

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

Выпуск 2(22)

2022



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

включён в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

*Журнал реферируется Всероссийским институтом научно-технической информации (ВИНИТИ),
а также Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) на базе Научной электронной библиотеки elibrary.ru.*

Все материалы проходят двойное независимое анонимное рецензирование.

Главный редактор: Р. В. Горбунов, канд. геогр. наук, ФИЦ ИнБЮМ
Заместитель главного редактора: В. И. Мальцев, канд. биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
Технический редактор: О. А. Миронюк, ФИЦ ИнБЮМ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

П. Н. Баранов, д-р геол.-минерал. наук, д-р геол. наук, ФГБОУ ВО «КГМТУ»
М. М. Бескаравайный, канд. биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
В. А. Боков, д-р геогр. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
Ю. И. Будашкин, канд. биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
Б. А. Вахрушев, д-р геогр. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
Ю. В. Глибин, Карадагская научно-исследовательская геофизическая обсерватория ФГБУ «Крымское УГМС»
Н. А. Давидович, д-р биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
А. В. Ена, д-р биол. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
Е. И. Ергина, д-р геогр. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
С. П. Иванов, д-р биол. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
В. В. Майко, д-р ист. наук, Институт археологии Крыма РАН
В. А. Миноранский, д-р с.-х. наук, ЮФУ
Е. Л. Неврова, д-р биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
Э. Б. Петрова, д-р ист. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
Ю. В. Плугатарь, чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, НБС-ННЦ
Е. А. Позаченюк, д-р геогр. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
М. А. Поляков, канд. биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
В. В. Рожнов, академик РАН, д-р биол. наук, ИПЭЭ РАН
А. А. Родионов, канд. ист. наук, МБУК Феодосийский музей древностей
И. И. Руднева, д-р биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
Ю. А. Силкин, канд. биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
Т. Н. Смекалова, д-р ист. наук, ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского»
А. А. Солдатов, д-р биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
А. В. Фатерыга, канд. биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
В. В. Фатерыга, канд. биол. наук, ФИЦ ИнБЮМ
И. В. Флоринский, д-р техн. наук, ФИЦ ИнБЮМ
А. Л. Чепалыга, д-р геогр. наук, Институт географии РАН

Адрес учредителя, издателя и редакции

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»
299011, г. Севастополь, пр-кт Нахимова, д. 2.
Телефон +7 (8692) 54-41-10
E-mail: karadag.trudy@yandex.ru
Сайт журнала: <https://eco-ibss.ru>

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А.О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»
КАРАДАГСКАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ им. Т.И.ВЯЗЕМСКОГО – ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК РАН

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

Выпуск 2(22)

2022

Основан в мае 2016 г.

Научный журнал

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Изучение биоразнообразия и экологический мониторинг

Болтачева Н. А., Ревков Н. К., Бондаренко Л. В., Макаров М. В., Надольный А. А. Донная фауна бухты Круглой (Чёрное море, Крым). Сообщение II. Таксономический состав и количественное развитие макрозообентоса рыхлых грунтов 3–22

Дедюхин С. В., Шоренко К. И. Опыт применения ловушек Мёрике при изучении жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) на юго-востоке Черноморского побережья Крыма 23–34

Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Бентосные водоросли памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» и их пространственное распределение 35–52

Лапченко В. А., Симакина Т. Е., Крюкова С. В. Приземный озон в непромышленных районах Санкт-Петербурга и Крыма 53–61

Географические, геологические и палеонтологические исследования

Троценко О. А., Ковригина Н. П., Капранов С. В., Бобко Н. И., Еремин И. Ю. Распределение термохалинных и гидрохимических показателей в прибрежной зоне Карадага в июне и сентябре 2020 г. 62–75

Шибаетов Е. А. Экскурсии VII Петербургской сессии Международного геологического конгресса 1897 года в Крыму 76–93

Federal State Budget Scientific Institution
Federal Research Center
«A.O. KOVALEVSKY INSTITUTE OF BIOLOGY OF THE SOUTHERN SEAS OF RAS»
T.I. VYAZEMSKY KARADAG SCIENTIFIC STATION – NATURE RESERVE OF THE RAS

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

Issue 2(22)

2022

Established in May 2016

Periodical

Issued 4 times a year

CONTENT

Study of biodiversity and environmental monitoring

Boltachova N. A., Revkov N. K., Bondarenko L. V., Makarov M. V., Nadolny A. A. **Benthic fauna of the Kruglaya bay (Black sea, Crimea). Part II: taxonomic composition and quantitative characteristics of macrozoobenthos in the soft-bottom biotope** 3–22

Dedyukhin S. V, Shorenko K. I. **The experience of using Moerike traps in the study of Coleoptera (Insecta, Coleoptera) in the south-east of the Black sea coast of Crimea** 23–34

Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. **Benthic algae of the natural monument «Coastal aquatic complex near cape Lucullus» and their spatial distribution** 35–52

Lapchenko V. A., Simakina T. E., Kryukova S. V. **Ground-level ozone in non-industrial areas of St. Petersburg and Crimea** 53–61

Geographic, geological and paleontological studies

Troshchenko O. A., Kovrigina N. P., Kapranov S. V., Bobko N. I., Eremin I. Yu. **Distribution of thermohaline and hydrochemical characteristics in the coastal waters of Karadag in June and September 2020** . 62–75

Shibaev E. A. **Excursions of the VII St. Petersburg session of the International Geological Congress of 1897 in the Crimea** 76–93

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

УДК [574.587.06-044.52:551.35-026.767](262.5.04)

DOI: 10.21072/eco.2022.22.01

ДОННАЯ ФАУНА БУХТЫ КРУГЛОЙ (ЧЁРНОЕ МОРЕ, КРЫМ). СООБЩЕНИЕ II. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА РЫХЛЫХ ГРУНТОВ¹

Болтачева Н. А., Ревков Н. К., Бондаренко Л. В., Макаров М. В., Надольный А. А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: nboltacheva@mail.ru

Аннотация: Бухта Круглая (прежнее название — Омега) входит в состав бухт Севастопольского региона. Расположение в черте города и особенность основного режима эксплуатации в качестве рекреационной зоны определяют важность знания состояния экосистемы бухты. В работе обобщены результаты исследования таксономического состава и количественного развития макрозообентоса на рыхлых грунтах, по данным бентосных съёмок 1990, 2004 и 2013 гг. За указанный период в бухте зарегистрировано 173 вида макрозообентоса, из которых Annelida — 67, Crustacea — 50, Mollusca — 43, Bryozoa — 4, Cnidaria — 3, Echinodermata — 2, Chordata — 1 вид. Отмечены также Chironomidae larvae, Plathyhelminthes и Nemertea. С учётом дополнительных специальных исследований состава донной фауны моллюсков и ракообразных, проведённых в бухте, количество видов макрозообентоса этой акватории достигло 212. Полученные результаты указывают на превалирующее развитие в бентосе бухты во все периоды исследования сообщества двусторчатого моллюска *Chamelea gallina*, однако с тенденцией ослабления его пространственного доминирования в 2000-е годы. Общие диапазоны варьирования годовых средних значений численности и биомассы макрозообентоса составили 679–5900 экз./м² и 38,5–151,9 г/м². По численности доминировали полихеты с основной долей у *Protodorvillea kefersteini*, по биомассе — моллюски с преобладанием *Chamelea gallina*. В юго-западной части бухты, у пляжей и пирсов, отмечено обеднение количественного и качественного развития макрозообентоса. В кутовой части бухты обнаружено сообщество *Cerastoderma glaucum*, развивающееся на сильно заиленном песчаном грунте с признаками сероводородного заражения в подповерхностном горизонте. Присутствие в самых мелководных кутковых участках бухты характерных обитателей опреснённых районов свидетельствует о наличии здесь постоянной подпитки акватории пресными водами. В целом полученные результаты указывают на высокий уровень видового богатства и количественного развития донной макрофауны бухты в условиях значительного антропогенного пресса.

Ключевые слова: зообентос, таксономический состав, сообщество *Chamelea gallina*, *Protodorvillea kefersteini*, Севастопольская бухта

Введение

Бухта Круглая (прежнее название — Омега) входит в состав севастопольских бухт и, находясь в черте города, в течение многих лет является местом рекреации. Расположение акватории бухты Круглой и особенности режима её эксплуатации в качестве пляжной зоны и зоны отдыха населения создают высокую степень нагрузки на экосистему бухты. Это обуславливает необходимость контроля её состояния. При осуществлении мониторинга акваторий севастопольских

¹Статья подготовлена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» (№ государственной регистрации 121030100028-0).

бухт [Миронов, Кирюхина, Алемов, 2003], проводимого с 1973 г. по настоящее время, в пределах б. Круглой выполняются 2 мониторинговые бентосные станции (в 1992 г. дополненные пятью станциями в вершинной части бухты). При этом в зообентосе фактически учитываются лишь наиболее массовые и индикаторные для загрязнения бухт таксоны, что не даёт общего представления о фаунистическом богатстве и пространственной организации донного населения исследуемой акватории. Этого недостаточно для знания состава и динамики развития фауны бухты. Есть упоминание о том, что в период 1973–1982 гг. в бухте было отмечено 14 видов макрозообентоса, а впоследствии число обнаруженных видов достигло 41 [Миловидова, Алемов, 1992; Миловидова, Кирюхина, 1985; Миронов, Кирюхина, Алемов, 2003]. Кроме этого, в указанных работах есть данные о систематической принадлежности и количественном развитии лишь массовых видов, полный список обнаруженных видов не приводится. Дополнением к мониторингу по отдельным станциям являются более детальные периодические съёмки бентоса акваторий. В 1990 г. базой «Гидронавт» Министерства рыбного хозяйства СССР было проведено детальное исследование донных ландшафтов и литодинамики бухты Круглой. Результаты этих работ были опубликованы лишь в самом общем виде в малодоступной теперь публикации [Бентос севастьяпольской бухты Омега, 1992]. Первичные данные этой съёмки по макрозообентосу (за апрель и июль 1990 г.) были любезно предоставлены нам одним из авторов — А. С. Повчуном. Последующие подробные бентосные съёмки были выполнены в 2004 и 2013 гг. По материалам 2004 г. сделан анализ состава и распределения на рыхлых грунтах бухты представителей лишь двух групп — Mollusca и Crustacea [Ревков, Бондаренко, Гринцов, 2008; Ревков, Макаров, Копий, 2011], остальные данные 2004 г., а также материалы 2013 г. до настоящего времени не опубликованы.

Целью настоящей работы является оценка состава, структуры и количественного развития макрозообентоса б. Круглой в 1990, 2004 и 2013 гг.

Материал и методы

В основу работы положены материалы бентосных съёмок рыхлых грунтов акватории бухты Круглой, выполненных в апреле и июле 1990 г., июле 2004 г., мае и ноябре 2013 г. (рис. 1).

В 1990 г. отбор проб бентоса выполнен дночерпателем Петерсена ($S = 0,025 \text{ м}^2$), по 1–4 пробы на станции. В апреле 1990 г. выполнено 12 станций, в июле — 29. Бентос промывали через сита с наименьшей ячейкой 1 мм. В 2004 г. работы выполнены на 26 станциях. Сбор материала на глубине 0,5–9 м проводили ручным водолазным дночерпателем ($S = 0,1 \text{ м}^2$), на глубине 10–16 м — дночерпателем Петерсена ($S = 0,04 \text{ м}^2$). В 2013 г. сбор материала проводили дночерпателем Петерсена ($S = 0,04 \text{ м}^2$), в мае — на 11 станциях, в ноябре — на 10 станциях, как правило, в двух повторностях. При промывке проб использована система сит с минимальным диаметром ячеек 0,5 мм.

В 2004 г. был выполнен гранулометрический анализ грунтов бентосных станций и определены некоторые гидрохимические показатели придонной воды (содержание O_2 , нитритов, фосфатов, БПК₅).

При определении сырой массы двустворчатых моллюсков в 1990 г. использована методика удаления влаги с поверхности раковин моллюсков на фильтровальной бумаге. В пробах 2004 и 2013 гг. дополнительно к внешнему обсушиванию после подрезания мускулов-замыкателей удалялась и мантийная жидкость моллюсков. Доля мантийной жидкости черноморских двустворчатых моллюсков составляет 19–52 % от их общей сырой массы [Revkov et al., 2018]. Поэтому для дальнейшего сравнительного анализа результатов исследований разных лет данные по сырой массе *Vivalvia* 1990 года пересчитаны в соответствии с переводными коэффициентами массы моллюсков с мантийной жидкостью в массу моллюсков без мантийной жидкости [Revkov et al., 2018] и приведены в дополнение к исходным данным.

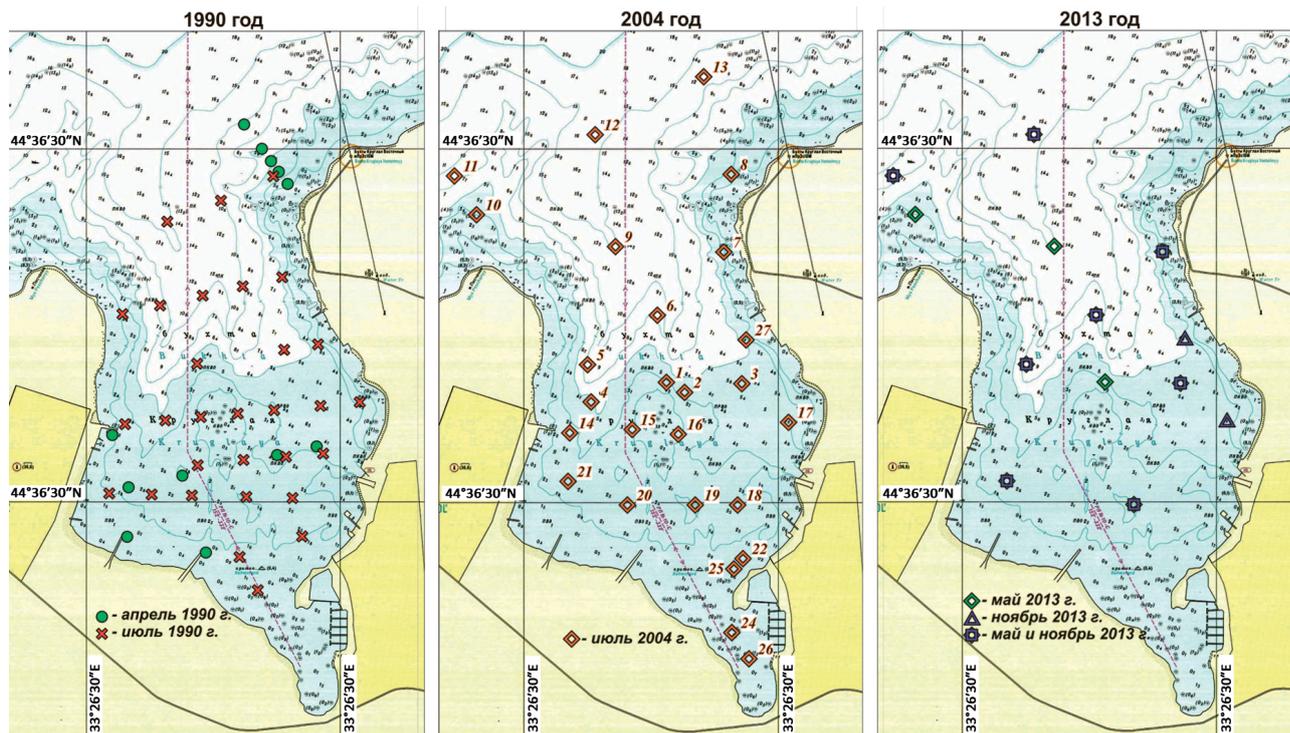


Рис. 1. Карта-схема станций в бухте Круглой, выполненных в 1990, 2004 и 2013 гг.

При описании количественного развития донной фауны использованы параметры численности (N , экз./ m^2), биомассы (B , г/ m^2) и встречаемости (P , %). Сообщества макрозообентоса выделяли по доминирующему по биомассе виду [Воробьёв, 1949]. При оценке структуры сообществ бухты использована дифференциация видов на три группы по их встречаемости на станциях: руководящие (50 % станций и более), характерные (от 25 до 50 % станций) и редкие (менее 25 % станций) [Воробьёв, 1949].

При таксономической идентификации материала использовали определитель фауны [Определитель фауны ... , 1968–1972] и монографии [Киселева, 2004; Grintsov, Sezgin, 2011], названия видов приведены в соответствии с базой данных [WoRMS].

Описание района исследования. Бухта Круглая расположена на северной стороне Гераклейского полуострова, являющегося оконечностью Юго-Западного Крыма, и представляет собой мелководную акваторию, вытянутую в направлении с юга на север и протяжённостью до 1 км. Это затопленная морем устьевая часть небольшой балки. Во внешней части бухта несколько сужена и обрамлена невысокими клифами, сложенными сарматскими известняками с прослойками мергелей, у подножия которых располагается вал из крупных обломков известняка [Зенкович, 1960]. Берега вершинной и центральной частей бухты пологие. В вершине бухты наносами образована коса, отделяющая небольшой мелководный участок. Донная поверхность бухты относительно ровная, с уклоном не более 4 градусов. Глубины в кутовой части около 1 м, в центральной части бухты они достигают 5 м, на границе с открытым морем — 15–16 м. Поперечный профиль дна бухты близок к U-образному, однако в центре бухты расположено поднятие, сложенное из известняковых глыб и валунов. В начале века оно в виде скалы ещё возвышалось над поверхностью воды [Зернов, 1913], но в настоящее время разрушилось и скрыто под водой на глубину 0,5–1 м. Размеры этого поднятия — 180 × 70 м [Бентос севастопольской бухты Омега, 1992].

С моря в бухту протягивается «язык» песка, который в кутовой части пополняется мелким песком, смываемым во время штормов с пляжей, куда его периодически завозят. Данные подводных наблюдений и гранулометрического анализа донных осадков, проведённые в 2004 г., свидетельствуют, что дно большей части бухты покрыто маломощным слоем песков с мелким гравием и небольшим количеством ракушечного материала. Количество алевритово-пелитовых фракций на большинстве станций минимально и не превышает 1–2 %. Лишь в самой кутовой части бухты (станции 24, 26) распространены алевритово-пелитовые пески. Однако содержание илистых фракций и здесь невелико (7–8 %). В районе пляжа и у западного берега (станции 5, 14, 22, 25) залегает мелкий плотный песок с небольшой примесью алевритов. Выходы коренных известняков редки и локализованы у выхода из бухты и в районе центральной возвышенности. В среднем содержание песчаных фракций в донных осадках бухты — 52 %, гравийных — 46 %. В соответствии с распределением литофаций в бухте распространены макрофиты. Центральная возвышенность, прибрежные и глубоководные скальные выступы и нагромождения глыб покрыты водорослями, среди которых преобладают виды *Cystoseira*, в 1989–1990 гг. их проективное покрытие на этих субстратах составляло 70–80 % [Бентос севастопольской бухты Омега, 1992]. В южной части бухты, на песках, среди макрофитов преобладали морские травы рода *Zostera*, в 1989–1990 гг. их проективное покрытие достигало 100 %. К 2008 г. запасы цистозеры и сопутствующих видов сократились соответственно в 1,7 и 1,4 раза, а запасы зостеры, напротив, увеличились в 2,5 раза [Ковардаков, Празукин, 2012; Ковардаков и др., 2012]. Предполагалось, что это привело к снижению самоочистительного потенциала фитоценозов бухты Круглой на 15 % (по сравнению с 1989 г.). Впоследствии в бухте Круглой продолжали отмечать негативную трансформацию донной растительности, которая свидетельствовала об увеличении степени заиления донных осадков и, вероятно, была связана с повышением уровня органического загрязнения акватории и возрастанием объёма береговых стоков [Миронова, Панкеева, 2019].

Водообмен бухты с открытым морем ограничен, за исключением зимних сгонно-нагонных штормовых течений северного и северо-западного направлений. По этой причине в холодный период года воды бухты хорошо аэрированы за счёт динамики вод и вертикального конвективного перемешивания. В тёплый период года для Круглой бухты, как и для других севастопольских бухт, характерны вертикальная стратификация вод и наличие сезонного термоклина, определяющего двухслойную структуру вод и слабое вентилирование придонного слоя при относительно высокой температуре, способствующей интенсивному расходованию кислорода в различных биолого-химических процессах [Кондратьев, 2010]. В результате этого концентрация O_2 в придонном слое обнаруживает чёткую сезонную периодичность с максимумом в феврале — марте и минимумом в августе — сентябре [Свищев, Кондратьев, Коновалов, 2011]. Показано, что во многих частях севастопольских бухт, в придонном слое, во все сезоны наблюдается недонасыщение вод кислородом. Подобное явление придонной гипоксии, уровень которой колеблется в течение года, отмечено и в Круглой бухте [Зайка, Коновалов, Сергеева, 2011; Орехова, Коновалов, Овсяный, 2013].

Многолетние (1989–1999 гг.) исследования гидрохимических показателей в бухте свидетельствуют о том, что в летне-осенний период часто наблюдаются высокие концентрации органического азота и фосфора, нитратов и БПК₅ [Павлова, Мурина, Куфтаркова, 2001]. Особенно неблагоприятным был 1990 г., когда отмечены экстремальные значения концентрации органического азота и БПК₅. В 2004 г. БПК₅ в придонном слое в среднем по бухте составляло 2,51 мг/л, однако на отдельных станциях в кутовой части бухты (станции 18, 19) оно достигало 6,04–7,93 мг/л, что превышало допустимые санитарно-бытовые нормативы по этому показателю более чем в 2 раза [Павлова, Мурина, Куфтаркова, 2001]. Предполагается, что наиболее значимыми факторами, влияющими на изменчивость гидрохимических параметров, помимо сезонности, являются ливневый сток

и рекреационная нагрузка [Куфтаркова, Ковригина, 1997; Павлова, Мурина, Куфтаркова, 2001]. Исследования донных осадков бухты Круглой показали, что они мало загрязнены, однако отличаются высоким содержанием аммонийного азота, примерно в 10 раз выше, чем осадки открытого моря [Миловидова, Кирюхина, 1985]. Углеродным загрязнением, увеличивающимся с годами, характеризуются осадки лишь в самой вершинной мелководной части бухты (глубины менее 1 м) [Мионов, Кирюхина, Алемов, 2003].

Таким образом, несмотря на то что источники промышленного загрязнения в бухте отсутствуют, ливневый сток, сброс бытовых сточных вод и интенсивное новообразование органического вещества в тёплый период года, а также высокая рекреационная нагрузка периодически приводят к ярко выраженному дефициту O_2 на поверхности и в глубине донных осадков. Известно, что даже эпизодическая гипоксия может оказывать большое влияние как на обитателей поверхности дна (эпифауна), так и на представителей бентоса, погружённых в толщу грунта (инфауна) [Заика, Коновалов, Сергеева, 2011].

Результаты и обсуждение

Макрозообентос бухты в 1990 г. В собранных материалах были зарегистрированы 55 таксонов (табл. 1), в том числе Annelida — 22, Crustacea — 9, Bivalvia — 11, Gastropoda — 8, Polyplacophora — 1, Cnidaria и Chordata — по 1 виду (рис. 2А). Отмечены также Chironomidae larvae и Nemertea. Следует отметить, что при обработке материалов в 1990 г. применялась несколько иная, чем в последующие съёмки, методика промывки проб бентоса (через сита с минимальной ячейки фильтрации 1 мм против 0,5 мм в 2004 и 2013 гг.), вследствие чего не полностью учитывались наиболее мелкие организмы макробентоса. К ним относились прежде всего мелкие ракообразные и полихеты.

Таблица 1

Состав и количественные показатели макрозообентоса на рыхлых грунтах бухты Круглой в разные годы

Таксон	1990 г.			2004 г.			2013 г.		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P
CNIDARIA									
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)				0,2	0,001	4			
Actiniaria g. sp.				0,2	0,001	4			
<i>Sagartiogeton undatus</i> (Müller, 1778)	1,2	0,05	5						
PLATYHELMINTHES (Turbellaria g. sp.)				2,3	0,005	16	6	0,01	24
ANNELIDA									
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)				1,2	0,003	8			
<i>Amphitritides gracilis</i> (Grube, 1860)	5,7	0,019	2	0,2	0,003	4	1,8	0,048	5
<i>Aonides oxycephala</i> (Sars, 1862)							3,6	0,023	5
<i>Aonides paucibranchiata</i> Southern, 1914							3,6	0,01	10
<i>Arenicolides branchialis</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)				0,8	0,034	4			
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	1,9	0,002	2				1,2	0,001	5
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	18,1	0,037	12	43,7	0,022	56	37,5	0,029	33
<i>Cauleriella bioculata</i> (Keferstein, 1862)	5	0,012	12	0,4	0,001	4			
<i>Cauleriella</i> sp.				0,2	0,022	4			
<i>Cirriformia tentaculata</i> (Montagu, 1808)				0,8	0,032	4	4,2	0,102	19
<i>Cirrophorus harpagoneus</i> (Storch, 1967)	11	0,053	7	94,9	0,037	48	1240	0,548	76

Продолжение на следующей странице...

Таксон	1990 г.			2004 г.			2013 г.		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P
<i>Erinaceusyllis erinaceus</i> (Claparède, 1863)				0,8	0,001	4			
<i>Eulalia viridis</i> (Linnaeus, 1767)							6	0,023	10
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)							0,6	0,002	5
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)				1,9	0,04	16			
<i>Exogone naidina</i> Örsted, 1845				11,6	0,001	20	89,9	0,013	48
<i>Fabricia stellaris</i> (Müller, 1774)				5,6	0,001	16			
<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	0,5	0,003	5						
<i>Glycera alba</i> (O.F.Muller, 1776)				11,9	0,074	64	13,1	0,524	33
<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861	8,8	0,148	10	0,2	0,058	4	1,2	0,077	10
<i>Goniadella bobrezkii</i> (Annenkova, 1929)				0,7	0,002	12			
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)				3,5	0,009	36			
<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)				0,5	0,001	8	0,6	0,001	5
<i>Harmothoe</i> sp.							1,2	0,002	5
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	1	0,002	2	1,5	0,005	16	4,2	0,008	19
<i>Janua heterostropha</i> (Montagu, 1803)				8,8	0,001	8	44	0,004	24
<i>Lagis neapolitana</i> (Claparède, 1869)							3,6	0,018	5
<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)				0,8	0,098	8	1,2	0,043	5
<i>Lindrilus flavocapitatus</i> (Uljanin, 1877)				12,8	0,002	4			
<i>Lysidice ninetta</i> Audouin et Milne-Edwards, 1833				0,2	0,004	4			
<i>Magelona rosea</i> Moore, 1907				0,2	0,001	4			
Maldanidae g. sp.	0,2	0,001	2						
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	0,3	0,031	2						
<i>Micronephthys longicornis</i> Perejaslvtseva, 1891				5,3	0,004	20	152	0,052	48
<i>Microphthalmus fragilis</i> Bobretzky, 1870				7,8	0,006	16			
<i>Microphthalmus similis</i> Bobretzky, 1870							24,4	0,005	10
<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1866)	0,5	0,006	5	3,8	0,056	28	3	0,071	10
<i>Naineris laevigata</i> (Grube, 1855)				1,6	0,014	12	0,6	0,024	5
Nereididae g. sp.	4,6	0,014	7						
<i>Nereiphylla</i> sp.				2,7	0,003	24			
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	1,5	0,015	2	2	0,004	16			
<i>Ophelia limacina</i> (Rathke, 1843)				22,7	0,05	24	25,6	0,046	29
Paraonidae g. sp.				1	0,003	4			
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	0,2	0,048	2	1,3	0,019	8	1,2	0,658	5
<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839	5,7	0,048	2	37,5	0,015	48	137	0,033	33
<i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus, 1767)				0,6	0,001	8	1,2	0,002	5
<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843	1,3	0,004	5						
Phyllodocidae g. sp.							1,8	0,013	10
<i>Pileolaria militaris</i> Claparède, 1870				2,5	0,001	4			
<i>Pisione remota</i> (Southern, 1914)				0,2	0,001	4			
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin et Milne-Edwards, 1833)	4,7	0,117	7	43,2	0,073	48	7,1	0,180	19
<i>Polycirrus jubatus</i> Bobretzky, 1868	0,6	0,062	2	4,2	0,012	20	0,6	0,002	5
<i>Polycirrus</i> sp.							1,2	0,001	5
<i>Polygordius neapolitanus</i> Fraipont, 1887				3,7	0,009	24	66,1	0,145	43
Polynoidae g. sp.				0,8	0,001	4			
<i>Polyphthalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)				0,2	0,001	4	0,6	0,001	5

Продолжение на следующей странице...

ДОННАЯ ФАУНА БУХТЫ КРУГЛОЙ (ЧЁРНОЕ МОРЕ, КРЫМ). СООБЩЕНИЕ II. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА РЫХЛЫХ ГРУНТОВ

Таксон	1990 г.			2004 г.			2013 г.		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P
<i>Prionospio cirrifera</i> Wiren, 1883				0,5	0,001	4	7,7	0,010	19
<i>Protodorvillea kefersteini</i> (McIntosh, 1869)	280	0,198	40	2514	0,859	88	2893	0,549	95
<i>Salvatoria clavata</i> (Claparède, 1863)				17,6	0,001	4	1,2	0,001	10
<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)				23,4	0,061	44	2,4	0,002	10
<i>Scolecopsis (Parascolecopsis) tridentata</i> (Southern, 1914)				0,4	0,006	4	4,8	0,219	5
<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)				0,8	0,003	4	2,4	0,002	10
<i>Sphaerosyllis bulbosa</i> Southern, 1914				3,6	0,001	4	19	0,004	38
<i>Sphaerosyllis hystrix</i> Claparède, 1863				0,4	0,001	4			
<i>Spio decorata</i> Bobretzky, 1870	1,5	0,034	7	3,1	0,008	20	11,9	0,092	33
Spionidae g. sp.				8,6	0,018	28	0,6	0,001	5
<i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758)				0,2	0,013	4			
<i>Sthenelais boa</i> (Johnston, 1833)							1,2	0,001	5
<i>Syllides longocirratu</i> (Örsted, 1845)				3,2	0,002	4			
<i>Syllis gracilis</i> Grube, 1840				1,2	0,001	8	0,6	0,001	5
<i>Syllis hyalina</i> Grube, 1863	14,7	0,03	12	5,5	0,009	32	29,8	0,032	62
<i>Syllis prolifera</i> Krohn, 1852				0,2	0,001	4			
<i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835	1,0	0,01	2						
OLIGOCHAETA g. sp.				80	0,046	56	6,0	0,01	24
NEMERTEA g. sp.	0,7	0,029	5	1,3	0,006	20	17,9	0,052	48
CRUSTACEA									
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	4,3	0,031	12	18,4	0,024	44	3,6	0,015	20
Amphipoda g. sp.				23,3	0,022	64			
<i>Ampithoe</i> sp.				0,5	0,001	8			
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	4,2	0,043	7	2,7	0,001	12	2,4	0,004	10
<i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1857)				5,6	0,001	4	0,6	0,001	5
<i>Apseudopsis ostroumovi</i> Bacescu & Carausu, 1947	8,2	0,025	14	11,6	0,001	36	1,2	0,001	10
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (Bate, 1857)				1,8	0,001	8	3,6	0,005	10
<i>Bodotria arenosa mediterranea</i> (Steuer, 1938)				31,7	0,008	68	50,6	0,019	6
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814				130,7	0,018	32			
<i>Caprella</i> sp.				2,6	0,001	12			
<i>Carcinus aestuarii</i> Nardo, 1847						+			+
<i>Centraloecetes dellavallei</i> (Stebbing, 1899)				124,5	0,039	64	53,6	0,019	62
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	1	0,01	2	27,1	0,007	32	1,2	0,001	5
<i>Corophium</i> sp.				0,6	0,001	8			
Cumacea g. sp.				8,1	0,001	24			
<i>Cumella (Cumella) limicola</i> Sars, 1879				6	0,001	12	2,4	0,001	14
<i>Cumella (Cumella) pygmaea euxinica</i> Bacescu, 1950				0,3	0,001	4			
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)				25,4	0,008	56	6,5	0,002	19
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	12,5	1,093	38	29,1	0,757	52	13,7	1,45	24
<i>Dynamene bidentata</i> (Adams, 1800)				0,2	0,002	4			
<i>Elaphognathia bacescoi</i> (Kussakin, 1969)				2,2	0,001	12			
<i>Erichthonius difformis</i> Milne Edwards, 1830	1,0	0,01	2	4,4	0,001	12			
<i>Eriphia verrucosa</i> Forscal, 1775						+			+
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890							1,8	0,017	10

Продолжение на следующей странице...

Таксон	1990 г.			2004 г.			2013 г.		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P
<i>Gammarus insensibilis</i> Stock, 1966				14,6	0,012	12	2,4	0,023	5
<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov, 1931)							1,2	0,019	5
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	1,9	0,01	2	27,3	0,154	32			
<i>Iphinoe elisae</i> Băcescu, 1950				9,8	0,002	32	7,1	0,001	14
<i>Iphinoe maeotica</i> Sowinskyi, 1893	2,6	0,023	7						
<i>Iphinoe tenella</i> Sars, 1878				7,6	0,007	8			
Isopoda g. sp.				0,2	0,001	4			
<i>Lekanesphaera hookeri</i> (Leach, 1814)				24	0,016	36			
<i>Liocarcinus holsatus</i> (Fabricius, 1798)				0,2	0,002	4			
<i>Megaluropus massiliensis</i> Ledoyer, 1976							1,8	0,001	10
<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)				21,3	0,008	28	0,1	0,001	5
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853				71,3	0,025	36			
<i>Microdeutopus versiculatus</i> (Bate, 1857)				6,8	0,002	16			
<i>Microdeuthopus</i> sp.							2,4	0,001	14
<i>Monocorophium insidiosum</i> (Crawford, 1937)				2	0,001	8			
Mysidacea g.sp.				2	0,001	20			
<i>Nototropis guttatus</i> Costa, 1853				1,6	0,001	8	3,6	0,001	10
<i>Nototropis massiliensis</i> (Bellan-Santini, 1975)				5,6	0,002	28	4,2	0,001	14
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius, 1787)						+			+
<i>Palaemon adspersus</i> Rathke, 1836				0,4	0,008	4			
<i>Paramysis (Occiparamysis) agigensis</i> Băcescu, 1940				0,2	0,001	4			
<i>Perioculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)				0,4	0,001	4	19	0,003	38
<i>Philocheras fasciatus</i> (Risso, 1816)				0,4	0,008	4			
<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769				1,6	0,001	8	0,6	0,001	5
<i>Pleonexes helleri</i> (Karaman, 1975)	1	0,01	2	0,4	0,001	4			
<i>Pseudoprotella phasma</i> (Montagu, 1804)				1	0,001	8			
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1836)				4,4	0,007	24	2,4	0,023	10
<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1813)				2,8	0,001	8			
<i>Tanais dulongii</i> (Audouin, 1826)				15,6	0,011	8			
<i>Xantho poressa</i> (Olivi, 1792)				1,1	0,045	12	3	0,443	10
CHIRONOMIDAE larvae	1	0,002	2	81,8	0,219	12			
POLYPLACOPHORA									
<i>Acanthochitona fascicularis</i> Linnaeus, 1767				0,4	0,001	8			
<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	0,6	0,017	2	11,3	0,01	44	9,5	0,124	5
GASTROPODA									
<i>Bela nebula</i> (Montagu, 1803)							1,2	0,012	10
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)				17,2	0,308	28	2,4	0,024	10
<i>Caecum armoricum</i> de Folin, 1869							1,2	0,007	5
<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)				3,9	0,004	12	26,2	0,042	29
<i>Calyptraea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	0,6	0,169	5				4,8	0,01	5
<i>Ebala pointeli</i> (de Folin, 1868)				0,2	0,001	4			
<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)				7,6	0,017	4			
Nudibranchia g. sp.	2,9	0,002	2						
<i>Parthenina</i> sp.				1,7	0,005	8			
<i>Pusillina</i> sp.				1,7	0,005	8			

Продолжение на следующей странице...

ДОННАЯ ФАУНА БУХТЫ КРУГЛОЙ (ЧЁРНОЕ МОРЕ, КРЫМ). СООБЩЕНИЕ II. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА РЫХЛЫХ ГРУНТОВ

Таксон	1990 г.			2004 г.			2013 г.		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P
<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)						+			+
<i>Retusa umbilicata</i> (Montagu, 1803)				4,8	0,01	8			
<i>Retusa</i> sp.							1,2	0,001	5
<i>Rissoa lilacina</i> Récluz, 1843				5,7	0,078	12			
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)				3,5	0,026	8			
<i>Rissoa</i> sp.				0,5	0,002	8			
<i>Rissoa splendida</i> Eichwald, 1830	4	0,143	7	5,1	0,071	20	1,2	0,001	10
<i>Setia valvatooides</i> (Milaschewitsch, 1909)				0,4	0,001	4			
<i>Steromphala adriatica</i> (Philippi, 1844)	0,2	0,048	2	0,9	0,008	12			
<i>Steromphala albida</i> (Gmelin, 1791)				3,2	0,029	4			
<i>Steromphala</i> sp.				0,3	0,005	8			
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)	11,8	0,669	10	11,4	0,863	28	0,6	0,008	5
<i>Tritia neritea</i> (Linnaeus, 1758)	7,8	3,614	24	4,7	0,932	12			
<i>Tritia pellucida</i> (Risso, 1826)	5,2	0,44	21	1,5	0,167	12			
<i>Tritia reticulata</i> (Linnaeus, 1758)	1,2	0,345	5						
<i>Tritia</i> sp. (juv.)				25,8	0,128	28			
BIVALVIA									
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)				1,9	0,01	16			
<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)				8,0	0,531	4			
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguère, 1789)				9,9	6,56	16			
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	179	136,9 (106,12)	71	175,4	22	60	129,2	22,47	67
<i>Donax semistriatus</i> Poli, 1795							4,8	0,033	5
<i>Fabulina fabula</i> (Gmelin, 1791)				2,1	0,005	16			
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	12,6	1,252 (1,03)	24	5,3	0,128	16	108,9	5,867	52
<i>Lentidium mediterraneum</i> (O. G. Costa, 1830)				28,5	0,014	16			
<i>Loripes orbiculatus</i> Poli, 1795	8,6	0,205 (0,156)	17	9,1	1,03	32	1,2	0,794	5
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)				0,5	0,004	4	150	0,376	48
<i>Macomangulus tenuis</i> (da Costa, 1778) (= <i>Moerella tenuis</i>)	0,7	0,071 (0,053)	5	16,5	0,053	24			
<i>Modiolus adriaticus</i> Lamarck, 1819	1,8	0,155 (0,71)	5	5,8	0,002	32	1,2	0,004	10
<i>Moerella donacina</i> (Linnaeus, 1758)	3,6	0,817 (0,605)	12				38,7	3,094	43
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	1	0,016 (0,011)	2	743,4	0,964	76	6	0,026	19
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	1	0,003 (0,002)	2	117,4	0,043	56	1,8	0,005	10
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	2	0,164 (0,123)	7	17,1	0,124	40	1,2	0,004	5
<i>Polititapes aureus</i> (Gmelin, 1791)				0,2	0,58	4			
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	0,8	0,343 (0,238)	2	1,3	0,024	16	10,1	0,336	14
<i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778)	9,6	0,624 (0,452)	21	3,5	0,162	12	9,5	1,175	14

Продолжение на следующей странице...

Таксон	1990 г.			2004 г.			2013 г.		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P
<i>Thracia phaseolina</i> (Lamarck, 1818) (= <i>Thracia papyracea</i>)				2,6	0,011	12	1,2	0,002	5
ECHINODERMATA									
<i>Amphiura stepanovi</i> Djakonov, 1954				0,3	0,001	4			
<i>Leptosynapta inhaerens</i> (O.Müller, 1776)				0,4	0,001	4	4,8	0,021	10
BRYOZOA									
<i>Braikovia turgenewi</i> (Ostroumoff, 1886)							+	+	5
<i>Cradoscrupocellaria bertholletii</i> (Audouin, 1826)							+	+	14
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)							+	+	67
<i>Schizomavella</i> (<i>Schizomavella</i>) <i>auriculata</i> (Hassall, 1842)				+	+	4	+	+	19
CHORDATA									
<i>Branchiostoma lanceolatum</i> (Pallas, 1774)	0,2	0,002	2	0,9	0,023	16	19,6	0,436	43

Примечание: N — численность (экз./м²), B — биомасса (г/м²), P — встречаемость (%) макрозообентоса; + — обнаружены в качественных пробах.

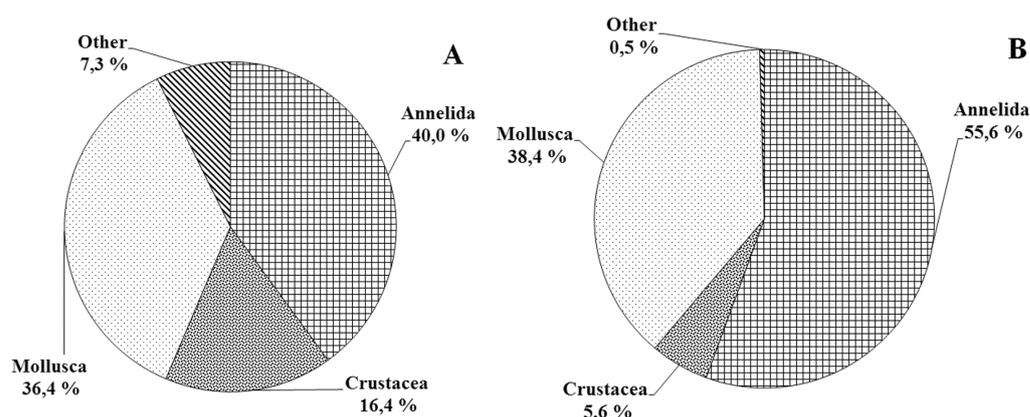


Рис. 2. Соотношение числа видов (А) и численности (В) основных систематических групп макрозообентоса в б. Круглой в 1990 г.

По встречаемости (в целом по полигону) к группе руководящих можно отнести лишь один вид — *Ch. gallina*. Группа характерных видов представлена двумя видами — *P. kefersteini* и *D. pugilator*. В структуре сообщества макрозообентоса преобладали редкие виды (95 %).

Количественные показатели макрозообентоса варьировали в пределах 40–8200 экз./м² и 0,6–688,4 г/м². Средние для всего полигона составляли соответственно 679 ± 396 экз./м² и $151,90 \pm 58,58$ г/м². Более 50 % численного состава макрофауны приходилось на аннелид, плотность которых составляла в среднем 369 экз./м² (рис. 2В). Наибольшая доля (76 %) от общей плотности аннелид приходилась на полихету *P. kefersteini* (до 7200 экз./м² и в среднем по бухте 280 экз./м²). Моллюски по численности занимали второе место (255 экз./м²), а по биомассе они доминировали (148,3 г/м², 98 %), причем доля руководящей формы — *Ch. gallina* была чрезвычайно велика и превышала 90 % массы всех моллюсков.

По доминирующим по биомассе видам на большей части станций (30 из 41) было выделено сообщество *Ch. gallina*. Оно располагалось на глубине 1–15 м и занимало практически всю площадь рыхлых грунтов бухты. В сообществе было зарегистрировано 42 вида, среди которых Mollusca — 15, Annelida — 19, Crustacea — 5 видов. Относительно высокую встречаемость в сообществе,

помимо указанного уже *P. kefersteini*, имели рак-отшельник *D. pugilator* и брюхоногий моллюск *T. neritea*. На одной из станций обнаружен ланцетник *B. lanceolatum*. Средние количественные показатели в сообществе составляли 825 ± 552 экз./м² и $210,8 \pm 72,8$ г/м². Численность и биомасса доминирующего вида *Ch. gallina* колебались в пределах 40–1080 экз./м² и 5–660 г/м², а средние показатели составляли 259 ± 104 экз./м² и $198,3 \pm 74,7$ г/м². Популяция этого вида была представлена разноразмерными особями, преобладали моллюски размером 6–10 мм.

В юго-западной части бухты, у пляжей и пирсов, обнаружены исключительно бедные поселения бентоса. Здесь в пробах отмечены единичные особи четырёх-пяти видов, в том числе активно перемещающиеся *D. pugilator* и *T. neritea*. Исключение составляла полихета *P. dumerilii*: на одной станции её численность достигала 160 экз./м². Это фитофильный вид и его обилие, видимо, объясняется наличием зарослей zostеры в этой части бухты. На одной из станций (глубина 4,5 м) обнаружены только полихеты *P. kefersteini*, на другой — только ювенильные особи *S. subtruncata*. У выхода из бухты, на одной из станций на глубине 9,5 м, вблизи зарослей цистозир, отмечено сообщество с преобладанием *T. pullus*, здесь обнаружено много видов ракообразных — *E. difformis*, *P. helleri*, *Ch. savignyi*, *I. balthica*, большинство из которых являются фитофильными видами.

В дополнение к результатам бентосной съёмки 1990 г. отметим, что в штормовых выбросах на берегу бухты в марте 1992 г. нами были зарегистрированы живые экземпляры двустворчатых моллюсков *Solen marginatus* Pulteney, 1799 и *Gastrana fragilis* (Linnaeus, 1758), ранее отмечавшиеся здесь только в виде пустых створок.

Макрозообентос в бухте в 2004 г. В собранных материалах зарегистрированы 142 таксона, в том числе Annelida — 54, Crustacea — 43, Bivalvia — 18, Gastropoda — 17, Polyplacophora — 2, Echinodermata — 2 и по 1 виду Bryozoa, Cnidaria и Chordata. Отмечены также Platyhelminthes, Nemertea и Chironomidae larvae (табл. 1, рис. 3А).

Дополнительную информацию об относительно крупных и подвижных представителях макрозообентоса дали визуальные наблюдения. В центральной части бухты отмечены одиночные экземпляры каменного (*E. verrucosa*) и травяного (*C. aestuarii*) крабов. В районе скальных выходов у восточного берега бухты довольно обычен мраморный краб *P. marmoratus*, обнаружен также брюхоногий моллюск *R. venosa*. Перечисленные декаподы, а также единично отмеченный в пробах *Ph. fasciatus*, как и ланцетник *B. lanceolatum*, внесены в Красную книгу города Севастополя [Красная книга города Севастополя, 2018].

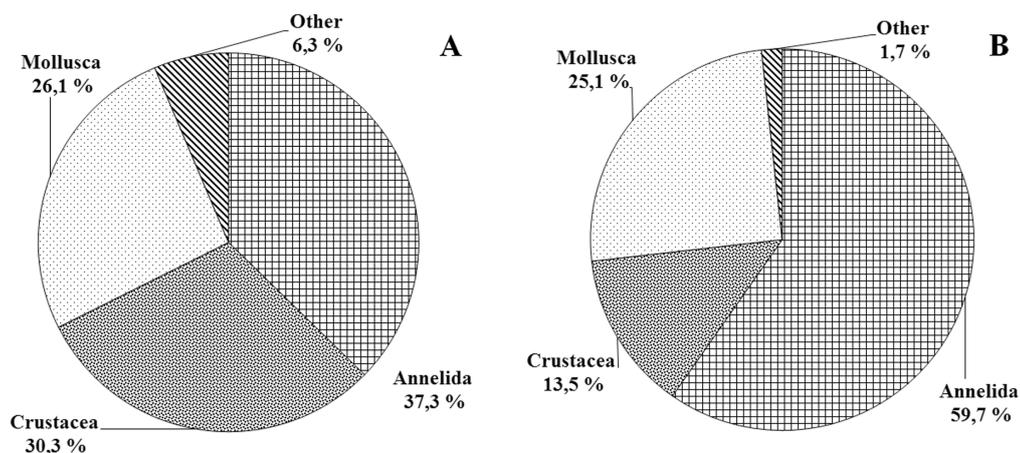


Рис. 3. Соотношение числа видов (А) и численности (В) основных систематических групп макрозообентоса в б. Круглой в 2004 г.

В структуре сообщества макрозообентоса бухты руководящие виды составляли 6 %, характерные и редкие — соответственно 15 и 78 %. Руководящие таксоны представлены многощетин-

ковыми червями *P. kefersteini*, *C. capitata*; двустворчатыми моллюсками *Ch. gallina*, *M. lineatus*, *M. galloprovincialis*; бокоплавами *C. dellavallei*, *D. spinosa*; кумовым раком *B. arenosa* и раком-отшельником *D. pugilator*. В группу характерных видов вошли моллюски (6 видов), полихеты (6 видов) и ракообразные (10 видов).

Численность и биомасса макрозообентоса варьировали в пределах 115–20 250 экз./м² (среднее 5041 ± 1959 экз./м²) и 0,4–272,1 г/м² (среднее 38,5 ± 25,2 г/м²). По плотности доминирующей группой являлись Annelida, численность которых составляла в среднем 3007 экз./м², на втором месте — Mollusca (1270 экз./м²) (рис. 3В). Полихеты имели высокие показатели численности за счёт *P. kefersteini* (86 %). Этот вид обычно встречается в небольших количествах и редко образует плотные поселения [Киселева, 2004], однако в бухте Омега его численность достигала 13 215 экз./м², составляя в среднем по бухте 2514 экз./м² (или 83 % от общей численности аннелид). Другими наиболее массовыми представителями макрофауны были двустворчатые моллюски *M. lineatus*, *Ch. gallina* и *M. galloprovincialis*; ракообразные — капреллида *C. acanthifera*, относительно редкая для Чёрного моря амфипода *C. dellavallei*; Oligochaeta g. sp. (табл. 1). Суммарная доля указанных семи видов составляла 76 % от средней численности донной макрофауны бухты. Поселения митилид *M. lineatus* и *M. galloprovincialis* в бентосе рассматриваемого биотопа представлены ювенильными формами с длиной раковины соответственно 1,6 и 1,2 мм. По биомассе преобладали Mollusca (35,3 г/м², 92 % от общей биомассы макрозообентоса), причем абсолютным лидером в этой группе была *Ch. gallina*, её доля составляла 63 % массы всех моллюсков. Заметный вклад в общую биомассу вносили также двустворчатые моллюски *C. glaucum* и *L. orbiculatus*. Доля этих трёх видов в средней биомассе макрозообентоса бухты суммарно составляла 77 %, Annelida и Crustacea — соответственно 4,6 и 3,6 %.

По доминирующим по биомассе видам большая часть станций может быть отнесена к четырём сообществам — *Ch. gallina* (9 станций), *M. lineatus* (5 станций), *D. pugilator* (3 станции) и *C. glaucum* (2 станции).

Сообщество *Ch. gallina* отмечено в центральной части и у восточного берега бухты во всем диапазоне глубин — от 1 до 15 м. В нём зарегистрирован 91 вид. В прежних исследованиях сообщества хамелеи у его верхних границ (глубина 7–10 м) на открытых участках шельфа Южного берега Крыма указано близкое количество видов — 96 [Киселева, 1981]. Биомасса и численность руководящего вида, представленного в сообществе особями длиной 0,6–21,8 мм, колебались в пределах 3–240 г/м² и 6–1590 экз./м² соответственно. Наибольшие плотность и биомасса хамелеи отмечены в юго-восточной части бухты (станции 17, 18, 19, 25) на глубине 1–6 м. Высокую встречаемость и плотность поселения имели многощетинковые черви *P. kefersteini* (89 %, 4108 экз./м²) и *C. harpagoneus* (78 %, 226 экз./м²).

Сообщество *M. lineatus* отмечено на грунтах с преобладанием фракции мелкого гравия. Эти станции располагались в мористой части бухты (станции 11, 13) и у западного берега (станции 4, 5), вблизи выхода коренных пород или нагромождений глыб, покрытых водорослями. Практически контурным (на границе биотопов) положением этих станций объясняется обнаружение здесь форм бентоса, более характерных для зарослевых сообществ и обрастателей твёрдого субстрата. Это ракообразные *C. acanthifera* (до 2650 экз./м²), *D. spinosa* (до 113 экз./м²), *Ch. savignyi* (до 340 экз./м²), *M. massiliensis* (до 80 экз./м²), *C. dellavallei* (до 140 экз./м²); моллюски *L. cinerea* (до 7 экз./м²), *T. pullus* (до 90 экз./м²); полихета *P. dumerilii* (до 125 экз./м²). Митилястер представлен в основном ювенильными особями численностью до 13 750 экз./м². Всего в сообществе зарегистрировано 73 вида относительно мелких представителей донной макрофауны, имеющих высокую среднюю численность (7604 экз./м²) и небольшую биомассу (11 г/м²).

В сообществе *D. pugilator* зарегистрировано 59 видов средней численностью 1938 экз./м² и биомассой 3,5 г/м². Наиболее высокая плотность поселения отмечена у полихеты

P. kefersteini (до 680 экз./м²) и бокоплава *M. palmata* (до 280 экз./м²). Для Чёрного моря описано аналогичное временное сообщество *T. neritea* — *D. pugilator*, обитающее на глубине 2–5 м [Киселева, 1981]. Руководящие виды сообщества являются активно перемещающимися формами, часто образующими пищевые скопления, поэтому сообщество в целом представляет собой неустойчивую биологическую систему и относится к временным [Болтачева и др., 2006; Заика, 1981].

Сообщество *C. glaucum* расположено в кутовой, самой мелководной части бухты (глубина 0,5 м) со слабым водообменом. Грунт здесь представлен заиленным песком и при промывке проб ощущался запах сероводорода. Зарегистрировано 50 видов макробентоса, средние численность и биомасса составили соответственно 3108 экз./м² и 121 г/м². Руководящий вид сообщества *C. glaucum* представлен особями размером 1,4–19,4 мм (средние численность 113 экз./м² и биомасса 82 г/м²). Наибольшую численность в сообществе церастодермы имели личинки хиромид (до 2020 экз./м²), ракообразные *I. balthica* (до 610 экз./м²), *M. gryllotalpa* (до 600 экз./м²), *T. dulongii* (до 385 экз./м²), *G. insensibilis* (до 305 экз./м²). Последний вид — *G. insensibilis* (шримс, «маленькая креветка» длиной до 17 мм) обитает в лагунах с подтоком пресной воды, на илисто-песчаных грунтах, в зарослях водорослей и морских трав. В последние годы в Чёрном море встречается редко [Колесникова, Болтачева, Макаров, 2005]. В морских акваториях Северо-Западной Европы охраняется законом, на её вылов установлена квота, «креветка» часто используется как наживка при ловле рыб [Barnes, 1994]. В кутовой части бухты отмечена полноценная популяция данного вида: самки с икрой, самцы и особи на ювенильной стадии.

На станции 16 (глубина 3 м), на песчано-гравийном грунте, по биомассе доминировал двустворчатый моллюск *L. orbiculatus*. Здесь обнаружено 36 видов макрзообентоса численностью 2645 экз./м² и биомассой 23,76 г/м². Рядом с этой станцией находились известняковые глыбы центрального поднятия бухты, обильно обросшие водорослями. Видимо, поэтому в пробах отмечено много фитофильных видов — *R. splendida*, *B. reticulatum*, *C. acanthifera*, *B. arenosa*, *S. bulbosa*, хитоны, ранняя молодь митилид.

Следует отметить, что на некоторых самых мелководных станциях в кутовой части бухты зарегистрированы виды — характерные обитатели опреснённых районов, что может свидетельствовать о возможном периодическом поступлении пресной воды в этом участке. К ним относятся уже упомянутые бокоплавы *G. insensibilis* и личинки Chironomidae, а также двустворчатый моллюск *L. mediterraneum*. Численность и биомасса этого моллюска достигала 520 экз./м² и 0,13 г/м² (станция 22, глубина 1 м). Этот вид широко распространён в Азовском море, у румынского побережья Чёрного моря. При солёности до 14,6 ‰ образует плотные поселения [Киселева, 1981].

Макрзообентос на трёх станциях (14, 20, 21) в юго-западной части бухты, у пляжей, оказался бедным как в качественном, так и в количественном отношении. Хотя здесь и было обнаружено около 40 видов, многие из них, как например: моллюски *M. lineatus*, *L. lacteus*, *B. reticulatum*, *L. cinerea* — представлены единичными экземплярами. Зарегистрировано 17 видов полихет и 18 видов ракообразных. Высокая численность была лишь у *P. kefersteini* (в среднем 1203 экз./м²), а на одной из этих станций (станция 21) относительно высокая численность (более 100 экз./м²) отмечена также у полихет *C. harpagoneus*, *P. dumerilii* и танаидового рака *A. ostroumovi*. Следует заметить, что *P. kefersteini*, имевшая очень высокую численность на многих станциях и встречающаяся в бухте повсеместно, относится к семейству Dorvilleidae. Полихеты этого семейства отличаются способностью выживать в маргинальных биотопах, характеризующихся высоким уровнем содержания органики, а также примесями сульфидов и метана, в которых плохо выживают другие организмы [Understanding the ecology ... , 2016]. В целом средняя численность бентоса на этих станциях составляла 1828 экз./м², биомасса — 1,33 г/м². В этом районе (глубина на станциях 2–4 м) дно

покрыто довольно тонким слоем мелкого песка, образующего плотный, плохо аэрируемый осадок. Это, а также наличие пирсов, ухудшающих водообмен, и близость пляжей с большим количеством отдыхающих, видимо, привело к обеднению донного населения в этой части бухты. Следует отметить, однако, что при визуальном обследовании дна здесь обнаружено множество норок донных животных и водолазу удалось собрать живых особей рака-крота *Upogebia pusilla* (Petagna, 1792), а в одной из проб обнаружен пескожил *Arenicolides branchialis*. Поскольку эти животные обитают в очень глубоких норах, то при сборе материала дночерпателями они не попадают в пробы, в связи с чем, вероятно, происходит недоучёт количества макробентоса в этом биотопе.

Макрозообентос бухты в 2013 г. Более подробно характеристика макрозообентоса в 2013 г., в связи с сезонным отбором проб (весна — осень), будет рассмотрена отдельно. Здесь же отметим, что суммарно в 2013 г. в бухте обнаружено 99 таксонов, в том числе Annelida — 41, Crustacea — 27, Bivalvia — 13, Gastropoda — 9, Bryozoa — 4, Chordata, Echinodermata и Polyplacophora — по 1 виду (рис. 4А). Представители Platyhelminthes и Nemertea до вида не идентифицированы. Средние значения численности и биомассы макрозообентоса составляли соответственно 5900 ± 2036 экз./м² и $40,8 \pm 34,3$ г/м². По плотности доминирующей группой являлись Annelida, численность которых составляла в среднем 4861 экз./м², на втором месте — Mollusca (513 экз./м²) (рис. 4В).

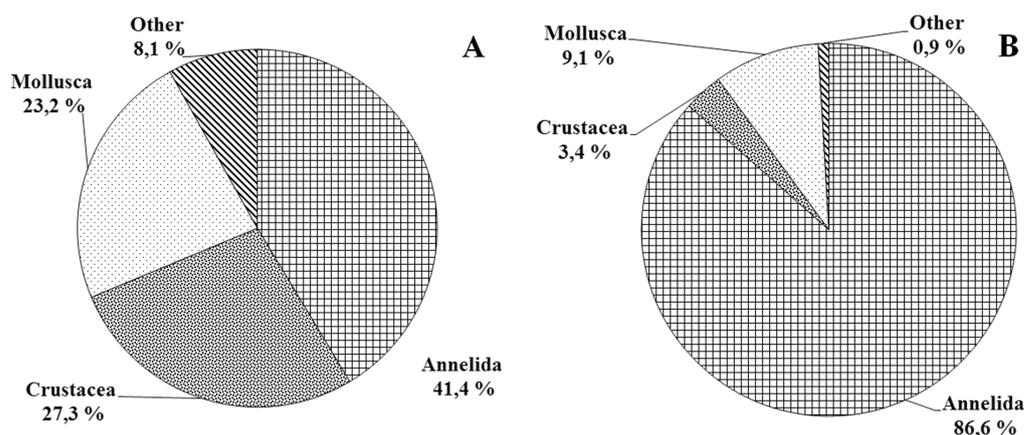


Рис. 4. Соотношение числа видов (А) и численности (В) основных систематических групп макрозообентоса в б. Круглой в 2013 г.

К группе руководящих отнесены 10 видов (9,6 % видового состава), среди которых моллюски представлены тремя видами (*Ch. gallina*, *L. divaricata*, *G. minima*, встречаемость 67, 52, 52 % соответственно), полихеты — четырьмя видами (*P. kefersteini*, *C. harpagoneus*, *S. hyalina*, *M. longicornis*, встречаемость 100, 81, 62, 52 % соответственно), ракообразные — двумя видами (*B. arenosa*, *C. dellavalle*, встречаемость 62, 57 % соответственно), мшанки — одним видом (*C. pallasiana*, встречаемость 67 %). В группе характерных — 14, в группе редких — 80 видов.

Наиболее массовыми формами бентоса в бухте являлись полихеты *P. kefersteini* (100 % встречаемости, численностью до 13 375 экз./м²), *C. harpagoneus* (81 %, до 5400 экз./м²), *M. longicornis* (52 %, до 675 экз./м²), *Exogone naidina* (48 %, до 1063 экз./м²); амфипода *C. dellavallei* (57 %, до 325 экз./м²); кумовый рак *B. arenosa* (62 %, до 400 экз./м²); моллюски *Ch. gallina* (67 %, до 1000 экз./м²), *G. minima* (52 %, до 350 экз./м²), *L. divaricata* (52 %, 1163 экз./м²); мшанка *C. pallasiana* (67 %).

Как доминанты по биомассе зарегистрированы 8 видов. На восьми станциях (из 21 выполненной) доминировал *Ch. gallina*, на трёх — *G. minima*, на двух — *M. donacina*. Доминирование на одной из станций отмечено для двустворчатого моллюска *S. subtruncata*, полихет

P. cultrifera, *L. leiopygos*, *C. harpagoneus*, *P. dumerilii*, рака-отшельника *D. pugilator*, а также мшанки *C. pallasiana*. Соответственно этому, согласно принципу доминирования по биомассе, донная макрофауна бухты в 2013 году была представлена тремя основными биоценозами — *Ch. gallina*, *G. minima* и *M. donacina*.

В сообществе *Ch. gallina* зарегистрировано 58 видов макробентоса средней численностью 7905 ± 5018 экз./м² и биомассой $83,75 \pm 94,02$ г/м². Руководящий вид сообщества *Ch. gallina* представлен особями размером до 21,9 мм, средней численностью 295 ± 259 экз./м² и биомассой $59,99 \pm 84,72$ г/м². Наиболее массовыми формами являлись полихеты *P. kefersteini* (численность до 13 375 экз./м², встречаемость в пределах биоценоза 100 %), *C. harpagoneus* (до 5400 экз./м², 75 %), *C. capitata* (до 388 экз./м², 38 %); двустворчатые моллюски *Ch. gallina* (до 1000 экз./м², 100 %), *G. minima* (до 350 экз./м², 50 %), *L. divaricata* (до 1163 экз./м², 50 %); кумовый рак *B. arenosa* (до 400 экз./м², 63 %). Помимо руководящего вида сообщества, высокую биомассу имели двустворчатые моллюски *G. minima* (до 25,6 г/м²), *S. subtruncata* (до 20,3 г/м²), *M. donacina* (до 21,463 г/м²), *L. orbiculatus* (до 16,675 г/м²); полихета *G. alba* (до 8,75 г/м²) и рак-отшельник *D. pugilator* (до 20,2 г/м²).

В сообществе *G. minima* отмечено 50 видов донной макрофауны со средними численностью 2918 ± 1411 экз./м² и биомассой $18,96 \pm 29,81$ г/м². Руководящий вид сообщества представлен особями размером до 9 мм, средней численностью 196 экз./м² и биомассой 12,28 г/м². Наиболее массовыми формами бентоса являлись полихеты *Ph. inornata* (численность до 1100 экз./м², встречаемость 67 %), *P. kefersteini* (до 2413 экз./м², 100 %); двустворчатый моллюск *L. divaricata* (до 363 экз./м², 100 %). Биомасса всех (кроме руководящей формы) видов бентоса в данном сообществе не превышала 5 г/м².

В сообществе *M. donacina* зарегистрировано 23 вида средней численностью 3477 экз./м² и биомассой 29 г/м². Руководящий вид представлен особями длиной до 15,8 мм, средними численностью 163 экз./м² и биомассой 20,9 г/м². Как и в двух предыдущих сообществах, здесь массовое развитие отмечено у полихет *P. kefersteini* (численность до 2200 экз./м², 100 % встречаемости), *C. harpagoneus* (до 700 экз./м², 100 %), *M. longicornis* (до 450 экз./м², 50 %), *Ph. inornata* (до 275 экз./м², 50 %). Биомасса всех (кроме руководящей формы) видов бентоса в данном сообществе не превышала 4 г/м².

Выполненные нами исследования состава фауны бухты с помощью дночерпательных орудий сбора, ввиду вероятностного характера исследования площади дна и ограничения проникновения использованного типа дночерпателя в глубь субстрата, не могут считаться полными, по крайней мере с точки зрения количественного учёта отдельных форм бентоса.

Общий список состава донной макрофауны бухты Круглой может быть дополнен результатами специальных исследований отдельных таксономических групп. Следует отметить, что зарегистрированные виды могут быть обитателями не только рыхлых грунтов, но и других субстратов — зарослей макрофитов или каменистых россыпей. В фауне декапод [Ревков, Бондаренко, Гринцов, 2008; Тимофеев, Аносов, 2016], кроме упомянутого выше вида *Upogebia pusilla*, — это *Pestarella candida* (Olivi, 1792), *Alpheus dentipes* Guérin, 1832, *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758), *Philocheras trispinosus* (Hailstone in Hailstone & Westwood, 1835), *Macropodia czernjawszkii* (Brandt, 1880), *Liocarcinus vernalis* (Risso, 1827), *Hippolyte leptocerus* (Heller, 1863), *Palaemon elegans* Rathke, 1836, *Pisidia longimana* (Risso, 1816); в фауне амфипод и мизид [Ревков, Бондаренко, Гринцов, 2008] — *Caprella mitis* Mayer, 1890, *Cardiophilus baeri* Sars, 1896, *Gastrosaccus sanctus* (Van Beneden, 1861), *Paramysis (Longidentia) kroyeri* (Czerniavsky, 1882); в малакофауне [Ревков, Макаров, Копий, 2011] — гастроподы *Cerithium vulgatum* Bruguière, 1792, *Spiralinella incerta* (Milaschewitsch, 1916) (= *Chrysallida incerta* (Milaschewitsch, 1916)), *Parthenina interstincta* (J. Adams, 1797) (= *Ch. obtusa* (T. Brown, 1827)),

Parthenina terebellum (Philippi, 1844), *Steromphala divaricata* (Linnaeus, 1758) (= *Gibbula divaricata* (Linnaeus, 1758)), *Marshallora adversa* (Montagu, 1803), *Pusillina inconspicua* (Alder, 1844), *Brachystomia eulimoides* (Hanley, 1844) (= *Odostomia eulimoides* Hanley, 1844), *Omalogyra atomus* (Philippi, 1841), *Rissoa membranacea* (J. Adams, 1800) (= *Rissoa labiosa* (Montagu, 1803)), *R. venusta* Philippi, 1844, *Tricolia milaschewitchi* Anistratenko et Starobogatov, 1991, *Trophonopsis* sp., *Turbonilla acuta* (Donovan, 1804) (= *Turbonilla delicata* (Monterosato, 1874)), двустворчатые моллюски *Donax trunculus* Linnaeus, 1758, *Mya arenaria* Linnaeus, 1758. В виде пустых свежих раковин отмечены моллюски *Parthenina emaciata* (Brusina, 1866), *Mangelia costata* (Pennant, 1777), *Myosotella myosotis* (Draparnaud, 1801), *Odostomia plicata* (Montagu, 1803), *Tornus subcarinatus* (Montagu, 1803), *Truncatella* sp., *Vitreolina incurva* (B. D. D., 1883), *Striarca lactea* (Linnaeus, 1758) и молодь *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758).

Суммируя результаты бентосных съёмок, выполненных в 1990, 2004 и 2013 гг., а также специальных исследований состава донной фауны моллюсков и ракообразных [Ревков, Бондаренко, Гринцов, 2008; Ревков, Макаров, Копий, 2011; Тимофеев, Аносов, 2016], мы приходим к заключению об относительно высоком уровне видового богатства макрозообентоса б. Круглой. Если брать в расчёт основные таксоны, по которым имеются наиболее полные данные, то количество видов макрофауны бухты близко к половине от её общего состава (в рамках указанных основных таксонов), известного для берегов Крыма (табл. 2).

Таблица 2

Количество видов основных таксонов донной макрофауны б. Круглой и крымского побережья в целом

Таксон	б. Круглая	*Побережье Крыма
Mollusca	68	156
Crustacea	64	157
Polychaeta	66	151

Примечание: * — из работы Н. К. Ревкова [Ревков, 2011]

Ввиду неполноты обработки таксонов общее видовое богатство донной макрофауны акватории б. Круглой (212 видов) оказалось несколько беднее, чем в другой, большей по площади и более исследованной бухте Юго-Западного Крыма — Севастопольской, где за более чем 100-летний период было зарегистрировано 358 видов макрозообентоса [Revkov et al., 2008].

Заключение

За время исследований в 1990, 2004 и 2013 гг. на рыхлых грунтах бухты Круглой зарегистрировано 173 вида макрозообентоса, из которых Annelida — 67, Crustacea — 50, Mollusca — 43, Bryozoa — 4, Cnidaria — 3, Echinodermata — 2, Chordata — 1 вид. Отмечены также Chironomidae larvae, Platyhelminthes и Nemertea. С учётом дополнительных специальных исследований донной фауны моллюсков и ракообразных количество видов макрозообентоса бухты Круглой составляет 212.

Диапазоны варьирования годовых средних значений численности и биомассы макрозообентоса в изученный период составили 679–5900 экз./м² и 38,5–151,9 г/м². По численности преобладали полихеты с основной долей у *Protodorvillea kefersteini* (76 % в 1990 г., 86 % в 2004 г и 60 % в 2013 г.), по биомассе — моллюски с преобладанием *Chamelea gallina* (90 % в 1990 г., 63 % в 2004 г., и 25 % в 2013 г.).

Полученные результаты указывают на превалирующее развитие в бентосе бухты во все периоды исследования сообщества двустворчатого моллюска *Chamelea gallina*, однако с тенденцией ослабления его пространственного доминирования в 2000-е годы. В 1990 г. сообщество *Chamelea*

gallina занимало практически всю площадь рыхлых грунтов бухты, в 2004 г. бентос был представлен четырьмя основными сообществами (*Chamelea gallina*, *Mytilaster lineatus*, *Diogenes pugilator* и *Cerastoderma glaucum*), в 2013 г. — тремя (*Chamelea gallina*, *Gouldia minima* и *Moerella donacina*). В юго-западной части бухты, у пляжей и пирсов, отмечено обеднение количественного и качественного развития макрозообентоса. В кутовой части бухты обнаружено сообщество двусторчатого моллюска *Cerastoderma glaucum*, развивающееся на сильно заиленном песчаном грунте с признаками сероводородного заражения в подповерхностном горизонте. Присутствие в самых мелководных кутовых участках бухты характерных обитателей опреснённых районов свидетельствует о наличии здесь постоянной подпитки акватории пресными водами. В целом полученные результаты указывают на высокий уровень видового богатства и количественного развития донной макрофауны бухты в условиях значительного антропогенного пресса.

Авторы выражают большую признательность А. С. Повчуну за предоставление первичных материалов бентосной съёмки 1989–1990 гг., Н. Г. Сергеевой — за организацию работ в 2004 и 2013 гг., В. А. Тимофееву — за помощь в сборе материала, В. Г. Копий — за определение полихет в части проб 2013 года и участие в оформлении рисунка (1), Г. А. Добротиной — за помощь при разборе материала и определение мшанок.

Список литературы

1. Бентос севастопольской бухты Омега / Гордеева И. К., Лежнев И. В., Горолевич К. [и др.]. — Севастополь, 1992. — 41 с. — Деп. в ВИНТИ, № 1265-Б92.
2. Болтачева Н. А., Мазлумян С. А., Колесникова Е. А., Макаров М. В. Многолетние изменения бентоса в мелководной зоне в районе Севастополя (Чёрное море) // Экология моря : сб. науч. тр. / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. — Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. — Вып. 72. — С. 5–13.
3. Воробьёв В. П. Бентос Азовского моря. — Симферополь : Крымиздат, 1949. — 193 с. — (Труды Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии ; вып. 13).
4. Заика В. Е. Ёмкость среды — содержание понятия и применение в экологии // Экология моря : респ. межвед. сб. / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. — Киев : Наук. думка, 1981. — Вып. 7. — С. 3–9.
5. Заика В. Е., Коновалов С. К., Сергеева Н. Г. Локальные и сезонные явления гипоксии на дне севастопольских бухт и их влияние на макробентос // Морской экологический журнал. — 2011. — Т. 10, № 3. — С. 15–25.
6. Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Чёрного моря. Т. 2. Северо-западная часть. — Москва : Из-во АН СССР, 1960. — 216 с.
7. Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Чёрного моря. — Санкт-Петербург : тип. Акад. наук, 1913. — 299 с. — (Записки Академии наук по Физико-математическому отделению ; т. 32, № 1).
8. Киселева М. И. Бентос рыхлых грунтов Чёрного моря. — Киев : Наук. думка, 1981. — 165 с.
9. Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей. — Апатиты : Изд-во Кол. науч. центра РАН, 2004. — 409 с.
10. Ковардаков С. А., Празукин А. В. Структурно-функциональные характеристики донного фитопланктона бухты Круглой (Севастополь) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. — 2012. — Вып. 7. — С. 138–148.
11. Ковардаков С. А., Празукин А. В., Холодов В. В., Родионова Н. Ю. Современное экологическое состояние б. Круглой (г. Севастополь) // Системы контроля окружающей среды : сб. науч. тр. / Ин-т природ.-техн. систем. — Севастополь : ИПТС, 2012. — Вып. 17. — С. 177–183.

12. Колесникова Е. А., Болтачева Н. А., Макаров М. В. Макробентос кутовой части Стрелецкой бухты (Чёрное море) // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. – 2005. – № 4 (27). – С. 287–289.
13. Кондратьев С. И. Особенности распределения растворённого кислорода в водах Севастопольской бухты в 2006–2007 гг. // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 2. – С. 63–76.
14. Красная книга города Севастополя / Правительство Севастополя, Гл. упр. природ. ресурсов и экологии г. Севастополя; отв. ред.: Довгаль И. В., Корженевский В. В. – Калининград; Севастополь: РОСТ-ДООФК, 2018. – 432 с.
15. Куфтаркова Е. А., Ковригина Н. П. Влияние ливневых стоков на экологическое состояние прибрежной зоны моря (на примере бухты Омега) // Другий з'їзд гідроекологічного товариства України, Київ, 27–31 жовтня 1997 р.: тези доп. – Київ: [б. в.], 1997. – Т. 2. – С. 205–207.
16. Миловидова Н. Ю., Алемов С. В. Зообентос мягких грунтов Севастопольской бухты и прилегающих районов // Молисмология Чёрного моря / АН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Киев: Наук. думка, 1992. – Гл. 19. – С. 263–281.
17. Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. Черноморский макрозообентос в санитарно-биологическом аспекте. – Киев: Наук. думка, 1985. – 101 с.
18. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алемов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.
19. Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Пространственное распределение запасов макрофитов в бухте Круглой (Чёрное море) // Экосистемы. – 2019. – Вып. 19. – С. 16–26.
20. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные: в 3 т. / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей; под общ. рук. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. – Киев: Наук. думка, 1968–1972. – 3 т.
21. Орехова Н. А., Коновалов С. К., Овсяный Е. И. Изменение геохимических характеристик в донных осадках Крымского побережья // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа: сб. науч. тр. / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь: МГИ, 2013. – Вып. 27. – С. 284–288.
22. Павлова Е. В., Мурина В. В., Куфтаркова Е. А. Гидрохимические и биологические исследования в бухте Омега (Чёрное море, Севастопольский шельф) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа: сб. науч. тр. / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь: МГИ, 2001. – Вып. 2. – С. 159–176.
23. Ревков Н. К. Макрозообентос украинского шельфа Чёрного моря // Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 140–162. – <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4583.7280>
24. Ревков Н. К., Бондаренко Л. В., Грищов В. А. Структура таксоцены Malacostraca акватории бухты Круглой (Юго-Западный Крым, Чёрное море) // Экология моря: сб. науч. тр. / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – Вып. 75. – С. 71–76.
25. Ревков Н. К., Макаров М. В., Копий В. Г. Таксоцен моллюсков бухты Круглой (Крым, Чёрное море) // Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища: зб. наук. пр. / НАН України, Ін-т гідробіології України [та ін.]. – Житомир: Вид-во Житомир. держ. ун-ту ім. І. Франка, 2006. – Вып. 2. – С. 239–243.
26. Свищев С. В., Кондратьев С. И., Коновалов С. К. Закономерности сезонных изменений содержания и распределения кислорода в водах Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал. – 2011. – № 4. – С. 64–78.

27. Тимофеев В. А., Аносов С. Е. Современное состояние видового разнообразия Десярота (Crustacea) в бухтах Севастополя // Морские биологические исследования: достижения и перспективы : всерос. науч.-практ. конф. ... к 145-летию Севастоп. биол. станции, Севастополь, 19–24 сент. 2016 г. / Ин-т мор. биол. исслед. им. А. О. Ковалевского РАН [и др.]. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 2. – С. 174–177.
28. Barnes R. S. K. The Brackish-Water Fauna of Northwestern Europe : an identification guide ... and students. – Cambridge ; New York : Cambridge Univ. Press, 1994. – 287 p.
29. Grintsov V., Sezgin M. Manual for identification of Amphipoda from the Black Sea. – Sevastopol : DigitPrint, 2011. – 151 p.
30. Revkov N. K., Petrov A. N., Kolesnikova E. A., Dobrotina G. A. Comparative analysis of long-term alterations in structural organization of zoobenthos under permanent anthropogenic impact (case study: Sevastopol Bay, Crimea) // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 3. – С. 37–49.
31. Revkov N. K., Boltacheva N. A., Timofeev V. A., Bondarev I. P., Bondarenko L. V. Macrozoobenthos of the Zernov's *Phyllophora* Field, Northwestern Black Sea: species richness, quantitative representation and long-term variations // Nature Conservation Research. – 2018. – Vol. 3, iss. 4. – P. 32–43. – <https://doi.org/10.24189/ncr.2018.045>
32. Understanding the ecology of Dorvilleid polychaetes in Macquarie Harbour: response of the benthos to organic enrichment from finish aquaculture : FRDC Project № 2014–038 / Ross J., McCarthy A., Davey A., Pender A., Macleod C. – [Hobart, Australia : s. n.], 2016. – 72 p.
33. World Register of Marine Species. – URL: <http://www.marinespecies.org> (access date: 06.03.2022).

**BENTHIC FAUNA OF THE KRUGLAYA BAY (BLACK SEA, CRIMEA). PART II:
TAXONOMIC COMPOSITION AND QUANTITATIVE CHARACTERISTICS
OF MACROZOOBENTHOS IN THE SOFT-BOTTOM BIOTOPE**

Boltachova N. A., Revkov N. K., Bondarenko L. V., Makarov M. V., Nadolny A. A.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: nboltacheva@mail.ru*

Abstract: The Kruglaya Bay (formerly known as Omega) is located in the northern part of the Heracles Peninsula, Sevastopol city. Since it is situated within the city boundaries and is broadly used for recreational activities, there is a strong need to monitor the state of its ecosystem. The aim of this work is to summarize the results of studies on taxonomic composition and quantitative characteristics of the macrozoobenthos of the soft sediments based on the data taken in 1990, 2004 and 2013. During this period, 173 species of macrobenthic animals were recorded, including Annelida — 67 species, Crustacea — 50, Mollusca — 43, Bryozoa — 4, Cnidaria — 3, Echinodermata — 2, Chordata — 1 species. Members of Chironomidae (larvae), Platyhelminthes, and Nemertea were recorded as well. Considering the new results and literature data, 212 species of macrobenthic animals are known from the Kruglaya Bay. Macrozoobenthos of the studied area is mainly comprised of a bivalve *Chamelea gallina* community, which spatial dominance declined in the 2000s. Annual mean values of benthos abundance and biomass varies within 679–5900 ind./m² and 38.5–151.9 g/m². The highest abundance was registered for polychaeta *Protodorvillea kefersteini*, the highest biomass — for bivalve *Chamelea gallina*. In the southwestern part of the bay, near the artificial beaches and piers, the biological richness has shown evidence for depletion. The corner part of the bay is occupied by a community of bivalve *Cerastoderma glaucum*, developed on a highly silted sandy sediments with hydrogen-sulfide contamination in the subsurface horizon. Also, in the shallow corner part of bay, the freshwater species have been recorded — this indicates the presence of natural and/or artificial springs there. Overall, results of the study indicate a species-rich high biomass benthic community of macrofauna developed under the anthropogenic pressure in the Kruglaya Bay.

Keywords: zoobenthos, taxonomic composition, *Chamelea gallina* community, *Protodorvillea kefersteini*, Sevastopol Bay.

Сведения об авторах

Болтачева Наталья Александровна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», nboltacheva@mail.ru
Ревков Николай Константинович	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», nrevkov@yandex.ru
Бондаренко Людмила Васильевна	младший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», bondarenko.luda@gmail.com
Макаров Михаил Валериевич	кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», mihaliksevast@inbox.ru
Надольный Антон Александрович	кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», nadolnyanton@mail.ru

*Поступила в редакцию 16.07.2021 г.
Принята к публикации 24.03.2022 г.*

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛОВУШЕК МЁРИКЕ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (INSECTA, COLEOPTERA)
НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА¹**

Дедюхин С. В.¹, Шоренко К. И.²

¹ФГБОУВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, Российская Федерация,
e-mail: ded@udsu.ru

²Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал
ФИЦ ИнБИОМ, г. Феодосия, Российская Федерация,
e-mail: k_shorenko@mail.ru

Аннотация: Проведён анализ стационарных сборов жесткокрылых, полученных с применением линий ловушек Мёрике в течение двух сезонов (2020 и 2021 гг.) на нескольких площадках Юго-Восточного Крыма, включая государственный природный заповедник «Карадагский» и заказник «Хребет Тепе-Оба». Всего было собрано около 2000 экземпляров жуков из 28 семейств. В выборке количественно преобладали антофильные виды из семейств Mordellidae, Vuprestidae, Oedemeridae, Meloidae, Tenebrionidae (подсем. Alleculinae), Coccinellidae и Cleridae. Напротив, количественная и качественная эффективность сборов специализированных групп жуков-фитофагов (сем. Chrysomelidae и надсем. Curculionoidea) оказалась низкой (34 вида, что составляет менее 10 % от потенциального состава локальных фаун). При этом обнаруженный в единичном экземпляре долгоносик *Pachytychius transcaucasicus* Pic, 1913 впервые отмечен в Крыму. Анализ сезонной динамики сборов показал, что максимальная численность и разнообразие жуков в сборах приходится на июнь. Применение ловушек Мёрике рекомендуется как дополнительный метод при стационарном изучении локальных фаун и сезонной активности антофильных жуков.

Ключевые слова: жесткокрылые, Юго-Восточный Крым, ловушки Мёрике, таксономический состав, сезонная динамика.

Введение

Ловушка Мёрике — эффективный, доступный и малотрудоёмкий метод сбора активно летающих насекомых, в первую очередь опылителей из отрядов перепончатокрылых и двукрылых [Акулов, Прощалыкин, 2013; Винокуров, 2011; Винокуров, Шоренко, 2021; Клещевникова, 2017; Heneberg, Vogusch, 2014; Larsen et al., 2014; Moericke, 1951; Vrdoljak, Samways, 2012]. Они представляют собой пластмассовые тарелки яркого цвета [Гребенников, 2015; Методы полевых экологических исследований, 2014; Фасулати, 1971]. Цвет ловушек может быть различным (белым, голубым или другим) [Гребенников, 2015; Методы полевых экологических исследований, 2014], но наиболее эффективными являются ловушки жёлтого цвета [Мутин, Шеенко, Чурилова, 2012; Larsen et al., 2014]. Принято считать, что принцип их действия основан на зрительной чувствительности многих насекомых к предметам, напоминающим своей формой и окраской цветы (или соцветия) [Хабибуллин, 2016]. Вероятно, насекомых привлекает крупное пятно яркого цвета или же они распознают контраст цветов [Методы полевых экологических исследований, 2014]. Кроме того, так как ловушки часто расставляются непосредственно на почве, обычно в травостое, в них могут попадать и хортофильные насекомые, не связанные с цветами (тли, паразитические перепончатокрылые и т. д.), и даже некоторые быстро бегающие герпетобионты (например, муравьи) [Юсупов, Шоренко, 2021]. Отмечается, что длительное

¹Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБИОМ по теме 121032300023-7 «Изучение особенностей структуры и динамики сухопутных экосистем в различных климатических зонах».

использование ловушек Мёрике (в течение многих дней на протяжении всего светлого времени суток) позволяет значительно расширить спектр выявляемой фауны насекомых, однако эти сборы очень избирательны и не отражают действительного состава, численности и структуры фауны каких-либо групп насекомых [Гребенников, 2015].

В цветочные ловушки попадают различные группы насекомых (Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Heteroptera, Orthoptera, Collembola и др.), однако работ, в которых бы имелись сведения о сборе жесткокрылых с помощью ловушек Мёрике, очень немного, а в тех, что нам удалось найти, обычно отмечается их низкая эффективность (немногочисленность или единичность в сборах представителей отряда) [Колов, Темрешев, 2012; Хабибуллин, 2016; Целищева, Рогожникова, Юферев, 2018]. Кроме того, в большинстве работ период применения ловушек был очень ограничен (несколько дней) и, как правило, сборы осуществлялись лишь в одной точке. Долговременного применения этого метода для изучения жесткокрылых с охватом ряда различных по ландшафтно-биотопическим условиям пунктов ранее не проводилось. Между тем даже тот факт, что многие группы жуков регулярно посещают цветы для питания пыльцой или частями венчика, определяет перспективность данного подхода. Оценка же метода для сбора специализированных групп жуков-фитофагов в данной статье проведена впервые.

Юго-Восточный Крым — прибрежно-горный регион, расположенный вдоль побережья Чёрного моря между городами Судак и Феодосия. Он занимает самое восточное положение в пределах Главной гряды Крымских гор, на стыке неморальных горных лесов, сухих степей, субсредиземноморских редколесий и томилляров Южного берега, представляя собой изолированную систему низкогорных хребтов (только на северо-востоке холмистая местность переходит в равнину). Благодаря своеобразию климатических условий, сложному рельефу и экотонному эффекту данный регион отличается высоким уровнем биоразнообразия (даже по меркам биоты Крыма). При этом не нарушенные хозяйственной деятельностью человека участки ландшафта имеют, как правило, островной характер [Миронова, 2019]. Здесь функционирует ряд ООПТ федерального и регионального уровней, включая государственный природный заповедник «Карадагский» и государственный природный заказник «Горный массив Тепе-Оба».

Заповедник «Карадагский» (общая площадь сухопутной части — 2065,1 га) включает территорию Карадагского горного массива, представляющего собой систему коротких и сильно расчленённых эрозией низкогорных хребтов, на юге и востоке примыкающих к Чёрному морю, с максимальными высотами до 500–580 м (рис. 1Д) [Дидух, 1982; Природа Карадага, 1989]. По современным данным, флора сосудистых растений заповедника насчитывает 1200 видов, подвидов и гибридов из 95 семейств, включая большое число эндемичных растений (около 30 % от общего числа эндемиков Крыма) [Миронова, 2019; Миронова и др., 2012; Миронова, Нухимовская, 2001; Миронова, Фатерыга, 2015].

Хребет Тепе-Оба — плосковершинная гряда (максимальная высота 289 м над уровнем моря), протянувшаяся на 8–10 км с востока на запад (от с. Подгорное до мыса Ильи), имеющая довольно пологие северные склоны, местами прорезанные глубокими балками и оврагами, и более крутые южные. Хребет представляет собой самую восточную оконечность Главной гряды Крымских гор, замыкающую Феодосийское мелкогорье. На склонах хребта располагается г. Феодосия (рис. 1Г). Хребет сложен преимущественно меловыми отложениями, которые перекрыты рыхлыми породами палеогена. На территории этого горного ООПТ встречаются как степи, так и лесные, сосновые, массивы [Ена, Ена, Ена, 2004] (рис. 1Е). Флора высших растений насчитывает около 500 видов и почти на пятую часть представлена редкими растениями [Миронова, 2019; Муратов, 1960; Павлова, 1964; Шатко, Миронова, 2011].

Цель данной статьи — проанализировать эффективность метода Мёрике для сбора разных таксономических и экологических групп жесткокрылых, а также установить сезонные аспекты ловистости ловушек.

Ранее авторами статьи был проведён детальный анализ применения палаточных ловушек (ловушки Малеза) для изучения жесткокрылых в Карадагском заповеднике [Дедюхин, Шоренко, 2020], что позволяет сравнить полученные двумя разными методами данные.

Материал и методы

Сбор материала осуществлялся в 2020–2021 годах, с середины мая по конец августа, на пяти площадках: пос. Курортное, берег р. Отузки (44°54'58.31"N, 35°11'09.40"E); пос. Курортное, Карадагская биостанция (44°54'42.81"N, 35°12'01.06"E); Карадагский природный заповедник (44°56'16.55"N, 35°13'53.94"E); хребет Тепе-Оба (45°00'36.95"N, 35°22'58.58"E) и подножие хребта Тепе-Оба на окраине г. Феодосии (45°00'44.10"N, 35°23'29.06"E) (рис. 1А–Е). Определение координат производилось при помощи навигатора Garmin eTrex10 по системе GPS и ГЛОНАСС.

В качестве ловушек Мёрике использовались жёлтые или оранжевые пластиковые тарелки диаметром 15–18 см и глубиной до 5–8 см (рис. 1Б), которые выставлялись в линию по 5–7 шт. через 1–2 м на поверхности почвы или скал. В качестве фиксатора применялся раствор моющего средства ТМ Sarma[®] (или аналог) в количестве 10–15 мл на 5 л воды. Выемка материала осуществлялась, как правило, через 1–3 дня. Использование больших интервалов нецелесообразно, так как в чашках накапливается значительное число насекомых (в основном из отрядов Diptera, Hymenoptera и Coleoptera, в некоторых случаях в сборах попадались Lepidoptera и Hemiptera), что снижает эффективность сборов, а длительное их пребывание в растворе портит материал. Собранные таким образом насекомые промывались от остатков моющего средства несколько раз водой, затем фиксировались 70%-ным этиловым спиртом.

В общей сложности отобрано 58 проб, включающих 1940 экземпляров жуков. Основная часть материала хранится в фондах Карадагской научной станции, часть сборов жуков-листоедов и долгоносиков — в научной коллекции первого автора.

При определении видов жуков-фитофагов использован набор определителей и ревизий [Беньковский, 1999; Забалуев, 2020; Лопатин, 2010; Определитель насекомых ... , 1965; Bieńkowski, 2004; Warchałowski, 2003]. Помощь в определении некоторых видов долгоносиков оказал Б. А. Коротяев (Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург).

Номенклатура и объём таксонов ранга семейства приведены в соответствии с работой [Bouchard et al., 2011]. Номенклатура видов растительноядных жуков взята из соответствующих томов каталога жесткокрылых Палеарктики [Catalogue ... , 2010; Cooperative Catalogue ... , 2022].

Планирование исследований и сбор материала проведены К. И. Шоренко, определение жуков и анализ результатов осуществил С. В. Дедюхин.

Результаты и обсуждение

Состав и соотношение семейств жесткокрылых. Всего ловушками Мёрике удалось собрать жесткокрылых из 28 семейств. В работе отдельно рассматриваются ещё 3 группы жуков — зерновки (Bruchinae), пыльцееды (Alleculinae) и короеды (Scolytinae) (которые сейчас обычно принимаются в ранге подсемейств) (табл. 1). Обращает на себя внимание преобладание в сборах видов жуков, имаго которых регулярно встречаются на цветах (1575 экз., 81 %). Среди них почти половина экземпляров (777 экз.) приходится на горбатов (Mordellidae) (за счёт немногих массовых видов из родов *Mordellistena* и *Mordella*).

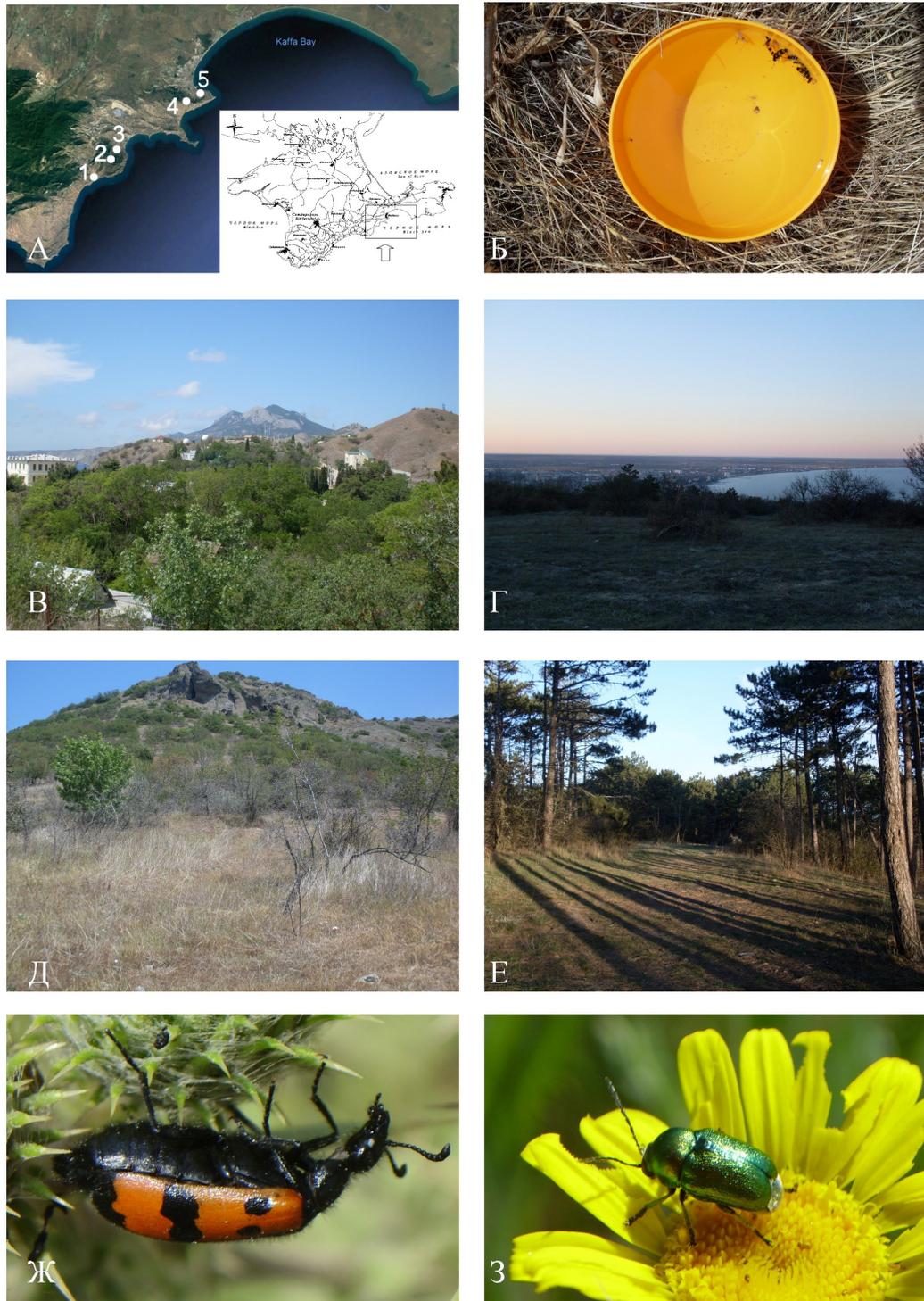


Рис. 1. Район исследований и некоторые виды жесткокрылых (Coleoptera), собранные ловушками Мёрике. А. Карта установки ловушек Мёрике в Юго-Восточном Крыму в 2020 и 2021 гг., Google Earth, открытый доступ (Карадагский заповедник (1–3), заказник «Хребет Тепе-Оба» (4–5)).
 Б. Ловушка Мёрике, установлена на биостанции Карадагского заповедника (июль, 2021).
 В. Ландшафты биостанции Карадагского заповедника (июнь, 2020). Г. Ландшафты окрестностей г. Феодосии, хребет Тепе-Оба (август, 2020). Д. Ландшафты Карадагского заповедника (июль, 2020).
 Е. Сосновый бор на территории заказника «Горный массив Тепе-Оба» (август, 2020).
 Ж. *Mylabris quadripunctata* (L.) (Meloidea) на цветках вблизи ловушки Мёрике (Карадаг, июль, 2020).
 3. *Cryptocephalus sericeus* (L.) (Chrysomelidae) на соцветии вблизи ловушки Мёрике (хребет Тепе-Оба, июль, 2020).

Таблица 1

Таксономический состав жесткокрылых и распределение числа экземпляров из разных семейств, собранных ловушками Мёрике в 2020 и 2021 гг.

№	Таксоны	Период					Всего
		10–31.05	01–15.06	16–31.06	01–15.07	16.07–30.08	
1	Carabidae Latreille, 1802	3	–	–	1	–	4
2	Histeridae Gyllenhal, 1808	1	–	–	–	–	1
3	Leiodidae Fleming, 1821	1	–	–	–	–	1
4	Scarabaeidae Latreille, 1802	11	4	1	4	–	20
5	Scirtidae Fleming, 1821	–	1	–	–	–	1
6	Buprestidae Leach, 1815	155	69	78	9	–	311
7	Elateridae Leach, 1815	1	2	1	–	–	4
8	Nitidulidae Latreille, 1807	1	13	–	–	–	14
9	Ptinidae Latreille, 1802 (подсем. Anobiinae Fleming, 1821)	–	1	1	–	–	2
10	Cleridae Latreille, 1802	1	3	21	1	–	26
11	Melyridae Leach, 1815	1	27	2	2	–	32
12	Cantharidae Imhoff, 1856 (1815)	1	1	12	–	–	14
13	Dermestidae Latreille, 1804	2	1	–	–	–	3
14	Endomychidae Leach, 1815	–	6	–	–	–	6
15	Coccinellidae Latreille, 1807	27	30	32	5	3	97
16	Oedemeridae Latreille, 1810	41	141	17	1	–	200
17	Lathridiidae Erichson, 1842	–	–	1	–	–	1
18	Cryptophagidae Kirby, 1837	–	–	1	–	–	1
19	Anthicidae Latreille, 1819	–	10	2	4	2	18
20	Mycteridae Blanchard, 1845	1	5	1	–	–	7
21	Tenebrionidae Latreille, 1802	1	–	–	–	–	1
22	Tenebrionidae (подсем. Alleculinae Laporte, 1840)	10	8	34	1	–	53
23	Mordellidae Latreille, 1802	159	319	302	10	–	790
24	Meloidae Gyllenhal, 1810	–	8	5	130	11	154
25	Cerambycidae Latreille, 1802	–	8	26	–	1	35
26	Chrysomelidae Latreille, 1802	3	8	17	49	15	92
27	Chrysomelidae (подсем. Bruchidae Latreille, 1802)	–	3	1	–	–	4
28	Anthribidae Billberg, 1820	–	1	–	–	–	1
29	Brentidae Billberg, 1820	–	–	–	–	7	7
30	Curculionidae Latreille, 1802	9	11	6	2	1	29
31	Curculionidae (подсем. Scolytinae Latreille, 1807)	–	–	–	–	–	1
	Всего экземпляров	429	681	561	219	40	1930

В число фоновых групп входят также Buprestidae (286 экз.), Oedemeridae (198 экз.), Meloidae (154 экз.), Alleculinae (49 экз.), Cerambycidae (30 экз.). Всё это антофильные группы, имаго которых на цветах проходят дополнительное питание пыльцой. Так, среди златок подавляющее большинство экземпляров приходится на мелкие антофильные формы из рода *Anthaxia*: *A. olympica* Kiesenwetter, 1880; *A. bicolor* Faldermann, 1835; *A. fulgurans* (Schrank, 1789); *A. podolica* Mannerheim, 1837; *Acmaeoderella flavofasciata* (Piller & Mitterpacher, 1783); *Cratomerus hungaricus* (Scopoli, 1772), напротив, крупные формы, не привлекаемые цветами, единичны. Показательно, что в сборах отсутствуют и мелкие златки из обширного рода *Agrilus*, ряд видов которого обычен в травостое, но не характерен для цветов.

Довольно регулярно в сборах встречаются хортофильные виды, считающиеся преимущественными хищниками, хотя, по нашим данным, они могут потреблять и пыльцу, поэтому часто встречаются на цветах: Coccinellidae (97 экз.), Cleridae (26 экз.), Melyridae (24 экз.), Cantharidae (15 экз.). Например, пестряки (Cleridae) представлены одним антофильным видом *Trichodes apiarius* (Linnaeus, 1758), кожееды (Dermestidae) — встречающимися на цветах видами рода *Anthrenus*.

Фитофаги в сборах хотя и отмечаются довольно регулярно, но, как правило, единично или в небольшом количестве (что свидетельствует о случайном их попадании в чашки). Значительное число листоедов обусловлено во многом лишь одной пробой (берег р. Отузки), когда было собрано свыше 50 экземпляров мелких форм листоедов-блошек (в основном массового вида *Phyllotreta nigripes*).

В сборах ловушками Мёрике изредка встречаются и отдельные экземпляры герпетобионтов: жукелицы (Carabidae) и навозники из сем. Scarabaeidae. Первые представлены летающими видами миксофитофагов из родов *Amara* и *Harpalus*, имаго которых часто забираются и на растения.

Сезонная динамика уловистости жесткокрылых и локальные различия в сборах на разных участках. Стационарные методы пассивного лова, осуществляемые в течение вегетационного сезона, позволяют получать стандартизированные количественные данные, которые можно применить для установления периода активности конкретных видов или целых таксономических групп (например, семейств).

Как следует из графика сезонной динамики сборов (рис. 2), наиболее богатые уловы сделаны с середины мая по вторую половину июня, причём максимум в сборах приходится на первую половину июня, во время наиболее обильного цветения растений на большинстве площадок. Во второй половине лета уловистость резко падает, что обусловлено выгоранием растительности и, соответственно, резким снижением числа цветущих растений, антофильных и хортофильных жуков. Так, численность в сборах таких фоновых групп, как Mordellidae, Vuprestidae, Alleculinae, Coccinellidae, Cerambycidae, падает во много раз, уменьшение численности Oedemeridae приходится на более ранний период (первая половина июня). В июле многочисленны только Meloidae и Chrysomelidae (и то лишь в отдельных пробах). Снижается и таксономическое разнообразие жуков. Если в июне в сборах отмечены виды из 27 семейств, то в течение июля и августа зарегистрировано всего 15 семейств жуков.

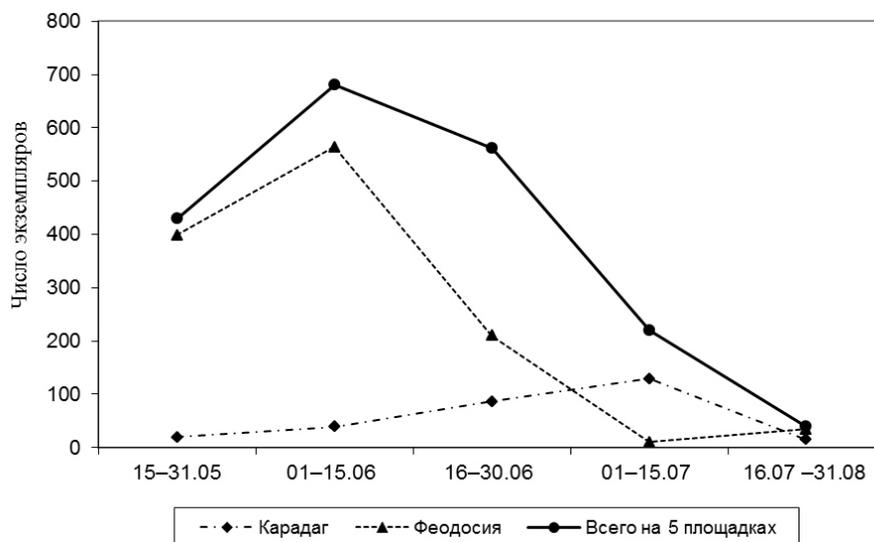


Рис. 2. Сезонная динамика численности жесткокрылых в сборах ловушками Мёрике за время исследований (обобщённые данные за 2020–2021 гг.).

Однако пики численности сборов в разных пунктах могут быть различны. Из сравнения данных по двум площадкам (окрестности г. Феодосии и хребет Карадаг) (рис. 2) следует, что на первой сборы были гораздо богаче, а пик численности жуков в сборах в целом соответствовал обобщённой динамике. На Карадаге при низкой уловистости (в связи с ксеротермностью условий и разреженностью травостоя) картина сезонной динамики сборов существенно отличается. Здесь максимум сборов приходится на начало июля, что связано с массовым вылетом в это время двух видов нарывников — *Mylabris variabilis* (Pallas, 1782) и *M. quadripunctata* (L., 1767) (в чашках Мёрике на площадке у Феодосии представители этого семейства были единичны) (рис. 1Ж). Эти виды на личиночных стадиях являются паразитами в кубышках саранчовых, поэтому циклы активности имаго у них сдвинуты на вторую половину лета (в отличие от большинства других групп жуков), когда происходит и размножение саранчовых. Имаго нарывников — типичные антофилы (проходят на цветах дополнительное питание) и поэтому привлекаются ловушками Мёрике.

Сравнение сборов жесткокрылых ловушками Малезе и Мёрике. Сравнение материалов статьи с нашими предыдущими данными, полученными при стационарных сборах насекомых палаточными ловушками Малеза в 2019 г. (выборка составила 719 экз.) [Дедюхин, Шоренко, 2020], применяемыми для сбора активно летающих насекомых, показывает заметные различия в спектре зарегистрированных семейств. Если ловушками Малеза удалось зарегистрировать жуков из 27 семейств (из них представители Throscidae, Phalacridae, Attelabidae не отмечены ловушками Мёрике), то из 32 семейств, зарегистрированных ловушками Мёрике, 7 не отмечены ловушками Малеза (Histeridae, Leiodidae, Scirtidae, Ptinidae, Cleridae, Dermestidae, Brentidae). Однако в количественном отношении большинство из этих групп было малочисленно или представлено единичными экземплярами, и их отсутствие в сборах, выполненных разными методами, отчасти можно объяснить случайными причинами.

Более значительные различия наблюдаются при сопоставлении количественных данных по фоновым группам. Как отмечалось выше, в число наиболее многочисленных групп при сборах ловушками Мёрике входят исключительно антофильные формы, фитофаги же малочисленны. В сборах же ловушками Малеза при заметной доле антофилов наиболее массовыми были группы растительноядных жуков (Chrysomelidae, Curculionidae), не связанные с цветами, практически отсутствовали нарывники (Meloidae) (собран 1 экз.) и пестряки (Cleridae), лишь небольшую долю составляли златки (Buprestidae) и горбатки (Mordellidae) (наиболее массовые при сборах ловушками Мёрике).

Показательно сравнение эффективности сборов растительноядных жуков двумя разными методами. Если ловушками Малеза за один сезон было зарегистрировано 46 видов листоедов и долгоносиков [Дедюхин, Шоренко, 2020], а общее число экземпляров этих групп составило более 500, то ловушками Мёрике за два сезона было отловлено всего 135 экземпляров, относящихся к 34 видам (табл. 2). Из них свыше трети составили экземпляры массового вида *Phyllotreta nigripes* из одной пробы, сделанной в середине июля на берегу р. Отузки, а представители 23 видов собраны лишь в количестве 1 или 2 экземпляров (то есть попали в чашки, вероятно, случайно). Закономерно, что в ловушках Мёрике были обнаружены и некоторые антофильные виды из этих семейств (*Coptocephala gebleri*, *Cryptocephalus sericeus*, *Bruchela* sp., *Miarus ajugae*). Несмотря на низкую эффективность, в числе единичных экземпляров в сборах отмечены и некоторые редкие виды, в частности *Mogulones korbi* (восточносредиземноморский вид, лишь недавно обнаруженный в Крыму [Yunakov et al., 2018]) и *Pachytychius transcaucasicus* (восточноевропейский степной вид, впервые зарегистрированный на территории Крыма). Интересен также сбор в ловушку Мёрике в августе 2021 года вблизи Феодосии комплекса специализированных видов, связанных с мальвовыми (в первую очередь с *Malva* spp.): *Podagrica malvae*, *Aspidapion aeneum*, *A. radiolus*. Вероятно, их попадание в ловушки было обусловлено расположением чашек рядом с кормовым растением.

Таблица 2

Таксономический состав и количественное соотношение растительных жуков, собранных ловушками Мёрике на юго-востоке Крыма

№	Названия таксонов	Пункты сбора материала					Всего
		Пос. Курортное. Берег р. Олузки	Пос. Курортное. Биостанция	Хребет Карадаг	Хребет Тепе-Оба	Окрестности г. Феодосии	
Сем. Chrysomelidae Latreille, 1802							
1	<i>Coptocephala gebleri</i> Gebler, 1841	–	–	–	–	1	1
2	<i>Cryptocephalus sericeus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	3	–	3
3	<i>Chrysolina chalcites</i> (Germar, 1824)	–	–	–	–	1	1
4	<i>Neocrepidodera</i> sp.	–	–	–	–	1	1
5	<i>Podagrica malvae</i> (Illiger, 1807)	–	–	–	–	10	10
6	<i>Aphthona euphorbiae</i> (Schrank, 1781)	2	–	–	–	–	2
7	<i>Aphthona abdominalis</i> (Duftschmid, 1825)	–	–	–	–	4	4
8	<i>Aphthona nigriceps</i> (Redtenbacher, 1842)	–	–	1	–	–	1
9	<i>Longitarsus exsoletus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	1	1
10	<i>Longitarsus aeneicollis</i> (Faldermann, 1837)	–	–	–	–	2	2
11	<i>Longitarsus albineus</i> (Foudras, 1860)	–	–	–	–	1	1
12	<i>Longitarsus pratensis</i> (Panzer, 1794)	–	–	–	9	–	9
13	<i>Phyllotreta nigripes</i> (Fabricius, 1775)	49	–	–	–	–	–
14	<i>Phyllotreta cruciferae</i> (Goeze, 1777)	–	–	–	–	1	1
15	<i>Phyllotreta aerea</i> Allard, 1859	–	–	–	–	4	4
16	<i>Psylliodes attenuatus</i> (Koch, 1803)	–	–	–	–	1	1
17	<i>Chaetocnema concinna</i> (Marsham, 1802)	–	–	–	1	1	2
Подсем. Bruchinae Latreille, 1802							
18	<i>Spermophagus sericeus</i> (Geoffroy, 1785)	–	–	1	1	2	4
Сем. Anthribidae Billberg, 1820							
19	<i>Bruchela</i> sp.	–	–	1	–	–	1
Сем. Brentidae Billberg, 1820							
20	<i>Aspidapion aeneum</i> (Fabricius, 1775)	–	–	–	–	4	4
21	<i>Aspidapion radiolus</i> (Marsham, 1802)	–	–	–	–	3	3
Сем. Curculionidae Latreille, 1802							
22	<i>Leucomigus candidatus</i> (Pallas, 1771)	–	–	1	–	–	1
23	<i>Lixus pulverulentus</i> (Scopoli, 1763)	–	–	1	–	–	1
24	<i>Cosmobaris scolopacea</i> (Germar, 1819)	–	–	–	–	1	1
25	<i>Ceutorhynchus assimilis</i> (Paykull, 1792)	–	–	–	–	1	1
26	<i>Mogulones korbi</i> (Schultze, 1901)	–	–	–	–	1	1
27	<i>Pachytychius transcaucasicus</i> Pic, 1913*	–	–	–	–	1	1
28	<i>Sibinia beckeri</i> Desbrochers des Loges, 1873	–	–	–	–	1	1
29	<i>Miarus ajugae</i> (Herbst, 1795)	–	1	–	7	1	9
30	<i>Otiiorhynchus balcanicus</i> Stierlin, 1861	–	1	–	–	–	1
31	<i>Eusomus ovulum</i> Germar, 1824	–	–	–	–	1	1
32	<i>Polydrusus inustus</i> Germar, 1824	–	–	2	–	7	9
33	<i>Polydrusus piliferus</i> Hochhuth, 1847	–	–	–	–	–	1

Продолжение на следующей странице...

№	Названия таксонов	Пункты сбора материала					Всего
		Пос. Курортное. Берег р. Огузки	Пос. Курортное. Биостанция	Хребет Карадаг	Хребет Теле-Оба	Окрестности г. Феодосии	
Подсем. Scolytinae Latreille, 1807							
34	<i>Thamnurgus caucasicus</i> Reitter, 1887	–	–	–	–	1	1
	Всего видов	2	2	7	5	26	34
	Всего экземпляров	51	2	8	21	53	135

Примечание: * — вид, впервые отмечен на территории Крыма.

По нашим примерным оценкам, только на двух ООПТ должно обитать не менее 500 видов листоедов и долгоносиков, поэтому эффективность ловушек Мёрике для изучения фауны специализированных фитофагов низка.

Таким образом, если ловушки Малеза показали заметную эффективность сбора жуков-фитофагов и могут быть использованы как дополнительный метод при изучении локальных фаун растительных жуков [Дедюхин, Шоренко, 2020], то ловушки Мёрике в первую очередь целесообразно применять как метод учёта видового состава и лётной активности антофильных групп жесткокрылых. Значительные различия в получаемых данных подтверждают целесообразность их совместного применения при стационарных подходах к изучению комплексов активно летающих насекомых.

Заключение

В результате применения ловушек Мёрике на пяти площадках Черноморского побережья Юго-Восточного Крыма в течение двух сезонов были осуществлены обширные и разнообразные сборы жесткокрылых (1930 экземпляров из 32 семейств). В выборке количественно преобладали антофильные группы (Mordellidae, Buprestidae, Oedemeridae, Meloidae, Alleculinae, Coccinellidae и Cleridae). Напротив, количественная и качественная эффективность ловушек Мёрике для сборов специализированных групп жуков-фитофагов оказалась невысокой (34 вида, менее 10 % от потенциального состава локальных фаун этих групп). При этом долгоносик *Pachytuchius transcaucasicus* Pic, 1913 впервые отмечен на территории Крыма. Анализ сезонной динамики сборов показал, что большая численность и разнообразие жуков в чашках Мёрике наблюдается в первой половине вегетационного сезона (с максимумом в начале июня), в июле и августе уловистость резко падает. Применение ловушек Мёрике можно рекомендовать как дополнительный метод при стационарном изучении локальных фаун и сезонной активности антофильных жуков.

Благодарность. Выражаем благодарность Б. А. Коротяеву (Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург) за помощь в определении некоторых видов долгоносиков.

Список литературы

1. Акулов Е. Н., Процалькин М. Ю. К фауне роющих ос (Hymenoptera, Sphecidae, Crabronidae) Красноярского края // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова, Владивосток, 12 марта 2013 г / редкол.: С. Ю. Стороженко [и др.]. – Владивосток : Дальнаука, 2013. – Вып. 24. – С. 107–121.

2. Беньковский А. О. Определитель жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) европейской части России и европейских стран ближнего зарубежья. – Москва : Техполиграфцентр, 1999. – 204 с.
3. Винокуров Н. Б. Использование цветных ловушек Мёрике для сбора ос-блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) и других жалоносных насекомых // Материалы IV Международной научно-практической интернет-конференции «Актуальные вопросы энтомологии» (Ставрополь, 20 марта 2011 г.). – Ставрополь : Аргус, 2011 – С. 113–116. – (Труды Ставропольского отделения Русского энтомологического общества).
4. Винокуров Н. Б., Шоренко К. И. Новые находки ос-блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) в Государственном природном заповеднике «Карадагский» и на сопредельных территориях // Евразийский энтомологический журнал. – 2021. – Т. 20, № 5. – С. 290–293. – <https://doi.org/10.15298/euroasentj.20.5.08>
5. Гребенников К. А. Ловушки Мёрике: практика применения в Богдинско-Баскунчакском заповеднике // KGBase : [сайт]. – 2015. – URL: <http://kgbase.ru/?p=144> (дата обращения: 17.03.2022).
6. Дедюхин С. В., Шоренко К. И. Применение ловушек Малеза для изучения фауны жуков-фитофагов (Coleoptera: Chrysomeloidea, Curculionoidea) Карадагского природного заповедника (Республика Крым) // Полевой журнал биолога. – 2020. – Т. 2, № 2. – С. 79–98. – <https://doi.org/10.18413/2658-3453-2020-2-2-79-98>
7. Дидух Я. П., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Карадагский государственный заповедник. Растительный мир. – Киев : Наук. думка, 1982. – 152 с.
8. Ена В. Г., Ена Ал. В., Ена Ан. В. Заповедные ландшафты Тавриды. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2004. – 424 с.
9. Забалуев И. А. Определитель жуков-долгоносиков (Coleoptera: Curculionidae) России // Энциклопедия насекомых : персонал. сайт И. Забалуева. – 2020. – URL: http://coleop123.narod.ru/key/opredslon/opred_slon.html (дата обращения: 17.03.2022).
10. Клецевникова М. О. К изучению комплекса короткоусых двукрылых (Diptera; Brachycera) Воронежского федерального заказника // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2017. – Т. 26, № 3. – С. 171–173.
11. Колов С. В., Темрешев И. И. К познанию фауны жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) хребта Торайгыр // Евразийский энтомологический журнал. – 2012. – Т. 11, № 4. – С. 337–342.
12. Лопатин И. К. Жуки-листоеды (Insecta, Coleoptera, Chrysomelidae) Центральной Азии. – Минск : Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2010. – 511 с.
13. Методы полевых экологических исследований : учеб. пособие / Артаев О. Н., Башмаков Д. И., Безина О. В. [и др.] ; под ред. А. Б. Ручина. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – 412 с.
14. Миронова Л. П. Редкие сосудистые растения во флорах природных комплексов Юго-Восточного Крыма: состояние, степень изученности, проблемы охраны // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2019. – Вып. 1 (9). – С. 3–60. – <https://doi.org/10.21072/eco.2021.09.01>
15. Миронова Л. П., Костенко Н. С., Дидух Я. П., Онищенко В. А., Войцехович А. О. ПЗ Карадазский // Фіторизноманіття заповідників і національних природних парків України / під ред. В. А. Онищенко, Т. Л. Андрієнко. – Київ : Фітосоціоцентр, 2012. – Ч. 1. – С. 170–197.
16. Миронова Л. П., Нухимовская Ю. Д. Итоги и проблемы сохранения фиторазнообразия в Карадагском природном заповеднике НАН Украины // Карадаг. История, биология, археология : сб. науч. тр., посвящ. 85-летию Карадаг. науч. станции / Нац. акад. наук Украины, Карадаг. природ. заповедник. – Симферополь : СОНАТ, 2001. – С. 45–63.

17. Миронова Л. П., Фатерыга В. В. Флора Карадагского природного заповедника (сосудистые растения) // 100 лет Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского : сб. науч. тр. / Карадаг. природ. заповедник, Ин-т мор. биол. исслед. им. А. О. Ковалевского РАН. – Симферополь : Н. Орианда, 2015. – С. 160–204.
18. Муратов М. В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. – Москва : Госгеолтехиздат, 1960. – 208 с.
19. Мутин В. А., Шеенко П. С., Чурилова В. С. Результаты уловов двукрылых (Insecta, Diptera) ловушками Мёрике с оценкой привлекательности их цвета // Человек и природа: грани гармонии и углы соприкосновения. – 2012. – № 1. – С. 140–146.
20. Определитель насекомых Европейской части СССР. В 5 т. Т. 2. Жесткокрылые и веерокрылые / под общ. ред. Г. Я. Бей-Биенко. – Москва ; Ленинград : Наука, 1965. – 668 с.
21. Павлова Н. Н. Физическая география Крыма. – Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1964. – 106 с.
22. Природа Карадага / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Киев : Наук. думка, 1989. – 285 с.
23. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Высш. шк., 1971. – 424 с.
24. Хабибуллин В. Ф. Опыт применения ловушек Мёрике при изучении локальных фаун членистоногих // Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан. – 2016. – № 12. – С. 47–53.
25. Целщицева Л. Г., Рогожникова Е. В., Юфферев Г. И. Население щелкунов (Coleoptera, Elateridae) пойменных сообществ реки Вятки (на примере заповедника «Нургуш») // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: современное состояние и перспективы : материалы всерос. (с междунар. участием) конф., 20–21 сент. 2018 г., Костром. обл., Кологрив / Гос. природ. заповедник «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына, Костром. гос. ун-т. – Кологрив : ГПЗ «Кологрив. лес», 2018. – С. 241–245.
26. Шатко В. Г., Миронова Л. П. Конспект флоры хребта Тепе-Оба (Крым) // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2011. – Вып. 197. – С. 43–71.
27. Юсупов З. М., Шоренко К. И. Фауна и экологические особенности муравьёв (Hymenoptera, Formicidae) юго-востока Крымского полуострова // Трансформация экосистем. – 2021. – № 4. – С. 65–70. – <https://doi.org/10.23859/estr-210512>
28. Bieńkowski A. O. Leaf-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) of the Eastern Europe. New key to subfamilies, genera and species. – Moscow : [s. n.], 2004. – 278 p.
29. Bouchard P., Bousquet Y., Davies A. E., Alonso-Zarazaga M. A., Lawrence J. F., Lyal C. H. C., Newton A. F., Reid C. A. M., Schmitt M., Slipinski S. A., Smith A. B. T. Family-group names in Coleoptera (Insecta) // ZooKeys. – 2011. – Vol. 88, spec. iss. – P. 1–972. – <https://doi.org/10.3897/zookeys.88.807>
30. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 6. Chrysomeloidea / Ed. by I. Löbl, A. Smetana. – Stenstrup, Denmark : Apollo Books, 2010. – 924 p.
31. Cooperative Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Curculionoidea. Part 1. Introduction and Catalogue : work version 2.8 / Ed. by M. A. Alonso-Zarazaga // International Weevil Community Website. – 2022. – URL: <http://weevil.info/content/palaearctic-catalogue> (date of access: 09.02.2022).
32. Heneberg P., Bogusch P. To enrich or not to enrich? Are there any benefits of using multiple colors of pan traps when sampling aculeate Hymenoptera? // Journal of Insect Conservation. – 2014. – Vol. 18, iss. 6. – P. 1123–1136. – <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9723-8>
33. Larsen N. J., Minor M. A., Cruickshank R. H., Robertson A. W. Optimising methods for collecting Hymenoptera, including parasitoids and Halictidae bees, in New Zealand apple

- orchards // Journal of Asia-Pacific Entomology. – 2014. – Vol. 17, iss. 3. – P. 375–381. – <https://doi.org/10.1016/J.ASPEN.2014.03.004>
34. Moericke V. Eine farbfalle zur Kontrolle des Fuges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus, *Myzodes persicae* (Sulz) // Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. – Braunschweig, 1951. – Vol. 3. – P. 23–24.
35. Vrdoljak S. M., Samways M. J. Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects // Journal of Insect Conservation. – 2012. – Vol. 16, iss. 3. – P. 345–354. – <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9420-9>
36. Warchatowski A. Chrysomelidae. The leaf-beetles of Europe and the Mediterranean area. – Warsaw : Natura optima dux Foundation, 2003. – 600 p.
37. Yunakov N., Nazarenko V., Filimonov R., Volovnik S. A survey of the weevils of Ukraine (Coleoptera: Curculionoidea) // Zootaxa. – 2018. – № 4404, iss. 1. – P. 1–494. – <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4404.1.1>.

THE EXPERIENCE OF USING MOERIKE TRAPS
IN THE STUDY OF COLEOPTERA (INSECTA, COLEOPTERA)
IN THE SOUTH-EAST OF THE BLACK SEA COAST OF CRIMEA

Dedyukhin S. V.¹, Shorenko K. I.²

¹Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation,
e-mail: ded@udsu.ru

²T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of IBSS,
Feodosiya, Russian Federation,
e-mail: k_shorenko@mail.ru

Abstract: The analysis of stationary collections of beetles obtained using Moerike traps lines during two seasons (2020 and 2021) at several sites in the South-Eastern Crimea, including the Nature Reserve «Karadagsky» and the Wildlife Sanctuary «Ridge Tepe-Oba», was carried out. In total, about 2000 beetles from 28 families were collected. Anthophilic species from the families Mordellidae, Buprestidae, Oedemeridae, Meloidae, Tenebrionidae (subfamily Alleculinae), Coccinellidae, and Cleridae quantitatively predominated in the sample. On the contrary, the quantitative and qualitative efficiency of collecting specialized groups of phytophagous beetles (Chrysomelidae and Curculionoidea) turned out to be low (34 species, which is less than 10% of the potential composition of local faunas). At the same time, the weevil *Pachytychius transcaucasicus* Pic, 1913 collected in a single specimen was recorded for the Crimean fauna for the first time. The analysis of the seasonal dynamics of collections showed that the maximum number and diversity of beetles in collections falls in June. The use of Moerike traps is recommended as an additional method for stationary study of local faunas and seasonal activity of anthophilic beetles.

Keywords: Coleoptera, South-Eastern Crimea, Merike traps, taxonomic composition, seasonal dynamics.

Сведения об авторах

Дедюхин Сергей Викторович доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры ботаники, зоологии и биоэкологии ФГБОУВО «Удмуртский государственный университет»,
e-mail: ded@udsu.ru

Шоренко Константин Игоревич научный сотрудник Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН – филиала ФИЦ ИнБЮМ,
e-mail: k_shorenko@mail.ru

Поступила в редакцию 24.03.2022 г.
Принята к публикации 11.05.2022 г.

**БЕНТОСНЫЕ ВОДОРОСЛИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ
«ПРИБРЕЖНЫЙ АКВАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС У МЫСА ЛУКУЛЛ»
И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ¹**

Евстигнеева И. К., Танковская И. Н.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: ikevstigneeva@gmail.com

Аннотация: В статье представлены результаты изучения бентосной флоры памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» (Чёрное море) в летний период 2020 г. Гидробиологическими исследованиями были охвачены такие ключевые участки охраняемой территории, как мысы Тюбек, Лукулл и Вай-Вай. В состав флоры памятника входят макроводоросли 61 вида Chlorophyta, Ochrophyta и Rhodophyta. Основу таксономического разнообразия флоры среди отделов составляют Rhodophyta, среди надвидовых таксонов — *Cladophora*, *Ulva*, *Polysiphonia*, *Ceramium* и соответствующие им семейства и порядки. Для горизонтального распределения макрофитобентоса от мыса Тюбек к мысу Вай-Вай характерно увеличение таксономического разнообразия фитоценоза и входящих в него красных водорослей, общего и среднего числа видов бурых водорослей, размаха вариации числа видов зеленых. Возрастают индекс Шеннона, разнообразие и доля видов с небольшой относительной фитомассой. Одновременно снижаются индекс Пиелу, средняя фитомасса и размах вариации показателя у фитоценоза и бурых водорослей, сокращается разнообразие групп, входящих в систему продукционного доминирования. Изменчивость видового состава и фитомассы по глубинам носит умеренный характер. При этом на каждом горизонте варибельность видового состава ниже, чем фитомассы. Число видов Chlorophyta с глубиной снижается, у Ochrophyta батиметрические изменения показателя незначительные, у Rhodophyta проявляется выраженный минимум разнообразия видов на глубине 1 м и примерно одинаковый уровень его на остальных горизонтах. Средняя фитомасса Chlorophyta снижается с увеличением глубины, у Ochrophyta такая зависимость наблюдается, начиная с 3 м. У Rhodophyta в диапазоне глубин от 0,5 до 3 м средняя фитомасса находится примерно на одном уровне, а на глубине свыше 3 м увеличивается втрое.

Ключевые слова: макрофитобентос, видовое разнообразие, встречаемость, таксономический состав, фитомасса, памятник природы, Крым, Чёрное море.

Введение

Решение проблемы сохранения и восстановления биоразнообразия береговой зоны моря невозможно без составления прогнозов воздействия на неё при принятии различных управленческих решений [Горячкин и др., 2020]. В большинстве случаев прогнозы должны базироваться на результатах многолетних наблюдений, которые необходимы даже в тех районах, где биоразнообразие хорошо известно [Titlyanov et al., 2019]. Экологически важным компонентом морских экосистем являются макроводоросли. Однако долгосрочными исследованиями фиторазнообразия Чёрного моря, к сожалению, охвачены далеко не все участки побережья. К числу таковых относятся мысы Лукулл, Тюбек и Вай-Вай с прилегающей акваторией.

¹Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации 121030300149-0).

Это уникальные объекты природного фонда, находящиеся в зоне взаимодействия моря и суши [Современное состояние ... , 2015]. Они принадлежат памятнику природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл», организованному в 1972 г. решением Крымского облисполкома от 22.02.1972 г. № 97. Постановлением Правительства г. Севастополя от 25.05.2015 г. № 417-ПП памятник был внесён в перечень особо охраняемых природных территорий регионального значения, расположенных в г. Севастополе [Прибрежный аквальный ... , 2010]. Он является полигоном для изучения гидрологических и геолого-морфологических процессов, а его экологическая ценность обусловлена высокой степенью сохранности морских биоценозов.

Гидрологический памятник природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» расположен в северо-восточной части г. Севастополя. Общая протяжённость береговой линии составляет 3448,6 м, а ширина акватории — 300 м. Площадь охраняемой территории достигает 128,6 га, из которой 88 % приходится на морскую часть [Прибрежный аквальный ... , 2010]. Восточная граница памятника природы совпадает с административной границей г. Севастополя, а южная проходит в 600 м от пляжа пос. Андреевка. Справа от мыса Лукулл находится мыс Тюбек, слева — мыс Вай-Вай. Побережье охраняемой территории представляет собой зону перехода морфоструктур горной области к морфоструктурам шельфа равнинно-платформенных областей. Здесь сосредоточено нагромождение плит и глыб конгломерата, образующих выступы дна и отдельные банки. Для мысов на глубине 0,5–5 м характерны ландшафты подводного склона с глыбово-валунным навалом и выходами коренных пород. На глубине 5–10 м зарегистрирован подводный береговой склон, сформированный грубообломочными отложениями с чередованием галечно-гравийных с битой ракушкой [Панкеева, Миронова, Пархоменко, 2021].

Гидролого-гидрохимические исследования прибрежной акватории г. Севастополя [Рябушко и др., 2020] выявили высокую обеспеченность среды кислородом, низкие значения БПК₅, окисляемости, концентрации минеральных форм азота и фосфора. Концентрации биогенов типичны для незагрязнённых прибрежных вод, что согласуется со значениями индекса эвтрофикации (E-TRIX = 1,44–2,20), позволяющими утверждать, что акватория обладает низким трофическим уровнем. Вместе с тем известно, что на побережье, от мыса Лукулл до мыса Сарыч, функционируют 35 выпусков сточных вод различной степени очистки, а русла рек, расположенных на охраняемых территориях, зачастую принимают стоки организованных и неорганизованных источников [Грузинов и др., 2019]. На основании данных более поздней гидролого-гидрохимической съёмки в августе 2020 г., сотрудниками Севастопольского отделения Государственного океанографического института им. Н. Н. Зубова в районе мыса Лукулл было зарегистрировано существенное превышение ПДК по БПК₅ [Дьяков и др., 2020]. Воды рек Бельбек и Кача отличались высоким уровнем загрязнения металлами и нефтепродуктами. Вероятной причиной нефтяного загрязнения являлся сброс льяльных вод морского транспорта. Очевидно, что дальнейшее наращивание объёмов загрязнения может негативно сказаться на качестве среды обитания гидробионтов.

Сведения о флористическом составе и продукционном потенциале охраняемой акватории крайне скудны, поскольку исследования макрофитобентоса памятника проводились редко и в основном датированы серединой прошлого века [Калугина, Куликова, Лачко, 1967]. Опубликованные позже работы в основном базировались на анализе первичных данных, полученных в этот период А. А. Калугиной-Гутник с соавторами [Калугина, Куликова, Лачко, 1967; Мильчакова, 2003; Мильчакова, Александров, Рябогина, 2019]. Относительно недавно появившийся научный справочник содержит только краткие сведения о фитоценозах и их доминантах на охраняемых акваториях [Морские охраняемые ... , 2015]. К настоящему времени состояние бентосных макроводорослей охраняемой акватории по-прежнему остаётся малоизученным, а данные

об изменчивости их сообществ в литературе отсутствуют, что делает актуальным и необходимым с практической и теоретической точек зрения исследование, целью которого стало изучение видового состава и таксономической структуры бентосных водорослей памятника природы, их продукционного потенциала (абсолютная и относительная биомасса) и батиметрической изменчивости в современных условиях. При выборе параметров исследуемых сообществ исходили из базового определения, что «...организация фитоценозов характеризуется их составом и структурой и представляет собой явление динамическое...» [Работнов, 1983]. В соответствии с разрабатываемыми методами инвентаризации и мониторинга на охраняемых природных территориях, знание об «...уровне видового разнообразия является базовым для других исследований» [Методы инвентаризации ... , 2021].

Материалы и методы

Отбор проб производили летом 2020 г. в акватории мысов Тюбек, Лукулл и Вай-Вай методом вертикальных гидрботанических трансект (разрезов), заложенных от границ буферной зоны памятника природы до нижней границы обитания бентосных макроводорослей. На рисунке 1 представлена схема расположения трансект в границах охраняемой акватории. Координаты трансект определяли при помощи портативного GPS-приёмника Oregon 650.

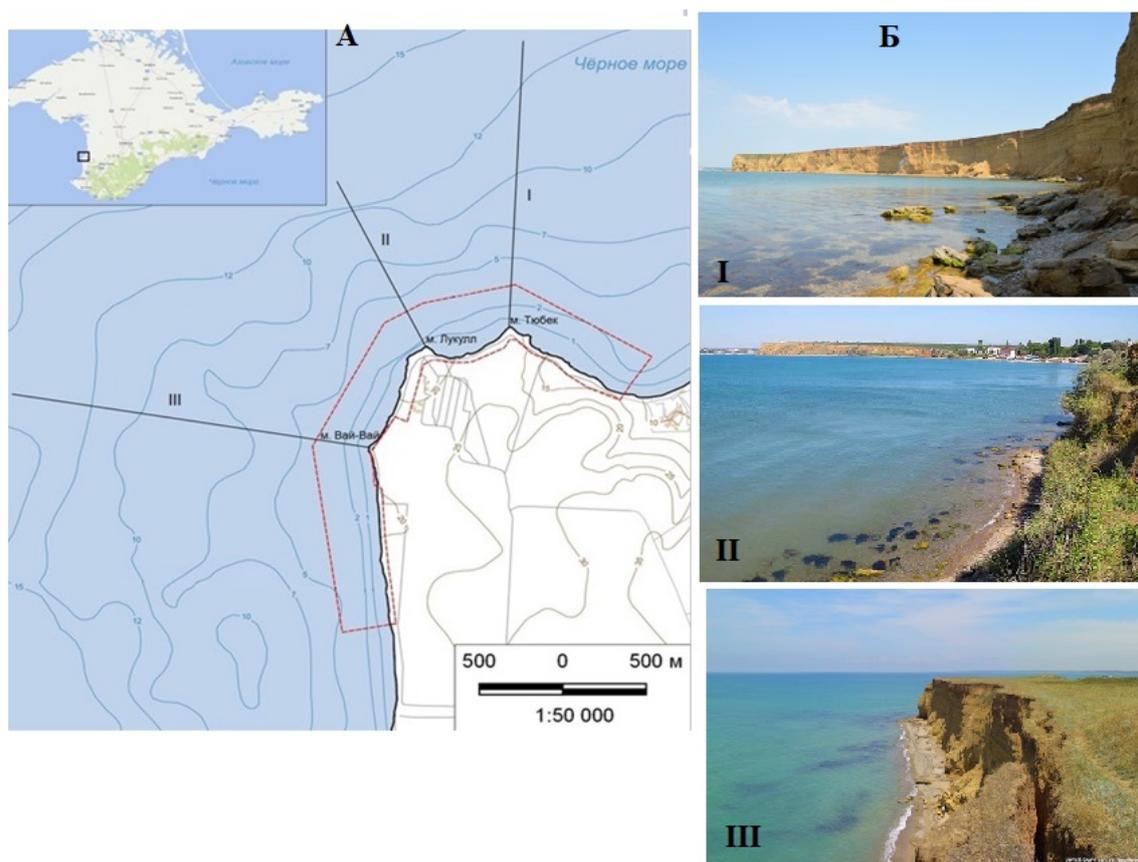


Рис. 1. Район исследования: А — гидрботанические трансекты и граница памятника природы [Панкеева, Миронова, 2021]; Б, I — мыс Тюбек (с. ш. 44°50.483', в. д. 033°33.642'), II — мыс Лукулл (с. ш. 44°50.411', в. д. 033°33.274'), III — мыс Вай-Вай (с. ш. 44°50.061', в. д. 033°32.996')

На глубинах 0,5, 1, 3, 5 и 10 м закладывали по четыре учётных рамки размером 25 x 25 см [Калугина, 1969; Калугина-Гутник, 1975]. С помощью водолазной техники на трансектах были собраны и обработаны 56 количественных и 20 качественных проб. Видовой состав макрофитобентоса определяли с учётом современных таксономических ревизий [Зинова, 1967; AlgaeBase, 1996]. Для сравнения флоры на разных глубинах и участках охраняемой акватории применяли коэффициенты общности видового состава по Жаккару (K_j , %) и встречаемости видов (R , %) [Миркин, Розенберг, Наумова, 1989]. На основе данных о встречаемости виды распределяли по группам: постоянные, добавочные, случайные [Дажо, 1975]. Выравненность видов по такому показателю обилия, как биомасса, оценивали с привлечением индексов Шеннона и Пиелу [Баканов, 2005; Wilm, 1968]. По индивидуальной фитомассе и с применением шкалы доминирования Е. Л. Любарского, базирующейся на сведениях об относительной фитомассе видов, определяли группы малозначимых и второстепенных видов, содоминантов, доминантов и абсолютных доминантов [Баканов, 2005].

Для выявления вариабельности анализируемых характеристик сообщества применяли такие показатели, как лимиты и размах вариации, вычисляли среднее значение с доверительным интервалом и коэффициент вариации (C_v , %). С учётом величины C_v оценивали степень изменчивости признаков по шкале Г. Н. Зайцева (верхне- и нижненормальная, значительная, большая, очень большая, аномально высокая) [Зайцев, 1990].

С помощью U-критерия Манна — Уитни проводили оценку статистической значимости различий среднего числа видов в двух несвязных выборках, учитывая, что распределение признаков в каждой выборке могло не соответствовать нормальному распределению. Значимость различий средней фитомассы оценивали с применением t-критерия Стьюдента [Кожевников, 2018].

Результаты и обсуждение

В ходе гидробиотических исследований в акватории памятника природы были обнаружены макроводоросли 61 вида, 42 родов, 22 семейств, 16 порядков, 4 классов отделов Chlorophyta (Ch), Ochrophyta (Och), Rhodophyta (Rh). 57 % видов приходилось на Rh, 25% — на Ch и остальные — на Och. Видовое соотношение отделов на исследованной акватории совпадало с подобным во всём Чёрном море и свидетельствовало о трёхкратном преимуществе Rh (1Ch : 1Och : 3Rh). Основу таксономического разнообразия составляло ограниченное число надвидовых таксонов, в подавляющем большинстве принадлежащих Ch и Rh.

Визуальные наблюдения и данные гидролого-гидрохимических исследований свидетельствуют о том, что условия обитания и функционирования водорослей на разных участках охраняемой акватории неравнозначны. Так, активизация оползневых процессов на участке от мыса Лукулл до мыса Тюбек, орографические и гидродинамические особенности в районе мыса Тюбек приводят к накоплению глинистых отложений, затрудняющих функционирование макроводорослей. Кроме того, на глубине ниже 5 м формируется слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная песчаным грунтом, препятствующим закреплению пропагул водорослей. Около мыса Тюбек обрывы отступают от уреза воды, образуя песчано-галечные пляжи, активно посещаемые в период рекреации. Всё это могло сказаться на составе макрофитобентоса, его продукционном потенциале и распределении между горизонтами. В таблице 1 представлены результаты изучения видового состава макрофитобентоса и его вертикального распределения в акватории трёх мысов памятника природы.

Таблица 1

Видовой состав макрофитобентоса памятника природы
«Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» и его вертикальное распределение

№	Таксон	Глубина, м														R, %	
		0,5			1			3			5			10			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3		
Chlorophyta																	
1	<i>Bryopsis plumosa</i> (Huds.) C. Agardh		+													+	14
2	<i>Chaetomorpha linum</i> (O. F. Müll.) Kütz.		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	86
3	<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kütz.					+							+				14
4	<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kütz.	+	+	+	+		+										36
5	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kütz.	+	+	+	+	+	+		+			+		+	+	+	79
6	<i>Cladophora dalmatica</i> Kütz.											+	+	+	+	+	36
7	<i>Cladophora liniformis</i> Kütz.	+		+						+							21
8	<i>Cladophora sericea</i> (Huds.) Kütz.	+		+			+	+									29
9	<i>Cladophoropsis membranacea</i> (Hofm.- Bang ex C. Agardh) Børgesen				+	+			+		+	+	+			+	50
10	<i>Ulva torta</i> (Mertens) Trevisan	+	+	+	+	+	+										43
11	<i>Ulva intestinalis</i> L.	+	+	+													21
12	<i>Ulva linza</i> L.	+	+	+		+	+										36
13	<i>Ulva rigida</i> C. Agardh.	+		+		+	+	+									36
14	<i>Ulva kyllinii</i> (Bliding) H. S. Hayden et al.													+			7
15	<i>Ulvella viridis</i> (Reinke) R. Nielsen, C. J. O'Kelly et B. Wysor															+	7
	Число видов Ch	8	7	10	4	6	7	4	2	3	4	4	4	3	6		
Ochrophyta																	
16	<i>Cladostephus spongiosus</i> (Huds.) C. Agardh	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	86
17	<i>Dictyota fasciola</i> (Roth) J. V. Lamour.		+			+											14
18	<i>Ericaria crinita</i> (Duby) Molinari et Guiry	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	93
19	<i>Feldmannia lebelii</i> (Aresch. ex P. Crouan et H. Crouan) Hamel.				+										+		14
20	<i>Gongolaria barbata</i> (Stackh.) Kuntze	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100

Продолжение на следующей странице...

№	Таксон	Глубина, м														R, %
		0,5			1			3			5			10		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	
21	<i>Litosiphon laminariae</i> (Lyngb.) Harvey														+	7
22	<i>Nereia filiformis</i> (J. Agardh) Zanard.													+		7
23	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93
24	<i>Stilophora tenella</i> (Esper) P. C. Silva								+							7
25	<i>Striaria attenuata</i> (Grev.) Grev.	+								+						14
26	<i>Zanardinia typus</i> (Nardo) P. C. Silva													+	+	14
Число видов Och		4	5	5	3	4	4	3	5	5	4	4	5	6	6	
Rhodophyta																
27	<i>Acrochaetium secundatum</i> (Lyngb.) Nägeli			+												7
28	<i>Antithamnion cruciatum</i> (Agardh) Näg.	+	+							+	+		+		+	36
29	<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turn.) J. Agardh		+					+	+	+	+	+	+	+	+	64
30	<i>Callithamnion corymbosum</i> (J. E. Smith) Lyngb.				+				+				+		+	29
31	<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) Savoie et G. W. Saunders	+		+	+									+		29
32	<i>Carradoriella elongata</i> (Huds.) Savoie et G. W. Saunders														+	7
33	<i>Ceramium virgatum</i> Roth	+	+	+		+	+		+	+						50
34	<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightf.) Roth	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93
35	<i>Ceramium ciliatum</i> (J. Ellis) Ducluzeau	+	+	+		+			+							36
36	<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodw.) C. Agardh		+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	79
37	<i>Chondria capillaris</i> (Huds.) M. J. Wynne					+								+		14
38	<i>Corallina officinalis</i> L.									+						7
39	<i>Ellisolandia elongata</i> (J. Ellis et Solander) K. R. Hind et G. W. Saunders				+			+	+	+	+		+			43
40	<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillw.) J. Agardh													+	+	14
41	<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100

Продолжение на следующей странице...

БЕНТОСНЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ПРИБРЕЖНЫЙ АКВАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС
У МЫСА ЛУКУЛЛ» И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

№	Таксон	Глубина, м														R, %	
		0,5			1			3			5			10			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3		
42	<i>Gelidium spinosum</i> (S. G. Gmel.) P. C. Silva		+										+	+	+	+	36
43	<i>Grania efflorescens</i> (J. Agardh) Kylin							+									7
44	<i>Hydrolithon farinosum</i> (J. V. Lamour.) Penrose et Y. M. Chamberlain		+			+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	71
45	<i>Laurencia obtusa</i> (Huds.) J. V. Lamour.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93
46	<i>Laurencia coronopus</i> J. Agardh	+	+		+	+		+	+	+			+				57
47	<i>Leptosiphonia brodiei</i> (Dillw.) Savoie et G. W. Saunders									+			+	+			21
48	<i>Melobesia membranacea</i> (Esper) J. V. Lamour.													+			7
49	<i>Osmundea pinnatifida</i> (Huds.) Stackhouse							+				+					14
50	<i>Osmundea hybrida</i> (A. P. de Candolle) K. W. Nam	+															7
51	<i>Parviphycus antipae</i> (Celan) B. Santelices									+							7
52	<i>Phyllophora crispa</i> (Huds.) P.S. Dixon		+					+	+		+	+	+	+	+	+	57
53	<i>Pneophyllum confervicola</i> (Kütz.) Y.M. Chamberlain															+	7
54	<i>Polysiphonia opaca</i> (C. Agardh) Moris et De Notaris	+	+		+	+		+	+								43
55	<i>Polysiphonia breviarticulata</i> (C. Agardh) Zanard.												+				7
56	<i>Polysiphonia stricta</i> (Mertens ex Dillw.) Grev.															+	7
57	<i>Pterothamnion plumula</i> (J. Ellis) Nägeli												+				7
58	<i>Rhodochorton purpureum</i> (Light.) Rosenv.													+			7
59	<i>Spermothamnion strictum</i> (C. Agardh) Ardissonne	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	79
60	<i>Vertebrata fucoides</i> (Huds.) Kuntze										+	+	+	+	+		36
61	<i>Vertebrata subulifera</i> (C. Agardh) Kuntze	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
	Число видов Rh	11	14	11	8	12	6	13	17	13	12	13	21	12	17		
	Всего видов	23	26	26	15	22	17	20	24	21	20	21	30	21	29		

Примечание: 1 — мыс Тюбек, 2 — мыс Лукулл, 3 — мыс Вай-Вай.

Рассмотрим структурно-функциональные особенности макрофитобентоса памятника природы на трёх ключевых участках.

Мыс Тюбек. В данном районе бентосные водоросли были обнаружены в диапазоне глубин от 0,5 до 5 м. В их состав входили 36 видов, 58 % которых приходилось на Rh, 28% — на Ch и остальные — на Och. Видовое соотношение отделов выглядело так: 2 Ch : 1 Och : 4 Rh. Высоким числом видов было представлено ограниченное число родов (*Cladophora* Kütz., *Ulva* L., *Ceramium* Roth). Родовой коэффициент, отражающий насыщенность родов видами, наибольшей величины достигал у Ch (2,5), наименьшей — у Och (1,0).

Встречаемость видов в исследованном спектре глубин колебалась от 25 до 100 %, достигая в среднем 51 %. Константное ядро флоры включало *Ericaria crinita* (Duby) Molinari et Guiry, *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze и *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon, обладающих максимально высоким коэффициентом встречаемости. С учётом коэффициента R виды были распределены на две группы: постоянную и численно господствующую добавочную (табл. 2).

Таблица 2

Видовая насыщенность групп постоянства в акваториях трёх мысов

Мыс	Группа			Константное ядро
	постоянная	добавочная	случайная	
Тюбек	14/39	22/61	–	3/8
Лукулл	20/45,5	9/20,4	15/34,1	9/20
Вай-Вай	19/38	11/22	20/40	8/16

Примечание: перед косой чертой — абсолютное, после неё — относительное число (%) видов.

Основу видового разнообразия создавали представители Rh с долей участия 57 ± 7 %. Вторую позицию, как правило, занимал Ch (25 ± 5 %). Средние абсолютное и относительное число видов Och были в несколько раз ниже, чем у других отделов. Оба показателя у отделов в пространстве варьировали незначительно ($C_v = 5-28$ %), не превышая «норму» для биологических объектов. Коэффициент Жаккара указывал на невысокую степень видового сходства фитоценоза, Ch и Rh ($K_j = 29-38$ %). Och с его низким видовым разнообразием проявлял более выраженную пространственную однородность состава ($K_j = 50$ %).

Большинство выявленных видов (75 %) имели фитомассу более $1,0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Исследования показали, что видовое преимущество одного отдела может сопровождаться продукционным лидерством другого. В акватории мыса Тюбек вместо таксономического лидера Rh преобладал Och, вклад которого в продукционный процесс составлял 62–98 % (табл. 3).

Средняя общая фитомасса его видов была в несколько раз выше, чем у Rh и тем более у Ch. Основная часть средней абсолютной фитомассы Och была сформирована за счёт *E. crinita* (42–82 %).

Максимум абсолютной общей фитомассы Ch, Och и фитоценоза приходился на первые два горизонта, у Rh он был зафиксирован на нижней границе распространения водорослей на данном участке охраняемой акватории. Изменчивость абсолютной фитомассы видов трёх отделов, в отличие от числа видов, существенно превышала «норму» (от «значительной» до «аномально высокой»). Самый большой размах её вариации был характерен для Och ($7,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$), самый малый — для Ch ($0,26 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$). По мере снижения степени батиметрической изменчивости продукционного показателя отделы и фитоценоз располагались так: Ch → Rh → Och → фитоценоз. Учёт изменчивости относительной фитомассы изменял этот порядок, вследствие чего Och возглавлял цепочку отделов.

Таблица 3

Пространственное распределение абсолютной фитомассы макрофитобентоса памятника природы

Глубина, м	Район	Chlorophyta	Ochrophyta	Rhodophyta	Ценоз
0,5	Тюбек	267,0	4 964,2	390,2	5 621,4
	Лукулл	654,5	4 596,2	759,6	6 010,3
	Вай-Вай	479,3	1 566,0	810,0	2 855,3
1	Тюбек	29,6	9 972,0	201,2	10 202,8
	Лукулл	202,7	4 920,9	243,5	5 367,1
	Вай-Вай	479,8	4 156,6	1 129,5	5 765,9
3	Тюбек	7,7	2 977,1	485,7	3 470,5
	Лукулл	7,7	4 671,9	812,3	5 491,9
	Вай-Вай	3,5	4 052,3	912,7	4 968,4
5	Тюбек	68,3	2 439,3	1 408,0	3 915,6
	Лукулл	147,1	1 407,6	1 361,6	2 916,3
	Вай-Вай	54,9	1 929,3	2 787,2	4 771,3
10	Лукулл	2,7	2 216,7	1 367,7	3 587,1
	Вай-Вай	55,2	2 115,3	1 258,4	3 428,9

На всех горизонтах *E. crinita* выступала в роли базового продуцента, а её содоминантом была *Gongolaria barbata* (Stackh.) Kuntze. Оба вида известны как основные ценозообразующие компоненты черноморского фитобентоса. Третий ключевой для Чёрного моря вид — *Phyllophora crispa* (Huds.) P. S. Dixon в акватории мыса Тюбек в незначительных количествах был обнаружен только на глубине 3 и 5 м. Наибольшим числом экземпляров и высокой фитомассой бурая водоросль *E. crinita* была представлена на глубине 1 м, где ранее был зарегистрирован максимальный уровень суммарной фитомассы видов Och и всего сообщества. Минимум абсолютной фитомассы и численности доминирующего вида, а также фитомассы Och приходился на нижнюю границу фитали мыса.

Индекс Шеннона варьировал от 1,1 на глубине 3 м до 2,1 на глубине 5 м. Его среднее для трансекты значение было небольшим ($1,1 \pm 0,4$), а батиметрическая изменчивость — в пределах «нормы». Низкое значение индекса логично сочеталось с высокой долей участия лидера-продуцента и отражало выраженную однородность фитоценоза по такому показателю обилия видов, как фитомасса. Структуру сообщества макроводорослей в районе мыса Тюбек можно считать переходной от монодоминантной к олигодоминантной. Индекс Пиелу равнялся 1,4.

Подавляющее большинство видов, обитающих в акватории мыса Тюбек, имели невысокую фитомассу и, в соответствии со шкалой Е. Л. Любарского, были причислены к малозначимым элементам системы продукционного доминирования. Система включала «абсолютный» доминант *E. crinita* и субдоминант *V. subulifera* (табл. 4).

Мыс Лукулл. В прибрежье мыса бентосные водоросли произрастали на глубинах от 0,5 до 10 м. Флора мыса включала 44 вида, 57 % которых относились к Rh, 25 % — к Ch и 18 % — к Och. Видовое соотношение отделов было представлено как 1 Ch : 1 Och : 3 Rh. Наибольшим числом видов отличались роды *Cladophora*, *Ulva* и *Ceramium*. Родовой коэффициент у Ch (2,2) был вдвое выше, чем у других отделов.

Встречаемость видов на горизонтах колебалась от 20 до 100 %, достигая в среднем 53 %. Константное ядро флоры состояло из 9 видов (1 вид Ch, 3 — Och, 5 — Rh). Величина коэффициента R позволила распределить виды между тремя группами постоянства.

Примерно половина видов входила в постоянную группу, треть — в случайную, каждый пятый вид — в добавочную. Таким образом, основу флоры у мыса Лукулл составляли виды с высокой и средней встречаемостью на разных глубинах.

Таблица 4

Группы продукционного доминирования в макрофитобентосе памятника природы

Группа	Мыс		
	Тюбек	Лукулл	Вай-Вай
малозначимая	30/83*	34/77	41/81
второстепенная	3/8	7/16	7/15
субдоминантная (вид)	1/3 (<i>V. subulifera</i>)	1/2 (<i>V. subulifera</i>)	–
доминантная (вид)	1/3 (<i>E. crinita</i>)	2/5 (<i>E. crinita</i> , <i>G. barbata</i>)	2/4 (<i>E. crinita</i> , <i>G. barbata</i>)
абсолютно доминантная (вид)	1/3 (<i>G. barbata</i>)	–	–

Примечание: перед косой чертой — абсолютное число видов, после неё — относительное (%)

Число видов от горизонта к горизонту колебалось от 21 до 26 с максимумом на 0,5 и 3 м. Повсеместно лидировали красные водоросли, вклад которых в общее видовое разнообразие достигал 54–69 % (60 ± 5 %). Вторую позицию на малых глубинах занимали виды Ch (доля участия 12–27 %), на больших — Och (18–27 %). Среднее абсолютное и относительное число видов Rh были выше, чем у Ch и Och, и в пространстве варьировали незначительно, без превышения «нормы».

Половина видов Rh и всего фитоценоза совпадали на разных глубинах. Ещё большее сходство проявлял Och ($K_j = 64$ %). Его видовой комплекс одновременно характеризовался не только низким, но и мало изменяющимся в пространстве разнообразием. Меньше всего общих видов было характерно для фитоценоза и отделов на двух крайних для разреза горизонтах, что можно объяснить различием условий обитания на малых и больших глубинах. Наибольшей степенью пространственной неоднородности отличался видовой состав Ch ($K_j = 10$ –50 %, среднее значение — 30 %).

В акватории мыса Лукулл Och повсеместно выполнял функцию базового продуцента. На суммарную фитомассу его видов приходилось от 48 до 92 % с максимумом на глубине 1 м. Виды с фитомассой более $1,0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ и менее этой величины были представлены поровну. Красные водоросли чаще занимали вторую позицию. Максимумы абсолютной общей фитомассы отделов территориально не совпадали: у Ch и всего фитоценоза они приходились на глубину 0,5 м, у Rh — на 5 и 10 м, у Och — на 0,5, 1 и 3 м. Минимумы абсолютной общей фитомассы тоже были разнесены в пространстве. Изменчивость анализируемого показателя у каждого отдела превышала «норму» («значительная» — «аномально высокая»), а у всего фитоценоза находилась в её пределах. Самый большой размах вариации фитомассы был свойственен бурым водорослям ($3,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$) и всему сообществу ($3,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$), самый малый — зелёным ($0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$). Следовательно, для отделов характерна обратная зависимость уровней пространственной однородности видовой состава и фитомассы. По мере снижения степени батиметрической изменчивости продукционного показателя отделы и фитоценоз располагались в такой последовательности: Ch → Rh = Och → фитоценоз.

Основная часть средней фитомассы ценоза приходилась на бурые водоросли *E. crinita* и *G. barbata*. *G. barbata* доминировала почти на всех горизонтах, *E. crinita* — на глубине 1 и 3 м. Кроме них в категорию доминантов входила *V. subulifera*, а в категорию субдоминантов — *Ph. crispa*. Область распространения филлофоры охватывала глубины 0,5, 3, 5 и 10 м. На глубине 10 м на неё приходилась четверть биомассы фитоценоза, на остальных горизонтах её роль в формировании фитомассы сообщества была незначительной.

Наибольшим числом особей *E. crinita* была представлена на глубине 3 м, *G. barbata* — 1 м. Минимум численности *E. crinita* был зарегистрирован на 5 м, *G. barbata* — на 3 и 10 м.

Индекс Шеннона варьировал от 1,7 на глубине 1 м до 2,7 на глубине 0,5 м. Его среднее значение ($2,1 \pm 0,3$) указывало на олигодоминантный характер ценоза. Изменения индекса по глубинам соответствовали «нижненормальным» ($C_v = 18\%$). Индекс Пиелу был меньше, чем в районе мыса Тюбек (1,2).

Большинство видов (77 %) в акватории мыса Лукулл обладали невысокой фитомассой и, в соответствии со шкалой Е. Л. Любарского, входили в малозначимую группу. В системе продукционного доминирования отсутствовали «абсолютно» доминантные виды, а *E. crinita* и *G. barbata* входили в группу доминантов.

Мыс Вай-Вай. Бентосные водоросли были обнаружены на глубинах от 0,5 до 10 м. Всего было собрано 12 видов Ch, 9 — Och и 29 — Rh. Видовое соотношение отделов выглядело как 1 Ch : 1 Och : 3 Rh. Наибольшим разнообразием видов отличались роды *Cladophora* (5 видов), *Ulva* (4 вида) и *Ceramium* (3 вида). Они объединяли почти четверть всех видов, обнаруженных в акватории мыса. Родовой коэффициент у Ch (2,4) был наибольшим среди отделов, у Och (1,0) — наименьшим.

Встречаемость видов на горизонтах колебалась от 20 до 100 % и в среднем составляла 48 %. Максимум этого показателя был характерен для 8 видов, половина которых относилась к Och. На основе данных о величине коэффициента R виды были распределены между тремя группами постоянства, среди которых в равной мере доминировали постоянная (38 %) и случайная (40 %).

Количественное распределение водорослей по горизонтам отличалось неравномерностью. Общее число видов изменялось широко (от 16 на 1 м и до 37 на 5 м), достигая в среднем 24 ± 5 . Красные водоросли численно доминировали повсеместно, кроме глубины 1 м. Их вклад в общую видовую структуру был вдвое — втрое выше, чем у других отделов. Видовое разнообразие Ch было наиболее представительно на первых двух горизонтах, с увеличением глубины его состав сокращался, оставаясь на достигнутом уровне вплоть до нижней границы фитали, что, помимо прочего, может быть связано с особенностями распространения света в водной среде. Пространственная изменчивость числа видов у Ch и особенно у Och находилась в пределах «нормы», у Rh её интенсивность была выше. Максимум относительного числа видов приходился на разные глубины: на малые — у Ch, на большие — у Rh. У Och минимум показателя был отмечен на 3 м, на других горизонтах его видовое разнообразие было выше. Степень изменчивости числа видов в отделах была «нормальной», и только его среднее значение у Ch и Och было ниже, чем у Rh.

Коэффициент Жаккара показал, что 41 % видов обитали на всех участках трансекты. Среди Ch ($K_j = 36\%$) и Rh ($K_j = 33\%$) таких видов было немного, тогда как видовой состав Och на разных горизонтах совпадал на 65 %. Наименьшее число сходных видов приходилось на крайние горизонты.

На всех горизонтах, кроме 5 м, бурые водоросли лидировали в продукционном процессе (40–82 %) с максимумом абсолютной фитомассы на 3 м. На 5 м они немного уступали красным водорослям, которые в остальных случаях занимали вторую позицию (18–58 % фитомассы ценоза). Более половины видов имели фитомассу свыше $1,0 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$. Основная часть фитомассы сообщества была сформирована за счёт *E. crinita* и *G. barbata*, и только на глубине 5 м ключевым продуцентом являлась *V. subulifera*. Локация крайних значений абсолютной и относительной фитомассы отделов и фитоценоза не совпадала, а их изменчивость чаще превышала «норму». С большим размахом варьировала фитомасса Och ($2,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$), Rh ($2,0 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$) и всего ценоза ($2,9 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$), тогда как у Ch он был существенно ниже ($0,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$). По степени батиметрической изменчивости продукционного показателя отделы и фитоценоз располагались

в порядке: Ch → Rh = Och → фитоценоз. С учётом изменений относительной фитомассы Och перемещался на последнее место среди отделов.

Большинство видов (81 %) в акватории мыса Вай-Вай входили в состав малозначимой группы. С учётом градации видов по относительной фитомассе группы содоминантов и «абсолютных» доминантов отсутствовали, а доминантами ценоза были *E. crinita* и *G. barbata*. Наибольшим числом особей *E. crinita* была представлена на глубине 3 м, наименьшим — на 5 м. Минимум и максимум показателя у *G. barbata* приходился на глубину 1 и 0,5 м.

Область распространения *Ph. crispa* была ограничена глубинами 5 и 10 м, где её вклад в общую биомассу составлял 0,1 и 10,0 %.

Индекс Шеннона колебался от 1,8 на глубине 5 м до 2,6 на глубине 0,5 м. Его среднее для разреза значение ($2,2 \pm 0,3$) соответствовало олигодоминантному характеру фитоценоза. Батиметрическая изменчивость индекса была «нижненормальной». Величина индекса Пиелу совпадала с аналогичной у мыса Лукулл.

Сходство и различие макрофитобентоса ключевых участков охраняемой акватории и тенденции его пространственной изменчивости. Анализ данных, полученных для разных участков памятника природы, показал, что наибольшим таксономическим разнообразием отличается макрофитобентос мыса Вай-Вай, наименьшим — макрофитобентос мыса Тюбек. Фитоценозы мыса Лукулл по ряду показателей занимают промежуточное положение, что хорошо согласуется с существующими различиями экологической обстановки в акваториях трёх мысов.

Для горизонтального распределения водорослей в направлении от мыса Тюбек к мысу Вай-Вай характерно возрастание общего и среднего числа видов в сообществе и у Och, увеличение разнообразия красных водорослей. Больше становится размах вариации числа видов у Ch, а в системе продукционного доминирования нарастает вклад малозначимых видов. Увеличение претерпевают значения индекса Шеннона. В то же время с продвижением от мыса Тюбек к мысу Вай-Вай снижается средняя фитомасса и размах вариации показателя у всего фитоценоза и входящих в его состав бурых водорослей, средняя встречаемость которых тоже уменьшается. Различие системы продукционного доминирования проявляется в наличии в акватории мыса Тюбек всех пяти категорий видов, тогда как у мыса Лукулл отсутствуют «абсолютно» доминантные виды, а у мыса Вай-Вай — ещё и субдоминантные (табл. 4). То есть наблюдается сокращение разнообразия групп, образующих систему продукционного доминирования.

Различия в составе и структуре макрофитобентоса разных участков памятника природы с неравнозначными условиями среды обитания не исключают наличия сходных черт. Для трёх участков характерно одинаковое или близкое к таковому абсолютное общее и среднее число видов зелёных и красных водорослей, примерно одинаковый родовой коэффициент, почти совпадающее среднее число видов и их встречаемость на разных горизонтах. В системе продукционного доминирования всегда преобладает малозначимая группа, а в качестве доминантов выступают одинаковые виды. Таксономическим лидером среди отделов является Rh. Родовой коэффициент у Ch на каждом участке среди отделов наибольший, у Och — наименьший. Высокое сходство наиболее характерно для водорослей мысов Вай-Вай и Лукулл, где для водорослей складываются примерно равные и более благоприятные условия среды. Здесь отделы одинаково соотносятся друг с другом по числу видов, сходным является среднее значение показателя у таких базовых структурных элементов, как Och и Rh. Сопоставимы средние уровни фитомассы как Ch, так и всего фитоценоза. Индексы Шеннона и Пиелу указывают на один и тот же олигодоминантный характер структуры сообщества, а коэффициент Жаккара иллюстрирует одинаковую степень схождения видового разнообразия Och и всего ценоза на этих двух участках. Выявлено совпадение числа видов и вклада в общий состав у второстепенной и доминантной групп. Для отделов характерна обратная зависимость уровней пространственной однородности видового состава и фитомассы.

В целом наибольшей структурно-функциональной специфичностью в охраняемой акватории отличается бентосное сообщество у мыса Тюбек, что обусловлено экологическими особенностями данной части заповедной акватории.

Батиметрические изменения видового состава флоры характеризуются неравномерностью и согласуются с ослаблением интенсивности и обеднением спектрального состава света с глубиной [Дуленин, 2019]. На исследованных участках акватории видовая структура Ch наиболее разнообразна на глубине 0,5 м, Och — чаще на 1 м, Rh — на 3 и 5 м. Среднее число видов зелёных водорослей максимально на 0,5 м, бурых — на 3, 5 и 10 м, красных и всего ценоза — на 5 м (рис. 2).

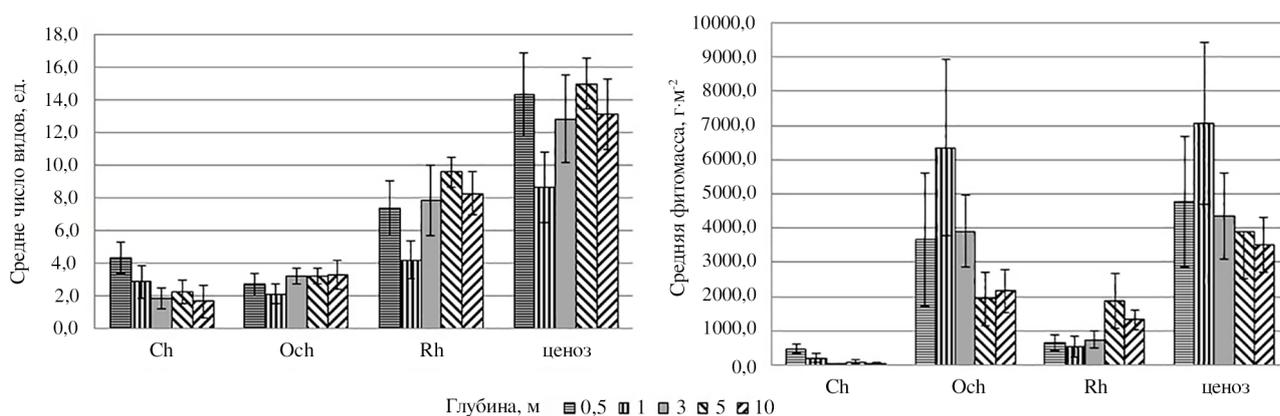


Рис. 2. Батиметрическая изменчивость средних числа видов и значений фитомассы отделов и ценоза

Областью минимума видового разнообразия, как правило, становится глубина 1 м, особенно для красных водорослей и частично для бурых. Средняя абсолютная фитомасса отделов и ценоза наибольших значений достигает на малых глубинах, наименьших — на больших (рис. 2). По шкале Г. Н. Зайцева, характер батиметрической изменчивости числа видов на каждом из обследованных участков является «нормальным», колебания же фитомассы происходят интенсивнее, что наиболее характерно для бурых водорослей в каждом районе, а для фитоценоза — в акватории мыса Тюбек. То есть в районе с менее благополучной экологической обстановкой сообщество и его ключевой продукционный компонент — Och проявляют пространственную неоднородность анализируемых характеристик.

Обобщение данных для каждого горизонта без учёта принадлежности к той или иной части охраняемой акватории показало, что во флоре памятника присутствуют 14 видов, обладающих максимально высокой встречаемостью на всех глубинах. Почти треть видов были обнаружены только на одном из горизонтов, а общее число видов с R более 50 % составило 29 таксонов (47 %). Уровень встречаемости видов на горизонтах свидетельствует о господстве постоянных видов.

Батиметрическая изменчивость числа видов и фитомассы в акватории памятника природы характеризуется следующими особенностями. На всех горизонтах изменчивость числа видов менее выражена, чем у фитомассы. Меньше всего меняется число видов в пробах, взятых на глубине 0,5 и 5 м, больше — в пробах на глубине 1 м. Фитомасса проявляет относительное постоянство на глубине 3 и 10 м, на 1 и 5 м этот показатель заметно варьируется. Изменения данных характеристик фитоценоза носят умеренный характер. У отделов же число видов и фитомасса в пробах на одном и том же горизонте меняются сильнее, особенно у Ch. Средняя фитомасса Ch снижается с увеличением глубины, у Och такая взаимосвязь проявляется, начиная с 3 м. У Rh на глубине 0,5–3 м средний для проб показатель фитомассы находится почти на одном уровне, с увеличением

глубины он увеличивается втрое. Для Ch обратная связь между глубиной и показателем свойственна не только фитомассе, но и числу видов. Изменения числа видов Och незначительные, скорее колебательные, когда максимум неоднократно сменяет минимум. Для Rh характерен выраженный минимум показателя на глубине 1 м, на остальных горизонтах он примерно одинаковый.

На практике известно, что исследователи, работающие с природными объектами в естественных местообитаниях, сталкиваются с трудностью оценки взаимосвязи характеристик этих объектов с факторами среды. Поэтому полученные эмпирическим путём данные о видовом составе и продукционном потенциале макрофитобентоса на разных глубинах были оценены с привлечением методов вариационной статистики и двух критериев. С помощью U-критерия Манна — Уитни было проведено сравнение выраженности показателей среднего числа видов в двух несвязных выборках на разных глубинах, результаты которого отражены в таблице 5. Нулевая гипотеза свидетельствует о том, что распределение признака в первой выборке соответствует распределению признака во второй выборке (H_0), а альтернативная гипотеза (H_1) говорит о достоверности различий между двумя независимыми выборками.

Таблица 5

Статистическая оценка различий в выборке данных по числу видов на разных глубинах

Глубина, м	U _{кр.}	Chlorophyta		Ochrophyta		Rhodophyta		Ценоз	
		U _{эксп.}	Гипотеза						
0,5 и 1	37	38	H ₁	50	H ₁	27,5	H ₀	22,5	H ₀
0,5 и 3	37	12,5	H ₀	59,5	H ₁	71	H ₁	60,5	H ₁
0,5 и 5	37	21	H ₀	55	H ₁	38	H ₁	64	H ₁
0,5 и 10	22	9,5	H ₀	61	H ₁	59	H ₁	41,5	H ₁
1 и 3	37	54,5	H ₁	35	H ₀	23	H ₀	37	H ₁
1 и 5	37	57	H ₁	30,5	H ₀	3	H ₀	7	H ₀
1 и 10	22	28,5	H ₁	22,5	H ₀	6,5	H ₀	18	H ₀
3 и 5	37	66,5	H ₁	65,5	H ₁	34	H ₀	48,5	H ₁
3 и 10	22	42,5	H ₁	53,5	H ₁	60	H ₁	54,5	H ₁
5 и 10	22	35,5	H ₁	52,5	H ₁	27,5	H ₁	32	H ₁

Установлено, что в большинстве случаев у Ch, Och и всего сообщества различия в числе видов на разных горизонтах являются статистически достоверными. У Rh данное суждение справедливо только для его видовых комплексов на глубинах 0,5 и 3 м, 0,5 и 5 м, 0,5 и 10 м, а также для таких сравниваемых пар глубин, как 3 и 10 м, 5 и 10 м. Среди отделов связь между изменениями глубины и числом видов наиболее значимая у Ch и Och.

С привлечением t-критерия Стьюдента для двух независимых выборок была проверена гипотеза о равенстве средних величин фитомассы отделов и фитоценоза на разных глубинах (число степеней свободы $f = 22$; $L = 0,05$; $t_{кр} = 2,074$). Данные таблицы 6 свидетельствуют о том, что у Ch и частично у Rh почти все выявленные батиметрические различия средней фитомассы являются статистически достоверными, тогда как у Och и особенно у всего ценоза они чаще носят случайный характер.

В целом обобщение полученных данных позволяет сформировать представление о современном состоянии флоры памятника природы, границах её распространения и особенностях пространственной изменчивости видового состава и продукционного потенциала бентосных макроводорослей, что должно быть учтено при разработке научно-методических основ управления морским природопользованием, следствием которого станет сохранение биоразнообразия исследованного участка береговой зоны.

Таблица 6

Статистическая оценка различий в выборке данных по фитомассе на разных глубинах

Глубина, м	Chlorophyta			Ochrophyta			Rhodophyta			Ценоз		
	$t_{\text{экс}}$	p	Гипотеза	$t_{\text{экс}}$	p	Гипотеза	$t_{\text{экс}}$	p	Гипотеза	$t_{\text{экс}}$	p	Гипотеза
0,5 и 1	2,54	$1,9 \cdot 10^{-2}$	H_1	1,62	0,12	H_0	0,68	0,5	H_0	1,48	0,15	H_0
0,5 и 3	6,43	$2,0 \cdot 10^{-7}$	H_1	0,21	0,83	H_0	0,48	0,64	H_0	0,35	0,73	H_0
0,5 и 5	4,97	$6,0 \cdot 10^{-5}$	H_1	1,61	0,12	H_0	2,85	$9 \cdot 10^{-3}$	H_1	0,74	0,47	H_0
0,5 и 10	5,83	$2,0 \cdot 10^{-5}$	H_1	1,42	0,17	H_0	3,58	$2 \cdot 10^{-3}$	H_1	1,18	0,25	H_0
1 и 3	2,6	$2,0 \cdot 10^{-2}$	H_1	1,72	0,10	H_0	1,05	0,3	H_0	2,6	$2 \cdot 10^{-2}$	H_1
1 и 5	4,97	$6,0 \cdot 10^{-5}$	H_1	3,19	$4 \cdot 10^{-3}$	H_1	3,07	$6 \cdot 10^{-3}$	H_1	4,97	$6 \cdot 10^{-5}$	H_1
1 и 10	2,2	$4,0 \cdot 10^{-2}$	H_1	3,07	$7 \cdot 10^{-3}$	H_1	3,77	$1,5 \cdot 10^{-3}$	H_1	2,2	$4 \cdot 10^{-2}$	H_1
3 и 5	3,65	$1,5 \cdot 10^{-3}$	H_1	2,62	0,01	H_1	2,62	$1 \cdot 10^{-2}$	H_1	3,65	$1,5 \cdot 10^{-3}$	H_1
3 и 10	1,02	$3,2 \cdot 10^{-1}$	H_0	2,93	$9 \cdot 10^{-3}$	H_1	2,93	$9 \cdot 10^{-3}$	H_1	1,02	0,32	H_0
5 и 10	1,93	$7,0 \cdot 10^{-2}$	H_0	1,26	0,22	H_1	1,26	0,22	H_0	1,93	0,07	H_0

Заключение

1. Гидробиотические исследования показали, что в состав бентосной флоры памятника природы в летний период входят макроводоросли 61 вида, 42 родов, 22 семейств и 16 порядков отделов Chlorophyta, Ochrophyta и Rhodophyta. Основу таксономического разнообразия флоры составляют красные водоросли и ограниченное число надвидовых таксонов (*Cladophora*, *Ulva*, *Polysiphonia*, *Ceramium* и соответствующие им семейства и порядки).
2. Наибольшим таксономическим разнообразием отличается макрофитобентос мыса Вай-Вай, наименьшим — мыса Тюбек. Фитоценозы у мыса Лукулл по ряду показателей занимают промежуточное положение, что согласуется с различиями экологической обстановки в их акваториях.
3. Для горизонтального распределения макрофитобентоса от мыса Тюбек к мысу Вай-Вай характерно увеличение таксономического разнообразия фитоценоза и его красных водорослей, общего и среднего числа видов бурых водорослей, размаха вариации числа видов зелёных, возрастание индекса Шеннона, разнообразия и доли видов с небольшой фитомассой. Одновременно наблюдается снижение индекса Пиелу, средней фитомассы и размаха вариации показателя у фитоценоза и бурых водорослей, сокращается разнообразие групп, входящих в систему продукционного доминирования.
4. Изменчивость видового состава и фитомассы по глубинам носит умеренный характер. В пределах каждого горизонта варибельность видового состава ниже, чем фитомассы.
5. Отмечено, что число видов зелёных водорослей с глубиной снижается, у бурых водорослей изменения показателя по характеру колебательные, у красных водорослей проявляется выраженный минимум видового разнообразия на глубине 1 м и примерно одинаковый и более высокий уровень на остальных горизонтах. В районе исследований распределение видов разной таксономической принадлежности по глубинам согласуется с закономерностями распространения света в воде и является типичным для водорослей Чёрного моря.
6. Выявлена обратная зависимость средней фитомассы Chlorophyta от глубины, которая у Ochrophyta проявляется, начиная с 3 м. Фитомасса Rhodophyta на первых трёх горизонтах остается примерно одинаковой, а с увеличением глубины увеличивается втрое. Группа ключевых продуцентов включает два ценозообразующих вида бурых водорослей Чёрного моря (*G. barbata*, *E. crinita*).

Список литературы

1. *Баканов А. И.* Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Количественные методы экологии и гидробиологии : (сб. науч. тр., посвящ. памяти А. И. Баканова) / Рос. акад. наук, Самар. науч. центр [и др.]. – Тольятти : Изд-во Самар. науч. центра, 2005. – С. 37–68.
2. *Горячкин Ю. Н., Федоров А. П., Долотов В. В., Удовик В. Ф.* Природные условия и антропогенное изменение береговой зоны в районе пос. Кача // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – № 4. – С. 5–21. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-4-5-21>
3. *Грузинов В. М., Дьяков Н. Н., Мезенцева И. В., Мальченко Ю. А., Жохова Н. В., Коршенко А. Н.* Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района // Океанология. – 2019. – Т. 59, № 4. – С. 579–590. – <https://doi.org/10.31857/S0030-1574594579-590>
4. *Дажо Р.* Основы экологии. – Москва : Прогресс, 1975. – 245 с.
5. *Дуленин А. А.* Распределение видов-доминантов макрофитов по глубине в северо-западной части Татарского пролива // Биология моря. – 2019. – Т. 45, № 2. – С. 97–107. – <https://doi.org/10.1134/S0134347519020037>
6. *Дьяков Н. Н., Мальченко Ю. А., Липченко А. Е., Боброва С. А., Тимошенко Т. Ю.* Гидролого-гидрохимические характеристики прибрежных вод Крыма и необходимые мероприятия по снижению уровня загрязнения рекреационных зон // Труды Государственного океанографического института им. Н. Н. Зубова. – 2020. – Вып. 221. – С. 163–194.
7. *Зайцев Г. Н.* Математика в экспериментальной ботанике. – Москва : Наука, 1990. – 296 с.
8. *Зинова А. Д.* Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – Москва ; Ленинград : Наука, 1967. – 398 с.
9. *Калугина А. А.* Исследование донной растительности Чёрного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования : [сб. ст.] / АН СССР, Океаногр. комис, Секция подвод. исслед. – Москва : Наука, 1969. – С. 105–113.
10. *Калугина А. А., Куликова Н. М., Лачко О. А.* Качественный состав и количественное распределение фитобентоса в Каркинитском заливе // Донные биоценозы и биология бентосных организмов Чёрного моря : респ. межвед. сб. / АН УССР ; редкол.: В. А. Водяницкий [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1967. – С. 28–51.
11. *Калугина-Гутник А. А.* Фитобентос Чёрного моря. – Киев : Наук. думка, 1975. – 248 с.
12. *Кожевников С. П.* Алгоритмы биологической статистики : учеб.-метод. пособие. – Ижевск : Удмурт. ун-т, 2018. – 75с.
13. Методы инвентаризации и мониторинга биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях регионального значения / В. В. Алексанов, С. К. Алексеев, О. А. Новикова [и др.]. – Тамбов : Тамбов. полиграф. союз, 2021. – 148 с. – (Кадастровые и мониторинговые исследования биологического разнообразия в Калужской области ; вып. 8).
14. *Мильчакова Н. А.* Макрофитобентос // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / Нац. акад. наук Украины, Ин-т биологии юж. морей. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – С. 152–208.

15. Мильчакова Н. А., Александров В. В., Рябогина В. Г. Состояние ключевых фитоценозов морских охраняемых акваторий и проблемы их сохранения (Юго-Западный Крым, Чёрное море) // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – № 149. – С. 113–123. – <https://doi.org/10.36305/0201-7997-2019-149-113-123>
16. Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – Москва : Наука, 1989. – 223 с.
17. Морские охраняемые акватории Крыма : науч. справочник / Рос. акад. наук, Ин-т мор. биол. исслед. – Симферополь : Н. Орианда ; Севастополь : ИМБИ, 2015. – 312 с
18. Панкеева Т. В., Миронова Н. В., Пархоменко А. В. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2021. – Вып. 2 (18). – С. 36–48. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=46374276>
19. Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл // Особо охраняемые природные территории России : [сайт]. – 2010. – URL: <http://oort.aari.ru/oort/Прибрежный-аквальный-комплекс-у-мыса-Лукулл> (дата обращения: 20.09.2021).
20. Работнов Т. А. Фитоценология. – 2-е изд. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1983. – 296 с.
21. Рябушко В. И., Щуров С. В., Ковригина Н. П., Лисицкая Е. В., Поспелова Н. В. Комплексные исследования экологического состояния прибрежной акватории Севастополя (Западный Крым, Чёрное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – № 1. – С. 103–118. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-1-103-118>
22. Современное состояние береговой зоны Крыма / Рос. акад. наук, Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. – 252 с.
23. AlgaeBase : world-wide electronic publication / Source Code Development Ltd. – [1996]. – URL: <http://www.algaebase.org> (date accessed: 16.03 2022).
24. Titlyanov E. A., Titlyanova T. V., Tokeshi M., Li X. Inventory and Historical Changes in the Marine Flora of Tomioka Peninsula (Amakusa Island), Japan // Diversity. – 2019. – Vol. 11, iss. 9. – P. 158. – <https://doi.org/10.3390/d11090158>
25. Wilm J. L. Use of biomass units in Shannon's formula // Ecology. – 1968. – Vol. 49, iss. 1. – P. 153–156. – <https://doi.org/10.2307/1933573>

**BENTHIC ALGAE OF THE NATURAL MONUMENT
«COASTAL AQUATIC COMPLEX NEAR CAPE LUCULLUS»
AND THEIR SPATIAL DISTRIBUTION**

Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: ikevstigneeva@gmail.com*

Abstract: The article presents the results of the study of the benthic flora of the natural monument «Coastal aquatic complex near Cape Lukull» (Black Sea) in the summer period of 2020. The hydro-botanical studies covered such key areas as Cape Tubek, Lukull and Vai Vai. The flora of the monument includes macroalgae of 61 species of Chlorophyta, Ochrophyta and Rhodophyta. The basis of the taxonomic diversity of the flora is formed by Rhodophyta among the divisions, by *Cladophora*, *Ulva*, *Polysiphonia*, *Ceramium* and their corresponding families and orders among the superspecific taxa. Horizontal distribution of macrophytobenthos from Tyubek cape to Vai Vai cape is characterized by increase in taxonomic diversity of phytocenosis and red algae included in it,

total and average number of brown algae species, range of variation of green species number. The Shannon index, diversity, and proportion of species with small relative phytomass increase. At the same time, the Pielu index, average phytomass, and span of variation of the index for phytocenosis and brown algae decrease, and the diversity of groups included in the system of productive dominance decreases. The variability of species composition and phytomass by depth is moderate. At each horizon, the variability of species composition is lower than that of phytomass. The number of species of Chlorophyta decreases with depth, the bathymetric changes of Ochrophyta are insignificant, Rhodophyta show a clearly expressed minimum of species diversity at 1 m and approximately the same level in other horizons. The average phytomass of Chlorophyta decreases with increasing depth, with Ochrophyta such dependence is observed starting from 3 m. In Rhodophyta, at a depth of 0.5 to 3 m, the average phytomass is approximately at the same level, and increases threefold deeper.

Keywords: macrophytobenthos, species diversity, occurrence, taxonomic composition, phytomass, natural monument, the Crimea, the Black Sea.

Сведения об авторах

Евстигнеева
Ирина
Константиновна кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУН
ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,
ikevstigneeva@gmail.com

Танковская
Ирина
Николаевна младший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
имени А. О. Ковалевского РАН», itankovskay@gmail.com

*Поступила в редакцию 05.10.2021 г.
Принята к публикации 30.03.2022 г.*

ПРИЗЕМНЫЙ ОЗОН В НЕПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И КРЫМА ¹

Лапченко В. А.¹, Симакина Т. Е.², Крюкова С. В.²

¹Кардагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал
ФИЦ ИнБЮМ, г. Феодосия, Российская Федерация,
e-mail: ozon.karadag@gmail.com

²Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
e-mail: tatiana.simakina@gmail.com

Аннотация: Приведены результаты сравнительного анализа данных измерений приземной концентрации озона на станциях Карадага (Крым) и Сестрорецка (Курортный район Санкт-Петербурга) за период с января по октябрь 2019 г. Несмотря на удалённость станций от промышленных центров и автомобильных дорог, в течение большей части измерительного периода значения концентрации приземного озона на обеих станциях превышают среднесуточное предельно допустимое значение, составляющее в Российской Федерации 30 мкг/м³. Выявлено превышение концентрации приземного озона на Карадаге по сравнению с Сестрорецком в течение большей части измерительного периода. Максимальные среднечасовые концентрации озона на Карадаге достигают значения максимально разовой предельно допустимой концентрации, равной 160 мкг/м³. В холодный период года, с января по апрель, наблюдались схожие тенденции изменения концентрации приземного озона на двух станциях. С наступлением тёплой погоды и повышением уровня инсоляции количество озона в Сестрорецке уменьшалось и типичный для ряда других районов весенне-летний максимум концентрации О₃ здесь отсутствовал. Выявлена корреляционная связь концентрации озона с метеорологическими параметрами на двух станциях, отмечены заметные отличия характера зависимости значений приземного О₃ от влажности и температуры воздуха для рассматриваемых территорий. Температура приземного воздуха на Карадаге положительно коррелирует с концентрацией озона, а относительная влажность — отрицательно. Таким образом, жаркая и сухая погода на Карадаге способствует эпизодам повышенных значений концентрации приземного озона. В Сестрорецке корреляция концентрации озона с температурой отрицательная.

Ключевые слова: приземный озон, Карадаг, Сестрорецк, температура, влажность воздуха.

Введение

Озон в нижних слоях атмосферы — токсичный газ, один из главных показателей качества воздуха, включенный ВОЗ в пятёрку основных загрязнителей атмосферы. В России тропосферный озон относится к веществам первого класса опасности. В группу риска попадают люди, страдающие астмой и другими хроническими заболеваниями органов дыхания, дети и лица пожилого возраста, а также те, кто занимается профессиональной деятельностью или спортом на открытом воздухе. Поэтому особенно важно контролировать его содержание в непромышленных районах, в курортно-туристических центрах, которые традиционно используются для отдыха и лечения населения.

¹Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме 121032300023-7 «Изучение особенностей структуры и динамики сухопутных экосистем в различных климатических зонах».

Агрессивное воздействие озона на человека обусловлено его сильным влиянием на окислительные процессы в организме, что может являться причиной эпидемий аллергических заболеваний [Пивоваров, Горбунов, Сальников, 2015]. Существует опасность мультипликативного эффекта от наложения последствий коронавируса, наиболее часто связанных с негативным влиянием на лёгкие, на результаты воздействия эпизодов подъёма концентраций приземного озона.

Анализ наблюдений за концентрацией приземного озона (КПО), исследование его временно-го и пространственного распределения, прогнозирование повышения его концентрации в конкретных местах, установление количественных связей озона с предикторами — такие задачи не перестают быть актуальными. Их решение осложняется высокой изменчивостью поля приземного озона как в пространстве, так и на разных временных масштабах, редкой сетью экологических станций.

Образование озона и его сток в приземной атмосфере происходит в результате нескольких десятков фотохимических и химических реакций газовых компонент [Monks et al., 2015; Котельников, Степанов, 2015; Звягинцев и др., 2018], на которые оказывает влияние целый ряд метеорологических параметров: температура, влажность, направление ветра, инсоляция, загрязнённость воздуха аэрозолями различных типов и т. п. Среди процессов, обуславливающих содержание озона в приземном слое атмосферы, главными являются вертикальный перенос озона из верхних слоёв атмосферы и химические реакции, протекающие в условиях антропогенного загрязнения. Второй процесс фотохимического образования озона осуществляется в результате реакций с участием оксидов азота при наличии достаточного количества углеводородных соединений — источников пероксидных радикалов. Источниками окислов азота служат автотранспорт, ТЭЦ и высокотемпературные производства.

Значимость двух механизмов образования озона может различаться в индустриальных и курортных зонах. При прочих равных условиях в непромышленных районах первый фактор может быть более существенен, особенно если такие районы не располагаются с подветренной стороны от промышленных.

В настоящей работе проведено сравнение КПО, измеренных на территории горного массива Карадаг в Крыму и в пригороде Санкт-Петербурга — г. Сестрорецке Курортного района. Обе станции мониторинга относятся к равнинным (ниже 1000 м над уровнем моря [Борисов, Шалыгина, Лезина, 2020]) и располагаются на значительном расстоянии от источников промышленного загрязнения атмосферы. Карадаг находится южнее Сестрорецка на 15 градусов широты.

Исходные материалы

Станция фоновое экологического мониторинга (СФЭМ) находится на территории Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского. Карадагская научная станция, в свою очередь, является филиалом Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского и представляет собой природный заповедник РАН, расположенный на территории горного массива Карадаг на юго-восточном побережье Крымского полуострова. СФЭМ находится на северо-восточном склоне горы Святой (44°55' с. ш., 35°14' в. д.), на высоте 180 м над у. м. С южной стороны станция окружена горными хребтами: с юго-востока — хребтом Кок-Кая (320 м над у. м.) [Андреев и др., 2020], с юга — хребтом Магнитным, с юго-запада — горой Святой. Удаление СФЭМ от моря с юго-восточной стороны составляет около 1.5 км, с южной — 3 км, с юго-западной — около 6 км, расстояние до ближайшего поселка Коктебель — около 1.5 км.

Измерения концентрации приземного озона на СФЭМ «Карадаг» проводились с помощью автоматического газоанализатора АРОА 370 (HORIBA) на высоте двух метров и усреднялись за часовой интервал наблюдений, затем при анализе данные усреднялись посуточно. Метеопараметры измерялись с помощью метеостанций WS-600 и «Тропосфера-Н» [Лапченко, Звягинцев, 2014; Шалыгина, Кузнецова, Лапченко, 2019].

Станция Сестрорецк (60°06' с. ш., 29°58' в. д.) расположена на восточном берегу Финского залива Балтийского моря, на расстоянии около 1 км от залива, на высоте 2 м над уровнем моря, в 6 км на север от кольцевой автомобильной дороги. Станция входит в сеть экологического мониторинга Санкт-Петербурга, организованную Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности г. Санкт-Петербурга. Данные КПО взяты с официального сайта Комитета [Экологический портал Санкт-Петербурга] и представляют собой результаты измерений концентрации приземного озона, осреднённых посуточно и помесечно, за январь — октябрь 2019 г.

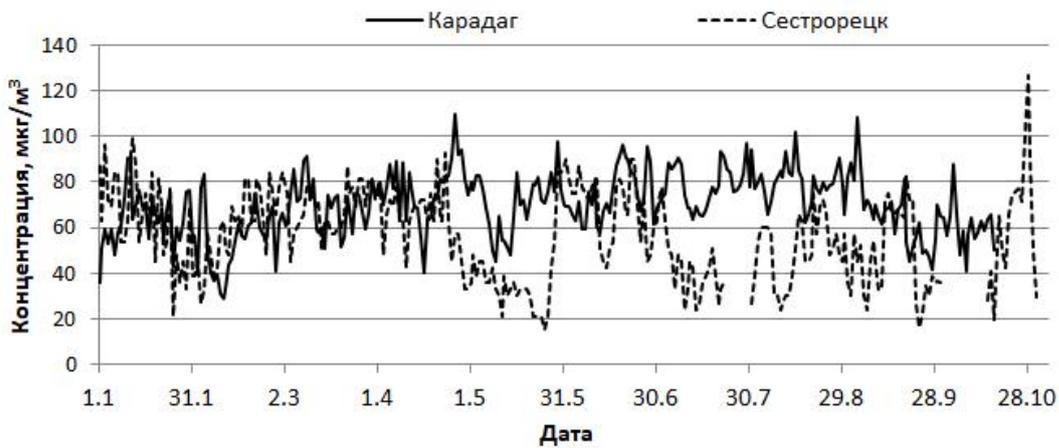
Результаты исследований и их обсуждение

Временной ход среднесуточных КПО на Карадаге и в Сестрорецке за рассматриваемый период представлен на рис. 1а. Для анализа совместной динамики на рис. 1б приведены средние КПО, полученные скользящим осреднением временных графиков на двух станциях. Скользящее осреднение по 11 точкам позволило выявить колебательный характер КПО с периодом около 20–25 дней, вариации с таким периодом присутствуют в течение всего интервала наблюдений и особенно заметны в Сестрорецке.

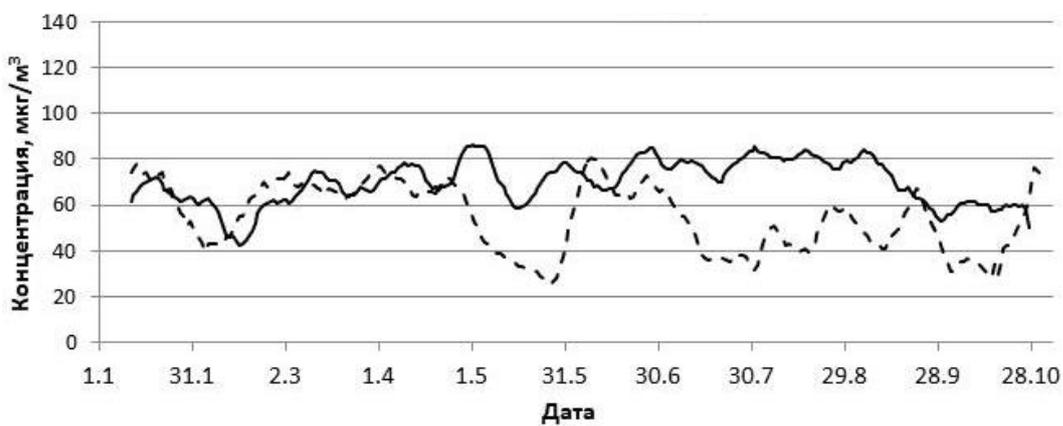
Можно отметить близость средних значений концентрации на двух станциях в холодный период, с января по апрель, с минимумом концентрации в конце января — начале февраля. Схожесть многодневных тенденций изменения КПО на Карадаге и в Сестрорецке в этот период подтверждает статистически значимый, с доверительной вероятностью 95 %, коэффициент корреляции (0,22), в то время как в целом по временному ряду за весь рассматриваемый период он крайне низкий (0,08). Для иллюстрации отсутствия связи между временными рядами КПО на рассматриваемых станциях за весь период наблюдений и наличия таковой в холодный период построены диаграммы рассеяния (рис. 2). Окончание периода «близости» совпадает с началом мая, когда происходит увеличение потока ультрафиолета и повышение температуры, что на более южной станции сказывается заметнее, чем на северной.

Уменьшение КПО в Сестрорецке с наступлением весны, по сравнению с периодом январь — апрель, может быть обусловлено сходом снежного покрова. Снег, согласно работе [Шаманский, Потемкин, 2011], уменьшает скорость осаждения озона на 1–2 порядка по сравнению с грунтовым покрытием, что препятствует разрушению озона. Тем самым в холодных заснеженных районах сток озона на земную поверхность может идти менее интенсивно, чем в бесснежных. Таким образом, таяние снежного покрова в Сестрорецке могло увеличить осаждение озона на земную поверхность. С другой стороны, рост температуры и УФ-излучения, способствующие увеличению образования озона, не смог скомпенсировать этот процесс, что привело к меньшим значениям КПО в Сестрорецке в тёплый период по сравнению как с холодным периодом, так и со значениями на Карадаге.

Одним из процессов образования озона, присущим тропосфере Сестрорецка, может оказаться диссоциация кислорода под действием ионизирующих излучений. В работе [Шаманский, Потемкин, 2011] указано на корреляцию между концентрацией озона и радона. В приземном слое атмосферы Санкт-Петербурга и Ленинградской области основным ионизатором является радон, который, влияя на диссоциацию кислорода, может способствовать формированию озона. Однако вряд ли такой механизм является существенным, поскольку повышение температуры в летние месяцы должно приводить к росту концентрации радона, а следовательно и озона, чего мы не наблюдаем в Сестрорецке.



а)



б)

Рис. 1. Временной ход среднесуточных значений КПО (а) и осреднённых по 11 точкам (б) на Карадаге и в Сестрорецке

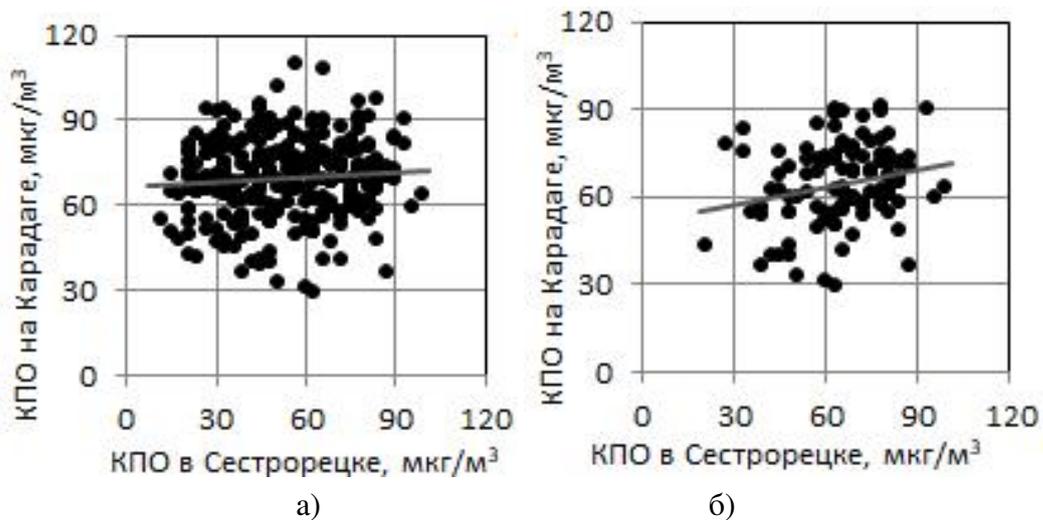


Рис. 2. Корреляционная диаграмма среднесуточных КПО на Карадаге и в Сестрорецке с прямой регрессии за весь период ($r = 0.08$) (а) и за период январь — середина апреля ($r = 0.22$) (б)

Весенне-летний максимум и осенний минимум, причины которых обсуждались в работе [Симакина, Крюкова, 2020], в графике средних значений на Карадаге в 2019 г. не выражены. В целом значения КПО на этой станции осенью более низкие по сравнению с предшествующим периодом с зимы до лета. Также полностью отсутствуют весенне-летний максимум и осенний минимум в графике КПО Сестрорецка. В мае и июле наблюдаются минимумы приземного озона.

Максимумы, минимумы и среднесуточные значения КПО на двух станциях ежемесячно представлены на рисунках (3а, 3б, 3в).

Среднечасовые максимумы КПО на Карадаге выше, чем в Сестрорецке, практически на протяжении всего года и достигают наибольших значений (156–160 мкг/м³) в апреле и августе (рис. 3б), что, возможно, связано с переносом озона в приземный слой атмосферы из вышележащих слоёв. В максимумах КПО на Карадаге заметен сезонный ход с подъёмом весной и летом и спадом в холодное время года [Шалыгина, Кузнецова, Лапченко, 2019].

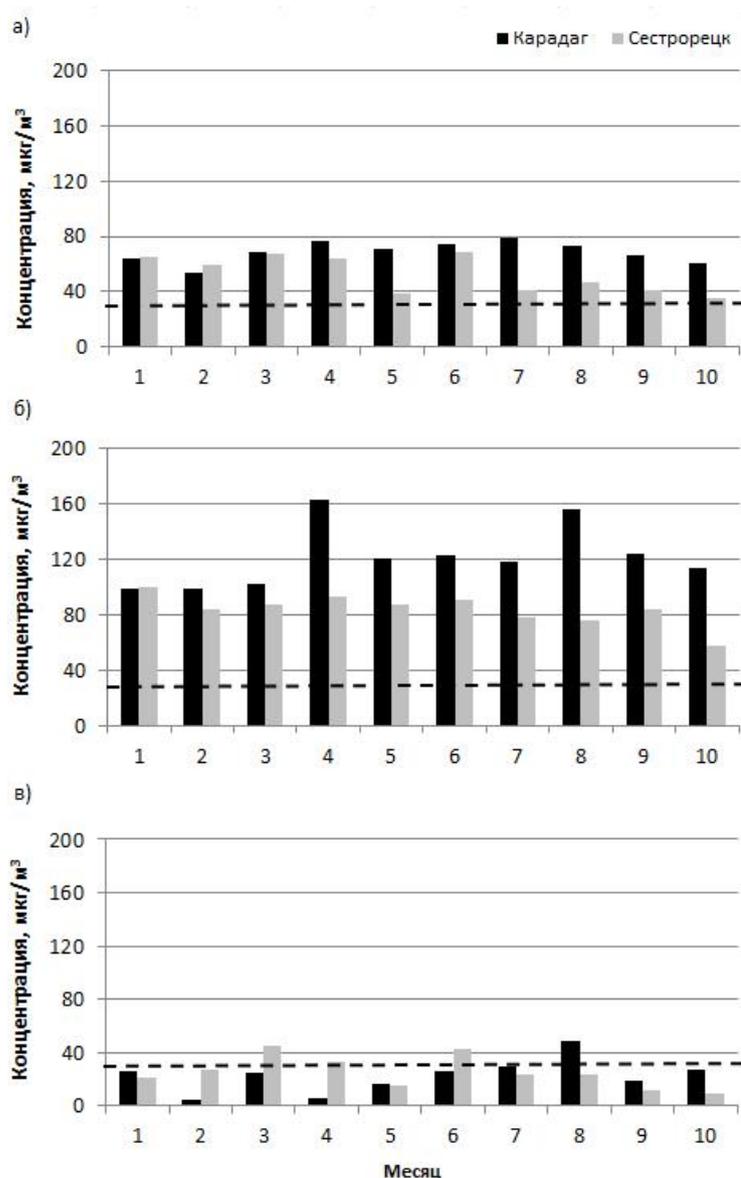


Рис. 3. Сравнительная сезонная диаграмма средней (а), максимальной (б) и минимальной (в) КПО в Крыму и Сестрорецке (горизонтальной штриховой прямой отмечен уровень ПДК_{сс} = 30 мкг/м³)

Среднемесячные КПО на станциях наблюдения на Карадаге и в Сестрорецке с января по апрель и в июне практически одинаковы, в остальные месяцы наблюдается превышение значений КПО на Карадаге (рис. 3а). В минимумах КПО в Сестрорецке заметны весенний (март — апрель) и летний (июнь) рост и осеннее (октябрь) уменьшение концентрации O_3 (рис. 3в).

В обоих пунктах максимальные и среднемесячные значения КПО, а в некоторые месяцы (весна — лето) и минимальные — превышают ПДК_{сс}, составляющую в Российской Федерации 30 мкг/м^3 . На рис. 3 значение ПДК_{сс} отмечено штриховыми прямыми. На Карадаге весь тёплый период максимальные среднемесячные значения КПО вдвое выше предельной нормы. Максимальные среднечасовые концентрации озона на Карадаге достигают значений максимально разовой ПДК (160 мкг/м^3). Такие концентрации одного из смертельно опасных газов в воздухе районов, предназначенных для лечения, отдыха и спорта, должны приводить к незамедлительным мерам по экологической защите населения. С другой стороны, отсутствие публикаций, убедительно доказывающих «смертельность» приземного озона, позволяет усомниться в обоснованности принятых в нашей стране значений ПДК. Необходимость пересмотра действующих на территории РФ стандартов обсуждалась авторами ранее [Симакина, Крюкова, 2020; Демин, Звягинцев, Кузнецова, 2009].

Для анализа связи КПО с метеорологическими параметрами были рассчитаны парные коэффициенты корреляции и построены диаграммы рассеяния: КПО — температура и КПО — влажность (рис. 4).

В среднем за год влажность в Крыму была ниже, чем в Санкт-Петербурге, на 10 %, а её зависимость от приземного O_3 сильнее — коэффициент корреляции составил 0.74.

Сестрорецк находится на восточном берегу Финского залива, ветер практически круглый год имеет западное направление, но адвекция влажного воздуха слабо влияет на КПО, судя по графику (рис. 4г).

Температура воздуха в Крыму выше, корреляционная связь с КПО заметная (коэффициент корреляции составил 0.63) и положительная, в Сестрорецке — обратная (–0.44). Все значения коэффициентов корреляции статистически значимые.

Жаркая и сухая погода (температура приземного воздуха более $27 \text{ }^\circ\text{C}$) способствует эпизодам роста концентрации озона на СФЭМ «Карадаг». Наблюдения на ряде других российских станций выявили похожую зависимость [Холявицкая и др., 2011; Систер и др., 2014].

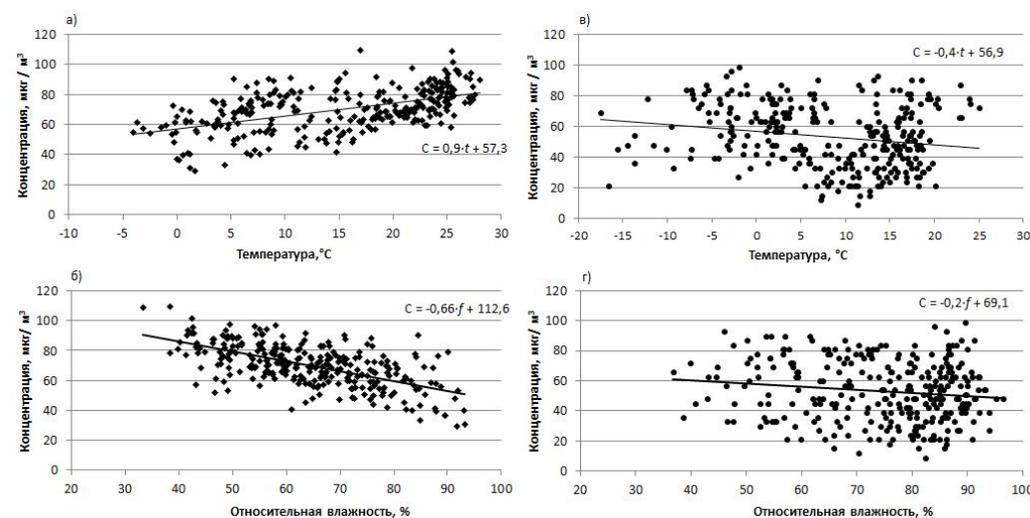


Рис. 4. Диаграммы рассеяния среднесуточных КПО — температура и КПО — влажность на СФЭМ «Карадаг» (а, б) и в Сестрорецке (в, г)

В последнее время в Крыму наблюдается рост температуры и усиление континентальности климата [Пивоваров, Горбунов, Сальников, 2015], что может иметь результатом снижение количества осадков, а следовательно и влажности воздуха. Хотя увеличение сухости климата может сопровождаться увеличением ливневых осадков, едва ли это приведёт к «вымыванию» озона каплями большого размера [Лапченко, Звягинцев, 2014]. Таким образом, в Крыму формируются благоприятные условия для повышения концентраций приземного озона в дальнейшем.

Выводы

Сравнительное исследование КПО за 2019 г. на двух станциях — СФЭМ «Карадаг» и «Сестрорецк» — позволило сделать следующие выводы.

1. Более 90 % времени значения КПО на обеих станциях превышают значение 30 мкг/м³, которое является ПДК_{сс} в РФ.

2. Значения КПО на СФЭМ «Карадаг» на протяжении тёплого периода выше, чем на станции в Сестрорецке, в холодный период значения КПО близки на обеих станциях.

3. Весенне-летний максимум и осенний минимум во временном ходе средних значений КПО, типичные для других станций, на Карадаге и в Сестрорецке не выражены. Сезонный ход с подъёмом весной и летом и спадом в холодное время года заметен лишь в максимумах КПО на Карадаге и минимумах КПО в Сестрорецке. В Сестрорецке наблюдаются майский и июльский минимумы приземного озона.

4. Заметны различия во влиянии метеофакторов на О₃ на двух станциях. На СФЭМ «Карадаг» обнаружена сильная положительная корреляция О₃ с температурой и отрицательная корреляция с относительной влажностью. В отличие от Карадага, в Сестрорецке выявлена отрицательная корреляционная связь О₃ с температурой.

Список литературы

1. Андреев В. В., Аршинов М. Ю., Белан Б. Д., Давыдов Д. К., Еланский Н. Ф., Жамсуева Г. С., Заяханов А. С., Ивлев Г. А., Козлов А. В., Котельников С. Н., Кузнецова И. Н., Лапченко В. А., Лезина Е. А., Постыляков О. В., Савкин Д. Е., Сенник И. А., Степанов Е. В., Толмачев Г. Н., Фофонов А. В., Челибанов И. В., Челибанов В. П., Широтов В. Приземная концентрация озона на территории России в первом полугодии 2020 г. // Оптика атмосферы и океана. – 2020. – Т. 33, № 9. – С. 710–721. – <https://doi.org/10.15372/AOO20200908>
2. Борисов Д. В., Шальгина И. Ю., Лезина Е. А. Исследование сезонной и суточной изменчивости концентраций приземного озона // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2020. – № 3 (377). – С. 122–135. – <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2020-3-122-135>
3. Демин В. И., Звягинцев А. М., Кузнецова И. Н. О действующих в Российской Федерации нормативах по содержанию озона в атмосферном воздухе // Экология человека. – 2009. – № 1. – С. 4–8.
4. Звягинцев А. М., Кузнецова И. Н., Шальгина И. Ю., Нахаев М. И., Лезина Е. А., Лапченко В. А., Никифорова М. П., Демин В. И. Актуальность наблюдений и прогноза приземного озона в России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2018. – Т. 29, № 1. – С. 89–106. – <https://doi.org/10.21513/0207-2564-2018-1-89-106>
5. Котельников С. Н., Степанов Е. В. Мониторинг тропосферного озона в атмосфере мегаполисов и малоурбанизированных районов // Труды института общей физики им. А. М. Прохорова РАН. – 2015. – Т. 71. – С. 42–71.

6. Лапченко В. А., Звягинцев А. М. Приземный озон в Крыму // *Пространство и время*. – 2014. – № 2 (16). – С. 254–257.
7. Пивоваров В. Г., Горбунов Р. В., Сальников А. И. О необходимости создания системы мониторинга приземного озона в Крыму // *Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности*. – 2015. – № 3. – С. 69–76.
8. Симакина Т. Е., Крюкова С. В. Пространственно-временное распределение концентрации приземного озона в Санкт-Петербурге // *Гидрометеорология и экология*. – 2020. – № 61. – С. 407–420. – <https://doi.org/10.33933/2074-2762-2020-61-407-420>
9. Систер В. Г., Цедилин А. Н., Воробьёва Н. В., Воробьёв Ю. В. Результаты статистической обработки концентраций тропосферного озона в Московском регионе // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2014. – № 1 (50). – С. 74–81.
10. Холявицкая А. А., Потёмкин В. Л., Голобокова Л. П., Ходжер Т. В. Апробация пассивного метода для измерения концентраций озона в приземной атмосфере (ст. Монды, Восточная Сибирь) // *Оптика атмосферы и океана*. – 2011. – Т. 24, № 9. – С. 828–831. – <https://doi.org/10.1134/S1024856012010046>
11. Шалыгина И. Ю., Кузнецова И. Н., Лапченко В. А. Режим приземного озона на станции Карадаг в Крыму по наблюдениям в 2009–2018 гг. // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. – 2019. – № 2 (372). – С. 102–113.
12. Шаманский Ю. В., Потемкин В. Л. Приземный озон и электрическое состояние атмосферы // *Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Науки о Земле*. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 213–220.
13. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=53> (дата обращения: 10.03.2021).
14. Monks P. S., Sommariva R., Archibald A. T., Colette A., Cooper O., Granier C., Coyle M., Fowler D., Derwent R., Law K. S., Mills G. E., Stevenson D. S., Tarasova O., Thouret V., Von Schneidmesser E., Wild O., Williams M. L. Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2015. – Vol. 15, iss. 15. – P. 8889–8973. – <https://doi.org/10.5194/acp-15-8889-2015>

GROUND-LEVEL OZONE IN NON-INDUSTRIAL AREAS OF ST. PETERSBURG AND CRIMEA

Lapchenko V. A.¹, Simakina T. E.², Kryukova S. V.²

¹*T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of IBSS,
Feodosiya, Russian Federation,
e-mail: ozon.karadag@gmail.com*

²*Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russian Federation,
e-mail: tatiana.simakina@gmail.com*

Abstract: The results of a comparative analysis of the results of measurements of ground-level ozone concentration at the stations Karadag (Crimea) and Sestroretsk (Kurortny district of St. Petersburg) for the period from January to October 2019 are presented. Despite the remoteness of the stations from industrial centers and highways, for most of the measuring period, the values of ground-level ozone concentration at both stations exceed the average daily limit. The permissible value in the Russian Federation is 30 micrograms/m³. The excess of ground-level ozone concentrations in Karadag compared to Sestroretsk was revealed in most months. The maximum hourly average concentrations of ozone at Karadag reach the maximum one-time maximum permissible concentration of 160 micrograms/m³. During the cold period of the year, from January to April, there were similar trends in changes in ground-level ozone concentrations at two stations. With the onset of warm weather and an increase in the level of insolation, the amount of ozone in Sestroretsk decreased, and the spring-summer maximum concentration of O₃,

typical for a number of other areas, was absent here. The correlation of ozone concentration with meteorological parameters at two stations was revealed, noticeable differences in the nature of the dependences of surface O_3 values on humidity and air temperature for the territories under consideration were noted. The temperature of the surface air on Karadag positively, and the relative humidity negatively correlate with the concentration of ozone. Thus, hot and dry weather on Karadag contributes to episodes of elevated values of the concentration of surface ozone. In Sestroretsk, the correlation of ozone concentration with temperature is negative.

Keywords: ground-level ozone, Karadag, Sestroretsk, temperature, air humidity, empirical distribution function of tropospheric ozone concentration.

Сведения об авторах

Лапченко Владимир Александрович научный сотрудник Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН – филиала ФИЦ ИнБЮМ, ozon.karadag@gmail.com

Симакина Татьяна Евгеньевна кандидат физико-математических наук, доцент Российского государственного гидрометеорологического университета, tatiana.simakina@gmail.com

Крюкова Светлана Викторовна кандидат физико-математических наук, доцент Российского государственного гидрометеорологического университета, krukos@rambler.ru

*Поступила в редакцию 29.09.2021 г.
Принята к публикации 17.06.2022 г.*

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.46(262.5.04)

DOI: 10.21072/eco.2022.22.05

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОХАЛИННЫХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КАРАДАГА В ИЮНЕ И СЕНТЯБРЕ 2020 г. ¹**

Трощенко О. А., Ковригина Н. П., Капранов С. В., Бобко Н. И., Еремин И. Ю.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: maricultura@mail.ru

Аннотация: Представлены результаты гидролого-гидрохимических исследований в прибрежной акватории Карадагского природного заповедника и в Коктебельской бухте, проводившихся в июне и сентябре 2020 г. Отмечены экстремально высокие значения солёности, что отражает тенденции последних 8–9 лет. Показано высокое содержание кислорода в исследованной толще и отсутствие дефицита кислорода в придонном слое. По величинам биохимического потребления кислорода на пятые сутки (БПК₅) со значениями ниже предельно допустимой концентрации (ПДК), окисляемости, средняя величина которой меньше ПДК, и коэффициенту загрязнения (К_з) (БПК₅ / окисляемость), не превышающему 1,0, акваторию можно считать «незагрязнённой». Интервал изменчивости величин растворённого органического вещества в июне 2020 г. практически совпадает с полученными нами в предыдущие годы данными и показывает отсутствие накопления (С_{ров}). По величинам отношения $R_{\text{мин}} : R_{\text{вал}} < 30 \%$ (на 12 из 14 станций) и высоким концентрациям кремния и фосфора минерального выявлено влияние азовоморских вод на гидрохимическую структуру исследуемой акватории. Распределение гидрохимических показателей в двухметровой полосе моря было неравномерно и характеризовалось повышением концентраций биогенных веществ по сравнению с прилегающей акваторией. Вследствие низких значений окисляемости в двухметровой полосе моря накопления растворённого органического вещества не отмечено.

Ключевые слова: гидролого-гидрохимические показатели, азовоморские воды, прибрежная зона Карадага, Коктебельская бухта.

Введение

Изучение прибрежных аквальных комплексов всегда актуально, имеет как теоретическое, так и практическое значение. Наиболее ранние сведения о гидрохимическом режиме вод района Карадага получены А. И. Смирновой в период 1957–1958 гг. [Смирнова, 1960]. Исследования проводились на расстоянии 0,25–15 миль от берега и глубине от 13 до 100 м. Автором сделан вывод, что по концентрациям гидрохимических показателей район Карадага практически не отличается от других частей центральной и восточной зон Чёрного моря.

Более поздние данные по распределению гидрохимических полей в районе Судакско-Карадагского взморья получены в весенне-летний период 1987–1990 гг. [Куфтаркова, Ковригина, 1999]. В работе Е. А. Куфтарковой и соавторов [Куфтаркова, Ковригина, Бобко, 2004] обобщены гидрохимические материалы, собранные в прибрежной зоне с удалением от берега до 10 миль в период 1987–1991 гг. Выявлены характерные изменения гидрохимических параметров в весенний, летний и зимний сезоны. По данным [Морозова, Смирнова, 2006], концентрации основных биогенных элементов возросли в несколько раз за последние 45–47 лет, но их величины оставались значительно ниже ПДК.

¹Работа подготовлена по теме государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ 121030300149-0).

Гидрохимические исследования в районе Карадага на современном этапе (2004–2020 гг.) были вызваны необходимостью выяснения современного состояния прибрежной зоны, которая с давних пор считалась «чистой», т. е. в наименьшей степени подверженной антропогенному воздействию. С 2004 г. и по настоящее время ежегодно в районе Карадага нами исследовалась акватория в 5-мильной зоне, от 10- до 30-метровой изобаты.

Исследования, выполненные летом и осенью 2004 г. в узкой прибрежной зоне, выявили накопление содержания органического вещества в зоне Карадага, концентрация которого в 2004 г. была в 3–5 раз выше уровня 50–60-х гг. прошлого столетия [Ковригина и др., 2007].

Результаты гидролого-гидрохимического мониторинга за 2012–2018 гг. приведены в работе [Мальцев, Смирнова, Кондратьева, 2018]. Наиболее интересные обобщения по гидрологическому режиму и результаты исследований экологического состояния прибрежных вод Карадага представлены нами в монографии [Трошенко, Субботин, 2018; Ковригина, Родионова, 2018].

Регулярное изучение пространственно-временной изменчивости гидролого-гидрохимической структуры на Карадагском взморье позволяет проследить тенденции в изменении рассматриваемых параметров, оценить степень загрязнённости разных участков исследуемой акватории.

Цель настоящей работы — дополнить имеющиеся сведения о распределении основных гидролого-гидрохимических показателей прибрежной акватории в районе Карадага, проследить имеющиеся тенденции, а также оценить качество вод в узкой двухметровой полосе моря от биостанции до заповедника по материалам, полученным в июне и сентябре 2020 г.

Материалы и методы

В 2020 г. в прибрежной зоне Карадага проведены две комплексные съёмки: 16 июня и 16 сентября. Они охватывали четыре разреза по нормали к береговой линии — от причала бухты Коктебель, от мыса Мальчин, от бухты Сердоликовой и от биостанции. Кроме разрезов пробы отбирали на двух прибрежных станциях — в районе устья реки Отузки и в районе очистных сооружений посёлка Курортное. Пробы отбирали на 14 станциях с поверхности и у дна (глубина до 30 м). Схема станций отбора проб не изменялась с 2012 года (рис. 1).

Дополнительно отбирались 4 пробы с берега, в двухметровой полосе моря: в районе Камней Кузьмича, на западной границе заповедника, на пляже и в районе стока из дельфинария (станции 1, 2, 3 и 4 соответственно) (рис. 1, врезка).

В комплекс гидролого-гидрохимических исследований входило измерение температуры, солёности, а также определение содержания растворённого кислорода, БПК₅, перманганатной окисляемости в щелочной среде, кремния, органических и неорганических форм азота и фосфора. Концентрацию растворённого кислорода в морской воде определяли йодометрическим методом (метод Винклера) по РД 52.24.421-2007 [Химическое потребление ... , 2007]. В основе метода лежит перевод растворённого в морской воде кислорода с помощью окислительно-восстановительных реакций в эквивалентное количество свободного йода, который определялся количественно при титровании тиосульфатом. Процент насыщения кислородом определялся расчётным путем.

Пробы морской воды фиксировались немедленно после отбора на борту судна и помещались в тёмное место. Йодометрическое определение проводилось через 2 часа после фиксации. Титр раствора тиосульфата устанавливался по стандартному раствору иодата калия.

Определение содержания растворённого неорганического фосфора (фосфаты) проводилось колориметрически по модифицированному методу Морфи и Райли в соответствии с РД 52.10.738-2010 [Массовая концентрация ... , 2010]. Метод основан на колориметрировании молибденовой гетерополисина. Для ускорения реакции в качестве катализатора применялся



Рис. 1. Схема станций отбора проб на Карадагском взморье и в узкой прибрежной зоне (врезка: ст. 1 — Кузьмичевы Камни, ст. 2 — граница заповедника; ст. 3 — пляж, ст. 4 — выпуск сточных вод дельфинария) в 2020 г.

калий сурьмяновиннокислый. Аскорбиновая кислота применялась в качестве восстановителя. Максимум оптической плотности образовавшегося соединения наблюдается при 885 нм. Определение проводилось не позднее чем через 6 часов со времени отбора.

Определение растворённого неорганического кремния (силикатов) проводили колориметрически по голубому кремнемолибденовому комплексу (метод Королёва). Определение проводилось не позднее чем через 6 часов со времени отбора. Метод основан на взаимодействии мономерно-димерной формы кремниевой кислоты и силикатов с молибдатом аммония в кислой среде с образованием молибденокремниевой гетерополикислоты, которая при действии восстановителей образует окрашенную в синий цвет форму за счёт частичного перехода атомов Mo(VI) в Mo(V).

Определение нитритного азота (нитриты) проводили не позднее чем через 6 часов со времени отбора проб по методу, основанному на образовании азоокраски, при взаимодействии нитрита с сульфаниламидом солянокислым и α -нафтилэтилендиамином. Длина волны при измерениях составила 543 нм, диапазон концентрации — 0,01–0,25 мг/дм³.

Определение нитратного азота (нитраты) после его восстановления на кадмиевых колонках до нитритного азота проводили колориметрически на фотометре КФК-3-01«ЗОМЗ». Определение проводили не позднее чем через 6 часов со времени отбора. Метод колориметрического определения массовой концентрации нитратной формы азота (мг/л) основан на восстановлении нитратов до нитритов в кадмиевых колонках, причём в качестве восстановителя применяется металлический кадмий, а в качестве комплексообразующего агента — динатриевая соль ЭДТА (трилон Б). Длина волны при измерениях составила 543 нм. Измерение оптической плотности при определении всех биогенных элементов проводили на фотометре КФК-3-01«ЗОМЗ».

Пробы отбирали с поверхности и дна. Работы выполнялись согласно общепринятым методикам [Руководство по гидрологическим ... , 1977; Методы гидрохимических ... , 1988]. По величинам окисляемости рассчитано содержание органического углерода ($C_{\text{пов}}$) на поверхности в прибрежной зоне Карадагского природного заповедника и в Коктебельской бухте [Скопинцев, 1975]. Коэффициент загрязнения (K_3), равный отношению величин БПК₅ к окисляемости, также рассчитан по Скопинцеву.

Результаты и обсуждение

В июне наиболее прогретые воды были у берега, мористее температура понижалась. Диапазон изменчивости поверхностной температуры был достаточно широким — 20,1–21,8 °С (рис. 2). Эти показатели выше среднемноголетних значений, но ниже ранее отмечавшихся максимальных [Трощенко, Субботин, 2018]. Изотермы располагались параллельно берегу вдоль изобат. Вертикальная термическая структура соответствовала переходному периоду от весны к лету, когда верхний квазиоднородный слой ещё формируется (нижняя граница 3–4 м), а градиенты в термоклине незначительны (менее 1 °С/м).

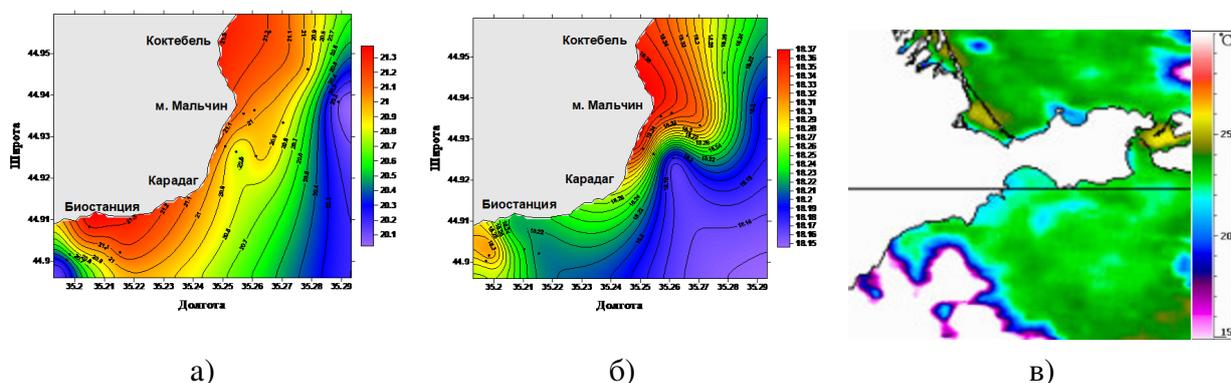


Рис. 2. Распределение поверхностной температуры (а), солёности (б) и поверхностной температуры (в), по данным ИСЗ NOAA-15 16 июня 2020 г. Снимок взят с официального сайта ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН»

Поверхностное распределение солёности в общем было похоже на распределение температуры (рис. 2): наиболее высокие значения были у берега, а мористее солёность понижалась. Однако такое распределение нехарактерно для прибрежных вод. Обычно значения солёности в прибрежной зоне ниже, чем в открытом море. Возможно, такое распределение связано с затокком вод северо-восточной части Чёрного моря (трансформированные азовоморские и «кавказские» воды), проходящих южнее прибрежной зоны, что видно по космическому снимку. Диапазон изменчивости поверхностной солёности был небольшой — 18,14–18,37 ‰. Эти значения выше среднемноголетних показателей и максимальных, ранее отмеченных, что отражает тенденцию повышения солёности в последние 8–9 лет [Трощенко, Субботин, Еремин, 2019]. С глубиной солёность плавно повышалась. Максимальное значение (18,60 ‰) зафиксировано на траверсе Сердоликовой бухты, на глубине 30 м.

Абсолютное содержание кислорода изменялось на поверхности от 4,73 до 6,02 мл/л (84,7–98,1 %) при средних значениях 5,14 мл/л (91,7 %). В придонном слое содержание кислорода изменялось от 6,15 до 7,98 мл/л (78,6–97,2 %) при средних значениях, равных 5,54 мл/л (88,8 % насыщения). С глубиной отмечено повышение абсолютного содержания кислорода и небольшое снижение значений насыщения кислородом. Дефицита кислорода в придонном слое не отмечено, поскольку среднее значение насыщения кислородом было более чем в 2 раза выше ПДК (40 %),

а среднее значение абсолютного содержания кислорода, равное 5,54 мл/л, было так же, как и насыщение кислородом, в 1,3 раза выше ПДК, равной 4,2 мл/л согласно рыбохозяйственным нормативам [Об утверждении нормативов ... , 2016]. В целом вся исследованная акватория во время съёмки 16 июня 2020 г. характеризовалась высокой обеспеченностью кислородом. Уровни концентраций растворённого кислорода, полученные нами в настоящее время, практически не отличались от таковых, полученных нами ранее. Аналогичные выводы получены сотрудниками ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН», которые параллельно с нами вели регулярный гидрологический, гидрохимический и гидробиологический мониторинг [Мальцев, Смирнова, Кондратьева, 2018].

Распределение абсолютного и относительного содержания кислорода на поверхности представлено на рис. 3.

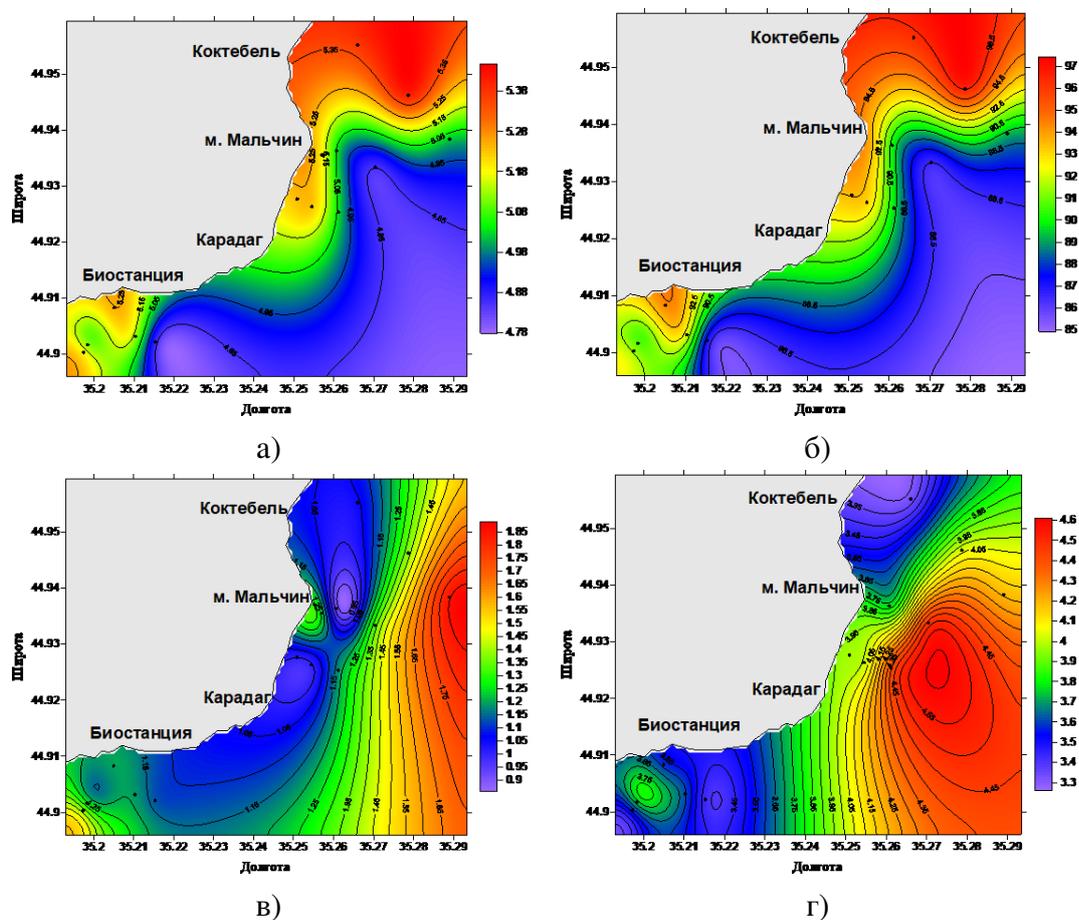


Рис. 3. Распределение гидрохимических показателей на поверхности Карадага 16 июня 2020 г.: кислород, мл/л (а), кислород, % (б), БПК₅, мг/л (в), окисляемость, мгО/л (г)

Биохимическое потребление кислорода на пятые сутки (БПК₅). Содержание нестойкого к биохимическому окислению органического вещества по величинам БПК₅ изменялось в пределах от 0,90 до 1,58 мгО₂/л и было значительно ниже ПДК, равной 2,0 мг/л согласно рыбохозяйственным нормативам. Полученные величины БПК₅ указывают на «чистоту» всей исследуемой акватории.

Изменчивость величин БПК₅ на поверхности прибрежных станций от года к году (с 2005 по 2018 гг.) имела тенденцию к повышению их значений, что свидетельствовало о накоплении нестойкого органического вещества в течение всего периода наблюдений [Ковригина и др., 2019].

Перманганатная окисляемость в щелочной среде на поверхности имела величины в пределах от 3,26 до 4,52 мгО/л. На шести станциях из четырнадцати величины окисляемости немного превышали ПДК, равную 4,0 мгО/л согласно рыбохозяйственным нормативам [Об утверждении нормативов ... , 2016]. Превышение ПДК отмечено в Коктебельской бухте (ст. 12, 11), в районе мыса Мальчин (ст. 2), в Сердоликовой бухте (ст. 4, 20) и в районе очистных сооружений (ст. 22). Для оценки влияния хозяйственных стоков на состояние прибрежной акватории Карадага мы использовали коэффициент загрязнения (K_z), предложенный Скопинцевым как отношение БПК₅ к окисляемости. Его значения более 1 свидетельствуют о неблагоприятном санитарном состоянии акватории моря [Скопинцев, 1975]. В нашем случае во время съёмки 16 июня 2020 г. величины коэффициента загрязнения изменялись от 0,15 до 0,47 и были ниже единицы, что позволяет считать исследуемую акваторию «незагрязнённой». Содержание растворённого органического вещества ($C_{\text{РОВ}}$), рассчитанное для съёмки, по величинам окисляемости изменялось в диапазоне от 9,59 до 13,53 мгС/л. Минимальное значение $C_{\text{РОВ}}$ отмечено на прибрежной станции (ст. 13) в Коктебельской бухте, максимальное — на средней станции разреза от мыса Мальчин. Полученный нами интервал изменчивости величин $C_{\text{ОРГ}}$ практически совпадает с интервалом изменчивости $C_{\text{ОРГ}}$, полученным нами ранее [Ковригина и др., 2019].

Биогенные вещества имели низкие и однородные величины, характерные для незагрязнённых прибрежных вод. Концентрации нитритов на поверхности изменялись в пределах от 0,5 до 1,0 мкг/л при средней величине, равной 0,7 мкг/л. Концентрации нитратов на поверхности изменялись от 2,1 до 7,1 мкг/л при средней величине, равной 4,5 мкг/л. Максимальная величина отмечена на мористой станции разреза от Сердоликовой бухты (ст. 20), минимальная — на прибрежной станции в районе устья реки Отузки (ст. 22). Величины азота аммонийного колебались от 3,9 до 15,0 мкг/л при средней, равной 7,0 мкг/л. Максимальная величина отмечена на прибрежной станции в Коктебельской бухте (ст. 13). Изменение величин фосфатов на поверхности наблюдали в пределах от 2,1 до 6,0 мкг/л при средней величине, равной 3,5 мкг/л. Максимальная величина зафиксирована на мористой станции в бухте Коктебель (ст. 11). Повышенные концентрации минеральных форм азота и фосфора относительно их средних величин свидетельствуют о влиянии хозяйственного стока на прибрежную зону. Распределение величин нитритного, нитратного, аммонийного и органического азота на поверхности представлено на рисунке 4.

Величины органического фосфора на поверхности колебались в узком диапазоне от 8,1 до 19,5 мкг/л при средней величине, равной 14,1 мкг/л. По величинам процентного отношения $P_{\text{мин}} : P_{\text{вал}}$ отмечено влияние азовоморских вод на 12 станциях из 14, где значения процентного отношения изменялись от 12,6 до 29,6 и не превышали 30 %. Содержание органического азота отличалось большим диапазоном изменчивости (1453–2036 мкг/л) со средней для поверхности величиной, равной 1560 мкг/л. Максимальное содержание $N_{\text{ОРГ}}$, отмеченное на прибрежной станции в бухте Коктебель, обусловлено влиянием хозяйственного стока посёлка Коктебель. Концентрация кремния изменялась в диапазоне от 40,9 до 155,0 мкг/л при средней величине 80 мкг/л. Максимальная величина кремния на поверхности отмечена на прибрежной станции в бухте Сердоликовой (ст. 4). Уровень концентрации кремния в морской воде не лимитирует развитие фитопланктона и практически не зависит от антропогенного фактора. Концентрация кремния в придонном слое имела максимальное значение (162 мкг/л) на станции 20 и повышенные значения в районе станций 12, 11 и 2. Повышение концентраций кремния в придонном слое сопровождалось понижением величин насыщения кислородом, возможно, из-за влияния источников пресных вод подземного происхождения, отмеченного нами ранее [Ковригина, Родионова, 2018]. Распределение величин $P_{\text{ОРГ}}$ и $N_{\text{ОРГ}}$ на поверхности исследуемой акватории представлено на рис. 5.

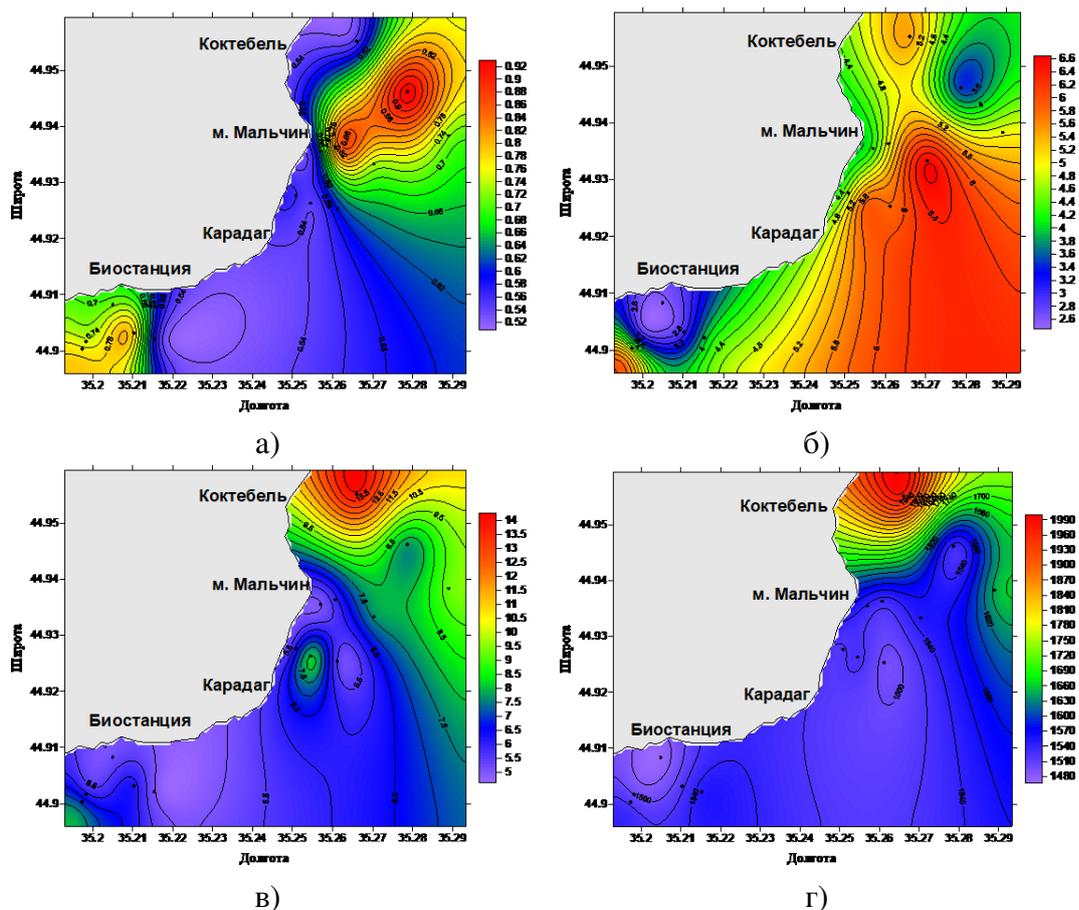


Рис. 4. Распределение величин азота нитритного (а), азота нитратного (б), азота аммонийного (в) и азота органического (г) в мкг/л 16 июня 2020 г.

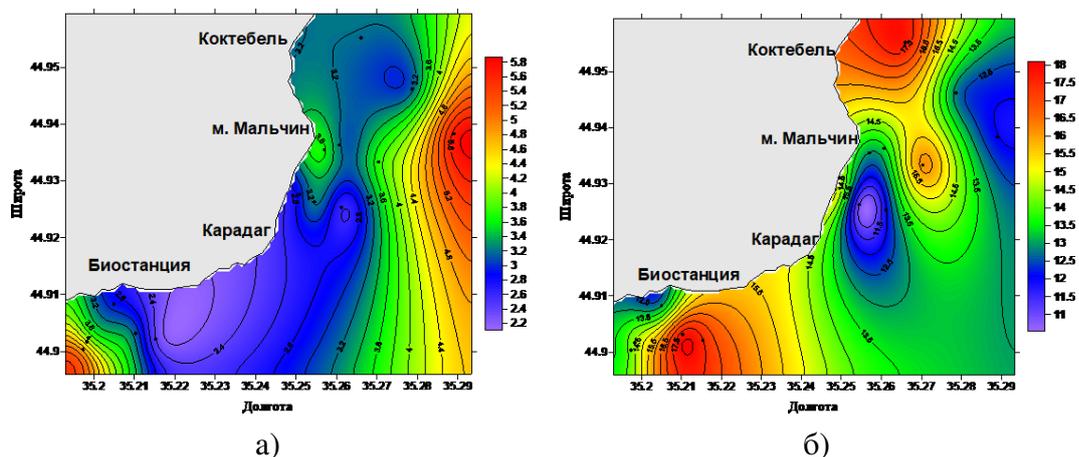


Рис. 5. Распределение величин фосфора органического (а) и азота органического (б) 16 июня 2020 г.

16 сентября 2020 года гидролого-гидрохимическая съёмка проводилась совместно с сотрудниками Севастопольского отделения Государственного океанографического института им. Н. Н. Зубова. Данные, полученные с помощью STD-зонда (STD-48), были любезно предоставлены для общего использования. Вертикальные профили распределения температуры, солёности и условной плотности показаны на рисунке 6.

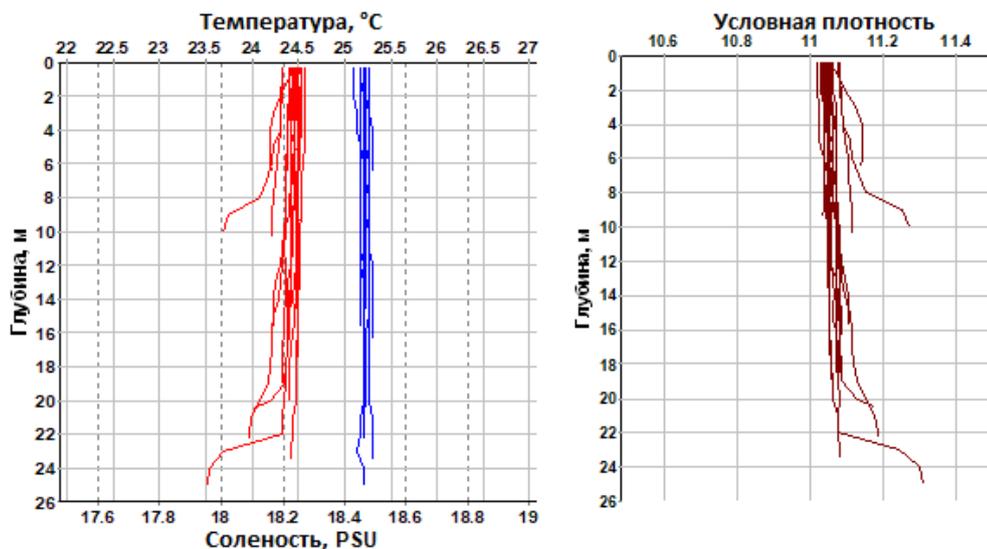


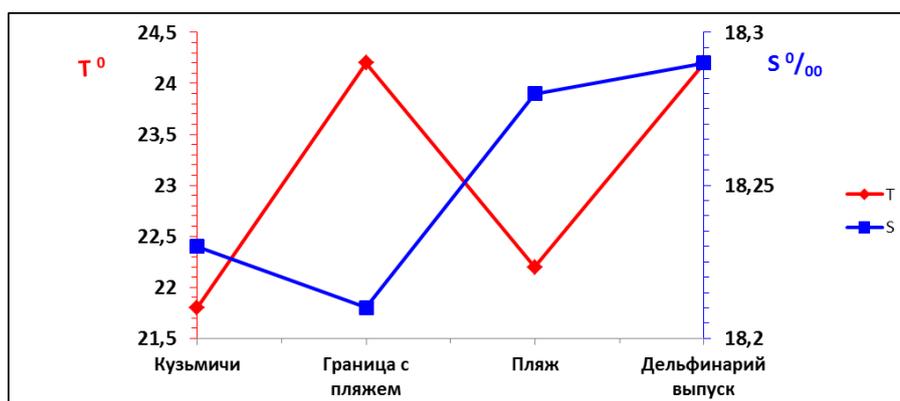
Рис. 6. Вертикальные профили распределения температуры (красные линии), солёности (синие линии) и условной плотности (коричневые линии), по данным гидрологической съёмки в районе Карадагского заповедника и Коктебельской бухты 16 сентября 2020 г.

Во время съёмки в прибрежной зоне выраженные вертикальные градиенты температуры, солёности и плотности воды отсутствовали. Температура воды в поверхностном слое на гидрологических станциях изменялась незначительно — от 24,32 до 24,58 °C, а на глубинах 20–25 метров — от 23,51 до 24,47 °C, т. е. во всём слое воды 0–25 м наблюдалась гомотермия. В целом значения температуры были приблизительно на 1 °C выше среднемноголетних значений.

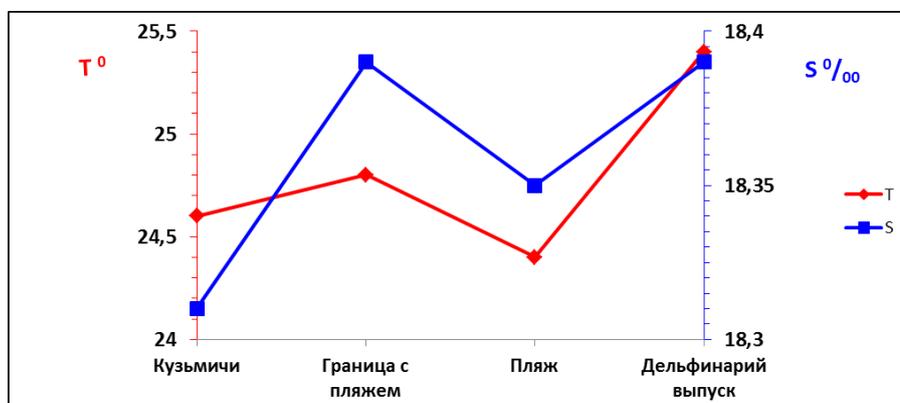
В халинной структуре вод также просматривается горизонтальная и вертикальная однородность. Солёность воды в поверхностном слое на всех станциях находилась в пределах от 18,43 до 18,48 ‰, увеличиваясь с глубиной до 18,44–18,49 ‰. Следует отметить, что в сентябре для района исследований наблюдались экстремально высокие значения солёности, которые были на 0,25 ‰ выше обнаруженных ранее [Троценко, Субботин, 2018]. В связи с полной термической и халинной однородностью приводить пространственное распределение этих характеристик не имеет смысла.

В сентябре отмечена высокая обеспеченность исследованной акватории кислородом. Его содержание в слое 0–25 м колебалось в пределах от 5,17 до 5,51 мл/л (98–105 %). Насыщение кислородом было близко к нормальному и более чем в 2 раза выше ПДК (40 %) согласно рыбохозяйственным нормативам. Величины БПК₅ имели низкие значения (от 0,04 до 0,87 мг/л), которые от 2 до 50 раз ниже ПДК, что характеризует «чистоту» исследованного района. Величины pH изменялись от 8,06 до 8,30 со средней по акватории, равной 8,22, которая была несколько ниже по сравнению со средней pH, характерной для Севастопольского взморья, по данным 1999–2004 гг. [Марикультура мидий ... , 2007]. Концентрации биогенных веществ имели в основном величины, типичные для прибрежных вод. Их величины имели низкие значения, которые колебались в следующих пределах: нитриты — от 0,2 до 2,2 мкг/л, нитраты — от 6,0 до 37 мкг/л, фосфаты — от 1,0 до 3,0 мкг/л, кремний — от 7,0 до 114 мкг/л и фосфор общий (P_{общ}) — от 7,0 до 36 мкг/л. Повышенные значения были отмечены у азота аммонийного — от 72 до 208 мкг/л и у азота общего (N_{общ}) — от 113 до 443 мкг/л. В целом величины гидрохимических показателей, полученные в сентябре 2020 г. на акватории Карадагского природного заповедника совместно с сотрудниками Севастопольского отделения ГОИН, мало отличались от таковых, полученных нами ранее [Ковригина и др., 2019], и соответствовали величинам, полученным в прибрежных водах Чёрного моря [Марикультура мидий ... , 2007].

Исследования в двухметровой прибрежной зоне проводятся с сентября 2017 г. Цель работы заключается в изучении качества морской воды в узкой прибрежной полосе Карадагского природного заповедника, в зонах с разной антропогенной нагрузкой. В июне значения температуры воды поверхностного слоя на всех точках были выше, чем в мористой части, что объясняется более сильным прогревом прибрежной зоны (рис. 7). Как и в предыдущие годы, максимальные значения наблюдались на границе заповедника и возле выпуска вод дельфинария, т. е. в зонах с мелководным побережьем. Более низкие значения отмечены у Кузьмичевых Камней и в районе пляжа с приглубыми береговыми зонами. Но если в 2017–2019 гг. разность температур составляла около 1 °С, то в 2020 г. она доходила до 2,5 °С. Возможно, это связано с тем, что в предыдущие годы работы проводились в мае, а в 2020 г. — в июне, при более сильном прогреве.



а)



б)

Рис. 7. Значения температуры и солёности в прибрежной зоне: а) 17 июня, б) 16 сентября.

Значения солёности поверхностного слоя были близки к показателям основного полигона — 18,22–18,29 ‰. Солёность повышалась с востока на запад, однако диапазон изменений очень узкий.

В сентябре диапазон изменения температуры составлял 1 °С (24,4–25,4 °С), т. е. был таким же, как и в предыдущие годы. Ход изотерм соответствовал июню — с повышением значений на мелководье и понижением в приглубых береговых зонах. Солёность менялась от 18,31 ‰ у Кузьмичевых Камней до 18,39 ‰ на границе заповедника и у выпуска вод дельфинария. Повышение солёности в этих двух точках, очевидно, связано с повышенной испаряемостью на мелководье при слабом перемешивании вод.

Распределение величин гидрохимических показателей в узкой прибрежной зоне в июне и сентябре представлено на рис. 8 и 9. В целом оно показало, что в конце весеннего гидрологического периода (июнь) 2020 г. содержание кислорода было несколько ниже, чем в мае 2018 и 2019 гг., что связано с более высокой температурой воды в июне. Окисляемость и БПК₅ существенно не изменились, за исключением значений БПК₅ на границе заповедника (3 мг/л), которые в 1,5 раза превышали верхнюю границу согласно рыбохозяйственным нормативам. Средние концентрации биогенных элементов также существенно не изменились по сравнению с аналогичными значениями за май 2019 г., однако концентрации фосфатов, нитратов и органического азота были выше соответствующих показателей за май 2018 г.

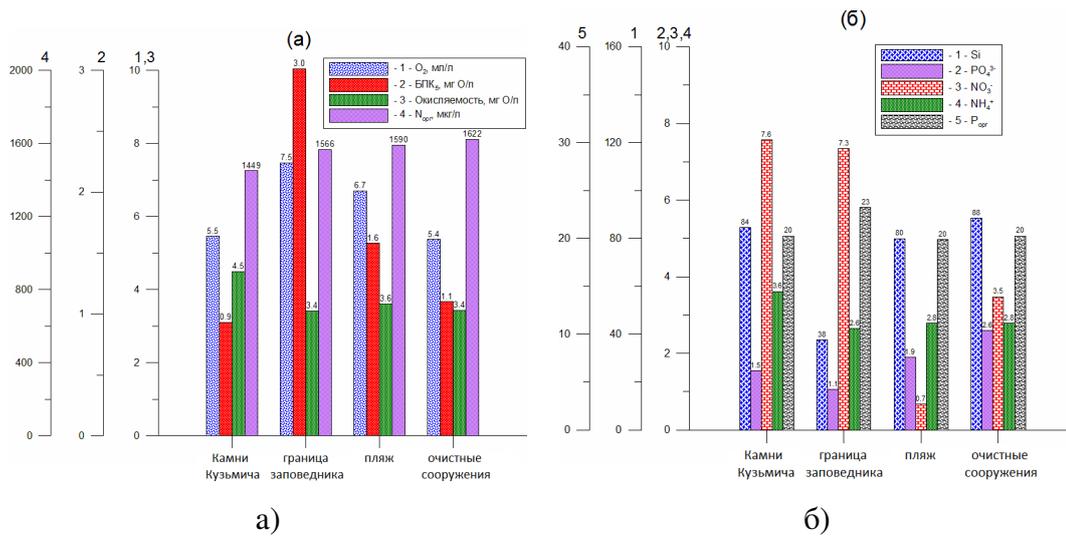


Рис. 8. Распределение содержания в морской воде вдоль береговой линии в районе Карадага 17 июня 2020 г.: (а) — растворённого кислорода (O₂), БПК₅ (BOD₅), окисляемости (Oxidizability) и органического азота (N_{орг}); (б) — нитратов (NO₃), аммония (NH₄), фосфатов (PO₄), кремния (Si) и органического фосфора (P_{орг})

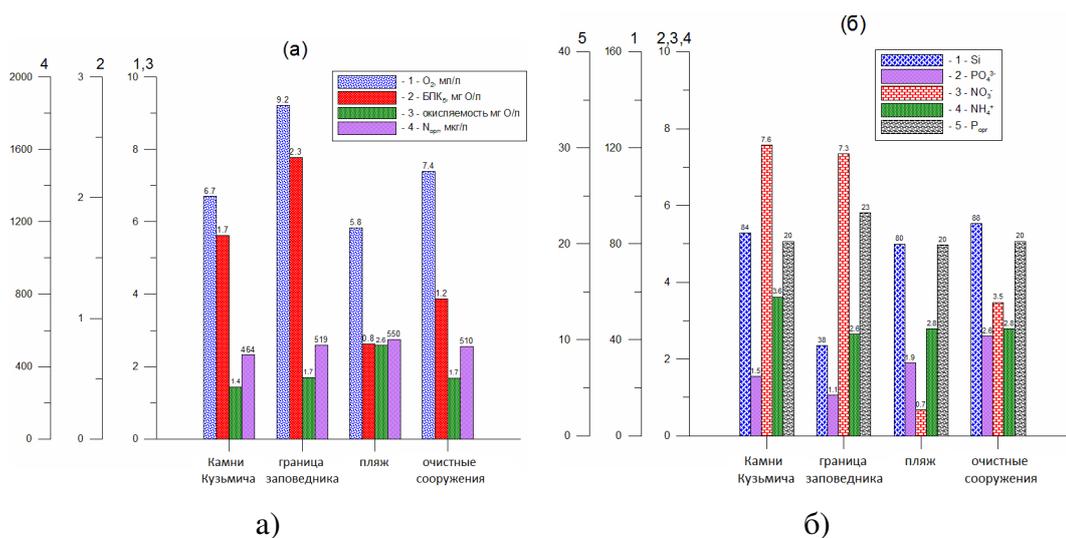


Рис. 9. Распределение содержания в морской воде вдоль береговой линии в районе Карадага 17 сентября 2020 г.: (а) — растворённого кислорода (O₂), БПК₅ (BOD₅), окисляемости (Oxidizability) и органического азота (N_{орг}); (б) — нитратов (NO₃), аммония (NH₄), фосфатов (PO₄), кремния (Si) и органического фосфора (P_{орг})

В конце гидрологического лета (сентябрь) по сравнению с июнем 2020 г. наблюдалось повышенное содержание растворённого кислорода и пониженные концентрации неорганических биогенных веществ. Концентрации органического азота и фосфора, напротив, были выше в сентябре. В пространственном отношении в течение обоих сезонов чётко прослеживался максимум содержания кислорода и БПК₅ и минимум содержания кремния и фосфатов на границе заповедника. Концентрация растворённого кислорода в сентябре 2020 г. на границе заповедника была выше, а в районе пляжа — ниже соответствующих показателей за сентябрь 2017 и 2018 гг. Среди четырёх береговых станций локальный максимум растворённого кислорода на границе заповедника и локальный минимум в районе пляжа наблюдались практически всегда с начала наблюдения в 2017 г. Однако содержание биогенных элементов на этих станциях относительно других варьировало без наличия устойчивой пространственной закономерности. Так, в сентябре на границе заповедника минимум фосфатов был обнаружен только в 2020 г., концентрация кремния в разные годы флуктуировала от минимума к максимуму, а минимум нитратов в 2017 и 2019 гг. чередовался с их промежуточными значениями в 2018 и 2020 гг.

В целом в сентябре, в период с 2018 по 2020 гг., по всем четырём станциям отмечалось снижение растворённого кремния, фосфатов, органического азота и окисляемости, что, возможно, связано с уменьшением загрязнённости прибрежной акватории береговыми стоками в данный сезон. Концентрация аммония оставалась на уровне 2019 г., снизившись в несколько раз по сравнению с аналогичным периодом 2017–2018 гг., а концентрация нитратов после спада в 2018 г. и значительного повышения в 2019 г. возвратилась к средним значениям. В районе Кузьмичевых Камней в это время концентрации фосфатов и кремния достигли своего абсолютного минимума за весь четырёхлетний период мониторинга на береговых станциях, что можно объяснить интенсивным развитием диатомовых.

В июне 2020 г. в районе пляжа были зарегистрированы рекордно высокие для весеннего гидрологического сезона значения БПК₅ и органического фосфора. Причиной тому было, по-видимому, более интенсивное цветение фитопланктона в июне по сравнению с маем прошлых лет за счёт более сильного прогрева морской воды. В районе Камней Кузьмича значение БПК₅ в силу азотного дефицита, напротив, оказалось рекордно низким в это время. В июне 2020 г. лимитирование развития фитопланктона по азоту (N : P = 2–6) наблюдалось на всех береговых станциях, тогда как к сентябрю по мере удаления от биостанции (в районе границы заповедника и Камней Кузьмича) оно сменялось фосфатным лимитированием (N : P = 17–22). Тенденция к повышению отношения N : P по направлению к Кузьмичевым Камням (как правило, с минимумом в районе пляжа) наблюдалась и в предыдущие годы, что может быть связано с влиянием хозяйственных стоков, богатых фосфатами, вблизи биостанции. Однако случаи фосфатного лимитирования вдоль береговой линии ранее отмечались редко и при этом совсем не отмечались в сентябре. Влияние хозяйственных стоков очистных сооружений в районе биостанции в июне 2020 г. было заметно и по монотонному увеличению нитратов, аммония и органического азота от Камней Кузьмича до станции у причала (очистные сооружения). Аналогичная пространственная тенденция наблюдалась для нитратов и кремния в мае 2018 г. и для кремния в мае 2019 г., но никогда не отмечалась в сентябре. Вероятно, это объясняется тем, что в сентябре существенную роль в пространственном распределении гидрохимических показателей играет азовоморское течение, переносящее биогенные поллютанты из курортной зоны Коктебельской бухты в сторону Карадага.

В среднем концентрации биогенов на четырёх береговых станциях в 2020 г. не отличались от соответствующих показателей прошлых лет в пределах разброса их значений.

Выводы

В 2020 г. во время обеих съёмок температура и солёность были выше среднесуточных показателей. Но если температура не выходила за максимальные значения, отмеченные ранее, то солёность и в июне, и в сентябре имела экстремально высокие значения.

В июне в узкой прибрежной зоне, на расстоянии около 1 км, диапазон изменчивости температуры впервые за 4 года составил почти 2,5 °С (ранее около 1 °С). Очевидно, что это связано с более сильным прогревом мелководных зон в июне по сравнению с маем.

Особенностью июньской съёмки были повышенные значения солёности в прибрежных районах. Это связано с прохождением мористей потока распреснённых вод (трансформированные азовоморские и «кавказские») северо-восточной части моря.

Величины кислорода во время съёмки 16 июня имели достаточно равномерное распределение и были выше ПДК (4,2 мл/л и 40 % насыщения) согласно рыбохозяйственным нормативам. Уровни концентрации растворённого кислорода, полученные нами в настоящее время, практически не отличались от таковых, полученных ранее. Величины БПК₅ на всей акватории были ниже ПДК. Изменчивость величин БПК₅ от года к году (с 2005 по 2018 гг.) имела тенденцию к повышению значений.

По величинам коэффициента загрязнения (K_z), равного отношению БПК₅ к окисляемости, исследуемую акваторию можно характеризовать как «незагрязнённую», поскольку K_z , рассчитанный для всей акватории, был менее 1,0. Интервал изменчивости величин $C_{орг}$, полученный в настоящее время, практически совпадает с таковым, полученным ранее, что указывает на отсутствие накопления растворённого органического вещества. Биогенные вещества имели низкие и однородные величины, характерные для незагрязнённых прибрежных вод.

Авторы выражают благодарность младшему научному сотруднику Родионовой Наталье Юрьевне и ведущему инженеру Богдановой Татьяне Александровне за помощь в обработке первичных данных, а также администрации Карадагской научной станции — за предоставленную возможность проводить исследования в акватории заповедника.

Список литературы

1. Ковригина Н. П., Павлова Е. В., Лисицкая Е. В., Мурина В. В., Смирнова Ю. Д. Гидрохимическая характеристика и меропланктон прибрежных вод Карадага (2004 г.) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2007. – Вып. 15. – С. 139–151.
2. Ковригина Н. П., Родионова Н. Ю. Гидрохимические особенности // Биология Чёрного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / Карадаг. науч. станция им. Т. И. Вяземского – природ. заповедник РАН. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – С. 59–77.
3. Ковригина Н. П., Троценко О. А., Родионова Н. Ю., Капранов С. В., Еремин И. Ю. Исследования абиотических факторов среды на Карадагском взморье в мае и сентябре 2018 г. // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2019. – Вып. 1 (9). – С. 61–73. – DOI: 10.21072/eco.2021.09.02
4. Куфтаркова Е. А., Ковригина Н. П. Изменчивость гидрохимических полей Судакско-Карадагского взморья в весенне-летний период // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Украины, Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 1999. – С. 161–174.

5. *Куфтаркова Е. А., Ковригина Н. П., Бобко Н. И.* Гидрохимическая характеристика вод Судакско-Карадагского взморья // Карадаг. Гидробиологические исследования : сб. науч. тр., посвящ. ... заповедника / Нац. акад. наук Украины, Карадаг. природ. заповедник. – Симферополь : СОНАТ, 2004. – Кн. 2. – С. 12–27.
6. *Мальцев В. И., Смирнова Ю. Д., Кондратьева Е. Н.* Результаты гидролого-гидрохимического мониторинга акватории Карадагского природного заповедника и прилегающих прибрежных мелководий в 2012–2018 гг. // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 4 (8). – С. 3–15. – <https://doi.org/10.21072/eco.2021.08.01>
7. Марикультура мидий на Чёрном море / Нац. акад. наук Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – 314 с.
8. Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом : РД 52.10.738-2010 : утв. 15.11.2010 : взамен РД 52.243-92 / разработ. ФГУ «Гос. океаногр. ин-т им. Н. Н. Зубова». – Москва : Росгидромет, 2010. – 28 с.
9. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов / ВНИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. – Москва : ВНИРО, 1988. – 119 с.
10. *Морозова А. Л., Смирнова Ю. Д.* Трансформация природных экосистем прибрежных вод Карадагского заповедника // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна : материалы 2-й междунар. конф., 26–27 июня 2006 / М-во охраны окружающей природ. среды, Крым. акад. наук [и др.]. – Керчь : ЮгНИРО, 2006. – С. 17–24.
11. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : утв. приказом М-ва сел. хоз-ва РФ от 13.12.2016г. № 552 // Гарант. Информационно-правовое обеспечение : [сайт]. – 2016. – URL: <https://base.garant.ru/71586774/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 27.02.2021).
12. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете министров СССР, Гос. океаногр. ин-т. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – 725 с.
13. *Скопинец Б. А.* Формирование современного химического состава вод Чёрного моря. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. – 335 с.
14. *Смирнова А. И.* Материалы к гидрохимической характеристике Чёрного моря в районе Карадага // Труды Карадагской биологической станции. – Киев : Изд-во АН УССР, 1960. – Вып. 16. – С. 3–15.
15. *Трощенко О. А., Субботин А. А.* Абиотические факторы и условия обитания гидробионтов прибрежной зоны Юго-Восточного Крыма. Гидрологические особенности // Биология Чёрного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / Карадаг. науч. станция им. Т. И. Вяземского – природ. заповедник РАН. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – С. 46–59.
16. *Трощенко О. А., Субботин А. А., Еремин И. Ю.* Халинная структура вод в прибрежной зоне Карадага // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2019. – Вып. 2 (10). – С. 42–51. – <https://doi.org/10.21072/eco.2021.10.05>
17. Химическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений титриметрическим методом : РД 52.24.421-2007 : утв. 13.03.2007 : взамен РД 52.24.421-95 / разработ. ГУ «Гидрохим. ин-т». – Ростов-на-Дону : Росгидромет, 2007. – 26 с.

DISTRIBUTION OF THERMOHALINE AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS IN THE COASTAL WATERS OF KARADAG IN JUNE AND SEPTEMBER 2020

Troshchenko O. A., Kovrigina N. P., Kapranov S. V., Bobko N. I., Eremin I. Yu.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: maricultura@mail.ru

Abstract: The results of the study of thermohaline and hydrochemical characteristics measured in June and September 2020 in coastal waters of Karadag Nature Reserve and Koktebel Bay were presented. Unprecedentedly high salinity values were noted, which reflect the salinization trends over the last 8–9 years. High oxygen supply throughout the water column under study and no oxygen deficiency in the bottom layer were demonstrated. From the BOD₅ values (below the maximum permissible level, MPL), oxidizability (whose mean value is below MPL), and the pollution coefficient K_з (BOD₅ / oxidizability) not exceeding 1.0, the water area can be ranked as unpolluted. The range of dissolved organic matter (C_{пов}) variation in June 2020 practically matched those obtained in previous years and showed no organics accumulation. From the mineral-to-total phosphorus ratio values P_{min} : P_{tot} < 30 % (at 12 out of 14 stations) and high concentrations of silicate and phosphate, the impact of the Azov Sea waters on the hydrochemical structure of the water area under study was revealed. The distribution of the hydrochemical characteristics in the 2-m-wide foreshore area was uneven and was characterized by increased nutrient concentrations as compared to the nearshore waters. Given the low oxidizability values, no organic matter accumulation in the 2-m-wide foreshore area was noted.

Keywords: thermohaline and hydrochemical characteristics, Azov Sea waters, Karadag nearshore, Koktebel Bay

Сведения об авторах

Трощенко
Олег
Александрович кандидат географических наук, старший научный сотрудник ФГБУН
ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,
e-mail: oleg_tr59@mail.ru

Ковригина
Неля
Петровна кандидат географических наук, старший научный сотрудник ФГБУН
ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,
e-mail: maricultura@mail.ru

Капранов
Сергей
Викторович кандидат химических наук, старший научный сотрудник ФГБУН
ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,
e-mail: sergey.v.kapranov@yandex.ru

Бобко
Николай
Иванович младший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН»

Еремин
Игорь
Юрьевич младший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН», e-mail: igerem@gmail.com

*Поступила в редакцию 27.10.2021 г.
Принята к публикации 12.04.2022 г.*

ЭКСКУРСИИ VII ПЕТЕРБУРГСКОЙ СЕССИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА 1897 ГОДА В КРЫМУ ¹

Шибяев Е. А.

*Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал
ФИЦ ИнБЮМ, г. Феодосия, Российская Федерация,
e-mail: evshibaev@mail.ru*

Аннотация: В статье воссозданы мероприятия Крымской части Южной экскурсии VII сессии Международного геологического конгресса 1897 года. Впервые представлен на русском языке первый «Путеводитель по горному массиву Карадаг» А. Е. Лагорио. Собраны и переведены описания Крыма отечественных организаторов и иностранных участников экскурсий VII сессии геологического конгресса. Работа приурочена к 125-летию VII сессии Международного геологического конгресса. Все переводы текстов с иностранных языков сделаны автором статьи.

Ключевые слова: VII сессия, геологический конгресс 1897, Крым, Карадаг, Фиолент.

Введение

К последней четверти XIX века в геологии назрела необходимость регулярных международных научных совещаний, что повлекло создание постоянного органа, задачами которого стали обобщения накопленного в разных странах фактического геологического материала, выработка единой методики составления геологических карт, номенклатуры и классификации горных пород, а также синхронизация единиц местных стратиграфических шкал. Этим органом стал Международный геологический конгресс, первая сессия которого состоялась в Париже в 1878 году. Уже на второй сессии в 1881 году были выработаны основные геологические термины и условные обозначения, которые до настоящего времени используются в геологии.

Особое значение для развития российской геологии имела сессия VII Международного геологического конгресса, проходившая в Санкт-Петербурге в 1897 году. Это была международная встреча геологов, в результате которой российские геологи продемонстрировали высочайший уровень знаний. «После VII сессии российская геологическая наука заняла одно из первых мест в мире, наряду с геологией передовых стран Европы и Америки. В иностранной литературе русским геологическим работам стало придаваться большое значение; на них ссылались при трактовке спорных и запутанных вопросов общей геологии» [История геологии, 1973, с. 345].

Приглашение к проведению сессии Международного геологического конгресса в России было получено от императора Александра III. В состав организационного комитета вошли члены императорской фамилии, министры, все члены Российского геологического комитета и профессора-геологи ведущих университетов страны. Председателем оргкомитета сессии был директор Геологического комитета А. П. Карпинский, вице-президентом — А. А. Иностранцев, секретарём — Ф. Н. Чернышёв. На проведение сессии российским правительством были отпущены крупные средства, также деньги были выделены местными администрациями и владельцами горных заводов. Для участников сессии были введены таможенные и визовые льготы, было предоставлено право бесплатного проезда по железной дороге в вагонах первого класса, а для экскурсий по Крыму было зафрахтовано новое судно «Великая Княгиня Ксения» [Отчёт о состоянии и деятельности ... , 1897; Келлер, 1953].

¹Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме 121032300023-7 «Изучение особенностей структуры и динамики сухопутных экосистем в различных климатических зонах».

В статье цитируются иноязычные первоисточники в авторском, ранее не опубликованном переводе (примеч. ред.).

Большое внимание было уделено организации геологических экскурсий. В их разработке приняли участие члены Геологического комитета и практически все видные геологи России. В 1896 году будущие руководители экскурсионных групп выезжали на местность, составляли геологические карты, разрезы, делали описания маршрутов [Отчёт о состоянии и деятельности ... , 1897]. В результате этой работы к началу сессии был издан «Путеводитель экскурсий VII Международного геологического конгресса» объёмом почти в семьсот страниц. «Работа, которую мы представляем нашим читателям, посвящена экскурсиям, которые состоятся до и после VII сессии Международного геологического конгресса. Это результат совместной работы почти всех русских геологов, специально изучивших ту или иную часть огромной территории России и согласившихся дать в сводных очерках наиболее существенные черты геологического строения районов, которые были предметом их исследований. Путеводитель, составленный при участии 29 авторов, распадается на 34 отдельные статьи, каждая из которых имеет свою отдельную пагинацию. В большинстве статей, кроме описания маршрута, даётся перечень главных литературных источников, касающихся данного района, и общий геологический и физико-географический очерк местности, на которой проводится экскурсия. Многие статьи содержат новые, впервые публикуемые данные. Путеводитель иллюстрирован многочисленными рисунками, геологическими разрезами и картами» [Guide des excursions ... , 1897, с. 50]. По словам русского геолога А. Н. Карножицкого, это издание следовало «... считать последним словом науки, лучшим и наиболее полным руководством по геологии России» [Карножицкий, 1897, с. 51]. Делегаты сессии получили этот великолепно изданный том «геологических гидов», геологическую карту Европейской России и Урала 120-вёрстного масштаба (1 : 6 300 000) и жетон с выгравированным девизом международных геологических конгрессов «Mente et malleo» — умом и молотком [Романовский, 1981; Колбанцев, 2019].

В работе сессии приняли участие представители двадцати шести стран мира, а общее количество делегатов составило 704 человека (в том числе 243 из России). «Как по количеству записавшихся членов Конгресса, так и по числу бывших на нём в действительности, Петербургская сессия в два раза превзошла самый многолюдный из бывших до сего времени геологических конгрессов» [Отчёт о состоянии и деятельности ... , 1898, с. 39]. В состав иностранных делегаций входил весь цвет мировой геологии. Заседания проходили с 29 августа по 5 сентября в Зоологическом музее Академии наук. К сессии была приурочена выставка новейших достижений в области геологических знаний, на которой были представлены геологические карты, научная литература, атласы ископаемой флоры и фауны, палеонтологические и петрографические коллекции, скелеты и черепа крупных млекопитающих и многое другое [Колбанцев, 2019; Нелихов, 2020].

Президентом VII сессии был избран А. П. Карпинский. Основными задачами сессии являлись установление принципов и правил стратиграфической номенклатуры и выработка правил петрографической классификации. Было проведено четыре сессионных заседания. На сессии Н. И. Андрусов и И. Вальтер выдвинули идею создания Международного плавучего института, обосновывая это предложение необходимостью того, «... что для понимания природы осадочных пород и залегания в них остатков организмов необходимо наблюдать морские осадки в момент их образования с учётом биологических, химических и физических особенностей среды» [Онопrienko, 1990, с. 69]. Эта инициатива положила начало новой научной дисциплине — морской геологии. В заключительном заседании сессии по предложению французского палеонтолога А. Годри было принято обращение к правительствам стран, участвовавших в конгрессе, о введении преподавания геологии в средней школе [Хаин, Рябухин, Наймарк, 2008].

Обширная геологическая экскурсионная программа началась за месяц до начала сессии. В Уральской 30-дневной экскурсии участвовали 154 человека, отправившиеся из Москвы в специальном поезде. Экскурсанты посетили Челябинск, Миасс, Екатеринбург, Нижний Тагил, Пермь.

Участники мероприятия познакомились с геологией Подмосковья, разрезами горных пород Урала, осматривали платиновые и золотые россыпи, марганцевые, медные и железные рудники, Ильменские горы, самоцветные копи. Также были проведены Финляндская экскурсия, в которой участвовало 150 человек, и Эстонская, с 25 участниками.

По окончании сессии состоялась экскурсия по Южной России, в которой приняло участие 250 человек. Одна партия экскурсантов направилась в Донецкий бассейн, вторая на пароходе — по Волге, через Нижний Новгород и Царицын, третья — вдоль Днепра, через Киев и Херсон. Все три группы соединились во Владикавказе и по Военно-Грузинской дороге пересекли Кавказский хребет. Экскурсия по югу России ознаменовалась посещением Кавказских Минеральных вод, ледников Цейский и Мамисон, Эльбруса и Арарата, нефтяных разработок Каспийского моря, городов Тифлис, Кутаис, Ереван и Батум. В Батуме экскурсанты погрузились на пароход и прошли вдоль Южного берега Крыма до Севастополя, делая при этом частые высадки на берег. Закончилась эта программа в Одессе, откуда участники разъехались [Guide des excursions ... , 1897; Колбанцев, 2019]. Разработчиками маршрутов экскурсий, а затем руководителями групп и экскурсоводами были: С. Н. Никитин, Ф. Н. Чернышёв, А. Е. Ацруни, А. П. Карпинский, Н. К. Высоцкий, О. Е. Клер, А. Н. Карножицкий, А. А. Краснопольский, А. А. Штукенберг, В. П. Амалицкий, Я. И. Седерхольм, В. Рамзай, Ф. Б. Шмидт, Н. А. Соколов, Л. И. Латугин, К. Ф. Ругевич, А. М. Коншин, Н. И. Каракаш, А. П. Павлов, П. Я. Армашевский, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, К. Россиков, Б. З. Коленко, С. Е. Симонович, Н. И. Андрусов, А. Е. Лагорио, Н. А. Головкинский, К. К. Фохт и другие отечественные геологи [Guide des excursions ... , 1897; Русская геологическая библиотека ... , 1901].

На иностранных гостей VII сессия Конгресса произвела незабываемое впечатление. Профессор Баварской академии наук, крупнейший палеонтолог К. А. Циттель в 1898 году писал А. П. Карпинскому: «На будущей неделе Вы, вероятно, получите благодарственный адрес в кожаном футляре от участников превосходных геологических экскурсий прошлого года. Это лишь слабое выражение нашей благодарности, — пишет далее профессор, — за бесконечно большую работу и труд, понесенный Вами для нас. Составление адреса я взял на себя вместе с профессором Ротплетц и хотел бы, чтобы он остался для Вас приятным воспоминанием о тех днях, когда Вы покрыли себя славой». Превосходную оценку форуму дали и другие его участники. А. Филиппсон, в частности, писал: «Конгресс дал всем участникам прекрасную возможность познакомиться с Россией... прежде всего благодаря многочисленным экскурсиям в различные районы европейской части России, а также на Урал и Кавказ. Многочисленные участники Конгресса сердечно благодарят за этот великодушный подарок, преподнесенный нам Россией. Мероприятия в таком масштабе не проводились до сих пор ни на одном Конгрессе» [цит. по: Романовский, 1981, с. 238]. А. Гейки: «Ни одно другое собрание этой международной ассоциации ни до, ни после не получало такую щедрую поддержку со стороны государства» [Geikie, 1924, с. 292]. К. Динер: «Правительственные учреждения и частные лица повсюду соревновались в том, чтобы сделать наше пребывание как можно более приятным» [Diener, 1898, с. 285]. М. Бертран: «Экскурсии Седьмого международного геологического конгресса станут важной вехой в истории наших конгрессов» [Bertrand, 1897, с. 705]. Из отчёта о деятельности Геологического комитета: «Благодаря упомянутому составу организационных сил, чрезвычайно дружной работе всех русских геологов и вполне исключительному содействию, оказанному правительственными и частными учреждениями и лицами, а также радушию, с каким как в Петербурге, так и всюду в России иностранные учёные были встречаемы не только образованным обществом, но и простым народом, Международный геологический конгресс в России прошёл с исключительным успехом, на который ближайшие его организаторы не могли надеяться» [Отчёт о состоянии и деятельности ... , 1898, с. 38–39]. Б. М. Келлер: «По своей организации седьмая сессия конгресса не может идти ни в какое сравнение с сессиями, проведёнными в других странах» [Келлер, 1953, с. 126].

Свои впечатления от увиденного и услышанного во время заседаний сессии и экскурсий более шестидесяти её участников выразили в большом количестве публикаций. Основная часть этих работ является научными отчётами, содержащими описания маршрутов, горных пород, шахт, рудников и разрезов. В то же время часть из них представляет собой путевые заметки, в которых подробно описываются путешествия по России. «Отчёты и воспоминания издавались участниками, как правило, у себя на родине в периодических изданиях, большинство из которых в наше время разыскать не просто, и на восьми европейских языках» [Колбанцев, 2019, с. 18].

В 1899 году Геологическим комитетом был издан Отчёт VII Санкт-Петербургской 1897 года сессии Международного геологического конгресса — «Congrès Géologique International. Compte Rendu de la VII session, St. Pétersbourg», который содержал изложение подготовительных работ организационного комитета, протоколы заседаний, описания выставок, экскурсий, а также часть докладов, прочитанных на заседаниях сессии [Congrès Géologique ... , 1899]. Геологическим комитетом было принято решение бесплатно разослать отчёт всем участникам VII сессии Конгресса [Журналы Присутствия ... , 1899]. Отчёт VII сессии и «Путеводитель экскурсий VII Международного геологического конгресса», напечатанный к началу конгресса в 1897 году, были изданы на французском языке, на котором, как правило, выходили материалы международных геологических конгрессов [Русская мысль, 1899, с. 342].

По всей видимости, именно издание в России всех основных документов по мероприятиям VII сессии Международного геологического конгресса на иностранном языке послужило причиной того, что, несмотря на явный успех сессии, в отечественной литературе она освещена незначительно и неполно. Крымская часть Южной экскурсии до настоящего времени вообще представляет собой белое пятно. Устранению этого пробела в истории изучения Крымского полуострова посвящена основная часть данной работы. Она представляет собой описание маршрутов экскурсий, проведённых в Крыму, и содержит высказывания и воспоминания русских и иностранных геологов, организаторов и участников этих мероприятий.

Результаты и обсуждение

Описания экскурсий и статьи, посвящённые Крыму и составленные к VII сессии Конгресса, можно найти в следующих главах «Путеводителя экскурсий VII Международного геологического конгресса» — «Guide des excursions du VII Congrès Géologique International» [Guide des excursions ... , 1897]:

Глава XXIX — Чёрное море (автор Николай Иванович Андрусов);

Глава XXX — Окрестности Керчи (автор Николай Иванович Андрусов);

Глава XXXI — Геологический путеводитель по Карадагу (автор Александр Евгеньевич Лагорио);

Глава XXXII — Юрские отложения Судака (автор Константин Константинович Фохт);

Глава XXXIII — Геологический маршрут из Алушты в Севастополь через Ялту, Бахчисарай и Мангуп-Кале (составлен совместно Николаем Алексеевичем Головкинским и Александром Евгеньевичем Лагорио).

Большая часть экскурсий была проведена непосредственно авторами указанных глав путеводителя. Исключение составила экскурсия, которую должен был провести Н. А. Головкинский, скоропостижно скончавшийся в июне 1897 года. Фактически проведённые экскурсии описаны в Отчёте VII Санкт-Петербургской 1897 года сессии Международного геологического конгресса [Congrès Géologique ... , 1899]. Из российских геологов воспоминания о мероприятиях в Крыму оставил Александр Александрович Иностранцев [Иностранцев, 1998]. Крымская часть Южной экскурсии отражена в следующих работах иностранных геологов (в скобках указан перевод на русский язык

фамилий авторов, названия работ и стран, в которых эта работа была опубликована) [Геологическая изученность СССР ... , 1976; Колбанцев, 2019]:

1. Aguilera J. G., Ordoñez E. El sètimo Congreso Geológico Internacional Rusia, 1897. – México, 1898. – 126 p. (Хосе Агилера и Эсекьель Ордоньес «Седьмой международный геологический конгресс в России, 1897», Мексика).

2. Barrois Ch. Congrès géologique international en Russie // Annales de la Société Géologique du Nord. – Lille, 1897. – Vol. XXVI. – P. 187–197. (Шарль Барруа «Международный геологический конгресс в России», Франция).

3. Barrois Ch. Les roches éruptives de la Crimée visitées par le Congrès (Séance du 8 Novembre 1897) // Bulletin de la Société Géologique de France. – Paris, 1897. – Vol. XXV. – P. 726. (Шарль Барруа «Извержённые породы Крыма, осмотренные членами конгресса», Франция).

4. Bertrand M. Les Excursions du septième congrès géologique international en russie Congrès (Séance du 8 Novembre 1897) // Bulletin de la Société Géologique de France. – Paris, 1897. – Vol. XXV. – P. 705–723. (Марсель Бертран «Экскурсии Седьмого международного геологического конгресса в России», Франция).

5. Bruhnes J. La série des phénomènes éruptifs de la Russie Méridionale (Crimée et Caucase) // Revue générale des Sciences pures et appliqués. – Paris, 1900. – Vol. 11. – P. 640–648. (Жан Брюнес «Эруптивные проявления юга России (Крым и Кавказ)», Франция).

6. Bruhnes J. Le septième congrès géologique international (Russie, 1897) // Annales de Géographie – Paris, 1898. – Vol. VII. – P. 74–82. (Жан Брюнес «Седьмой международный геологический конгресс, (Россия, 1897)», Франция).

7. Diener C. Bericht über die Excursionen des VII internationalen Geologen Congresses in den Ural, den Kaukasus und die Krim // Mittheilungen der Kais. Königl. Geographischen Gesellschaft in Wien. – 1898. – Bd. 41. – S. 273–285. (Карл Динер «Отчёт об экскурсии VII Международного геологического конгресса по Уралу, Кавказу и Крыму», Австрия).

8. Drăghicénu M. Rusia Contimporană. Vol. II. – Bucuresci, 1898. – 254 p. (М. Драгиченю «Современная Россия», Румыния).

9. Emmons S. F. Geological Excursion through Southern Russia // Transaction of the American Institute of Mining Engineers. – New York, 1899. – Vol. XXVIII. – P. 3–23. (Сэмюэл Эммонс «Геологическая экскурсия по югу России», США).

10. Geikie A. A long life's work : An Autobiography. – London, 1924. – 426 p. (Арчибальд Гейки «Работа длиной в жизнь: Автобиография», Англия).

11. Geinitz-Rostock E. Reisebilder aus dem Ural und Kaukasus. Aus einem populär – wissenschaftlichen Vortrag // Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg / redigirt von E. Geinitz-Rostock. – Güstrow, 1898. – [Vol.] 51: Jahr (1897). – S. 131–154. (Евген Гейниц-Росток «Путевые фотографии Урала и Кавказа. Из научно-популярной лекции», Германия).

12. Keilhack K. VII Internationaler Geologen-Congress in Russland // Gluckauf. Berg-und hüttenmannische Wochenschrift mit den beilblättern. – Essen, 1897. – Jg. XXXII. – S. 1–51. (Конрад Кайльхак «VII Международный геологический конгресс в России», Германия).

13. Talmage J. E. In the Land of the Czar // The Juvenile Instructor. – 1898. – Vol. 33, № 1–24. (Джон Талмедж «В стране русского царя», США).

9 (12) июня 1897 года «Крымский вестник» печатает подробную информацию о запланированных геологических экскурсиях, которые должны состояться в конце сентября в Крыму [Романовский, 1979].

14 (26) сентября участники экскурсии в количестве 165 человек прибыли на поезде в Батум, где сели на зафрахтованный оргкомитетом пароход «Великая Княгиня Ксения», который отправился к побережью Крыма. Об этой части маршрута Е. Гейниц-Росток вспоминал: «Из шумного торгового города Батум мы отправляемся на прекрасном пароходе «Ксения» по удивительно глубокому синему морю, вода которого настолько прозрачна, что упавшую тарелку всё ещё можно увидеть на глубине 20 м от поверхности. Вечером нас часами сопровождали шесть дельфинов, играя на волне, их тела фосфоресцировали ярким голубоватым светом, напоминая сказочных русалок» [Geinitz-Rostock, 1897, с. 152]. Во время плавания от берегов Кавказа был проведён ряд исследований дна Чёрного моря. 15 (27) сентября зонд был опущен на глубину более тысячи саженей и принёс типичный черноморский ил с запахом сероводорода. Температура воды на глубине 600 саженей была +9 °С, и вода, взятая с этого уровня, пахла грязью.

В ночь с 16 (28) на 17 (29) сентября «Ксения» стала на якорь на Керченском рейде. Рано утром к ней подошёл пароход «Вестник», на котором для встречи гостей находились русские геологи: Н. Андрусов, А. Иностранцев, А. Лагорио, Б. Поленов, Т. Кеппен, В. Кеппен, М. Борисьяк. Экскурсантов доставили на берег. В Керчи под руководством Н. И. Андрусова была проведена экскурсия по обнажениям пород на побережье в Новом Карантине. Затем экскурсанты осмотрели Царский курган и Аджимушкайские каменоломни, Булганское поле грязевых вулканов и мыс Тархан. Из «Путеводителя»: «Грязевые вулканы Булганак (Булганакские сопки) занимают плоскую тарелкообразную впадину, шириной примерно в одну версту, в верхней части главного рукава котловины. Почва, почти лишенная растительности, образована пористой светло-коричневой глиной (продукт извержений) и фрагментов различных пород (роговик, известняк, сферосидерит, преобразованный в красный железняк, кристаллический песчаник). На этой равнине, окаймлённой по всему периметру довольно крутыми стенами, разбросаны кратеры самой разнообразной формы: одни с едва уловимым конусом заполнены жидкой грязью (один из кратеров имеет диаметр 15 м), другие, расположенные к северу от равнины, с более острым конусом и с более узким выходным отверстием, заполненным густой грязью, которая затвердевает, образуя ячеистую текстуру. Свежая грязь в сухом состоянии имеет пепельно-серый цвет, со временем становится жёлтой или коричневой» [Androussow, 1897, с. 10]. Е. Гейниц так отметил этот первый день на крымской земле: «В Керчи мы въезжаем в Крым, проезжаем по плодородным землям через дружные села, мимо исторических памятников к известняковым карьерам, молодые морские образования которых распилены здесь на строительные блоки. Череда интересных грязевых вулканов, третичные слои мыса Тархан на Азовском море с нависающими ракушечниками и, наконец, известные минералогу раковины, содержащие вивианит (в третичных железистых оолитах), — вот богатые урожаи первого дня» [Geinitz-Rostock, 1897, с. 153]. К. Динер: «Из Керчи была проведена экскурсия по окружающей третичной местности до Азовского моря. В этих местах нас больше всего заинтересовали многочисленные небольшие грязевые вулканы, поистине восхитительные модели вулканических конусов высотой 1–6 метров, в которых тёплая вязкая грязь занимает место лавы, а восходящие углеводородные газы вызывают извержения» [Diener, 1898, с. 283].

Ночью «Ксения» снялась с якоря и уже утром следующего дня вошла в Коктебельский залив. В этот день 18 (30) сентября из Коктебеля профессор Варшавского университета А. Е. Лагорио провёл пешую экскурсию по Карадагу. Экскурсия «Геологический маршрут по Кара-Дагу» А. Е. Лагорио из всех крымских маршрутов VII сессии Международного геологического конгресса представляет наибольший интерес, так как является первым подробным описанием горного массива Карадаг — жемчужины Крымского полуострова. Перевод этой экскурсии приводится полностью, за исключением фрагментарных пропусков подробных петрографических описаний горных пород Карадага и их генетической интерпретации, которые носят узкоспециальный характер (рис. 1). Текст адаптирован к современной топонимике и терминологии.

XXXI

ITINÉRAIRE GÉOLOGIQUE

PAR

L E K A R A - D A G H

PAR

A. L A G O R I O.

Avec 2 cartes et 5 figures dans le texte.

Liste des principaux ouvrages sur les roches éruptives de la Crimée.

- Halblitzl. Description physique de la Tauride. St. Pétersbourg, 1785.
Pallas. Tableau physique et topographique de la Tauride. 1795.
Huot. Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée sous la direction de M. A. Démidoff. 1842.
Dubois de Montpéroux. Voyage autour du Caucase etc. 1843.
Romanovsky. Description géologique du gouvernement taurique etc. Journal des mines. St. Pétersbourg. 1867 (en langue russe).
Tschermak. Felsarten aus dem Kaukasus. Miner. Mittheil. 1875.
Stuckenbergh. Description géologique de la Crimée. Matériaux p. servir à la géolog. de la Russie. T. V. 1875 (en langue russe).
Lagorio. Vergleichend-petrographische Studien über die Gesteine der Krym. Dorpat. 1880.
Prendel. Les roches cristallines du mont Castel. Odessa. 1886 (en langue russe).
Lagorio. Sur quelques roches massives de la Crimée et leur rôle géologique. Varsovie. 1887 (en langue russe).

Рис. 1. Первая страница статьи «Геологический маршрут по Кара-Дагу» А. Е. Лагорио. [Lagorio, 1897, с. 1]

«Эта гора, выходящая тупым мысом в море, расположена на $4^{\circ}54'$ восточной долготы от Пулковского меридиана и на $44^{\circ}57'$ северной широты. Различные продукты извержения — лавы и туфы составляют её, туфы образуют главную вершину (575 м). Обнажённые эрозией дайки поднимают во всех направлениях свои зубчатые и острые гребни над туфами и глинистыми сланцами юрского периода. Эти сланцы окружают Кара-Даг с северо-запада и юго-запада, а также видны в нескольких местах на крутом, труднодоступном склоне, обращённом к морю (рис. 6) и образованном почти исключительно извержёнными массами. К западу от вершины сланцы частично перекрыты мраморизованными известняками юрского периода, образующими крутые скалы значительной высоты (Сюрю-Кая — 506 м, Легенер — 497 м, Икльмак-Кая — 440 м и т. д.),

и спускаются к юго-западу до русла реки Отуз. Кара-Даг, продукт древнего мезозойского извержения, в настоящее время сильно разрушен, но, безусловно, заслуживает нашего внимания. К тому же это единственное место в Крыму, где лава разливалась потоками по поверхности.

Сойдя с парохода, мы прежде всего видим широкую долину, простирающуюся прямо перед нами в западном направлении. Деревня Коктебель находится примерно в двух километрах от берега. К северу и северо-западу от Коктебеля проходит серия выходов мелафира <...>. Сама долина образована сланцами и аллювиальными отложениями. Слева, параллельно берегу моря, к Кара-Дагу тянется ряд невысоких, но крутых размытых холмов, состоящих из продуктов разрушения различных пород и глин. Береговая галька на берегу представлена скоплениями различных видов зелёной и жёлтой яшмы, халцедона, сердолика и фрагментов более твёрдых пород, развитых на Кара-Даге.

Дорога проходит вдоль моря до пограничного кордона на юго-западе. К югу от кордона, от оврага, спускающегося вниз к морю, начинаются обнажения скал, составляющие хребет, идущий вдоль моря полукругом вокруг Кара-Дага. Крутая сторона этого хребта обращена к морю, пологий склон ведёт к суше, то есть на запад. Хребет довольно быстро поднимается до высоты 300 м и достигает своей высшей точки — 475 м — напротив Кара-Дага (г. Кара-Даг), расположенного прямо на западе. Затем он круто опускается в сторону размытой долины реки Отуз, заканчиваясь к югу изогнутыми дайками, вертикально переходящими в причудливые формы и исчезающими в сланцах округлого рельефа (рис. 5). Длина хребта составляет около шести километров.

Обогнув кордон с юга, тропа постепенно поднимается по оврагу и долине через выветрелые сланцы, туфы и глины — продукты разложения извержённых и других горных пород. Внизу, сразу за кордоном, к югу от дороги, отдельно стоит острый извержённый конус, образованный довольно кислыми андезитами, в основании которых часто лежат окремнённые туфы, которые иногда невооружённым взглядом трудно отличить от плотных извержённых пород, а также от глинистого сланца и песчаника конгломератов. <...>

К югу — юго-западу, справа от упомянутого выше живописного прибрежного андезитового хребта, перед нашими глазами возвышается Кара-Даг — округлая куполообразная вершина, покрытая лесом. Через Кара-Даг ведут два пути: один — на запад, через впадину между известняковыми вершинами Сюрю-Кая и центральной вершиной Кара-Дага, другой — на восток, между ним и береговым хребтом. Эти два пути, второй из которых более интересен, но более труден и тяжёл, соединяются на южном склоне горы, чтобы спуститься к морю недалеко от устья реки Отуз. Мы отправимся на восток. На середине склона между выветрелыми белыми туфами и разрушенными массами пород появляются тёмные породы с жирным блеском и изменённые метаморфизмом их зеленоватые разности. Это андезиты <...>

Поднявшись выше по этим скалам, сложенным в основном беловато-зеленоватым метаморфизованным туфом, мы достигаем гребня (около 300 м), отделяющего южный склон от северного. Незадолго до того, как мы достигнем гребня, слева от него, то есть со стороны моря, пролегает проход к единственному доступному спуску в этой части горы. Этот путь проходит мимо уединённой дайки (рис. 2) и частично продолжается по сланцам. На юге он ограничен живописной дайкой из андезита (дацита), выступающей над сланцевыми и другими породами (рис. 3). Согласно преданиям местных жителей когда-то внизу, на берегу моря, был великолепный сад с дворцом, который, как говорят, дал местности название Гяур-Бах (Сад неверных). До наших дней здесь много воды и растительность очень богата.

Все дайки от кордона до южного склона, спускающегося в долину реки Отуз, простираются более или менее перпендикулярно направлению хребта и расположены радиально вокруг главной вершины Кара-Дага. Этот хребет образует, так сказать, Сомму (гора Сомма) перед центральной вершиной горы, сложенной туфами.



Рис. 2. Изолированная вертикальная дайка андезита. Гяур-Бах [Lagorio, 1897, с. 7]

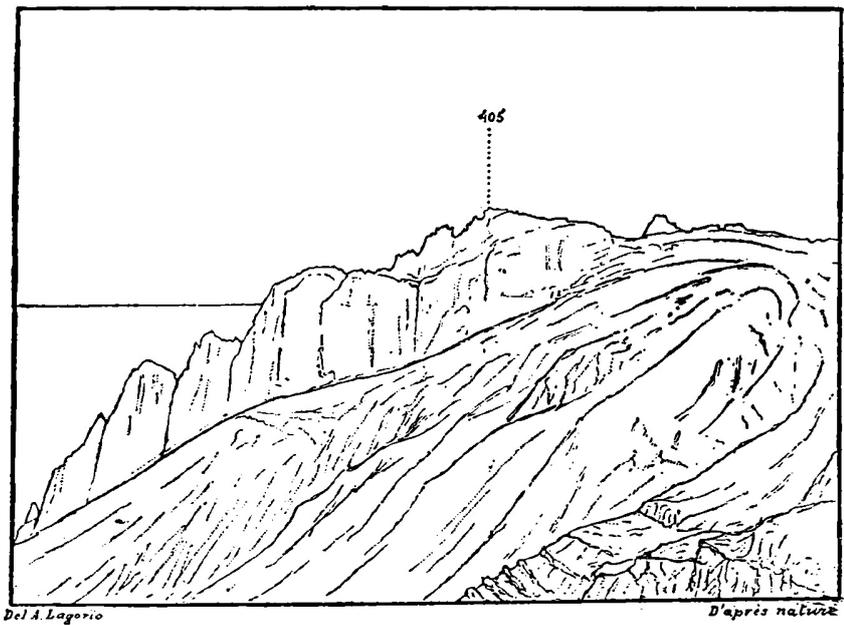


Рис. 3. Большая дайка к югу от Гяур-Баха [Lagorio, 1897, с. 8]

Лава, образовавшая скалы хребта, почти везде одинакова. <...>

На склоне хребта, обращённом к морю, извержённые породы чередуются то тут, то там с туфами. Они всегда сильно выветрены на поверхности, часто содержат выделения халцедона, жёлтой или зелёной яшмы, ярко-зелёного селадонита и цеолитов.

У перевала напротив Гяур-Баха тропа поворачивает на запад, чтобы затем подняться по крутому склону главной центральной вершины Кара-Дага. Вся эта часть горы выше 470 м состоит из андезитового туфа (рис. 4), из-под которого выступают мощные дацитовые дайки, возникающие по склонам во всех направлениях, иногда радиально.

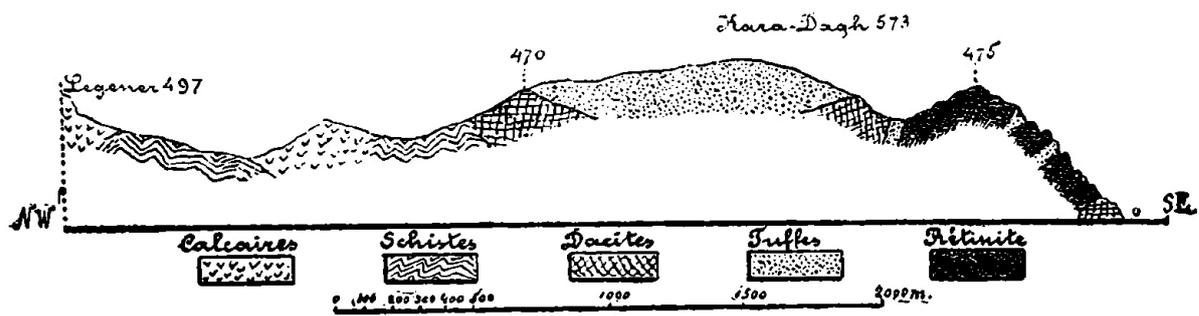


Рис. 4. Профиль Карадага. NW – SE [Lagorio, 1897, с. 9]

На юго-западном склоне одна из этих даек, выступающая стеной из выветрелых туфов, огибает вершину на большом участке к востоку (примерно на высоте около 300 м) от источника Гяур-Чесме. Эта дайка образована, как и все остальные, из тех же кислых андезитовых пород, похожих по химическому составу лавы, но несколько отличающихся по структуре. Их тёмный, почти чёрный цвет приобретает зеленоватую окраску, когда порода начинает выветриваться, и становится светло-жёлтым или беловатым, когда изменения завершаются. Продукты выветривания в некоторых местах напоминают действие фумарол. В настоящее время нет ни малейших признаков присутствия фумарол, сольфатар или мофетов ни на Кара-Даге, ни в его окрестностях. На этом мезозойском вулкане их деятельность, должно быть, прекратилась очень давно, и даже любые следы их влияния могли исчезнуть. Вершина Кара-Дага представляет собой площадку очень небольшой протяжённости, заросшую деревьями, которые не позволяют окинуть взглядом окрестности. Но когда вы приближаетесь к краю этого плато, открывается чрезвычайно широкий, величественный и интересный вид. На северо-востоке, востоке, юго-востоке и юге простирается зубчатая гряда извержённых пород, за ней открывается море. На юго-западе мы видим на переднем плане пологий склон глинистых сланцев, затем идут известковые скалы, за которыми протекает река Отуз, дальше тянутся лесистые возвышенности Эльтигена (юрский период); на юге простирается полуостров Меганом, на горизонте вырисовываются силуэты вулканической горы Аю-Даг и Бабуган-Яйлы — самой высокой части Крымского хребта. На западе и северо-западе возвышаются живописные известковые скалы Балалы-Кая (386 м), Легенер (497 м), Сюрю-Кая (506 м) и другие, относящиеся к верхней юре. В северной части Коктебельской долины меловые и третичные образования переходят в равнину, за которой на горизонте прорисовывается полоса Сиваша и Азовского моря. Наконец, к северо-востоку — Феодосийские высоты, мыс Святого Ильи и живописный мыс Киик-Атлама. Ближайшие окрестности Кара-Дага геологически изучены мало.

Мы движемся к тригонометрической вехе, установленной на вершине. Здесь мы видим прекрасное обнажение белых и зеленоватых туфов возле могилы татарского святого (Азиза). Справа, по крутому лесистому склону, идёт тропа к источнику горькой на вкус сернистой воды, которой татары приписывают целебные свойства. От вехи тропа быстро спускается вниз через белый туф в юго-западном направлении. Следуем по ней до точки (470 м), где из-под туфа выходит огромная дайка, ориентированная на юго-запад. Эта дайка тёмного дацита погружается ниже под юрские глинистые сланцы, окружающие гору. Повернув направо, на юг, мы спускаемся вниз по линии, разделяющей андезит и туф, к развитым внизу сланцам.

Обойдя эту дайку с юга, мы подходим к источнику Гяур-Чесме, где видим развитие тех же пород (дацитов), но сильно выветрелых и заполненных включениями хлорита, кальцита и цеолитов (натролита). Отсюда тропа спускается по сланцам в овраг, который выходит к самому

низкому обнажению андезитов у моря (см. рис. 5, общий вид Кара-Дага с юга). Пройдя по этому участку и преодолев небольшой сланцевый холм, мы добираемся до берега моря, а оттуда — до устья Отуз. На расстоянии около километра вверх по течению эта река протекает между скалами Мулла-Гасан-Кая и Мулла-Абдул-Кая, образованными юрским известняком, спускающимся здесь до уровня моря» [Lagorio, 1897, с. 5–12].

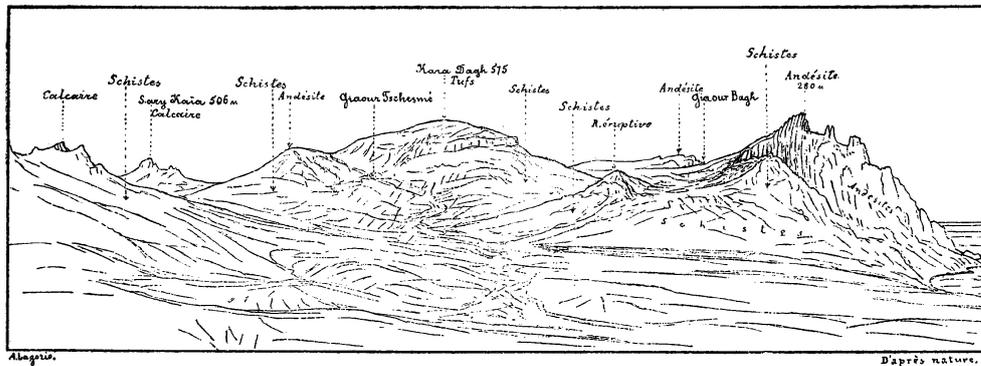


Рис. 5. Общий вид Кара-Дага с юга (рис. А. Е. Лагорио) [Lagorio, 1897, с. 11]

Ж. Брюнес, описывая Карадаг, отмечал: «Единственное место в Крыму, где мы обнаружили настоящие лавовые потоки, это район Кара-Дага. Кара-Даг представляет собой извержённый массив, сложенный андезитами и дацитами, разрозненные обломки которых образуют вокруг него своего рода полукорону различных выходов...» [Bruhnes, 1900, с. 643].

В этот же день, 18 (30) сентября, в 8 часов вечера пароход «Ксения» вошёл в Судакскую бухту. Исполняя татарские мелодии, гостей приветствовал оркестр. В это же время на скале с генуэзской крепостью загорелись большие огни, которые осветили залив и придали окрестностям фантастический вид. Вечером на пароходе Н. И. Андрусов прочитал лекцию о происхождении, свойствах и фауне Чёрного моря. Из «Путеводителя»: «Судак (посёлок из 24 домов) расположен на южном берегу Крыма между Ялтой и Феодосией...» [Vogdt, 1897, с. 1]. Утром была проведена экскурсия в Судакскую крепость. Во второй половине дня геологи разделились на две группы, одна из них отправилась в Новый Свет, другая — на север, на гору Парчем, содержащую много окаменелостей. «На остановке в имении князя Голицына, известного винодела, мы также были очень приветливо встречены женою хозяина, бывшего в отлучке, угостившей нас на открытом воздухе, у самых погребов, своим шампанским и завтраком» [Иностранцев, 1998, с. 176]. Вечером, закончив осмотр достопримечательностей, экскурсанты сели на пароход и из Нового Света вернулись в Судак. Во время стоянки «Ксени» у Кара-Дага и Судака проводились гидрографические наблюдения и брались пробы донных осадков. М. Бертран об осмотренном к этому времени участке полуострова напишет следующее: «Юго-восточное побережье Крыма образует настоящую гряду, являющуюся как бы продолжением или, скорее, новым появлением Кавказа; на самом деле это только половина гряды, вся южная часть была глубоко погружена или скрыта водами Чёрного моря» [Bertrand, 1897, с. 720].

20 сентября (2 октября) путешествие было продолжено в Алуште, в которой с парохода сошли все желающие принять участие в экскурсии по Таврической гряде под руководством А. Е. Лагорио. «Алушта..., посёлок на берегу Чёрного моря, население составляет 1200 человек, половина из них татары, половина русские. Здесь расположены три гостиницы, почтово-телеграфное отделение, станция дилижансов и пароходство, однако суда останавливаются там только в тихую погоду. Наиболее примечательной достопримечательностью Алушты являются руины старинного замка Алустон, построенного в VI веке н. э. византийским императором Юстинианом I. Две высокие

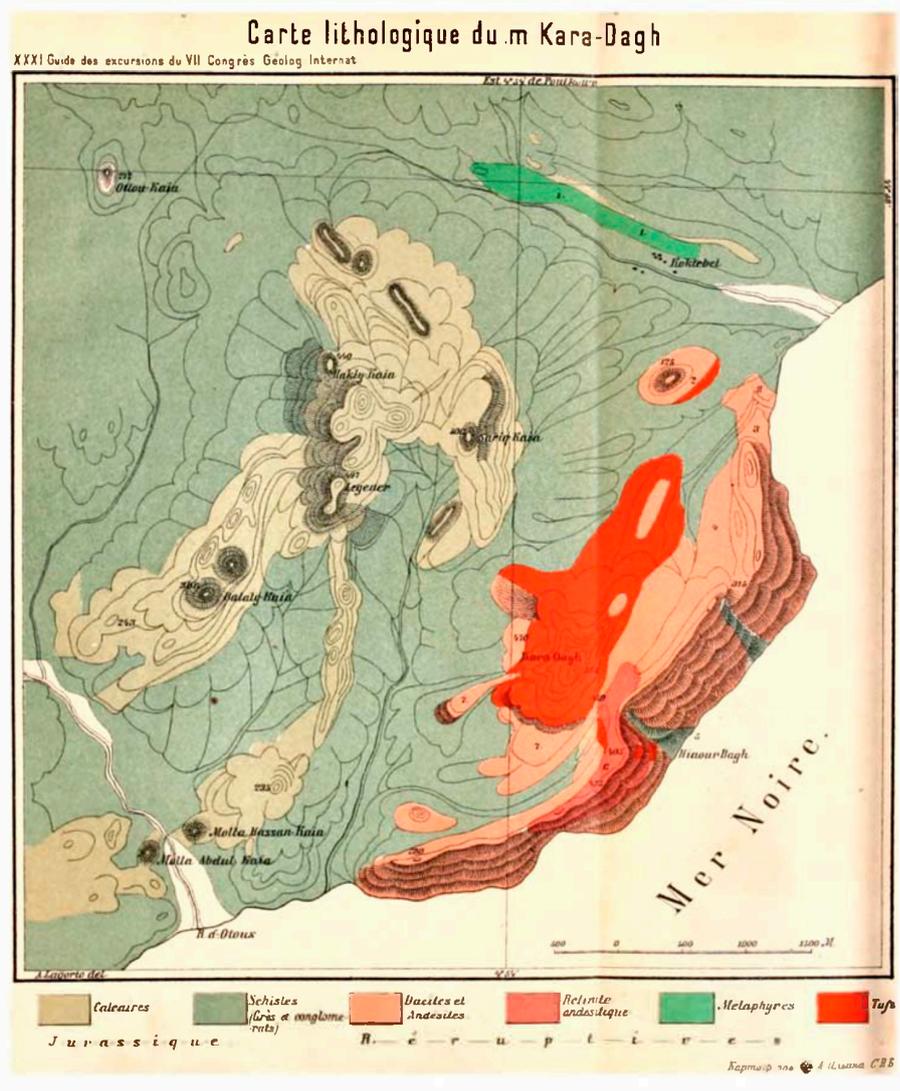


Рис. 6. Геологическая карта Карадага А. Е. Лагорио [Lagorio, 1897]

башни, сохранившиеся до наших дней, видны издалека. Алушта построена на склоне небольшого холма (от 30 до 35 метров над уровнем моря) между устьями двух небольших рек, к северу от Демерджи, к югу от Улу-Узень или Месарли, как её называют греки. Дома в татарской части деревни, зажатые между узкими грязными переулками, которые нельзя назвать улицами, возвышаются на крутом склоне Улу-Узень, издалека кажется, что все эти дома с плоскими крышами и галереями стоят друг на друге. Русская часть с её виноградниками и фруктовыми садами простирается вдалеке по пологому склону, спускающемуся к реке Демерджи» [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 1]. «Коренной породой Алушты и её окрестностей является глинистый сланец тёмного цвета» [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 2]. «Здесь и там сланцевые породы пересекаются многочисленными белыми и жёлтыми прожилками кальцита и кварца, а также содержат большое количество пирита и железистых конкреций. В непосредственном контакте с кристаллической породой чёрный сланец тесно связан кристаллической массой. Сланцевые откосы на берегу моря местами покрыты растворимыми солями, чаще всего гипсом, иногда содой. На большинстве обнажений отложившийся глинистый сланец имеет очень сложные изгибы, причём слои иногда резко переходят из горизонтального положения в вертикальное, даже опрокидываются, внезапно становятся толстыми или истончаются» [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 2].

Пятьдесят геологов в сопровождении Лагорио пришли к могиле Н. А. Головкинского у горы Кабель. Лагорио произнёс речь, в которой «...охарактеризовал...собратьям по науке высокосимпатичную личность покойного, указал на его выдающиеся научные труды и работы по организации конгресса...» [Романовский, 1979, с. 186].

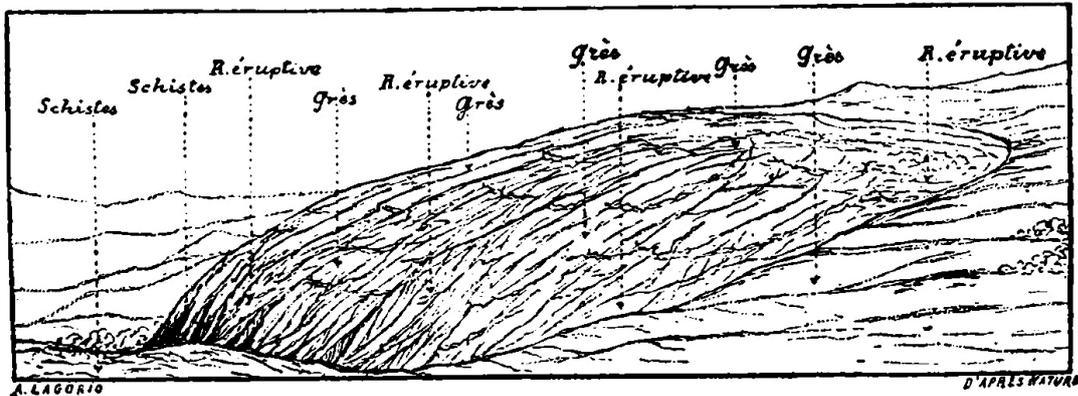


Рис. 7. Лакколит Шарха (рисунок А. Е. Лагорио) [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 7].

Увиденные выходы извержённых пород (рис. 7) так запомнил Ш. Барруа: «В центре региона горы Шарха, Ай-Тодор и Кабель представлены любопытные примеры лакколитов: зернистая интрузивная порода, заполняющая нечто вроде жерла, пересекает (не сдвигая, целиком) юрские слои, слегка изменённые при контакте. Местами (например, в районе г. Шарха) интрузивная порода покрыта фрагментами юрских пород, которые, возможно, покрывали её сплошной шапкой. Эти лакколиты гранитных пород, по-видимому, составляют глубокие центральные части кристаллического массива Тавриды, при этом месторождения Кара-Дага и монастыря Святого Георгия с их туфами и выходами представляют собой периферийные фации» [Barrois, 1897, с. 726].

Остальные экскурсанты прибыли в Ялту. Экипажи, подготовленные ялтинской секцией Крымского альпийского клуба, ждали их на набережной. В этот день было запланировано посещение Ливадии и Массандры под руководством А. А. Иностранцева. Небольшая группа воспользовалась возможностью подняться в экипажах на вершину яйлы. Из «Путеводителя»: «Береговая и центральная части Ялты расположены на низкой полосе аллювиальной местности, соединяющей устья двух рек: Бала — к северу от Ялты и Учан-Су — к западу. Но город простирается вдоль моря далеко за эти пределы, а со стороны гор он возвышается на преимущественно сланцевых соседних склонах. Эти склоны становятся всё более крутыми по мере приближения к скалистому краю яйлы. Яйла имеет здесь высоту от 1200 до 1400 метров и находится на расстоянии 6–7 вёрст от берега моря (в горизонтальной проекции). Она граничит с Ялтинским заливом непрерывной грядой в направлении с севера на юг, и если соединить её с отрогом Мегаби (680 м), который простирается на юго-запад, Ялта выглядит ограждённой с трёх сторон живописными высотами» [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 11]. К. Динер эту местность отметит так: «Горы круто спускаются к морю. Поэтому побережье нередко демонстрирует классические профили, которыми мы восхищаемся на греческих островах» [Diener, 1898, с. 284]. Из воспоминаний А. А. Иностранцева: «Состояние моря необыкновенно благоприятствовало нашей поездке по осмотру южного берега Крыма. Погоды стояли превосходные, и море было как зеркало. Последнее обстоятельство дало возможность нашему пароходу приставать к берегу даже в таких местах, где, по словам капитана парохода, он бы не решился [в другое время] подойти за версту» [Иностранцев, 1998, с. 175].

21 сентября (3 октября) пароход «Ксения» вошел в Севастопольскую бухту. Экскурсанты пересели на небольшие пароходики, любезно предоставленные в их распоряжение губернатором города, и добрались до кутовой части бухты, в устье реки Чёрной. Там они разделились на две группы: одна занялась изучением слоёв мелового периода, а другая — изучением слоёв эоцена. В исследованиях, проведённых в Севастопольской бухте, принял участие А. О. Ковалевский. Позже участники экскурсии посетили Севастопольскую биологическую станцию [Геологическая изученность СССР ... , 1976, с. 213].

22 сентября (4 октября) экскурсанты отправились поездом в Бахчисарай. «Бахчисарай ... , до 1783 г. являющийся столицей крымских ханов, до сих пор сохраняет свой восточно-татарский характер; из 14 500 жителей не более двух тысяч являются христианами и несколько сотен — караимами... В городе много мечетей, фонтанов и магазинов: последние расположены почти непрерывной линией по обе стороны длинной, узкой, плохо вымощенной улицы, называемой Базарной. Это единственная улица в городе, остальные — просто нерегулярные переулки или даже простые проходы. На Базарной улице находится европейская гостиница и множество татарских «кафе» (постоялых дворов). Эта улица обычно очень оживлённая: там куют, шьют, готовят и продают всевозможные предметы. В магазинах представлен большой выбор татарских товаров: путешественники покупают там расшитые золотом чадры (вуали), тапочки, сумки, ремни и многое другое. Однако главной достопримечательностью города, которая особенно заслуживает внимания, является ханский дворец с его садами и мавзолеями. Хотя это уже не оригинальный дворец, который сильно пострадал от пожара в прошлом веке, его максимально восстановили и бережно хранят. Город Бахчисарай расположен в глубоком ущелье, которое простирается на расстояние около пяти верст с востока на запад. В том же направлении по дну ущелья протекает очень мутный ручей Чурук-Су, который служит городу канализацией. Город имеет наибольшую ширину в своей западной половине, где соединяются три ответвления ущелья, не превышая, однако, ширины в одну версту. На восточной окраине сразу же начинается цыганская слобода. В местности Салачик открывается узкая долина, где видна высеченная в скале старинная церковь, пристроенная к Успенскому монастырю (Успенская). Перед этой церковью, на недоступной скале, возвышающейся более чем на 100 метров над долиной и примерно на 400 метров над уровнем моря, находятся подлинныи руины древней крепости. На склонах повсюду виднеется множество склепов» [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 17–18]. Экскурсанты посетили Ханский дворец и далее в экипажах направились к руинам Чуфут-Кале. Там часть участников изучала осадочные слои, другие посетили развалины крепости, склепы и Успенский монастырь. На следующий день путешественники осматривали Севастополь. В полдень в экипажах, предоставленных городом, они выехали для посещения Херсонеса и монастыря Святого Георгия. Экскурсия по музею древностей Херсонеса была проведена его основателем и директором К. К. Костюшко. У монастыря Святого Георгия геологи разделились: одна группа под руководством А. Е. Лагорио спустилась по крутому утёсу вниз, к скале, образованной извержёнными породами, другая — вместе с К. К. Фогтом отправилась изучать юрские и третичные слои. Е. Гейниц-Росток писал: «У мыса Фиолент дико изрезанный береговой ландшафт заканчивается, изрезанные серые известковые и андезитовые скалы с их дикими ущельями сменяются однороднослоистыми третичными толщами, берег сглаживается» [Geinitz-Rostock, 1897, с. 153].

Из «Путеводителя»: «Скалы образуют крупные и мощные, почти вертикальные дайки, перпендикулярные очертаниям берега, несколько скал из таких же пород находятся в море, в заливе, около монастыря» [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 24] (рис. 8).

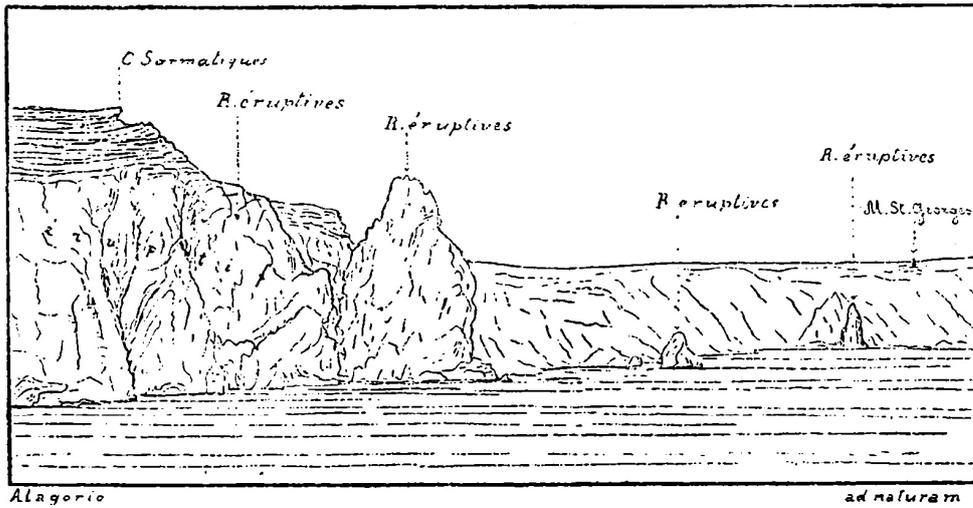


Рис. 8. Мыс Фиолент (рисунок А. Е. Лагорио) [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 24]

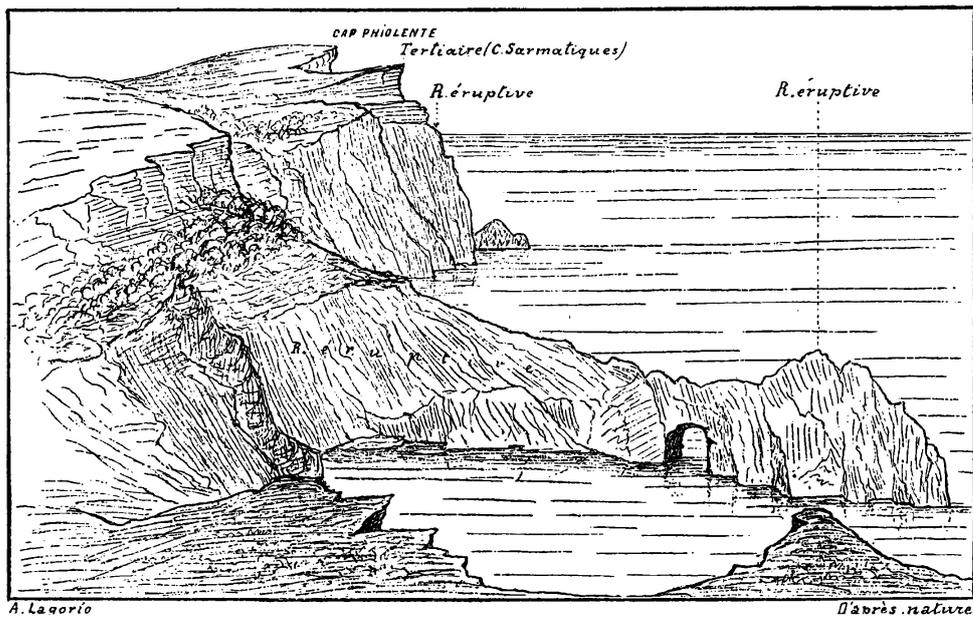


Рис. 9. Большая дайка извержённых пород к западу от мыса Фиолент (рисунок А. Е. Лагорио) [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 25]

«К западу от мыса Фиолент дайка из труднодоступных скал выходит далеко в море, образуя своего рода естественные ворота. Наиболее доступные обнажения находятся под монастырём Святого Георгия» [Golovkinsky, Lagorio, 1897, с. 26] (рис. 9). Эту экскурсию Ж. Брюнес отметит так: «Мы снова встретили и осмотрели неоспоримые свидетельства древней вулканической деятельности на столь живописном берегу мыса Фиолент, где извержённые породы выходят в море неправильными мысами и явно покрыты наслоениями сармата» [Bruhnes, 1900, с. 643]. Ш. Барруа так подведёт итог осмотра вулканических пород полуострова: «Извержённые породы Крыма, изученные под руководством А. Лагорио, представляют собой один из любопытнейших вулканических массивов Европы как по своему осадконакоплению, так и по возрасту» [Barrois, 1897, с. 726].

Это был последний день крымской экскурсии. А. А. Иностранцев отмечал: «Последнею нашею остановкою был Севастополь, где представители города, главным образом наши славные моряки, показали гостям город, раскопки Херсонеса и Георгиевский монастырь с его ближайшими окрестностями, накормили экскурсантов в своем клубе, а вечером прислали нам на пароход оркестр морских музыкантов, дали нам концерт, под конец которого были организованы и танцы» [Иностранцев, 1998, с. 177].

В тот же вечер пароход «Великая Княгиня Ксения» вышел из Севастополя, а 24 сентября (6 октября) после полудня был в Одесском порту. Вот что писал об этом А. Гейки: «После самой интересной и разнообразной недели в Крыму, в течение которой геология слилась с беспорядочным осмотром достопримечательностей и продолжением официального гостеприимства, мы завершили последний этап экскурсии, отправившись из Севастополя в Одессу» [Geikie, 1924, с. 300].

Обо всей Крымской экскурсии путешественники тоже оставят немало интересных отзывов. Вот некоторые из них. С. Эммонс: «На этом пароходе, нанятом для этой особой службы и снабжённом шеф-поваром и превосходным корпусом официантов из Одессы, мы провели десять прекраснейших дней, курсируя вдоль восточного и северного берегов, часто высаживаясь для геологических экскурсий вдоль крутого и живописного южного побережья Крыма (который не без оснований сравнивался с Итальянской Ривьерой) и время от времени уходя подальше от берега для промеров и драгирования» [Emmons, 1899, с. 5]. Дж. Талмедж: «Крымский полуостров представляет интерес как для всякого изучающего географию России, так и любителя новейшей истории. Он выдаётся в Чёрное море в виде широкого языка, на севере граничит с Перекопским перешейком, а на востоке — с заливом Сиваш и Азовским морем, больше похожим на озеро. Маловодная р. Салгир делит полуостров на восточную и западную части, а его северная и южная области сильно отличаются друг от друга рельефом. Северный Крым представляет собой ничто иное, как удобные для скотоводства равнины и степи, за исключением тех мест, где они чередуются солёными озёрами и болотами. В экономике Крыма важную роль играет добыча соли из соляных озёр и бассейнов, которых там изобилие. Этот промысел контролируется государством, взимающим пошлину за экспорт продукта и получающим от этого большой доход. Южная часть Крыма более разнообразна с точки зрения физической географии и занятий населения. Здешние горы достаточно велики, так что их не зря называют Крымскими Альпами, почва тут плодородная, а климат превосходен. Помимо обычных для юга России культур в этих местах выращивают маслины, инжир, апельсины, гранаты и прочие субтропические фрукты» [Талмедж, 2021, с. 119]. Ш. Барруа: «Крым оставил нам память о самой красивой стране, какую только может изучить геолог: всё кажется собранным вместе специально для него, красота обнажений, богатство месторождений ископаемых, разнообразие мест и возникающих проблем, грандиозность поднятых вопросов, не говоря уже об идеальном климате и приятности материальной жизни» [Barrois, 1897, с. 195].

Выводы

Выполненная работа по возвращению забытых страниц истории Крымского полуострова, связанных с мероприятиями VII сессии Международного геологического конгресса 1897 года, расширяет объём современных знаний о Крыме. Использование новых данных об истоках изучения Крыма позволит на более высоком уровне проводить мероприятия, связанные с экологическим просвещением и популяризацией знаний о полуострове.

Список литературы

1. Геологическая изученность СССР. В 50 т. Т. 33. Украинская ССР. Крымская область. Вып. 1. Опубликованные работы : период 1800–1917 / сост.: С. А. Ковалевский [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1976. – 244 с.
2. Журналы Присутствия Геологического Комитета. Заседание 4-го октября 1899 года // Известия Геологического комитета. – Санкт-Петербург, 1899. – Т. 18. – С. 125–145.
3. *Иностранцев А. А.* Воспоминания : (автобиография). – Санкт-Петербург : Петербургское Востоковедение, 1998. – 269 с.
4. История геологии / под ред. И. В. Батюшкова. – Москва : Наука, 1973. – 388 с.
5. *Карножицкий А. Н.* Седьмой международный конгресс геологов в Санкт-Петербурге // Научное обозрение. – 1897. – № 9. – С. 50–66 ; № 11. – С. 49–59.
6. *Келлер Б. М.* Русские геологи на международных геологических конгрессах (I–XII сессии) // Очерки по истории геологических знаний / АН СССР, Ин-т геол. наук. – Москва : Изд-во АН СССР, 1953. – Вып. 1. – С. 120–136.
7. *Колбаницев Л. Р.* К истории VII сессии Международного геологического конгресса, Санкт-Петербург, 1897 : библиогр. обзор. – Санкт-Петербург : Всерос. науч.-исслед. геол. ин-т, 2019. – 48 с.
8. *Нелихов А. Е.* Изобретатель парейзавров : Палеонтолог В. П. Амалицкий и его галерея. – Москва : Фитон XXI, 2020. – 220 с.
9. *Онопrienко В. И.* Николай Иванович Андрусов, 1861–1924. – Москва : Наука, 1990. – 219 с.
10. Отчёт о состоянии и деятельности Геологического Комитета в 1896 году // Известия Геологического комитета. – Санкт-Петербург, 1897. – Т. 16. – С. 1–50.
11. Отчёт о состоянии и деятельности Геологического комитета в 1897 году // Известия Геологического комитета. – Санкт-Петербург, 1898. – Т. 17 – С. 1–67.
12. *Романовский С. И.* Николай Алексеевич Головкинский, 1834–1897. – Ленинград : Наука, 1979. – 192 с.
13. *Романовский С. И.* Александр Петрович Карпинский, 1847–1936. – Ленинград : Наука, 1981. – 484 с.
14. Русская геологическая библиотека, издаваемая Геологическим комитетом. Вып. 13. 1897–1901 / Глав. геол.-развед. упр. – С.-Петербург : Геол изд-во, 1901. – 280 с.
15. Русская мысль. Год двадцатый. Сентябрь. – Москва : Кушнерев и К, 1899. – С. 341–342.
16. *Талмедж Дж. Э.* В стране русского царя. – Уфа : Первая типография, 2021. – 128 с.
17. *Хаин В. Е., Рябухин А. Г., Наймарк А. А.* История и методология геологических наук. – Москва : Академия, 2008. – 416 с.
18. *Androussow N.* Environs de Kertch // Guide des excursions du VII Congrès Géologique International. – St. Pétersbourg : Impr. de M. Stassuléwitsch, 1897. – Chap. 30. – P. 1–16.
19. *Barrois Ch.* Congrès géologique international en Russie // Annales de la Société Géologique du Nord. – Lille, 1897. – Vol. 26. – P. 187–197.
20. *Barrois Ch.* Les roches éruptives de la Crimée visitées par le Congrès (Séance du 8 Novembre 1897) // Bulletin de la Société Géologique de France. – Paris, 1897. – Vol. 25. – P. 726.
21. *Bertrand M.* Les Excursions du septième congrès géologique international en Russie Congrès (Séance du 8 Novembre 1897) // Bulletin de la Société Géologique de France. – Paris, 1897. – Vol. 25. – P. 705–723.
22. *Bruhnes J.* La série des phénomènes éruptifs de la Russie Méridionale (Crimée et Caucase) // Revue générale des Sciences pures et appliqués. – Paris, 1900. – Vol. 11. – P. 640–648.

23. Congrès Géologique International : Compte Rendu de la VII session, St. Pétersbourg, 1897. – St. Pétersbourg : Impr. de M. Stassuléwitsch, 1899. – 464 p.
24. *Diener C.* Bericht über die Excursionen des VII internationalen Geologen Congresses in den Ural, den Kaukasus und die Krim // Mittheilungen der Kais. Königlich. Geographischen Gesellschaft in Wien. – 1898. – Bd. 41. – S. 273–285.
25. *Emmons S. F.* Geological Excursion through Southern Russia // Transaction of the American Institute of Mining Engineers. – New York, 1899. – Vol. 28. – P. 3–23.
26. *Geikie A.* A long life's work : an autobiography. – London : Macmillan, 1924. – 426 p.
27. *Geinitz-Rostock E.* Reisebilder aus dem Ural und Kaukasus. Aus einem populär – wissenschaftlichen Vortrag // Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg / redigirt von E. Geinitz-Rostock. – Güstrow, 1898. – [Vol.] 51: Jahr (1897). – S. 131–154.
28. *Golovkinsky N., Lagorio A.* Itinéraire géologique d'Alouchta à Sébastopol par Yalta, Bakhtchissaraï et Mangoup-Kalé // Guide des excursions du VII Congrès Géologique International. – St. Pétersbourg : Impr. de M. Stassuléwitsch, 1897. – Chap. 33. – P. 1–28.
29. Guide des excursions du VII Congrès Géologique International. – St. Pétersbourg : Impr. de M. Stassuléwitsch, 1897. – 671 p.
30. *Lagorio A.* Itinéraire géologique par le Kara-Dagh // Guide des excursions du VII Congrès Géologique International. – St. Pétersbourg : Impr. de M. Stassuléwitsch, 1897. – Chap. 31. – P. 1–14.
31. *Vogdt K.* Le jurassique à Soudak // Guide des excursions du VII Congrès Géologique International. – St. Pétersbourg : Impr. de M. Stassuléwitsch, 1897. – Chap. 32. – P. 1–8.

EXCURSIONS OF THE VII ST. PETERSBURG SESSION OF THE INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS OF 1897 IN THE CRIMEA

Shibaev E. A.

*T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of IBSS,
Feodosiya, Russian Federation,
e-mail: evshibaev@mail.ru*

Abstract: The article recreates the events of the Crimean part of the southern excursion of the VII session of the International Geological Congress of 1897. The first Guide to the Karadag mountain range by A. E. Lagorio is presented in Russian for the first time. Descriptions of the Crimea by domestic organizers and foreign participants of excursions of the VII session of the Geological Congress have been collected and translated. The work is timed to the 125th anniversary of the VII session of the International Geological Congress. All translations of texts from foreign languages are made by the author of the article.

Keywords: VII session, Geological Congress 1897, Crimea, Karadag, Fiolent.

Сведения об авторе

Шибяев
Евгений
Аркадьевич

инженер Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного
заповедника РАН – филиала ФИЦ ИнБЮМ, e-mail: evshibaev@mail.ru.

*Поступила в редакцию 22.04.2022 г.
Принята к публикации 10.06.2022 г.*

Для заметок

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А.О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»
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

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации
Сер. ПИ № ФС77-76870 от 11 октября 2019 г.**

Утверждено к печати научно-техническим советом Карадагской научной станция им.
Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН – филиалом Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт биологии
южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»
(протокол № 2 от 24.06.2022)

Главный редактор: канд. геогр. наук Горбунов Р. В.
Заместитель главного редактора: канд. биол. наук Мальцев В. И.
Технические редакторы: Миронюк О. А.
Корректор: Уткина Е. Г.
Компьютерная вёрстка: Майборода Д. И.

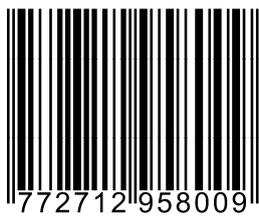
Подписано к печати: 27.06.2022

Дата выхода: 30.06.2022

Формат 60x84/8 Усл. печ. л. 10,9 Тираж: 100 экз.

Отпечатано в типографии: ИП Ермолов М. П., ОГРНИП 314920436710081 от 26.12.2014;
ул. Кулакова, д. 59, г. Севастополь, 299011;
тел.: +7 978 70-45-111; e-mail: print-e@yandex.ru

ISSN 2712-9586



9 772712 958009 >