времени в расчетах составляло приблизительно от 5 000 лет в расчетах М. Миланковича (Миланкович, 1939), Ш. Шараф и Н. Будниковой (Шараф, Будникова, 1968), С.А. Мони́на (Монин, 1982) до 1000 лет в работах А. Вернекара (Vernekar, 1972), А. Берже (Berger, 1978 а, б; Berger, Loutre, 1992; e-mail сообщение M.F. Loutre, 2016). М. Миланкович и его последователи рассчитывали суточную и годовую инсоляцию на некоторый начальный год (например, 1850 или 1950 год). Затем совершался шаг (от 1000 до 5000 лет) в прошлое (или в будущее) и процедура расчетов (с учетом изменения эксцентриситета, долготы перигелия и наклона оси) повторялась. Периодические вариации инсоляции не учитывались (продолжительность тропического года принималась постоянной). Разрешение по времени в расчетах И.И. Смутьского и О.И. Кротова составляло 1 год (расчеты проводились на суперкомпьютере). В наших расчетах учитывались вековые и периодические вариации (расстояния Земля – Солнце, продолжительности тропического года, наклона оси вращения и т. д.). Разрешение по времени при интегрировании составляло 1/360 часть продолжительности тропического года (приблизительно сутки), с учетом вариаций этой продолжительности.

2) М. Миланковичем и всеми его последователями расчеты выполнялись для отдельных географических широт (параллелей), принималось, что Земля имеет форму сферы. В наших расчетах инсоляция рассчитывалась для всей земной поверхности аппроксимируемой эллипсоидом. Разрешение по пространству при интегрировании составляло по долготе 1° , по широте 1° .

3) Для выполнения расчетов М. Миланковичем (точнее В. Мишковичем) на длительный период были рассчитаны астрономические эфемериды для эксцентриситета, долготы перигелия и наклона оси вращения Земли, которые в дальнейшем уточнялись его последователями (Brouwer, Van Woerkom, 1959; Шараф, Будникова, 1969; Vernekar, 1972; Berger, 1978 а, б; Bretagnon, 1982). И.И. Смутьский и О.И. Кротов проводили расчеты на основе решения задачи 2-х тел (т.е. с рядом ограничений в исходных астрономических данных). Нами для расчетов инсоляции использовались приведенные в формуле (1) параметры, учитывающие вековые и периодические вариации элементов орбиты Земли и оси ее вращения. В качестве исходных данных для расчетов использовались высокоточные астрономические эфемериды, рассчитанных в Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технологического института (период от 3000 лет до н.э. до 3000 лет н.э.) и размещенные на электронном ресурсе NASA (<http://ssd.jpl.nasa.gov>).

Отличия нашего подхода в анализе высокочастотных вариаций инсоляции от методов Е. П. Борисенкова, M.F. Loutre, A. L. Bertrand и их коллег связаны, во-первых, с исходными астрономическими данными, используемыми в расчетах. Во-вторых, с различным решением расчетов инсоляции относительно поверхности Земли. В-третьих, по временному интервалу, охваченному расчетами. В качестве исходных данных Борисенковым с коллегами использовались эфемериды, рассчитанные в Институте теоретической астрономии Академии наук СССР (e-mail сообщение А.В. Цветкова, 2015). Исходными данными для расчетов, выполненных бельгийскими

исследователями (Bertrand et al., 2002 а, б; Loutre et al., 1992) были эфемериды VSOP82 (Bretagnon, 1982). В наших расчетах использовались высокоточные JPL Planetary and Lunar Ephemerides DE-405/406 (Standish, 1982; <http://ssd.jpl.nasa.gov>) разработанные в Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технологического института.

Поверхность Земли при расчетах инсоляции отождествлялась нашими предшественниками со сферой и, расчеты выполнялись только для отдельных широт этой сферы. Е.П. Борисенковым с коллегами (Borisenkov et al., 1983; 1985) получены значения только для 20° , 40° , 60° и 80° северной широты. В исследованиях бельгийских ученых (Loutre et al., 1992) расчеты выполнялись (на середину июля, точнее для точки с геоцентрической долготой равной 120°) только для 65° северной широты, для точек равноденствия и солнцестояния – для экватора и широт 30° , 60° и 90° в каждом полушарии. В работах С. Бертрана с коллегами (Bertrand et al., 2002 а, б) расчеты инсоляции охватывают предшествующее тысячелетие, они также относятся к июлю, и рассчитаны для широтной зоны 65° – 70° с. ш. При этом значения для широтной зоны рассчитывались осреднением значений, полученных для ограничивающих широтную зону параллелей 65° и 70° . В работе И.И. Смульского и О.И. Кротова расчеты выполнялись для параллелей 0° , 10° , 25° , 45° , 65° , 80° и 90° каждого полушария. В наших расчетах поверхность Земли аппроксимировалась эллипсоидом и приходящая радиация рассчитывалась не на отдельные параллели (широты), а на всю поверхность Земли и поверхности отдельных широтных зон.

Разрешение по времени при расчетах высокочастотных вариаций инсоляции в работе Е.П. Борисенкова с коллегами приблизительно соответствуют суткам (Borisenkov et al., 1983). Однако выполненные ими расчеты представлены только для зимнего и летнего полугодий (и только для северного полушария) в интервале с 1800 по 2100 гг. В работе М.Ф. Loutre с коллегами (Loutre et al., 1992) расчеты проводились на интервале в 5000 лет (в прошлое) с годовым разрешением и только для июля (точнее отдельной точки с геоцентрической долготой 120°), точек равноденствия и солнцестояния. В работе С. Бертрана с коллегами (Bertrand et al., 2002 а, б) расчеты инсоляции охватывают предшествующее тысячелетие, но они относятся только к одному месяцу – июлю (выполнены с годовым разрешением). Кроме этого, значение солнечной постоянной в наших расчетах принималось равным 1361 Вт/м^2 (Kopp, Lean, 2011). В работах наших предшественников – 1368 Вт/м^2 (Bertrand et al., 2002 а, б), 1367 Вт/м^2 в работах Е.П. Борисенкова с коллегами [e-mail сообщение А.В. Цветкова, 2015] и М.Ф. Loutre с коллегами (Loutre et al., 1992), 1366 Вт/м^2 (Berger et al., 2010). И.И. Смульский и О.И. Кротов использовали тоже значение солнечной постоянной, что и М. Миланкович – $1395,6 \text{ Вт/м}^2$ (Смульский, Кротов, 2013).

Таким образом, в общем наши расчеты основаны на высокоточных эфемеридах, в них используется новое значение солнечной постоянной (1361 Вт/м^2), более детально охватывается временной интервал протяженностью в 5999 лет и вся поверхность Земли (рассчитанные данные приводятся в доступном архиве с разрешением в 5° широты для всей земной поверхности и в 1 астрономический месяц для каждого из 5999 лет по времени), земная поверхность в наших расчетах не отождествляется со сферой, а аппроксимируется эллипсоидом. Выполненные расчеты закрывают пространственные и временные «бреши» в расчетах инсоляции для периода 3000BC – 2999AD.

По результатам расчетов сформирована общедоступная база данных приходящей солнечной энергии во все широтные зоны Земли (протяженностью в 5 градусов) за каждый астрономический месяц каждого года для периода 3000BC – 2999AD (<http://www.solar-climate.com>). Представленные в массивах (в трех единицах размерности – Дж, Дж/м² и Вт/м²) данные используются авторами при дальнейшем анализе в данной работе. Эти данные также могли бы использоваться как входной

энергетический сигнал в радиационном блоке физико-математических моделей климата и при точных расчетах радиационного баланса Земли.

Проводилось сравнение значений суммарного баланса массы ледника Джанкуат с рассчитанными значениями солнечной радиации, приходящей на ВГА за год в северное полушарие, а также с разностью солнечной радиации, поступающей в экваториальную и полярную область северного полушария (рис. 1).

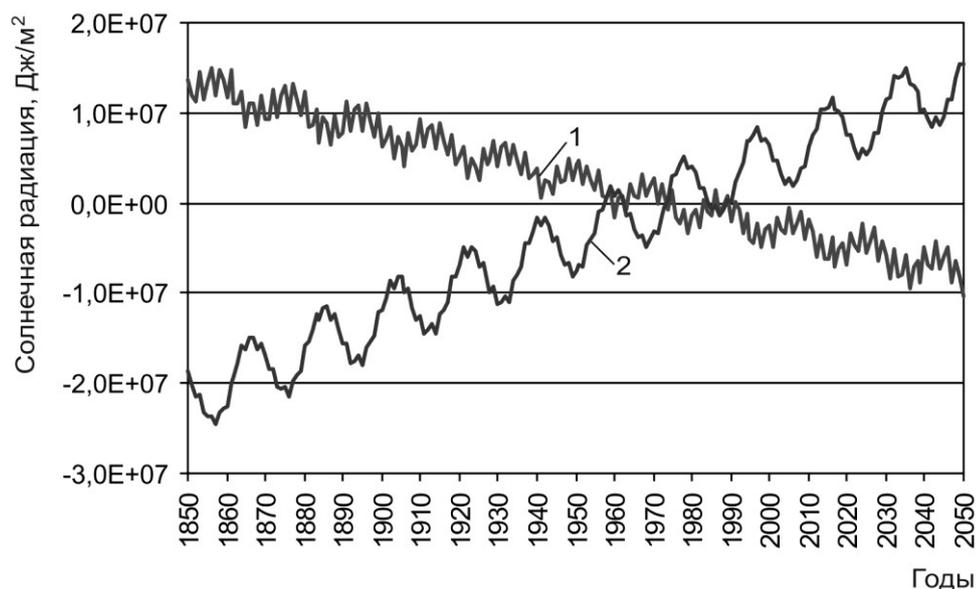


Рис. 1. Изменение приходящей на эллипсоид Земли (без учета атмосферы) солнечной радиации (1) и разности радиации (2) приходящей в экваториальную и полярные области Земли (относительно средних для периода 1961 – 1990 гг. значений), Дж/м².

Типизация циркуляционных процессов

Выполнено сравнение значений суммарного баланса массы с продолжительностью действия групп циркуляции – меридиональной южной (МЮ) и нарушения зональности (НЗ). Ранее было доказано участие продолжительности этих типов циркуляции в динамике баланса массы ледников северного полушария. На этой основе разработана методика реконструкции баланса массы ледника Джанкуат (Федоров, 2009, 2011).

Схемы типизации атмосферных процессов представляют непрерывный процесс общей циркуляции атмосферы в виде чередования устойчивых многократно повторяющихся фрагментов – однородных процессов (охватывающих полушарие или значительные по площади регионы). Наибольшую известность в отечественной метеорологии получили типизации макромасштабных атмосферных процессов Г. Я. Вангенгейма – А.А. Гирса (Гирс. 1974) и Б.Л. Дзердзеевского, В.М. Курганской, З.М. Витвицкой (Дзердзеевский и др., 1946). В связи с четкостью формализации циркуляционных ситуаций, широкой пространственной и временной информативностью (разработана для всего северного полушария, охватывает период с 1899 года по настоящее время), общей доступностью Календаря последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) (Кононова, 2003, 2009; <http://www.atmospheric-circulation.ru>), в данной работе используется типизация Б.Л. Дзердзеевского, В.М. Курганской, З.М. Витвицкой.

В качестве профилирующего признака в этой типизации принято соотношение зональной и меридиональной составляющих циркуляции над полушарием. Выделяется 13 основных типов ЭЦМ, а с учетом их разновидностей (выделяемых на основе

сезонных или региональных различий) – 41 ЭЦМ. По характеру соотношения зонального и меридионального переносов во внетропических широтах северного полушария ЭЦМ объединены в четыре группы: зональную, нарушения зональности, меридиональную северную и меридиональную южную. Группы зональная и нарушения зональности отражают зональный перенос в атмосфере, группы меридиональная южная и меридиональная северная – меридиональный перенос воздушных масс.

Таким образом, в непрерывном циркуляционном процессе в атмосфере выделяются элементарные циркуляционные механизмы, группы циркуляции и циркуляционные сезоны, являющиеся основными структурными элементами рассматриваемой типизации. Время, частота проявления и продолжительность действия тех или иных ЭЦМ отражают особенности общей циркуляции атмосферы, определяют характер погоды каждого конкретного места. Продолжительность действия групп циркуляции, характер соотношения зональных и меридиональных форм циркуляции являются важнейшими макроциркуляционными характеристиками климата при рассмотрении его многолетних изменений. Применение типизации к анализу балансовых показателей ледников позволило разработать методику реконструкции баланса массы и увеличить продолжительность балансовых рядов. Основу методики реконструкции составили представления о расчете весовых коэффициентов отдельных ЭЦМ в процессах аккумуляции и абляции на леднике, охваченном балансовыми наблюдениями (Федоров, 2011).

Связь циркуляционных характеристик климата находилась из предположения о том, что каждому элементарному циркуляционному процессу на полушарии соответствуют определенные погодные условия в конкретном месте (температурный режим и режим атмосферных осадков), которые определяют развитие ледников. Связь циркуляционных характеристик (продолжительность действия ЭЦМ) с балансовыми показателями была найдена в виде пропорции циркуляционного вклада (весовых соотношений) каждого ЭЦМ в формирование знака и величины аномалии балансового показателя (Федоров, 2007, 2009, 2011).

Пропорция вклада (весов) для рядов инструментальных наблюдений аккумуляции и абляции определялась следующим образом. Из ряда значений балансового показателя вычиталось среднее многолетнее значение. В результате была получена знакопеременная функция – аномалия балансового показателя (аккумуляции, абляции). Далее, по данным Календаря последовательной смены ЭЦМ (Кононова, 2009; <http://www.atmospheric-circulation.ru>) для лет с положительными и отрицательными аномалиями отдельно находились суммарные значения продолжительности действия (в сутках) ЭЦМ всех типов за некоторый период года (например, зимний – для аккумуляции и летний – для абляции). Из предположения о том, что связанные с отдельными типами ЭЦМ погодные условия вносят определенный циркуляционный вклад в формирование как положительных, так и отрицательных аномалий годовых значений балансовых показателей ледника, были рассчитаны (в долях единицы) пропорции циркуляционного вклада (веса) каждого ЭЦМ в формирование знака и величины аномалии аккумуляции и абляции. Полученные пропорции проверялись восстановлением значений исходных инструментальных рядов. Для этого по Календарю последовательной смены ЭЦМ рассчитывалась выборка по продолжительности действия каждого ЭЦМ за расчетный период. Затем на основе пропорции циркуляционного вклада («ключа») определялся вклад каждого ЭЦМ в отклонение от среднего многолетнего значения аккумуляции и абляции и рассчитывается суммарное значение циркуляционного вклада ЭЦМ всех типов. На основании предположения, что суммарная по модулю (за анализируемый период) аномалия вкладов ЭЦМ соответствует суммарной по модулю аномалии балансового показателя, были рассчитаны коэффициенты пропорциональности между ними.

Умножением значений суммарных вкладов ЭЦМ на коэффициент пропорциональности были получены восстановленные, на основе пропорции вклада, значения годовых отклонений балансовых показателей от среднего многолетнего (в мм в.э.) и далее алгебраическим сложением со средним многолетним значением – величины аккумуляции, абляции и затем баланса массы.

В качестве оценочных характеристик при этом принимались коэффициент корреляции между восстановленным и исходным рядами и расхождение между этими рядами в миллиметрах водного эквивалента и в процентах от среднего модуля аномалии исходного ряда. Статистическая значимость коэффициента корреляции определялась в соответствии с существующими методиками (Цымбаленко и др., 2007).

Изменением даты начала и продолжительности периода (аккумуляции, абляции) путем перебора находилось такое его значение, при котором величина коэффициента корреляции была максимальной, а расхождение – минимальным. Восстановленный ряд принимался за макроциркуляционную модель балансового показателя.

Алгоритм расчета пропорции, восстановления ряда и поиска периодов аккумуляции и абляции с оптимальными значениями оценочных характеристик был формализован в компьютерной программе, при этом были реализованы следующие возможности:

а) Автоматический поиск периодов аккумуляции и абляции с максимальными значениями коэффициента корреляции между модельными рядами и рядами инструментальных наблюдений и минимальными значениями расхождения.

б) Представление периодов аккумуляции и абляции в календарных датах или в процентах продолжительности циркуляционных сезонов (от даты их начала). Следствием этого стала возможность создания двух модельных модификаций: «календарной» и «сезонной». Величина шага (разрешения) в календарных моделях составляла 1 сутки, в сезонных моделях – 5% продолжительности циркуляционного сезона (то есть, приблизительно в 2–3 раза больше, чем в календарных).

в) Непосредственный учет величины аномалии исходного ряда (ряда инструментальных наблюдений).

г) Анализ фрагментов (полуинтервалов) исходного ряда на основе принципа корреляционной оптимальности.

Использование программы позволило обработать большие массивы климатологической и гляциологической информации, создать оптимальные модели реконструкции динамики балансовых показателей и получить новые статистически достоверные данные по динамике баланса массы ледников северного полушария в XX столетии (Федоров, 2006, 2007, 2011).

В результате разработки модели для нее были определены некоторые ограничения и погрешности.

1. Ограничение «окна». При использовании календарной модели реконструкции применяется определенный, строго фиксированный для каждого года период («окно») продолжительности аккумуляции и абляции, хотя реально сроки аккумуляции и абляции меняются от года к году. Используемый в модели реконструкции период продолжительности принимается по модели аппроксимации имеющей оптимальные оценочные критерии (коэффициент корреляции, расхождение рядов). При использовании сезонной модели период аккумуляции и абляции меняется год от года в соответствии с изменением сроков наступления циркуляционных сезонов и их продолжительностью.

2. Принимается, что при изменении порядка наступления, начала и продолжительности действия отдельных типов ЭЦМ в общем циркуляционном процессе пропорциональный вклад каждого ЭЦМ в отклонение параметра (аккумуляции, абляции) от среднего многолетнего на протяжении периода реконструкции для конкретного ледника существенно не меняется.

3. Допускается, что отклонения от среднего многолетнего значения балансовых показателей определяются полностью циркуляционными факторами и на основе линейной зависимости.

4. На тестируемом участке должны встречаться все ЭЦМ для определения их вклада (создания «ключа»). Иначе при реконструкции могут появиться «белые пятна».

5. Неизбежные ошибки модели связаны так же с пробелами в Календаре последовательной смены ЭЦМ. Так, отсутствуют данные за периоды с 10 по 31 декабря 1943 г. и с 7 по 10 марта 1946 г.

6. Возможные расхождения модели с реальностью определяются также вариациями отдельных типов ЭЦМ в пределах своей генерализованной схемы. Так, расположение центров и траекторий движений основных барических образований, их характеристики могут несколько отличаться при повторении одного и того же подтипа. Поэтому погодные условия так же могут несколько различаться для одних и тех же районов при повторении одних и тех же типов и подтипов ЭЦМ (Мацковский, Кононова, 2009).

Кроме того, расхождения могут определяться вариациями, заложенными в типизации для отдельных типов ЭЦМ (нечеткостью формализации некоторых ЭЦМ).

Надежность аппроксимации и реконструкции балансовых показателей также во многом определяется (Котляков и др., 1997; Глазырин и др., 1999) корректностью исходных данных (единая методика определения сезонных и годовых значений аккумуляции и абляции). На основе разработанной методики была выполнена реконструкция динамики балансовых показателей ледника Джанкуат (Федоров, 2006, 2007, 2011).

Результаты и их обсуждение

Исходными данными по суммарному балансу массы были ряды инструментальных наблюдений (с 1968 по 2007 гг.) и реконструированные на основе весовых коэффициентов ЭЦМ значения (с 1900 по 1967 гг.) По этим данным в динамике ледника выделяются два периода (Федоров, 2011). Первый (с 1900 по 1972 гг.) характеризуется сокращением массы льда. Среднее многолетнее значение баланса массы ледника составляет -328 мм в.э., аккумуляции – 2130 мм в.э., абляции – 2459 мм в.э. Корреляционная связь суммарного баланса массы ледника с балансовыми показателями высокая (0,739 – с аккумуляцией, 0,698 – с абляцией). На фоне общего сокращения массы льда в этот период отмечают три непродолжительных этапа стационарного развития ледника: 1916 – 1921 гг., 1930 – 1935 гг. и 1951 – 1958 гг. Суммарное сокращение массы льда за этот период составляет 24,0 м в.э. Второй период (с 1973 – 2000 гг.) характеризуется стационарным состоянием ледника. Среднее многолетнее значение баланса массы льда в это время составляет -9,2 мм в.э., аккумуляции – 2443 мм в.э., абляции – 2452 мм в.э. Суммарный баланс массы ледника в этот период более тесно связан с аккумуляцией (0,828), чем с абляцией (0,650). Масса ледника в этот период практически не менялась. Существенное снижение темпов сокращения ледников Кавказа к началу XXI века прогнозировалось еще А.М. Залихановым и другими исследователями (Залиханов и др., 1984). Реконструкция отражает общую тенденцию деградации оледенения Центрального Кавказа и, в общем, согласуется с данными о непродолжительных наступаниях многих ледников Кавказа в периоды 1907 – 1914 гг. и 1927 – 1933 гг. (Голодковская, 1982; Гобеджашвили, 1989; Панов, 1993).

Очевидно, что состоятельность реконструкции определяется сопоставлением полученных результатов с имеющимися данными по эволюции ледника Джанкуат. Нами проведено такое сопоставление. По заключению Е.А. Золотарева (Золотарев,

1999) сокращение массы ледника приходится на период с 1880 г. по 1910 г., а в 1910 – 1920 гг. кривая баланса массы ледника должна приближалась к нулевому значению, соответствующему стационарному состоянию ледника. По данным нашей реконструкции в период с 1900 г. по 1915 г. отмечается сокращение массы льда, а период с 1916 г. по 1921 г. характеризуется как стационарный (Федоров, 2011). После этого, до 1930 г. по результатам реконструкции, продолжалось сокращение массы ледника Джанкуат, поэтому, в период с 1922 г. по 1930 г. вероятно образование конечной морены. Также, в соответствии с результатами реконструкции образование конечной морены, возможно, и в 30-е годы. Так, период с 1930 г. по 1935 г. согласно реконструкции соответствует стационарному состоянию ледника, что согласуется с фактом существования конечноморенного вала известного как «морена 30-го года» или «морена 30-х годов» (Орешникова, 1936; Турманина, 1971; Золотарев, Сейнова. 1985; Золотарев. 1999; Алейникова, 2001). С 1936 г. по 1950 г. по данным реконструкции масса ледника Джанкуат сокращается, а с 1951 г. по 1959 г. отмечается близкое к стационарному состояние ледника. Это согласуется с существованием моренного вала, датированного 1959 годом (Золотарев, 1999) или 1957 – 1958 гг. А.М. Алейникова на основании лихенометрических исследований датирует возраст морены 1958 годом (Алейникова, 2001). По данным М.Д. Докукина с 1959 г. отмечается активное отступление ледника (Докукин, 1985). Таким образом, реконструкция в целом хорошо согласуется с имеющимися данными по эволюции ледника Джанкуат в XX столетии, что позволяет использовать реконструированные значения суммарного баланса массы ледника Джанкуат в качестве исходных данных для анализа динамики баланса массы ледника в связи с приходящей на ВГА солнечной радиацией.

Корреляционный анализ проводился по вековым интервалам, начиная с 1900 – 1999 гг. с последовательным смещением векового «окна» на один год (1901 – 2000, 1902 – 2001 и т.д. до 1908 – 2007 гг., всего 9 вековых интервалов). Рассчитывались значения коэффициента корреляции (R) суммарного баланса массы с приходящей за год в северное полушарие (без учета атмосферы) солнечной радиации и с разностью солнечной радиации, приходящей в экваториальную и полярную область северного полушария (инсоляционной контрастностью). Также рассчитывались значения R между суммарным балансом массы и продолжительностью групп циркуляции: нарушения зональности (НЗ) и меридиональной южной (МЮ). Полученные значения коэффициента корреляции представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Значения коэффициента корреляции суммарного баланса массы ледника Джанкуат с приходящей на ВГА солнечной радиацией и с продолжительностью групп циркуляции

Вековой интервал	Солнечная радиация		Группы циркуляции	
	Приходящая	Разность	НЗ	МЮ
1900 – 1999	0,851	-0,831	0,557	-0,702
1901 – 2000	0,855	-0,893	0,550	-0,709
1902 – 2001	0,855	-0,835	0,554	-0,718
1903 – 2002	0,853	-0,841	0,580	-0,723
1904 – 2003	0,860	-0,844	0,596	-0,728
1905 – 2004	0,859	-0,850	0,599	-0,731
1906 – 2005	0,859	-0,857	0,593	-0,737
1907 – 2006	0,870	-0,859	0,607	-0,738
1908 – 2007	0,868	-0,861	0,639	-0,737
Среднее	0,859	-0,852	0,586	-0,725
1900 – 2007	0,866	-0,849	0,618	-0,730

Отклонения значений R от среднего для интервала по модулю составляют для приходящей радиации $-0,57\%$, для разности $-1,57\%$. Отклонения значений R составляют для группы нарушения зональности $-3,91\%$, для группы меридиональной южной циркуляции $-1,43\%$.

Отмечается тесная и устойчивая (по вековым интервалам) связь суммарного баланса массы с приходящей солнечной радиацией и с межширотным градиентом солнечной радиации (инсоляционной контрастностью). Также отмечается заметная связь динамики суммарно баланса массы с продолжительностью групп циркуляции МЮ и НЗ. Отклик на вариации приходящей солнечной радиации и продолжительности НЗ для ледника Джанкуат положительный. Отклик на изменчивость разности солнечной радиации, приходящей в экваториальную и полярную область и на продолжительность меридиональной южной циркуляции отрицательный. Таким образом, вековые тенденции сокращения суммарного баланса массы ледника Джанкуат могут являться следствием эффекта усиления межширотного теплообмена и, соответствующего увеличения продолжительности группы меридиональной южной циркуляции. Эффект усиления межширотного градиента приходящей солнечной радиации проявляется в увеличении продолжительности МЮ группы циркуляции (Федоров, Кононова, 2014). Этот эффект определяется вековой тенденцией увеличения инсоляции экваториальной области Земли и сокращением инсоляции ее полярных районов (увеличением меридионального градиента инсоляции или инсоляционной контрастности) и связан с вековым уменьшением наклона оси ее вращения (Федоров, 2018). Известно, что при увеличении угла наклона оси вращения увеличивается приход радиации в полярные районы, т.е. происходит сглаживание широтной контрастности в полушариях и усиление сезонных различий. При уменьшении угла наклона происходит увеличение радиации, поступающей в экваториальную область, и широтные контрасты возрастают, а сезонные различия сглаживаются (Миланкович, 1939; Монин, Шишков, 2000; Федоров, 2018). Этот эффект усиливает работу механизма теплообмена первого рода (Шулейкин, 1953).

С учетом более высоких значений коэффициента корреляции приходящей на ВГА за тропический год в северное полушарие солнечной радиации с суммарным балансом массы, были получены уравнения линейной и полиномиальной (полином второй степени) регрессии для расчета суммарного баланса массы ледника Джанкуат (рис. 2).

Полученные связи характеризуются достаточно высокими показателями аппроксимации (R^2 – коэффициент детерминации) – $0,751$ и $0,778$.

На основе рассчитанных значений приходящей солнечной радиации по полученным уравнениям регрессии были получены значения суммарного баланса массы ледника Джанкуат на период с 1850 по 2050 г. (рис. 3).

Среднегодовое расхождение исходных значений суммарного баланса массы и рассчитанных по уравнению линейной регрессии характеризуются значениями 3027 мм в.э., по полиномиальному уравнению – 2786 мм в.э. Это составляет $17,2\%$ и $15,8\%$ от средней по модулю величины суммарного баланса массы ледника для периода с 1900 г. по 2007 г. Коэффициент корреляции рассчитанных и фактических значений суммарного баланса характеризуется значением $0,866$ для значений, рассчитанных по уравнению линейной регрессии и, $0,881$ – для значений, рассчитанных по полиномиальному уравнению. Отмеченные расхождения могут определяться влиянием циркуляционных процессов на процессы аккумуляции и абляции (Федоров, 2011).

Отдельно исследовалась связь суммарного баланса массы с приходящей на ВГА солнечной радиации для рядов инструментальных балансовых наблюдений (без реконструированных данных). На относительно коротких рядах инструментальных наблюдений связь заметно нарушается влиянием других факторов (например, преобладающих типов атмосферной циркуляции), однако тенденция при этом сохраняется.

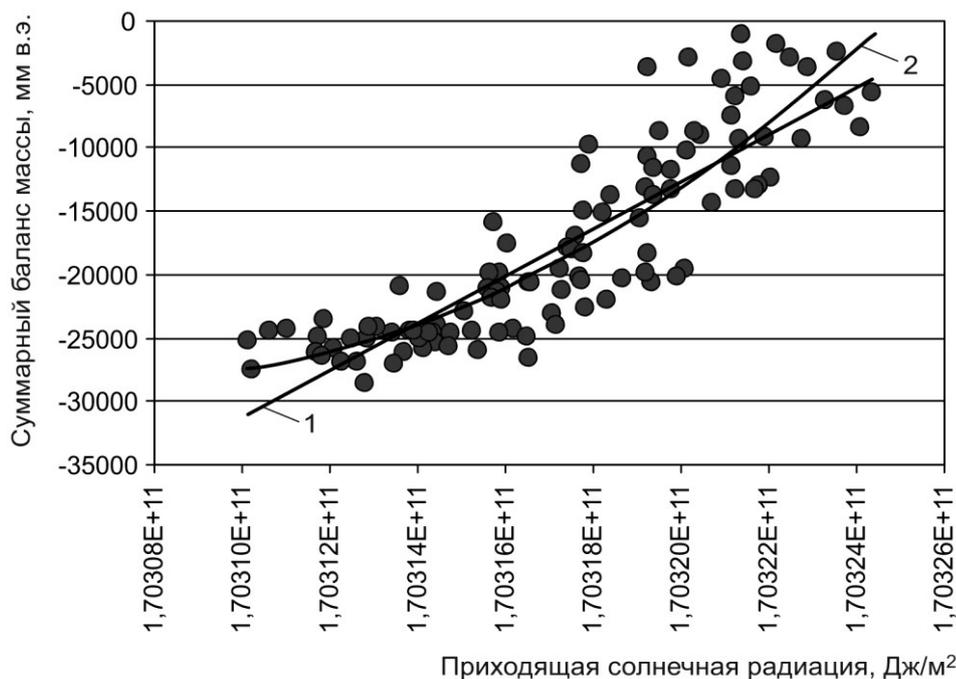


Рис. 2. Связь суммарного баланса массы ледника Джанкуат с приходящей на ВГА солнечной радиацией и графики уравнения линейной (1) и полиномиальной (2) регрессии.

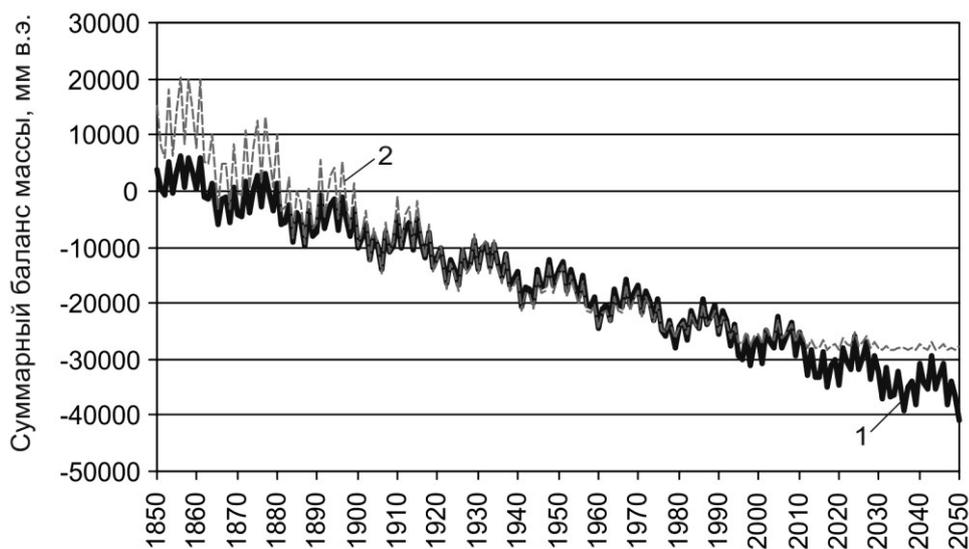


Рис. 3. Тенденция изменения суммарного баланса массы ледника Джанкуат рассчитанная по уравнению линейной регрессии (1) и по полиномиальному уравнению регрессии (2).

Значение коэффициента корреляции между суммарным балансом массы ледника и приходящей солнечной радиацией в этом случае составляет 0,694 (положительный знак коэффициента корреляции определяется сокращением приходящей солнечной радиации – рис. 1). Отклонения фактических значений суммарного баланса массы от рассчитанных значений, определяются циркуляционными факторами, что подтверждается высокими значениями коэффициента корреляции суммарного баланса массы с продолжительностью групп циркуляции (табл. 1). Таким образом, тенденция изменения суммарного баланса массы репрезентативного ледника Джанкуат (и, вероятно, многих ледников Центрального Кавказа для которого ледник считается

репрезентативным) связана с совместным влиянием радиационного и циркуляционного фактора. При этом, основным фактором тенденции в изменении баланса в этом ледниковом районе является радиационный. Отклонения от тенденции время от времени в ту или иную сторону определяются циркуляционными факторами.

Проведены исследования изменения продолжительности разных типов циркуляции в связи с особенностями в поступлении и распределении приходящей на ВГА солнечной радиации (Федоров, Кононова, 2014). В результате найдена связь продолжительности зональной (З+НЗ) и меридиональной (МС+МЮ) циркуляции, соотношение которых является профилирующим признаком в типизации Б.Л. Дзердзеевского с приходящей на ВГА солнечной радиацией и разностью солнечной радиации, приходящей в экваториальную и полярную области северного полушария Земли. Определена связь продолжительности групп циркуляции меридиональной южной и нарушения зональности с приходящей солнечной радиацией и разностью солнечной радиации, приходящей на верхнюю границу атмосферы в экваториальную и полярную области северного полушария Земли (табл. 1). Получен различный характер отклика продолжительности зональной и меридиональной циркуляции и отдельных групп циркуляции (меридиональной южной и нарушения зональности) на изменение значений приходящей солнечной радиации и разности солнечной радиации, поступающей на ВГА в экваториальную и полярную область северного полушария. На основе найденной связи продолжительности групп циркуляции с инсоляцией рассчитана продолжительность зональной и меридиональной циркуляции и отдельных групп циркуляции (меридиональной южной и нарушения зональности) в северном полушарии на период до 2050 г. Полученные связи суммарного баланса массы с продолжительностью отмеченных типов циркуляции и с инсоляцией на уровне вековых интервалов – тенденции, позволяют определить, во-первых, причины этой тенденции и, во-вторых – ее направление (знак) к сокращению. Таким образом, масса льда ледника Джанкуат характеризуется тенденцией к сокращению, связанной с усилением межширотного градиента инсоляции (разности солнечной радиации, приходящей в экваториальную и полярную область полушария) и увеличением продолжительности МЮ циркуляции (усилением межширотного теплообмена).

В тоже время, полученные нами ранее данные по динамике массы льда в различных ледниковых районах северного полушария для временных интервалов малой продолжительности (от 5 до 25 лет) показывают существование (на фоне общей тенденции к сокращению) метахронности в эволюции массы льда. Метахронность в динамике баланса массы в отдельных ледниковых районах северного полушария, ее пространственно-временные особенности и причины определяются циркуляционными процессами в атмосфере – действием групп циркуляции, по-разному проявляющимся в различных ледниковых районах, и продолжительностью их действия (Федоров, 2011).

Так, для ледниковых районов Канадского Арктического архипелага, Аляски, Кордильер и Альп отмечаются отрицательные корреляционные связи динамики баланса массы с продолжительностью меридиональной южной циркуляции и положительные связи – с продолжительностью циркуляции группы нарушения зональности. Для ледниковых районов Скандинавии и Кавказа характер связей динамики баланса массы с продолжительностью действия этих групп циркуляции противоположный: динамика баланса массы в этих районах характеризуется положительными корреляционными связями с продолжительностью меридиональной южной циркуляции и отрицательными связями – с продолжительностью действия группы нарушения зональности. Таким образом, отмеченные региональные особенности (метахронность) динамики баланса массы объясняются влиянием циркуляционных факторов, прежде всего – продолжительностью меридиональной

южной циркуляции и продолжительностью действия ЭЦМ группы нарушения зональности.

При более детальном во времени анализе отмечаемого для ледника сокращения массы льда относительно других ледниковых районов северного полушария будет отмечаться некоторое замедление тенденции сокращения (например, относительно Альп, где, сокращением массы льда будет ускоряться). Однако, например, в Скандинавии – процесс замедления сокращения массы льда проявляется еще сильнее, чем на Кавказе.

Заключение

Современная эволюция массы льда на леднике Джанкуат характеризуется двумя основными факторами: радиационным и циркуляционным. Основными характеристиками эволюции является тенденция и вариации массы льда относительно тенденции. Тенденция сокращения массы льда ледника Джанкуат определяется эффектом усиления межширотного теплообмена, что подтверждается, во-первых, тесной отрицательной связью суммарного баланса массы с разностью солнечной радиации приходящей в экваториальную и полярную область северного полушария (инсоляционной контрастностью). Во-вторых, высокой отрицательной связью суммарного баланса массы с изменением продолжительности меридиональной южной циркуляции. Вариации суммарного баланса массы (на интервалах от 5 до 25 лет) определяются изменением в соотношения продолжительности действия разных типов циркуляционных процессов в атмосфере (Федоров, 2011). Таким образом, тенденция изменения массы ледника Джанкуат на длительных временных интервалах (десятки – первые сотни лет) определяется, главным образом, радиационным фактором. На менее продолжительных интервалах времени (годы – первые десятки лет) многолетняя тенденция существенно нарушается (ускоряется или замедляется) влиянием циркуляционного фактора.

В связи с неоднозначностью формы связи суммарного баланса массы как с продолжительностью действия разных типов циркуляции, так и с приходящей солнечной радиацией (линейная, полиномиальная или иная), вопрос о возможностях точной предсказуемости эволюции массы льда остается пока открытым. Так, в случае линейной зависимости баланс массы ледника будет сокращаться, а в случае полиномиальной – состояние ледника будет близко к стационарному (рис. 3). Учитывая, что Ледник Джанкуат является репрезентативным для Центрального Кавказа, можно считать, что отмеченная тенденция в изменении ледовых ресурсов будет характерна и для всего Центрального Кавказа.

Список литературы

1. *Алейникова А.М.* Возраст моренных отложений долины р. Адыл-су (Приэльбрусье) по материалам лихенометрической съемки // МГИ. 2001. Вып. 90. С. 50–56.
2. *Воейков А.И.* Климата земного шара, в особенности России / Собрание соч. М.-Л.: АН СССР, 1948. Т. 1. С. 161–748.
3. *Гирс А.А.* Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 488 с.
4. *Глазырин Г.Е., Муравьев Я.Д., Шираева Т.* Расчет показателей баланса массы горного ледника по данным метеонаблюдений на ближайшей метеостанции // МГИ. 1999. Вып. 87. С. 95-97.
5. *Гобеджашвили Р.Г.* Ледники Грузии. Тбилиси.: изд. Мецниереба, 1989. 128 с.

6. *Голодковская Н.А.* Динамика ледников южного склона Центрального Кавказа за последние 700 лет // МГИ. 1982. Вып. 45. С. 76–84.
7. *Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М.* Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. / Тр. НИУ ГУГМС. Гидрометиздат, 1946. 80 с.
8. *Докукин М.Д.* Формирование гляциальных селевых очагов при деградации ледников Приэльбрусья // МГИ. 1985. Вып. 53. С. 62–71.
9. *Дюргеров М.Б., Поповнин В.В.* Реконструкция баланса массы, пространственного положения и жидкого стока ледника Джанкуат со второй половины XIX в. // МГИ. 1980 (1981). Вып. 40. С. 73–82.
10. *Залиханов М.Ч., Коломыц Э.Г., Панов В.А., Докукин М.Д.* Прогноз изменений климата, высокогорных ландшафтов и оледенения Большого Кавказа на ближайшие десятилетия / Тезисы докладов. Восьмой всесоюзный гляциологический симпозиум «Льды и климат: реконструкция и прогноз». М.: 1984. С. 80–81.
11. *Золотарев Е.А., Сейнова И.Б.* Изменение ледников бассейна р.Баксан в последние столетия // МГИ. 1985. Вып. 53. С. 192–196.
12. *Золотарев Е.А.* О конечной «морене 30-х годов» и размерах ледника Джанкуат // МГИ. 1999. Вып. 87. С. 177–183.
13. *Кондратьев К.Я.* Глобальный климат и его изменения. Л.: Наука, 1987. 232 с.
14. *Кононова Н.К.* Исследования многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии // МГИ. 2003. Вып. 95. С. 45–65.
15. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
16. *Котляков В.М., Осипова Г.Б., Поповнин В.В., Цветков Д.Г.* Последние публикации Всемирной службы мониторинга ледников: традиции и прогресс // МГИ. 1997. Вып. 82. с. 125-136.
17. *Ледник Джанкуат (Центральный Кавказ)* / ред. И.Я.Боярского. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 184 с.
18. *Мацковский В.В., Кононова Н.К.* Цифровое картирование изменения схем циркуляции атмосферы при анализе повторяемости опасных природных процессов // Сергеевские чтения, вып. 11. Моделирование при решении геоэкологических задач. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2009 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 70-74.
19. *Миланкович М.* Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.–Л.: ГОНТИ, 1939. 208 с.
20. *Монин А.С.* Введение в теорию климата. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 246 с.
21. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* История климата. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 408 с.
22. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* Климат как проблема физики // Успехи физ. наук. 2000. Т. 170. № 4. С. 419–445.
23. *Орешникова Е.И.* Ледники эльбрусского района по исследованиям 1932–1933 гг. Тр. Ледниковых экспедиций, Вып. 3. Кавказ, М.: 1936. С. 239–297.
24. *Панов В.Д.* Эволюция современного оледенения Кавказа. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 432 с.
25. *Поповнин В.В., Петраков Д.А.* Ледник Джанкуат за минувшие 34 года (1967/68 – 2000/2001) // МГИ. 2005. Вып. 98. С. 167–174.
26. *Смольский И.И., Кротов О.И.* Новый алгоритм расчета инсоляции Земли / Институт криосферы Земли СО РАН. Тюмень, 2013. Деп. ВИНТИ, 08.04.2013 № 103-В2013. 38 с.

27. Турманина В.И. Исследование эволюции ледника Джанкуат фотоиндикационными методами // МГИ. 1971. Вып. 18. С. 106–109.
28. Федоров В. М. Макроциркуляционная модель реконструкции динамики баланса массы ледников Норвегии в XX столетии // МГИ. 2006. № 100. С. 73–79.
29. Федоров В. М. Макроциркуляционная модель реконструкции и прогноза динамики баланса массы субарктических ледников // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2007, № 3. С. 18–26.
30. Федоров В. М. Реконструкция динамики баланса массы ледника Джанкуат в XX столетии на основе макроциркуляционной модели // МГИ. 2009. № 105. С. 106–110.
31. Федоров В.М. Динамика баланса массы ледников в связи с макроциркуляционными процессами в атмосфере. М.: Изд. Физматлит, 2011. 368 с.
32. Федоров В.М. Широтная изменчивость приходящей солнечной радиации в различных временных циклах // Доклады РАН, 2015 а. Т. 460. № 3. С. 339–342.
33. Федоров В. М. Изменение ледовых ресурсов отдельных ледниковых районов северного полушария в XX в // Водные ресурсы, 2015 б. Т. 42. № 1. С. 3–12.
34. Федоров В.М. Инсоляция Земли и современные изменения климата. М. Физматлит, 2018. 232 с.
35. Федоров В.М., Кононова Н.К. Солнечная радиация, приходящая на верхнюю границу атмосферы, и изменчивость циркуляционных процессов в Северном полушарии // Труды ГГО, 2014. Вып. 576. С. 183–200.
36. Цымбаленко Т.Т., Байдаков А.Н., Цымбаленко О.С., Гладилин А.В. Методы математической статистики в обработке экономической информации. М.: Финансы и статистика, 2007. 200 с.
37. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. Колебания солнечного облучения Земли, вызванные вековыми изменениями элементов земной орбиты // ДАН СССР, 1968. Т. 182. № 2. С. 291–293.
38. Шараф Ш.Г., Будникова Н.А. Вековые изменения орбиты Земли и астрономическая теория колебаний климата // Труды Института теоретической астрономии АН СССР, 1969. Вып. 14. С. 48–84.
39. Шулейкин В.В. Физика моря. М.: АН СССР, 1953. 989 с.
40. Berger A.L. Long-term variations of daily insolation and quaternary Climatic Changes. Journal of the atmospheric sciences. 1978a, V. 35. № 9. P. 2362–2367.
41. Berger A.L. Long-term variations of caloric insolation resulting from the Earth's orbital elements. Quaternary research. 1978b, V. 9. P. 139–167.
42. Berger A.L, Loutre M.F. Insolation values for the climate of the last 10 million years? Quatern. Sci. Rev. 1991, V. 10. P. 297–317.
43. Berger A., Loutre M.F., Yin Q. Total irradiation during any time interval of the year using elliptic integrals. Quaternary science reviews. 2010, V. 29. P. 1968–1982. Doi: 10.1016/j.quascirev.2010.05.07.
44. Bertrand C., Loutre M.F., Berger A. High frequency variations of the Earth's orbital parameters and climate change. Geophysical research letters. 2002 a, V. 29. № 18. P. 1893. Doi: 10.1029/2002GL015622.
45. Bertrand C., Van Ypersele J.B., Berger A. Are natural climate forcings able to counteract the projected antropogenic global. Climatic Change. 2002 б, V. 55. P. 413–427.
46. Borisenkov E.P., Tsvetkov A.V., Agaponov S.V. On some characteristics of insolation changes in the past and the future. Climatic Change. 1983, V. 5. Is. 3. P. 237–244.
47. Borisenkov E.P., Tsvetkov A.V., Eddy J.A. Combined effects of Earth orbit perturbations and solar activity on terrestrial insolation. Part I: Sample days and annual mean values. Journal of the atmospheric sciences. 1985, V. 42. № 9. P. 933–940.
48. Bretagnon P. Theorie du mouvement de l'ensemble des planetes. Solution VSOP82. Astronomy and Asrtrophysics. 1982, V. 114. P. 278–288.

49. *Brouwer D., Van Woerkom A.J.J.* The secular variation of the orbital elements of the principal planets. *Astronomical Papers.* 1950, V. 13. P. 81–107.
50. *Giorgini J.D., Yeomans D.K., Chamberlin A.B., Chodas P.W., Jacobson R.A., Keesey M.S., Lieske J.H., Ostro S.J., Standish E.M., Wimberly R.N.* JPL's On-Line Solar System Data Service. *Bulletin of the American Astronomical Society.* 1996, V. 28(3). P. 1158.
51. <http://www.atmospheric-circulation.ru> Электронный ресурс «Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI вв.».
52. <http://ssd.jpl.nasa.gov> – NASA, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology (JPL Solar System Dynamics).
53. http://www.wmo.int/pages/index_ru.html. – Электронный ресурс Всемирной метеорологической организации.
54. <http://www.solar-climate.com> – Электронный ресурс «Солнечная радиация и климат Земли. 2016».
55. *Kopp G., Lean J.* A new lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. *Geophysical Research Letters.* 2011, V. 37. L01706. Doi: 10.1029/2010GL045777.
56. *Loutre M.F., Berger A., Bretagnon E., Blanc P.L.* Astronomical frequencies for climate research at the decadal to century time scale. *Climate dynamics.* 1992, V. 7. P. 181–194.
57. *Standish E.M.* Orientation of the JPL Ephemerides, DE200/LE200, to the Dynamical Equinox of J2000. *Astronomy and Astrophysics.* 1982, V. 114. P. 297-302.
58. *Vernecar A.D.* Long-period global variations of incoming solar radiation, (Meteorological monographs). Published by American Meteorological Society. Boston, 1972. V. 12, № 34. P. 121.

THE ANALYSIS OF CHANGES IN GLACIATION OF THE CENTRAL CAUCASUS

Fedorov V. M., Zalikhanov A. M.

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation,
e-mail: fedorov.msu@mail.ru*

We calculated values of coming to the upper limit of the atmosphere solar radiation on the initial data of astronomical ephemerides. Were compared the values of the total mass balance of the Dzhankuat glacier with the calculated values of incoming to the upper limit of the atmosphere solar radiation for the year in the Northern hemisphere. Also the total mass balance is compared with the difference between incoming solar radiation in the Equatorial and polar region of the Northern hemisphere. Based on the calculated values of incoming solar radiation we calculated the total mass balance for the Dzhankuat glacier by the obtained regression equations for the period from 1850 to 2050.

Comparison based on the correlation analysis showed that the decline in the ice mass of the Dzhankuat glacier is determined by the amplification effect of inter-latitude heat transfer. First, it confirmed the close negative correlation of the total mass balance and the difference between incoming to the Equatorial and polar region solar radiation in the Northern hemisphere. Secondly, there is a high negative correlation between the total mass balance and change in the duration of the longitudinal southern circulation.

It is determined that the declining trend of the total mass balance of the Dzhankuat glacier is closely related to the accumulated incoming solar radiation. It is proof of the enhanced greenhouse effect in the atmosphere due to the accumulation of solar radiation heat. Consequently, the trend of Dzhankuat glacier mass on long time intervals (tens – the first hundred years) is determined mainly by the radiation factor. For shorter time periods (years - a few tens of years) long-term trend is experiencing a significant effect of the circulation factor.

Key words: mountain glaciers, the Caucasus, solar radiation, circulation processes, total mass balance, correlation, regression equation, trends.

Поступила в редакцию 14.09.2018 г.

УДК 911.2:551.58

ПРОЯВЛЕНИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА В ПРЕДЕЛАХ КАРАДАГСКОЙ ГОРНОЙ ГРУППЫ

Зуев А.В.¹, Глибин Ю.В.², Гасников С.В.², Фролова Т.А.²

¹ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН»
г. Феодосия, пгт Курортное, Российская Федерация

²Карадагская научно-исследовательская геофизическая обсерватория ФГБУ «Крымское
УГМС», г. Феодосия, пгт. Курортное, Российская Федерация, e-mail: meteo.knigo@gmail.com

В работе представлены результаты многолетних исследований местного климата локального пространства в пределах Карадагской горной группы, расположенной в Юго-Восточном Крыму и выявлены тенденции его изменения. Рассмотрены особенности проявления континентальности климата на мезоуровне, и факторов, обуславливающих различие климатических условий. На основании анализа климатических величин последних лет проведено уточнение характеристик современного климата исследуемой территории.

Ключевые слова: климат, мезоклимат, континентальность климата, температура, осадки, Карадагский заповедник

Введение

В климатологии климат дифференцируется на макроклимат, местный климат и микроклимат. Макроклимат определяется климатообразующими факторами крупного масштаба: общециркуляционными процессами, географической широтой местности, удаленностью от океанов и морей, макрорельефом. Макроклимат отображает климат пространства в сотни и тысячи километров. Мезоклимат (местный климат – климат определенного географического урочища) формируется под влиянием мезорельефа, лесных массивов и водоемов. Типичный горизонтальный масштаб проявления местного климата составляет 0,5–3,0 км. Мезоклиматическое пространство складывается из микроклиматических фрагментов. Микроклимат (климат фации) обусловлен неоднородностью строения подстилающей поверхности, и зависит от микрорельефа, почвенного и растительного покрова. Обычно микроклиматические различия распространяются по горизонтали на 10–100 м.

Континентальность климата – совокупность свойств климата, определяемых влиянием суши на атмосферу и климатообразующие процессы. Основными метеорологическими показателями степени континентальности климата являются: амплитуда температуры воздуха, количество и режим выпадения осадков, влажность воздуха, облачность, которые зависят от близости морей и океанов, характера подстилающей поверхности и общей циркуляции атмосферы. Гидрометеорологическая сеть станций в основном фиксирует параметры метеорологических процессов, происходящих на мезоуровне, что удобно при изучении местного климата.

Карадагский ландшафтно-экологический стационар (КЛЭС) располагается в юго-западной части Карадагского заповедника, на юго-восточном склоне хребта Беш-Таш. Горы, частично поросшие лесной растительностью, воздействуют на скорость и направление воздушных потоков, термический режим и влажность воздуха и как следствие на количество атмосферных осадков. Климат стационара, находящегося на высоте 140 м н.у.м. и удаленного от Черного моря на 1,85 км, несколько более суровый, чем на Карадагской научно-исследовательской геофизической обсерватории (КНИГО), расположенной на берегу моря (42 м н.у.м), который ранее характеризовали как переходный от субсредиземноморского, характерного для ЮБК к умеренно континентальному умеренно жаркому сухому, свойственному степной части крымского полуострова (Природа Карадага, 1989).

Цель исследования – путем анализа многолетних (длинных) рядов данных метеорологических наблюдений, проводимых на КЛЭС и КНИГО выявить параметры, наиболее полно отображающие мезоклиматические отличия мест расположения станций, что позволит:

- расширить понимание особенностей проявления континентальности климата на мезоуровне;
- установить иерархическую значимость факторов, обуславливающих различие (изменение) климатических условий;
- уточнить характеристики климата станций последних лет.

Материалы и методы

В основу работы положены стандартные метеорологические наблюдения за температурным и водным режимами проводимые на КЛЭС и КНИГО за период 2000–2017 гг. Метеорологические показатели вычислялись путем элементарного осреднения данных. Климатические показатели рассчитывались по формулам:

- индекс континентальности по Н. Н. Иванову (1953) $K = (A/0,33\varphi) 100\%$, от 25 до 300, где K – индекс континентальности, A – годовая амплитуда температуры воздуха, °С, φ – географическая широта

- индекс годового распределения осадков $I_{гх} = (O_{тп} - O_{хп})/O_{год}$, где $O_{тп}$, $O_{хп}$ и $O_{год}$ суммы осадков за теплое и холодное полугодия и за год (Сергин, Яйли, Цай, Потехина, 2001).

Многолетние метеорологические данные, находящего на широте Крыма, города Венеция взяты из официального сайта – <http://www.pogodaiklimat.ru/>.

Результаты и обсуждение

В течение всего года средние многолетние величины средней суточной, средней минимальной и средней максимальной температуры воздуха на стационаре ниже, чем на обсерватории (табл. 1).

Таблица 1.
Среднемесячные значения температуры воздуха на КЛЭС и КНИГО 2000–2017 гг.

Месяц	Минимальная			Максимальная			Среднесуточная			Макс. – Мин.		
	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница
1	-1,1	-0,1	-1,0	4,8	5,8	-1,1	1,9	2,8	-1,0	5,8	5,9	-0,1
2	-0,9	0,1	-1,0	5,4	6,2	-0,8	2,1	3,0	-0,8	6,2	6,0	0,2
3	1,9	3,0	-1,1	9,2	9,7	-0,5	5,4	6,2	-0,7	7,2	6,7	0,5
4	6,3	7,4	-1,1	14,6	14,6	0,0	10,4	10,9	-0,5	8,3	7,3	1,1
5	11,5	12,9	-1,4	20,6	20,8	-0,2	16,2	16,7	-0,5	9,1	7,9	1,2
6	16,0	17,7	-1,7	25,3	25,7	-0,4	20,8	21,5	-0,7	9,3	8,0	1,3
7	19,3	20,9	-1,6	28,9	29,3	-0,4	24,2	24,9	-0,7	9,6	8,4	1,2
8	19,8	21,4	-1,6	29,5	29,9	-0,4	24,5	25,4	-0,9	9,7	8,5	1,3
9	14,7	16,3	-1,6	23,7	24,3	-0,5	19,0	20,1	-1,1	9,0	8,0	1,0
10	9,3	10,4	-1,1	16,7	17,5	-0,8	12,7	13,8	-1,1	7,4	7,1	0,3
11	5,0	6,0	-1,1	11,6	12,5	-0,9	8,1	9,1	-1,0	6,6	6,5	0,1
12	0,9	2,0	-1,1	6,8	8,0	-1,2	3,8	4,9	-1,1	5,9	5,9	0,0
Ср.	8,6	9,8	-1,2	16,4	17,0	-0,6	12,4	13,3	-0,8	7,9	7,2	0,7
Годовая амплитуда	Средняя из фактических ежегодных									24,8	24,6	0,2
	Средняя по средним многолетним среднемесячным температурам (август – январь)									22,6	22,6	0,0

За 2000–2017 годы средняя годовая температура воздуха на КЛЭС оказалась ниже, чем на КНИГО на 0,8°C. Чаще всего наибольшее различие температуры на станциях бывает в сентябре, октябре и декабре, наименьшее в апреле и мае. Как правило, наибольшее различие среднемесячных суточных минимальных значений на станциях оказывалось в июне. В большинстве лет среднемесячные суточные максимумы более всего отличались в январе и декабре, а совпадали в апреле. Средняя многолетняя годовая амплитуда температуры воздуха (разность средних месячных температур самого теплого и самого холодного месяца) на станциях совпадают и равны 22,6°C. Вычисленная из фактических ежегодных среднемесячных величин самого теплого и самого холодного месяца (которые иногда приходились не только на август и январь, но и на другие летние и зимние месяцы), она больше на Карадагском стационаре, нежели на обсерватории всего на 0,2°C и составляет 24,8 и 24,6°C соответственно. В тоже время, в среднем за год амплитуда колебания температуры воздуха, по среднемесячным величинам суточных абсолютных температурных значений, на КЛЭС больше, чем на КНИГО на 0,7°C. Наибольшее различие величин амплитуды колебания температуры прослеживается в июне. В декабре она совпадает.

Обычно в течение года, абсолютные минимальные значения температуры воздуха на КЛЭС, бывают ниже, чем на КНИГО (табл. 2). Наибольшая разница месячного минимума температуры воздуха на станциях бывает с мая по август. Абсолютные максимальные значения температуры воздуха отличаются меньше, а в ноябре совпадают. С февраля по май, и в августе они на стационаре поднимаются выше, чем на обсерватории. Во все другие месяцы, максимальная температура в воздухе на КЛЭС, напротив, бывает ниже. В большей части лет максимальные экстремальные значения, наиболее отличались в феврале и марте. В среднем за год амплитуда температуры воздуха, вычисленная по абсолютным месячным максимуму и минимуму, на КЛЭС бывает больше, чем на КНИГО на 1,4°C. Как правило, наибольшее, различие величин амплитуды колебания температуры воздуха наблюдается в марте. Только зимой абсолютные минимумы температуры поверхности почвы на стационаре бывают выше, чем на КНИГО. В остальные месяцы года поверхность почвы на стационаре охлаждается сильнее, чем на обсерватории. С апреля по сентябрь почва на стационаре нагревается сильнее, чем на КНИГО, особенно в жаркий период. В остальное время года абсолютные максимальные значения температуры поверхности почвы на КЛЭС обычно были ниже обсерваторских. В холодное и прохладное время года, средняя многолетняя величина амплитуды колебания температуры поверхности почвы, на стационаре оказалась меньше чем на КНИГО. В теплую и жаркую пору она на КЛЭС, напротив, была больше.

В среднем за 2000–2017 года на КЛЭС выпадало на 15,9% больше осадков, чем на КНИГО (табл. 3). При этом с января по март и с октября по декабрь разница поступлений составляла 19,2%. А с апреля по сентябрь она равнялась всего 12,3%. Обычно наибольшая разница в количестве осадков на стационаре и обсерватории бывает в феврале, а наименьшая в апреле и августе.

Понижение на КЛЭС относительно КНИГО среднесуточной и среднегодовой (на 0,8°C) температуры воздуха обусловлено не только высотой, но и удалённостью от морского побережья. Крайне редко, в отдельные годы (в 2005 и 2012), в апреле температура воздуха на КЛЭС была выше на 0,1°C, чем на КНИГО. Это связано с конкретными тогдашними погодными условиями, так как влияние рельефа и моря на температуру на прямую зависит от облачности, направления и скорости ветра. Так как годовая амплитуда температуры воздуха (август – январь равны 22,6°C) на станциях совпадает, то и показатели континентальности климата – индексы континентальности, для определения которых в формулах разных климатологов, анализируемыми элементами являются годовая амплитуда температуры воздуха и географическая широта пункта, тоже одинаковы (например, рассчитанный по Н. Н. Иванову составляет 152 единицы).

Таблица 2.

Средняя многолетняя величина экстремальных значений температурного режима 2000–2017гг.

Месяц	В психрометрической будке						На поверхности почвы						Макс. - Мин. (воздуха)			Макс. - Мин. (почвы)		
	Минимальная			Максимальная			Минимальная			Максимальная			КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница
	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница						
1	-10,9	-9,9	-1,0	12,3	12,8	-0,5	-9,6	-10,8	1,2	15,6	18,6	-3,0	23,3	22,7	0,5	25,2	29,4	-4,2
2	-9,4	-8,2	-1,1	13,8	13,0	0,8	-8,4	-9,8	1,3	20,7	23,7	-2,9	23,2	21,2	1,9	29,2	33,4	-4,3
3	-3,8	-2,4	-1,3	16,9	16,1	0,8	-5,8	-5,7	-0,1	33,2	34,1	-1,0	20,7	18,6	2,1	38,9	39,8	-0,9
4	0,4	1,9	-1,4	22,1	21,8	0,3	-2,1	-1,3	-0,8	45,7	45,3	0,5	21,7	19,9	1,8	47,8	46,5	1,3
5	6,3	7,9	-1,6	27,2	27,1	0,1	4,0	5,1	-1,1	56,0	52,1	3,9	20,9	19,2	1,7	52,0	47,0	5,0
6	10,9	12,7	-1,8	31,1	31,3	-0,2	9,5	10,4	-0,9	60,7	56,6	4,0	20,2	18,6	1,6	51,2	46,2	4,9
7	14,6	16,5	-1,9	34,3	34,7	-0,4	13,1	14,3	-1,3	63,0	59,3	3,7	19,7	18,1	1,5	49,9	45,0	4,9
8	14,5	16,4	-1,9	34,9	34,8	0,1	12,5	13,4	-0,9	62,0	58,0	4,0	20,4	18,4	2,0	49,5	44,6	5,0
9	9,4	10,6	-1,2	29,3	29,5	-0,2	7,0	8,1	-1,1	52,4	50,4	2,0	19,9	18,8	1,1	45,5	42,4	3,1
10	2,5	3,5	-1,1	23,9	24,0	-0,1	0,5	0,9	-0,5	39,0	41,2	-2,3	21,5	20,4	1,0	38,5	40,3	-1,8
11	-1,6	-0,6	-0,9	18,9	18,9	0,0	-3,2	-2,9	-0,4	24,5	27,4	-2,9	20,5	19,5	1,0	27,7	30,2	-2,5
12	-7,0	-6,0	-1,0	14,5	14,7	-0,2	-7,7	-7,8	0,1	17,6	20,1	-2,6	21,4	20,6	0,8	25,3	27,9	-2,6
Ср. год.	2,2	3,5	-1,4	23,3	23,2	0,1	0,8	1,2	-0,4	40,9	40,6	0,3	21,1	19,7	1,4	40,1	39,4	0,7

Таблица 3.

Поступление осадков 2000–2017гг.

Месяц	Среднее			Минимальное			Максимальное		
	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница	КЛЭС	КНИГО	Разница
1	42,5	34,1	8,4	13,1	9,3	3,8	106,4	92,2	14,2
2	38,5	28,7	9,8	3,8	2,4	1,4	94,5	64,5	30,0
3	40,7	34,0	6,7	5,5	5,0	0,5	113,8	77,7	36,1
4	26,2	22,6	3,5	0,0	0,5	-0,5	59,8	51,5	8,3
5	32,9	28,8	4,1	2,2	1,9	0,3	122,1	98,6	23,5
6	62,5	55,0	7,5	2,7	4,0	-1,3	212,3	181,6	30,7
7	28,6	25,3	3,3	0,0	2,3	-2,3	80,7	69,6	11,1
8	40,0	37,2	2,7	0,0	0,0	0,0	173,1	141,3	31,8
9	39,4	32,4	7,0	1,5	2,0	-0,5	134,1	126,2	7,9
10	46,3	36,9	9,4	5,6	6,2	-0,6	133,1	101,3	31,8
11	47,4	39,6	7,8	1,1	2,2	-1,1	137,4	115,2	22,2
12	38,6	31,9	6,7	3,8	3,4	0,4	115,5	101,1	14,4
Год	483,4	406,6	76,8	308,3	292,4	15,9	714,5	527,7	186,8
4–9	229,5	201,3	28,1	139,3	122,8	16,5	428,7	343,2	85,5
1–3, 10–12	253,9	205,2	48,7	153,3	123,9	29,4	465,9	341,1	124,8
Игхо	-0,051	-0,010	-0,041	-0,449	-0,430	-0,019	0,386	0,382	0,004

Чуть заметнее различие в индексах континентальности полученное по средним фактическим годовым амплитудам температурам воздуха (24,8 и 24,6°C). По формуле Н.Н. Иванова индекс континентальности в этом случае равен 167 на стационаре, 166 на обсерватории. Следовательно, классические подходы для оценки различия степени континентальности климатов принятые к большим пространствам, для более мелких, близко расположенных территорий (в природно-территориальных комплексах на уровне урочищ) являются малопригодными. Более ощутимо на КЛЭС изменение температурного режима в сторону континентальности, проявляется в увеличении среднесуточной амплитуды температуры воздуха и почвы. Непосредственная близость к обсерватории моря оказывает уменьшающее воздействие на суточную амплитуду температуры. Но при этом, как правило, на КНИГО и дневные и ночные температуры воздуха выше, чем на КЛЭС. Суточные температурные максимумы разнятся заметно меньше крайних минимальных значений, что и приводит на стационаре к увеличению амплитуды температуры. Минимальная, в 0,5°C, разница среднесуточной температуры воздуха на КЛЭС и КНИГО в апреле – мае обусловлена тем, что на нее на обсерватории понижающим образом воздействует все еще прохладное море, тогда как к этому времени на стационаре и воздух, и подстилающая поверхность оказываются уже достаточно прогретыми. Нагляднее охлаждающее влияние моря проявляется при сравнении средних среднемесячных максимальных температур, которые на станциях меньше отличаются в теплое время года, а в апреле совпадают. С мая по сентябрь, средние минимальные значения температуры воздуха, на станциях разнятся сильнее, чем в другие месяцы года, что в значительной мере является отображением ночной бризовой циркуляции. Максимальное воздействие бризовой циркуляции на температуру воздуха и днем и ночью происходит вблизи границ моря с сушей. Морской (дневной) бриз может, при благоприятной фоновой синоптической обстановки, понижать дневную температуру воздуха вблизи побережья до 3,5°C, а на удалении 2 км от моря всего на 0,2°C (Дроздов, Васильев, Кобышева и др, 1989). При береговом (ночном) бризе теплый воздух способен повышать температуру воздуха на расстоянии 2 км от побережья до 1°C, а на берегу моря она увеличивается до 5°C. Поэтому, с учетом высотного температурного градиента, летом на КЛЭС и КНИГО средние максимальные значения температуры воздуха сближаются, разница же средних минимальных значений напротив увеличивается. На температуру воздуха на

КЛЭС в теплое время года понижающим образом воздействует еще и лесная растительность. Ночью кроны деревьев сильно охлаждаются излучением, при этом холодный воздух устремляется вниз на прилегающие к пушистодубовому лесу степные сообщества, на одном из которых, в нижней части водосбора, на относительно ровной поверхности, в 15 м от тальвега балки расположена метеорологическая площадка стационара.

Различие на станциях средних многолетних экстремальных месячных минимальных величин температуры воздуха близко к разнице средних суточных минимальных значений и вызвано теми же факторами (высотным градиентом, бризовой и склоновой циркуляциями). Абсолютные (экстремальные) максимальные значения температуры воздуха, в разные годы, в разные месяцы на стационаре бывали и выше, и ниже, чем на обсерватории. Их средние многолетние значения, отображают только данность о более высоких на КЛЭС в большинстве лет экстремальных максимальных температурах воздуха, наблюдаемых в феврале и марте, что вероятно также связано с более сильным влиянием все еще в эти месяцы прохладного моря на температурный режим находящийся на его берегу КНИГО.

Разница в средних многолетних месячных абсолютных значениях температуры поверхности почвы, показывает на станциях в основном динамику мезо и микроклиматических отличий. Крайние минимальные зимнее месячные значения температуры поверхности почвы на стационаре бывают выше, чем на обсерватории из-за наличия на первом снежного покрова, который на КНИГО обычно сдувает ветер. С апрель по сентябрь наиболее заметное влияние рельефа на температурный режим обнаруживается в ясную, жаркую и безветренную погоду. В это время на окружённой хребтами метеорологической площадке стационара, за счет ослабления вертикального обмена, максимальная температура поверхности почвы бывает на 5 и более градусов выше, чем на обсерватории, что и приводит к увеличению амплитуды (на КЛЭС),

В местах расположения станций преобладает зимний режим увлажнения, т. е. количество осадков, выпадающих за холодное полугодие больше чем за теплое, что согласно классификации Б.П. Алисова (Алисов, Берлин, Михель, 1954) характерно для средиземноморских субтропиков (субтропических климатов западных берегов). Причем индекс годового распределения осадков на КЛЭС более чем на КНИГО соответствует средиземноморскому климату.

Сопоставляя температурные показания первой (2000–2008 гг.) и второй (2009–2017 гг.) половины рассматриваемого периода наблюдений можно утверждать, что в настоящее время, в районе расположения станций, не происходит уменьшение континентальности климата. Хотя среднесуточная температура воздуха на КЛЭС и КНИГО повысилась на 0,7°C (максимальный рост температуры – на 1,8°C произошёл в июне, в октябре оказалось прохладней на 0,5°C) но при этом, годовая амплитуда колебания температуры воздуха стала больше на 0,3 и 0,2°C, а амплитуда колебания температуры воздуха, по среднемесячным величинам суточных абсолютных температурных значений в среднем за год увеличилась на 0,1 и 0,2°C. Похожая тенденция наблюдается и с режимом увлажнения. Годовое количество осадков уменьшилось: на КЛЭС с 493,5 до 475,3 мм, на КНИГО с 425,8 до 389,1 мм. При этом наблюдалось существенное внутригодовое их перераспределение. Осадков стало больше в зимние месяцы, с мая по июль и в октябре. Во все другие месяцы года атмосферной влаги стало меньше. Индекс годового распределения осадков изменился: на КЛЭС с -0,07° до -0,035, на КНИГО с -0,031 до 0,009 единиц. Это связано, прежде всего, с увеличением объема летних ливневых осадков, причем не за счет увеличения количества дождливых дней, которых напротив с апреля по сентябрь (теплое полугодие) сократилось с 36 до 32, а за счет увеличения поступлений влаги за дождь. В тоже время, количество дней с осадками за холодное полугодие возросло с 52 до 55.

Возможно, при оценки степени континентальности климата территорий, надо исходить не только из количественного показателя осадков (суммы осадков), но и принимать к рассмотрению число дней, в которые происходит поступление атмосферой влаги.

КЛЭС и КНИГО располагаются в зоне с климатом близким к средиземноморскому, но несколько более континентальному, о чем свидетельствуют средние и в особенности абсолютные минимумы температуры воздуха (<http://www.pogodaiklimat.ru/>) (табл. 4). При этом, даже на КЛЭС, средняя среднесуточная температура самого холодного месяца года – января, ниже установленного для субтропиков минимального порога в 2,0°C всего на 0,1°C (Блютген, 1973). А сумма среднесуточных температур воздуха более 10,0°C (сумма активных температур – САТ), составляет 3944,2⁰С, что ненамного меньше принятого для субтропического климата минимального значения – 4000°C. На основании этих температурных метеорологических величин можно обозначить современный климат КЛЭС и КНИГО как частично субтропический. А если использовать классификацию климатов Кёппена с поправкой Треварта, то по температурным критериям: среднемесячные температуры больше 9°C в 8–12 месяцах, можно отнести климат КНИГО и с некоторой натяжкой климат КЛЭС к субтропическому. Индекс годового распределения осадков (индекс годового хода осадков – Игхо) на стационаре равен минус 0,05, и более соответствует зоне субтропиков чем на обсерватории где он составляет минус 0,01. Впрочем, этот показатель не везде отображает субтропичность местности, характерный пример тому годовое распределение осадков в безусловно средиземноморском городе Венеция, где индекс годового распределения осадков равен 0,13.

Выводы

Анализ многолетних рядов данных за период 2000–2017 гг. позволил выделить приоритетные метеорологические (климатические) показатели (среднесуточная, среднемесячная и средняя за 12 месяцев года амплитуда температуры воздуха; среднемесячная и средняя за год амплитуда температуры воздуха, вычисленная по абсолютным месячным максимуму и минимуму; индекс годового распределения осадков), отображающие на станциях степень различия континентальности климата.

Основными факторами, обуславливающими различие климатических условий на станциях являются высотный градиент, бризовая и склоновая циркуляции.

Климат в районе расположения станций становится теплей, но не становится менее континентальным. Современный климат КЛЭС и КНИГО очень близок к субтропическому.

Список литературы

1. *Природа Карадага* / под ред.: А.Л. Морозова, А.А. Вронский. – Киев: Наукова думка, 1989. – 228 с.
2. *Иванов Н.Н.* Об определении величины континентальности климата // Изв. Всесоюзного Географического общества. – 1953. – Т. 85. – Вып. 4. – С. 455–457.
3. *Сергин С.Я., Яйли Е.А., Цай С.Н., Потехина И.А.* Климат и природопользование Краснодарского Причерноморья. – СПб.: изд. РГГМУ, 2001. – 188 с
4. *Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др.* Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
5. *Алисов Б.П., Берлин И.А., Михель В.М.* Курс климатологии, ч. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 320 с.
6. *Погода и климат.* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/>
7. *Блютген И.М.* География климатов. – М.: Прогресс, 1973. – Т. 2. – 402 с.

Таблица 4.

Многолетние (2000–2017 гг.) климатические показатели

Показатель	Станция	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Абсолютный максимум, °С	КЛЭС	15,4	23,9	21,1	29,7	30,2	34,7	37,2	38,9	34,5	28,4	22,4	18,0	38,9
	КНИГО	15,3	17,3	21,4	27,9	29,9	34,8	37,4	39,2	33,5	28,1	22,0	18,4	39,2
	Венеция	15,0	21,0	24,0	27,2	31,5	35,5	36,6	35,8	31,5	27,3	23,0	16,2	36,6
Средний максимум, °С	КЛЭС	4,8	5,4	9,2	14,6	20,6	25,3	28,9	29,5	23,7	16,7	11,6	6,8	16,4
	КНИГО	5,8	6,2	9,7	14,6	20,8	25,7	29,3	29,9	24,3	17,5	12,5	8,0	17,0
	Венеция	6,5	8,2	12,4	16,6	21,9	25,4	28,5	28,3	23,9	18,6	12,4	8,0	17,6
Средняя температура, °С	КЛЭС	1,9	2,1	5,4	10,4	16,2	20,8	24,2	24,5	19,0	12,7	8,1	3,8	12,4
	КНИГО	2,8	3,0	6,2	10,9	16,7	21,5	24,9	25,4	20,1	13,8	9,1	4,9	13,3
	Венеция	2,9	4,1	8,4	12,4	18,0	21,4	24,0	23,6	19,2	14,2	8,4	4,0	13,4
Средний минимум, °С	КЛЭС	-1,1	-0,9	1,9	6,3	11,5	16,0	19,3	19,8	14,7	9,3	5,0	0,9	8,6
	КНИГО	-0,1	0,1	3,0	7,4	12,9	17,7	20,9	21,4	16,3	10,4	6,0	2,0	9,8
	Венеция	0,2	0,7	4,7	8,9	13,8	17,1	19,1	18,5	14,9	10,6	5,3	1,3	9,6
Абсолютный минимум, °С	КЛЭС	-24,0	-18,5	-7,8	-5,4	2,9	7,1	11,3	11,0	7,0	-1,4	-7,7	-12,7	-24,0
	КНИГО	-22,2	-18,2	-6,0	-4,1	4,8	9,0	15,1	13,3	7,3	-0,9	-5,2	-11,5	-22,2
	Венеция	-12,0	-9,0	-3,3	-0,8	2,8	8,5	10,7	10,0	5,0	-1,1	-9,0	-10,0	-12,0
Осадки среднее, мм	КЛЭС	42,5	38,5	40,7	26,2	32,9	62,5	28,6	40,0	39,4	46,3	47,4	38,6	483,4
	КНИГО	34,1	28,7	34,0	22,6	28,8	55,0	25,3	37,2	32,4	36,9	39,6	31,9	406,6
	Венеция	33,0	35,0	41,0	76,0	63,0	82,0	58,0	60,0	67,0	77,0	64,0	63,0	719,0
Осадки абсолютный минимум, мм	КЛЭС	13,1	3,8	5,5	0,0	2,2	2,7	0,0	0,0	1,5	5,6	1,1	3,8	308,3
	КНИГО	9,3	2,4	5,0	0,5	1,9	4,0	2,3	0,0	2,0	6,2	2,2	3,4	292,4
	Венеция	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0	3,0	1,0	4,0	1,0	0,0	1,0	2,0	368,0
Осадки абсолютный максимум, мм	КЛЭС	106,4	94,5	113,8	59,8	122,1	212,3	80,7	173,1	134,1	133,1	137,4	115,5	714,5
	КНИГО	92,2	64,5	77,7	51,5	98,6	181,6	69,6	141,3	126,2	101,3	115,2	101,1	527,7
	Венеция	166	162	173	252	152	217,0	250,0	202,0	320,0	238,0	304,0	226,0	1218,0
Индекс годового распределения осадков	КЛЭС	осадки за теплое полугодие					229,5	осадки за холодное полугодие					253,9	-0,05
	КНИГО	осадки за теплое полугодие					201,3	осадки за холодное полугодие					205,2	-0,01
	Венеция	осадки за теплое полугодие					406,0	осадки за холодное полугодие					313,0	0,13

DISPLAY OF CONTINENTAL CLIMATE WITHIN THE KARADAG MOUNTAIN GROUP

Zuev A.V.¹, Glibin Y.V.², Gasnilov S.V.², Frolova T.A.²

¹*T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Kurortnoe, Feodosia, Russian Federation*

²*Karadag scientific research geophysical observatory, Kurortnoe, Feodosia, Russian Federation, e-mail: meteo.knigo@gmail.com*

The paper presents the results of long-term studies of the local climate in the region of the Karadag mountain group and identifies the trends of its change. The features of the display of the continentality of the climate at the mesolevel, and the factors that determine the difference in climatic conditions are considered. Based on the analysis of climatic values in recent years, the characteristics of the modern climate of the studied territory were refined.

Key words: climate, mesoclimat, continental climate, temperature, precipitation, Karadag nature reserve

Поступила в редакцию 14.09.2018 г.

ИСТОРИЧЕСКИЕ, АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ И
ИСКУССТВОВЕДЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 908. 520.1 + 520.6.07

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
«КРЫМСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ» В РАМКАХ ПРОЕКТА
«СПЕКТР-УФ»

Адамень Ф.Ф., Щербина А.Д.

*Управление Российской Академии Наук по взаимодействию с научными организациями
Республики Крым и города федерального значения Севастополя, пгт Никита, г. Ялта,
Российская Федерация,
e-mail: aas175740@yandex.ru, aas@iki.rssi.ru*

В статье на основе анализа репрезентативных источников освещены подготовительный этап и ключевые моменты научно-исследовательской работы ученых Научно-исследовательского института «Крымская астрофизическая обсерватория» в рамках международного проекта по созданию универсальной долговременной орбитальной астрофизической обсерватории на базе космического аппарата-модуля «Спектр». Указаны основные конструкторские решения и технические усовершенствования, позволяющие проводить экспериментальную работу в недоступном для наблюдений с земной поверхности ультрафиолетовом участке спектра. Освещена деятельность ученых обсерватории в различных отделах учреждения: в отделе физики Солнца, физики звезд и галактик выдвигались и обосновывались научные задачи, в отделе экспериментальной астрофизики проектировались приборы, в оптической и механической мастерских создавалась уникальная космическая аппаратура. Определен вклад сотрудников исследовательского учреждения в развитие космической науки на территории Крымского полуострова.

Ключевые слова: космические исследования, Крымская астрофизическая обсерватория, проект «Спектр–УФ», ультрафиолетовый диапазон спектра.

Введение

Проведение наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне спектра астрономы НИИ «КрАО» успешно осуществляют более 50 лет. За этот период ученые подтвердили высокую значимость исследований в ультрафиолетовом диапазоне, предоставляющих уникальные возможности для изучения межгалактической среды, для развития современной астрофизики. Опираясь на репрезентативные источники, можем утверждать, что ученые НИИ «КрАО» доказали необходимость диагностирования наблюдаемого вещества во Вселенной методами ультрафиолетовой спектроскопии.

В конце XX ст. возникла потребность в создании космической обсерватории, позволяющей проводить научно-исследовательскую работу в недоступном для наблюдений с земной поверхности ультрафиолетовом участке спектра. Данный вопрос требовал решения, поскольку программа научных наблюдений космического телескопа им. Хаббла (HST) была чрезвычайно перегружена заявками астрономов Соединенных Штатов Америки, а для представителей других стран выход на телескоп в значительной мере затруднен. К тому же срок активного существования HST на орбите определен до 2015–2017 гг. (Боярчук, Шустов, Моисеев, Сачков, 2012). Астрономы столкнулись с проблемой доступа к ультрафиолетовому диапазону, так как крупнейшие космические

агентства не предполагали проведение исследований в данном участке спектра после завершения работы на орбите HST. Именно по вышеперечисленным причинам проект «Спектр–УФ» (международное название «Всемирная космическая обсерватория – Ультрафиолет») получил поддержку со стороны международного сообщества и послужил основой для развития международной кооперации.

Результаты исследования

Проект «Спектр–УФ», который стартовал в 1988 г., направлен на создание универсальной долговременной орбитальной астрофизической обсерватории на базе космического аппарата-модуля «Спектр», разработанного в научно-производственном объединении им. С.А. Лавочкина, для работы в недоступном для наблюдений с земной поверхности ультрафиолетовом участке спектра. Космический модуль «Спектр» позволил с помощью ракеты-носителя вывести на орбиту до 300 тыс. км телескоп диаметром 1,7 м с общим весом научного оборудования до 2,5 тонн (Гершберг, Степанян, Стешенко, 2008). Данный проект универсален и в высокотехнологичный XXI в. аппарат предполагали максимально точно ориентировать и стабилизировать, что играло значительную роль в проведении астрофизических исследований. Выведение телескопа на высокоапоейную орбиту с периодом в 7 суток исключило вредное влияние радиационных поясов Земли на работу электронных систем и обеспечит длительный срок проведения эксперимента. Осуществление эксперимента на значительном удалении от Земли даст возможность проводить наблюдения с многочасовыми экспозициями, недоступными для крупнейшего космического телескопа HST. Среди разрабатываемых мировыми учеными на ближайшие десять лет космических приборов для ультрафиолетовой области длин волн «Спектр-УФ» стоит вне конкуренции как по количеству собираемого излучения телескопом, так и по широте задач, которые будут доступны для решения с помощью этой обсерватории.

Учеными НИИ «КрАО» в отделах физики Солнца, физики звезд и галактик выдвигались и обосновывались научные задачи, в отделе экспериментальной астрофизики проектировались приборы, а непосредственно в оптической и механической мастерских создавалась уникальная космическая аппаратура. В рамках международного проекта научно-исследовательское учреждение решало следующие задачи:

- расчет, участие в изготовлении, аттестации и сборке оптики телескопа Т–170М;
- разработка камеры поля, научное и технологическое обоснование эксперимента;
- экспертная оценка независимых предложений по этим вопросам других участников эксперимента;
- участие в сборке и испытаниях научного оборудования, наземных испытаниях всего комплекса;
- участие в составлении и проведении технологических испытаний аппарата на орбите и в составлении научной программы эксперимента (Гершберг, Степанян, Стешенко, 2008).

Основной прибор – телескоп Т–170М диаметром 1,7 м – предназначается для исследования астрономических объектов в ультрафиолетовом диапазоне спектра с длиной волны 912–3500 Å с борта космического аппарата «Спектр-УФ». К оптической технике прилагается сопутствующий комплекс научной аппаратуры, включающий спектрограф высокого, среднего и низкого разрешения, спектрограф с высокой щелью, спектрополяриметр и камеру поля. Изначально планировалось создание и использование телескопа Т–170. Однако после исключения из предварительной версии проекта «Спектр-УФ» Лаймановских спектрометров и их замены на Роуландовские

спектрографы, включающие два дополнительных канала с повышенным спектральным разрешением, схема телескопа Т-170 была пересмотрена и заменена схемой прибора Т-170М.

Телескоп Т-170М создается как универсальный прибор для регистрации ультрафиолетового излучения различных небесных тел. В основу его механической конструкции заложены технические решения, апробированные в эксперименте «Астрон». В качестве оптической схемы Т-170М ученые НИИ «КрАО» выбрали классическую двухзеркальную схему Ричи-Кретьена с диаметром главного зеркала 1,7 м и расстоянием между вершинами главного и вторичного зеркал 3,5 м (Гершберг, Зверева, Петров и др, 1995). При фокусном расстоянии оптической системы 17 м масштаб изображения в его фокальной плоскости составляет 82 угловых секунды на 1 миллиметр (Гершберг, Дидковский, Зверева, Стешенко, 2001). При изготовлении зеркал доводка оптических поверхностей проводилась реализованным в НИИ «КрАО» методом ионной обработки в вакууме. Применение такой технологии позволило получить высокую точность формы оптической поверхности со средним квадратическим отклонением от расчетной поверхности не более 100 Å, что на порядок меньше самой короткой рабочей длины волны в эксперименте. Главное вогнутое гиперболическое зеркало имеет толщину 10 см и форму равнотолщинного мениска. Такие характеристики позволяют осуществлять коррекцию формы зеркала на орбите, для чего в НИИ «КрАО» проводилась разработка специального технологического оснащения телескопа и математического обеспечения этого процесса. Центральная часть зеркала имеет отверстие около 660 мм. Оптическая система была тщательно продумана учеными НИИ «КрАО». Оба зеркала Т-170М снабжены блендами, которые вместе со специальной кососрезанной блендой, устанавливаемой в рабочем положении перед тубусом после выведения аппарата на орбиту, значительно ослабляют рассеянный солнечный, лунный и земной свет. Рабочие поверхности оптики телескопа покрыты алюминием и фтористым магнием, что обеспечивает эффективную работу оптической схемы вплоть до 900 Å.

Для корректной работы всей системы аппаратуры используется система наведения и стабилизации. Стабилизация всего космического аппарата осуществляется с точностью до 2 минут. В рамках эксперимента «Спектр-УФ» применена на практике автономная система гидирования. При уходе изображения исследуемого объекта с входной диафрагмы регистрирующей аппаратуры в небольших пределах – до 20 угловых секунд – эта система удерживает его в заданном месте фокальной плоскости с точностью 0,2 угловых секунды с помощью соответствующего поворота вторичного зеркала по двум осям вокруг так называемой нейтральной точки (Гершберг, Зверева, Петров и др, 1995). Такая система тонкого гидирования впервые в космическом эксперименте была реализована в эксперименте «Астрон». Согласно репрезентативным данным при работе автономной системы гидирования в указанном диапазоне качество изображения практически не ухудшалось.

Поскольку телескоп Т-170М предназначается для проведения орбитальных наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне спектра 912–3500 Å, то при его выводе на орбиту и при последующей его работе неизбежны изменения окружающих условий, а именно величины ускорения и температуры. Эти корреляции существенным образом воздействуют и на оптическую систему телескопа, вызывая деформацию главного зеркала. По этой причине Р.Е. Гершбергом, А.М. Зверевой, П.П. Петровым, В.И. Проник и Н.В. Стешенко был разработан блок контроля оптики и с его помощью периодически проводились соответствующие измерения для устранения возможных нарушений. Устройство должно отвечать требованиям компактности и надежности. Таковым удовлетворял блок контроля оптики в виде небольшой маски с отверстиями – диафрагмы Гартмана, помещенной в сходящемся пучке света вблизи фокуса телескопа.

Детектор света, расположенный по другую сторону от фокуса, регистрирует систему пятен, по которой и восстанавливается информация об искажениях волнового фронта (Боярчук, Стешенко, Тербиж, 2008). Важное достоинство такого технического решения состоит в отсутствии дополнительной оптики. Научными сотрудниками НИИ «КрАО» выполнены необходимые аналитические расчеты, выяснены характерные параметры блока контроля оптики и допуски, проведено компьютерное моделирование системы, разработано программное обеспечение для быстрого анализа данных. Использование блока контроля оптики позволит измерить остаточные аберрации, связанные с неполной юстировкой телескопа, и оценить все аберрации.

За несколько последних десятилетий отечественными учеными доказана универсальность проектируемого ультрафиолетового телескопа Т-170М. Она заключается в решении с помощью разработанной оптической системы разнообразных астрофизических задач: изучения точечных и протяженных объектов, получения прямых изображений таких объектов и их спектров. Зафиксированные детальные спектры ярких объектов дадут возможность исследовать химический состав и структуру звездных атмосфер, тогда как спектры с низким разрешением позволят оценить физические условия и характер движения в атмосферах более слабых звезд и в далеких звездных системах.

Для решения достаточно широкого круга задач используется целый комплекс аппаратуры, которая анализирует и регистрирует излучение, собранное оптической системой Т-170М. Такая аппаратура состоит из камеры поля для получения прямых изображений и двух комплексов спектральных приборов и расположена в инструментальном отсеке космического аппарата. Камера поля установлена на оси телескопа наземного комплекса эксперимента «Спектр-УФ», где извлекается наилучшее изображение. В схеме, разрабатываемой в НИИ «КрАО» и Институте астрономии РАН, предусматривается два режима: в одном строится прямое изображение области неба диаметром около 4 минут, даваемое телескопом Т-170М с указанным выше масштабом, во втором – с 10-кратным увеличением строится изображение отдельных, наиболее интересных объектов (Гершберг, Зверева, Петров и др, 1995). Камера поля снабжена набором светофильтров для регистрации изображений в избранных спектральных полосах. Получая прямые снимки на камере поля, исследователи получают возможности изучения космических объектов с непревзойденным угловым разрешением (Гершберг, Дидковский, Зверева, Стешенко, 2001).

В фокальной плоскости телескопа по обе стороны от его оси на расстояниях 5 см расположены входные щели спектральных приборов. Ультрафиолетовый спектр ярких объектов можно регистрировать в одном из двух спектрографов высокого разрешения: один из них работает в диапазоне длин волн от 1150 до 1800 А, другой – от 1800 до 3500 А (Гершберг, Зверева, Петров и др, 1995). Разработка и расчеты для спектрографов умеренного и низкого разрешения для ультрафиолетового диапазона в рамках проекта «Спектр-УФ» проводились в разные годы рядом ученых НИИ «КрАО»: В.Ю. Тербиж в 1992 г., Р.Е. Гершбергом, Д.Н. Рачковским, А.В. Тербиж в 1996 г. (Тербиж, 2006). Также работа по этому вопросу велась в Институте оптики и спектроскопии в Берлине. После критического рассмотрения предложенных схем была выбрана немецкая модель, в которой были учтены и предложения крымских разработчиков. Технические и математические исчисления сотрудников обсерватории носили разведочный характер. Данные репрезентативных источников позволяют утверждать, что исследователи доказали неприемлемость схемы Джонсона–Онака и перспективность использования дифракционных решеток с тороидальным профилем поверхности в схемах Пашена–Рунге и Роуланда. Научно-исследовательская работа на спектрографе высокого разрешения даст возможность получать сведения об

ультрафиолетовых спектрах ярких звезд, в которых содержатся основные спектральные линии тяжелых элементов. Вышеуказанные наблюдения важны для изучения особенностей строения, химического состава и эволюции звездного вещества во Вселенной. Группы астрофизиков, осуществляющие деятельность на территории Крымского полуострова, а также в Киеве, получают первоклассные данные для изучения химического состава звезд разных возрастов, масс и светимости. В результате работы на спектрографе низкого разрешения астрономы НИИ «КрАО» получают современные данные о многих типах нестационарных звезд, их физике и эволюции, о свойствах вещества в ядрах активных галактик, где действуют малоизученные процессы мощного энерговыделения.

В комплексе аппаратуры для проведения исследований в ультрафиолетовой области спектра используется ультрафиолетовый спектрополяриметр низкого разрешения. Данный прибор предназначен для установки в фокальной плоскости космического телескопа Т-170М. Он позволяет измерять линейную и круговую поляризацию излучения космических источников с экстремальными физическими условиями в диапазоне длин волн от 115 до 365 нм (Гершберг, Степанян, Шешенко, 2004). Механизмы излучения, характерные для этого диапазона, изучаются только с помощью внеатмосферных приборов. Программа поляриметрических наблюдений с космического аппарата включает исследования таких объектов: галактики с активными ядрами, источники гамма- и рентгеновского излучения, новые и сверхновые звезды, магнитные белые карлики, взаимодействующие двойные системы с сильными магнитными полями, звезды с околозвездными пылевыми оболочками. Сспектрополяриметрические наблюдения дадут ученым НИИ «КрАО» сведения о нетепловых процессах в активных галактиках, в различного рода плазменных космических телах и об отражающих свойствах тел Солнечной системы: планет, астероидов, комет. Проведение такого рода исследовательской работы даст возможность изучить пространственную структуру ультрафиолетовых источников, физические процессы в звездных атмосферах и межзвездной среде галактик, оценить напряженность и топологию магнитных полей, определить геометрические и физические параметры пылевых частиц в околозвездных оболочках и межзвездной среде. Использование рассчитанного спектрополяриметра для 1,7-метрового телескопа в эксперименте «Спектр-УФ» позволит проводить мониторинг исследуемых объектов с длительностью, на один-полтора порядка величины большей, чем на телескопе HST, что обеспечит значительный прогресс в изучении космических тел.

Астрофизическая обсерватория «Спектр-УФ» предполагает работу с круглосуточным графиком как в режиме непосредственной связи с Землей, так и в автономном режиме. В НИИ «КрАО» создается специализированный центр для получения и обработки научной информации. Для оперативной передачи данных из Центра дальней космической связи (г. Евпатория) в обсерваторию создается специальная радиорелейная линия. Обеспечивать связь между всеми научными приборами и служебными системами на борту космического аппарата, осуществлять предварительную обработку информации, записывать данные в память для их временного хранения и последующей передачи на Землю будет блок управления научных данных. По состоянию на первое десятилетие XXI ст. сотрудниками НИИ «КрАО» составлена научная программа исследований с помощью Т-170М: отобран ряд проблем физики звездных систем, межзвездной среды и тел Солнечной системы, а в ряде случаев – конкретные объекты наблюдения, которые следует провести в первую очередь. Также изготовлен первый экземпляр 1,7 м ситаллового зеркала, которое отправлено в Москву для проведения виброиспытаний зеркала в оправе. Помимо вышеперечисленного проведены все необходимые расчеты, связанные с изготовлением оптики Т-170М: расчеты оптики самого телескопа и всех дополнительных оптических

систем для технологического и аттестационного контроля; разработана методика обработки оптических поверхностей ионными пучками и начато создание специальной вакуумной установки для выполнения такой обработки оптики Т-170М.

В рамках подготовки международного эксперимента «Всемирная космическая обсерватория – Ультрафиолет» А.Е. Вольвачем проводится работа по составлению каталога звезд средних и малых масс с различными проявлениями активности солнечного типа. Это один из типов космических объектов, которые предполагают изучить астрономы НИИ «КрАО». Р.Е. Гершбергом, М.М. Кацовой, М.Н. Ловкой, А.В. Тербиж и Н.И. Шаховской в 1999 г. был составлен каталог таких звезд в виде электронного приложения к журнальной публикации, содержащий сведения о 462 объектах. В поисковой системе SIMBAD этот каталог получил обозначение GKL99 (Вольвач и др, 2012). По состоянию на 2013 г. сведения о звездах с активностью солнечного типа существенно возросли. Поэтому возникла необходимость в создании обновленного источника астрономических данных. Составленный в результате анализа многочисленных оригинальных и обзорных публикаций каталог звезд с проявлениями активности солнечного типа GTSh10 насчитывает 5535 объекта. Это число в 12 раз превосходит число объектов в GKL99.

Выводы

Многочисленные запланированные НИИ «КрАО» исследования в ультрафиолетовой области спектра позволят дополнить сведения об астрономических объектах, уточнить их физические и химические характеристики. За период многолетней работы научно-исследовательского учреждения в области космических исследований, а именно в проекте «Спектр-УФ», сформирован высококвалифицированный научно-технический коллектив и организована техническая база для проведения дальнейших работ в этом направлении. Именно теоретические сведения и практические навыки, накопленные при разработке, изготовлении и эксплуатации станции «Астрон», позволили приступить ученым НИИ «КрАО» к более крупному эксперименту – созданию астрофизической станции «Спектр-УФ» с орбитальным космическим телескопом Т-170М.

Список литературы

1. Боярчук А.А., Стешенко Н.В., Тербиж В.Ю. Оптическая система космического телескопа Т-170М // Известия Крымской астрофизической обсерватории. – 2008. – Т. 104. – № 1. – С. 229–239.
2. Боярчук А.А., Шустов Б.М., Мошечев А.А., Сачков М.Е. Проект «Спектр-УФ» // Вестник «НПО им. С. А. Лавочкина». – 2012. – № 4. – С. 64–73.
3. Вольвач А.Е., Гершберг Р.Е., Степанян Н.Н., Тербиж А.В., Шляпников А.А., Юровский Ю.Ф. Участие НИИ «КрАО» в международных космических экспериментах «Спектр». Служба Солнца «KRIM» как сегмент всемирной наземно-космической сети мониторинга солнечной активности // Космічні дослідження в Україні 2010–2012. – 2012. – С. 61–68.
4. Гершберг Р.Е., Степанян Н.Н., Стешенко Н.В. Космические исследования НИИ «КрАО» // Известия Крымской астрофизической обсерватории. – 2008. – Т. 104. – № 5. – С. 100–103.
5. Гершберг Р.Е., Зверева А.М., Петров П.П., Проник В.И., Стешенко Н.В. Проект космического эксперимента «Спектр-УФ» // Космічна наука і технологія. – 1995. – Т. 1. – № 1. – С. 47–55.

6. Гершберг Р.Е., Дидковский Л.В., Зверева А.М., Стешенко Н.В. 1,7-метровый космический телескоп для изучения ультрафиолетового излучения небесных тел – проект «Спектр-УФ» // Актуальные вопросы развития инновационной деятельности в государствах с переходной экономикой. – 2001. – С. 18–21.
7. Гершберг Р.Е. Степанян Н.Н., Стешенко Н.В. Астрофизические эксперименты // Космічні дослідження в Україні 2002–2004. – 2004. – С. 34–39.
8. Тербиж В. Ю. Роуландовский спектрограф в проекте космического телескопа «Спектр-УФ» // Известия Крымской астрофизической обсерватории. – 2006. – Т. 102. – С. 129–146.

**ACTIVITY OF SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE "CRIMEAN
ASTROPHYSICAL OBSERVATORY" WITHIN THE FRAMEWORK OF THE
PROJECT "SPECTR-UV"**

Adamen F.F., Shcherbina A.D.

*Administration of the Russian Academy of Sciences for Interaction with Scientific Organizations of the
Republic of Crimea and the City of Federal Significance in Sevastopol, Nikita, Yalta, Russian
Federation,*

e-mail: aas175740@yandex.ru, aas@iki.rssi.ru

The preparatory stage and the key moments of research work of scientists of the Research institute «Crimean Astrophysical Observatory» within the international project on creation of universal long-term orbital astrophysical observatory on the basis of the space device module "Range" are covered in article on the basis of the analysis of representative sources. The main design decisions and technical improvements allowing to carry out experimental work in an ultra-violet site of a range, inaccessible to supervision from a terrestrial surface, are specified. Activity of scientists of observatory in various departments of establishment is lit: scientific tasks moved forward and located in department of physics of the Sun, physics of stars and galaxies, in department of experimental astrophysics devices were designed, in optical and mechanical workshops the unique space equipment was created. The contribution of staff of research institution to development of space science in the territory of the Crimean peninsula is defined.

Key words: space research, Crimean Astrophysical Observatory, project "Spectr-UV", ultraviolet range of the spectrum.

Поступила в редакцию 11.03.2018 г.

ХРОНИКИ

ГУЛИН СЕРГЕЙ БОРИСОВИЧ
(01.03.1960 – 27.09.2018)



Коллектив ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН» с большим прискорбием узнал весть о скоропостижной кончине доктора биологических наук, профессора, директора ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН» Гулина Сергея Борисовича (01.03.1960 – 27.09.2018).

Сергей Борисович родился в г. Желтые Воды Днепропетровской области УССР. Окончив Симферопольский государственный университет, поступил на работу в Карадагское отделение Института биологии южных морей АН УССР. Будучи ещё студентом, он проходил здесь производственную практику в 1982–1983 годах, проводя серьёзные научные исследования по изучению интерстициальной экологической системы верхней сублиторали Карадагского госзаповедника. Полученные новые данные были опубликованы как депонированная рукопись редколлегией «Гидробиологического журнала» в 1986 г.

С 1989 г. Сергей Борисович работал в отделе радиационной и химической биологии Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского АН УССР» (ИнБЮМ). Он окончил аспирантуру ИнБЮМ, прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего отделом и директора института. В 1990 г. им была защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, 2002 г. – доктора биологических наук. В 2012 г. ему присвоено ученое звание профессор.

На основе уникальных научных данных, полученных в 40 морских научных

экспедициях на исследовательских судах 8 стран, в том числе 5 из дальнего зарубежья, им как ученым-радиобиологом был собран материал, опубликованный в 226 научных работах в ведущих международных научных изданиях, он автор 4 и соавтор 13 монографий, 6 из которых изданы за рубежом, автор 6 патентов на изобретения. Им осуществлен ряд совместных публикаций с учеными из США, Дании, Италии, Норвегии, Германии, Бельгии, Монако и Румынии.

Основные достижения Сергея Борисовича – это формирование новых научных дисциплин – радиационной экотоксикологии и ядерной геохронологии морских экосистем.

В 2015 г. Сергей Борисович был назначен исполняющим обязанности директора ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН» (ИМБИ РАН), в 2016 г. он был официально избран на должность директора ФГБУН «ИМБИ РАН». Он был членом редколлегий издаваемых институтом изданий, в том числе Трудов ФГБУН «Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН», руководил Ученым советом ФГБУН «ИМБИ РАН», был членом Ученого совета ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН», членом Совета по гидросфере Земли ФАНО России. Сергей Борисович неоднократно участвовал в экспертных миссиях МАГАТЭ на Ближнем Востоке.

Заветная мечта Сергея Борисовича – воссоединение Института и Карадагской научной станции, возвращение ИнБЮМу его исторического имени, осуществится коллективами учреждений, как дань памяти этого выдающегося человека.

Сотрудники ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН» скорбят в связи с неожиданной тяжёлой утратой и выражают искреннее соболезнования родным и близким Сергея Борисовича и сохранят светлую память о нём как об ученом и человеке.

Авторы посвящают памяти С.Б. Гулина подготовленную к печати учеными ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН» и ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН» коллективную монографию «Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма», рецензентом которой он является.

*Администрация и коллектив
ФГБУН «Карадагской научной
станции им. Т.И. Вяземского –
природного заповедника РАН*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Агафонов Александр Владиславович	кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН»; научный сотрудник лаборатории морских млекопитающих, ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, agafonov.57@mail.ru
Адамень Федор Федорович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель начальника Управления Российской Академии Наук по взаимодействию с научными организациями Республики Крым и города федерального значения Севастополя
Белич Татьяна Викторовна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник сектора экомониторинга и гидробиологических исследований отдела охраны природы, природный заповедник «Мыс Мартъян», ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», tbelich@yandex.ru
Бескаравайный Михаил Михайлович	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела изучения биоразнообразия и экологического мониторинга, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН», karavay54@mail.ru
Гасников Сергей Васильевич	метеоролог 1 категории отдела гидрометеорологических наблюдений, Карадагская научно-исследовательская геофизическая обсерватория ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», meteo.knigo@gmail.com
Глибин Юрий Викторович	директор Карадагской научно-исследовательской геофизической обсерватории, ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», meteo.knigo@gmail.com
Горбунов Роман Вячеславович	кандидат географических наук, временно исполняющий обязанности директора ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»; старший научный сотрудник лаборатории ландшафтной экологии, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН», gorbunov@imbr-ras.ru , karadag_station@mail.ru
Горбунова Татьяна Юрьевна	младший научный сотрудник лаборатории ландшафтной экологии, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН», gorbunovatyu@gmail.com
Залиханов Алим Михайлович	кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», bulungu@yandex.ru
Зуев Александр Васильевич	инженер II категории лаборатории ландшафтной экологии, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»
Котлов Иван Павлович	научный сотрудник лаборатории тропической экологии, ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, ikotlov@gmail.com
Кузнецов Андрей Николаевич	Согендиректор Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, forestkuz@mail.ru
Лебедев Ярослав Олегович	инженер лаборатории ландшафтной экологии, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН», ya.o.lebedev@yandex.ru
Логоминова Ирина Витальевна	младший научный сотрудник лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН», logominova@rambler.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Садогурская Светлана Александровна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник сектора экомониторинга и гидробиологических исследований отдела охраны природы, природный заповедник «Мыс Мартьян», ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», sadogurska@yandex.ru
Садогурский Сергей Ефимович	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник сектора экомониторинга и гидробиологических исследований отдела охраны природы, природный заповедник «Мыс Мартьян», ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», ssadogurskij@yandex.ru
Федоров Валерий Михайлович	кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», fedorov.msu@mail.ru
Фролова Татьяна Анатольевна	начальник отдела гидрометеорологических наблюдений, Карадагская научно-исследовательская геофизическая обсерватория ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». meteo.knigo@gmail.com
Хой Нгуен Данг	директор Института тропической экологии Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра
Щербина Андрей Дмитриевич	заместитель начальника Управления Российской Академии Наук по взаимодействию с научными организациями Республики Крым и города федерального значения Севастополя, aas175740@yandex.ru

Ассоциация по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных
«ЖИВАЯ ПРИРОДА СТЕПИ»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«КАРАДАГСКАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ им. Т.И.ВЯЗЕМСКОГО –
ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК РАН»

ТРУДЫ КАРАДАГСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ им. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО – ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА РАН

Основан в мае 2016 г.

Основатель журнала –
ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского –
природный заповедник РАН»

Научное издание

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
Сер. ПИ № ФС77-65710 от 13 мая 2016 г.

Утверждено к печати Учёным советом
федерального государственного бюджетного учреждения науки «Карадагская
научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»
(протокол № 1 от 11 декабря 2018 г.)

Главный редактор: *Р. В. Горбунов*
Заместитель главного редактора: *Н. С. Костенко*
Ответственный редактор: *В. И. Мальцев*
Технические редакторы: *Т. Ю. Горбунова, Л. В. Знаменская*

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 12,09. Тираж 500 экз.

Отпечатано с оригинал-макета в типографии «ИТ «АРИАЛ».
295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru