

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

Выпуск 2(10)

2019

УДК 06 (477.75)

Главный редактор: Р. В. Горбунов, канд. геогр. наук
Заместитель главного редактора: В. И. Мальцев, канд. биол. наук
Технические редакторы: Е. А. Петлюкова, Л. В. Знаменская

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

Адрес редакции

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

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

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

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

Научный журнал

Основан в мае 2016 г.

Периодическое издание

Выходит 4 раза в год

Выпуск 2 (10)
2019

СОДЕРЖАНИЕ

Изучение биоразнообразия и экологический мониторинг

<i>Лисицкая Е.В.</i> Таксономическая структура меропланктона прибрежных вод Карадага (май, сентябрь 2018 г.)	3
<i>Мальцев В.И., Белецкая М.А.</i> Динамика фоновых видов рыб в акватории Карадагского природного заповедника по данным визуальных учётов в 2016-2018 гг.	12
<i>Силкин Ю.А., Василец В.Е., Силкина Е.Н.</i> Особенности соматических индексов некоторых черноморских рыб разной экологии в осеннем периоде	22
<i>Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Писарева А.В., Раскатов В.А.</i> Экологическая оценка состояния почвенной микро- и мезофауны в условиях техногенных воздействий	30
<i>Троценко О.А., Субботин А.А., Еремин И.Ю.</i> Халинная структура вод в прибрежной зоне Карадага.	42

Географические, геологические и палеонтологические исследования

<i>Горбунов Р.В., Смирнов В.О., Горбунова Т.Ю.</i> Оценка разнообразия типов местообитаний (базовых местоположений) ландшафтов Крымского полуострова	52
<i>Valov M.V., Barmin A.N., Probst E.N., Eroshkina O.S., Larin A.V.</i> Landscape dynamics specific features of the river Volga estuarine natural systems particular long inundable territories.	66
<i>Агаркова-Лях И.В., Лях А.М.</i> Состояние берегов и экзогенные геологические процессы между мысами Виноградный и Айя на Юго-Западном побережье Крыма	76
<i>Сведения об авторах.</i>	90

Association for the Conservation and Recovery of Rare and Endangered Animals

«LIVING NATURE OF THE STEPPE»

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

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

Scientific Journal

Established in May 2016

Periodical

Issued 4 times a year

Issue 2 (10)
2019

CONTENT

Biodiversity Researches and Environmental Monitoring

<i>Lisitskaya E.V.</i> Taxonomic structure of meroplankton in the Karadag coastal zone (may, september 2018)	3
<i>Maltsev V.I., Beletskaya M.A.</i> Dynamics of the most common fish species at the aquatory of the Karadag nature reserve according to visual registration in 2016-2018	12
<i>Silkin, Y.A., Vasilets, V.E., Silkina E.N.</i> Features of somatic indices of some Black sea fishes of different ecology in the post-spears period.	22
<i>Stepanova L.P., Yakovleva E.V., Pisareva A.V., Raskatov V.A.</i> Environmental assessment of micro - and mesofauna of soil in the conditions of technogenic influences	30
<i>Troshchenko O.A., Subbotin A.A., Eremin I.Y.</i> Haline water structure in the coastal zone of Karadag	42

Geographical, Geological and Paleontological Researches

<i>Gorbunov R.V., Smirnov V.O., Gorbunova T.Yu.</i> Assessment of the habitat types' diversity (basic locations) landscapes in the Crimean peninsula.	52
<i>Valov M.V., Barmin A.N., Probst E.N., Eroshkina O.S., Larin A.V.</i> Landscape dynamics specific features of the river Volga estuarine natural systems particularlong inundable territories.	66
<i>Agarkova-Lyakh I.V., Lyakh A.M.</i> The state of the coasts and the development of exogenous geological processes on south-western coasts of Crimea from cape Vinogradniy to cape Aya.	76
<i>Information about the authors.</i>	90

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

УДК 591.524.12 (262.5)

**ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА МЕРОПЛАНКТОНА
В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА
В МАЕ И СЕНТЯБРЕ 2018 Г.***

Лисицкая Е.В.

ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: e.lisitskaya@gmail.com

В рамках комплексных экологических исследований, выполненных в мае и сентябре 2018 г. в прибрежной акватории Карадага, получены данные по таксономической структуре меропланктона. Пробы меропланктона отбирали сетью Джеди (диаметр входного отверстия 36 см, размер ячеек мельничного газа – 135 мкм), обработку проводили на живом материале путем тотального подсчета личинок в камере Богорова под бинокуляром МБС–9. Показано, что максимальная численность личинок донных беспозвоночных (3920 экз./м³) зарегистрирована в мае в Коктебельской бухте, минимальная (551 экз./м³) – в районе Биостанции. В сентябре максимум (2160 экз./м³) отмечен в Сердоликовой бухте, минимум (659 экз./м³) – как и в мае, в районе Биостанции. Отмечено, что в Коктебельской бухте в мае более 60% суммарной численности меропланктона составляли науплиусы усонного рака *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854), личинки двустворчатых моллюсков не превышали 18%. В акватории заповедника на долю личинок *Bivalvia* приходилось более 70%, а личинок *Cirripedia* – до 11% суммарной численности меропланктона. В сентябре таксономическая структура меропланктона была практически одинакова на всей исследуемой акватории. Проанализировано изменение численности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. Их максимальная численность (1248 экз./м³) отмечена в мае у мыса Мальчин, минимальная – как в мае, так и в сентябре, у Биостанции. Наличие в планктоне личинок двустворчатых моллюсков *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 и *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) подтверждает влияние азовоморских вод на прибрежную фауну Карадага.

Ключевые слова: меропланктон; таксономический состав; прибрежная акватория Карадага; Черное море.

Введение

В акватории Карадагского природного заповедника изучение видового состава, сезонной и межгодовой динамики численности пелагических личинок донных беспозвоночных (меропланктона) было начато практически с основания Биологической станции и продолжается по настоящее время (Костенко, 2018; Лисицкая, 2018). Качественный состав и количественные характеристики меропланктона зависят от сроков нереста бентосных организмов, гидрологических условий и гидрохимического состава вод. Следовательно, таксономическая структура меропланктона косвенно отражает изменения, происходящие в прибрежных сообществах. В последние

* Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ 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. рег. № АААА-А18-118021350003-б).

десятилетия существенно возросла антропогенная нагрузка в заповедной акватории, что негативно сказалось на жизнедеятельности гидробионтов (Ковригина и др., 2017; Трощенко и др., 2018, Костенко, 2018). Комплексный гидролого-гидрохимический и гидробиологический мониторинг, включающий исследование меропланктона, позволяет контролировать современное состояние не только прибрежных вод, но и донных беспозвоночных, обитающих в акватории Карадагского природного заповедника и прилегающих районах.

Цель настоящей работы – проанализировать таксономическую структуру меропланктона и привести количественные характеристики его развития в акватории Карадагского природного заповедника в мае и сентябре 2018 г.

Материалы и методы

В 2018 г. исследования меропланктона в прибрежной акватории Карадагского природного заповедника и Коктебельской бухте проведены в мае и сентябре во время комплексных экспедиций отдела аквакультуры и морской фармакологии ИМБИ РАН. Материал собирали на прибрежных станциях (удаленность от берега до 50 м, глубина до 13 м) от поселка Коктебель до поселка Курортное (рис. 1). Пробы отбирали сетью Джеди (диаметр входного отверстия 36 см, размер ячеек мельничного газа – 135 мкм). Облавливали слой воды 10 – 0 м. Отбор проб выполнен к.г.н. О.А. Трощенко.



Рис. 1. Схема станций отбора проб меропланктона: 1 – Коктебельская бухта, 2 – мыс Мальчин, 3 – Сердоликовая бухта, 4 – причал Биостанции.

Обработку проводили на живом материале путем тотального подсчета личинок в камере Богорова под бинокляром МБС–9, для уточнения видовой принадлежности использовали световой микроскоп Микмед–5.

Результаты и обсуждение

В период исследований в планктоне встречены личинки беспозвоночных, относящихся к следующим таксонам: тип *Arthropoda*, подтип *Crustacea*: инфракласс *Cirripedia* и отряд *Decapoda*; тип *Mollusca*: классы *Bivalvia* и *Gastropoda*; тип *Annelida*, класс *Polychaeta*; а также не идентифицированные до вида личинки мшанок (*Bryozoa*), планулы *Coelenterata* (*Cnidaria*), пилидии немертин (*Nemertea*) и актинотрохи *Phoronis* (*Phoronida*) (табл. 1).

**Таксономический состав меропланктона в прибрежной акватории
Карадагского природного заповедника**

Таксон, вид	Таксон, вид
Тип Cnidaria	Тип Mollusca, класс Bivalvia
Planula Coelenterata	<i>Anadara kagoshimensis</i> (Tokunaga, 1906)
Тип Nemertea	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819
Pilidium Nemertea	<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)
Тип Annelida, класс Polychaeta	<i>Gibbomodiola adriatica</i> (Lamarck, 1819)
<i>Phyllodoce</i> sp.	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny, 1818	<i>Polititapes aureus</i> (Gmelin, 1791)
<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	<i>Teredo navalis</i> Linnaeus, 1758
<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839	<i>Mya arenaria</i> Linnaeus, 1758
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	Cardiidae gen. sp.
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	Veneridae gen. sp.
Nereididae gen.sp.	Тип Arthropoda, подтип Crustacea
<i>Lysidice ninetta</i> Aud. et H. M. Edw., 1833	инфракласс Cirripedia
<i>Malacoceros fuliginosus</i> (Claparède, 1870)	<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)
<i>Scolecopsis squamata</i> (Müller, 1806)	отряд Decapoda
<i>Spio decorata</i> Bobretzky, 1870	<i>Hippolyte leptocerus</i> (Heller, 1863)
<i>Prionospio</i> sp.	<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1813)
<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	<i>Upogebia pusilla</i> (Petagna, 1792)
Spionidae gen.sp.	<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)
<i>Magelona rosea</i> Moore, 1907	<i>Pisidia longimana</i> (Risso, 1816)
Capitellidae gen.sp.	<i>Palaemon elegans</i> Rathke, 1837
Тип Mollusca, класс Gastropoda	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Xantho poressa</i> (Olivi, 1792)
<i>Gibbula</i> sp.	<i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Gould, 1841)
<i>Bittium reticulatum</i> (Da Costa, 1778)	<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius, 1787)
<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)	<i>Eriphia verrucosa</i> (Forskål, 1775)
<i>Rissoa parva</i> (Da Costa, 1778)	Тип Phoronida
<i>Rissoa</i> sp.	<i>Actinotrocha Phoronis</i>
<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)	Тип Bryozoa
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguière, 1792)	Cyphonautes Bryozoa
<i>Limapontia capitata</i> (O. F. Müller, 1774)	Тип Entoprocta
	Larvae Kamptozoa

В мае во время съемки поверхностная температура воды составляла 17,8°C. Численность меропланктона была существенно выше в акватории поселка Коктебель (3920 экз./м³), у мыса Мальчин она достигала 2191 экз./м³, в Сердоликовой бухте – 1615 экз./м³ и снижалась до 551 экз./м³ у Биостанции (рис. 2). В планктоне доминировали науплиусы усконогого рака *Amphibalanus improvisus* – эврибионтного вида, являющегося массовым компонентом сообщества обрастания. Максимальная численность науплиусов (2400 экз./м³) зарегистрирована в Коктебельской бухте, их доля в суммарном меропланктоне достигала 62%. На остальных станциях численность личинок была существенно ниже и не превышала 230 экз./м³ и 11% суммарной численности. Вероятно, данное распределение личинок усконогих раков обусловлено большим количеством причальных стенок и гидротехнических сооружений в районе поселка Коктебель, которые служат субстратом для оседания и дальнейшего развития усконогих раков.

В акватории Карадагского природного заповедника основную долю меропланктона (70–75%) составляли личинки двустворчатых моллюсков. В планктоне доминировали личинки мидии *Mytilus galloprovincialis*, находящиеся на стадиях великонхи и великонхи «с глазком» – это позволяет предположить, что весенний нерест проходил в конце апреля. Максимальная численность личинок (1248 экз./м³) зарегистрирована у мыса Мальчин, в Сердоликовой бухте – 964 экз./м³, в Коктебельской бухте и у Биостанции величины были существенно ниже (рис. 3).

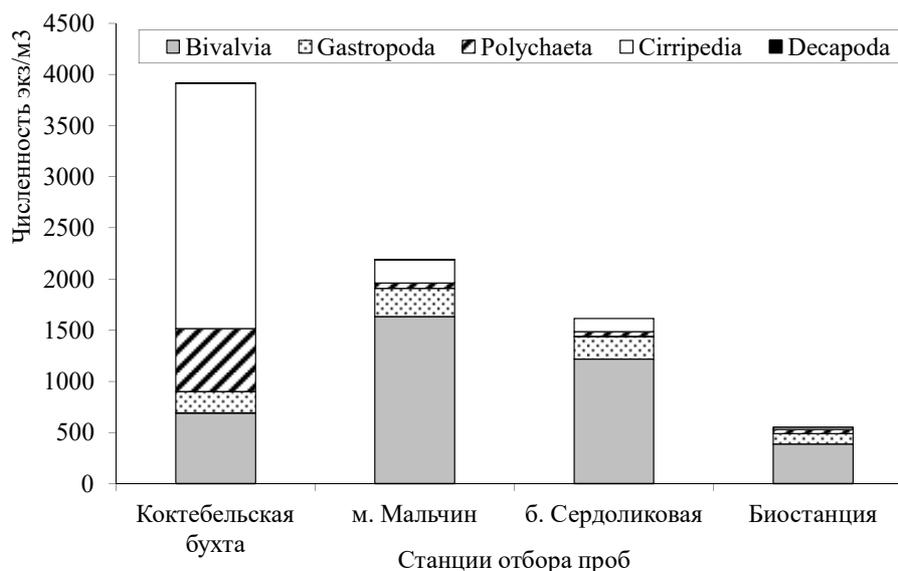


Рис. 2. Таксономическая структура меропланктона акватории Карадагского природного заповедника в мае 2018 г.

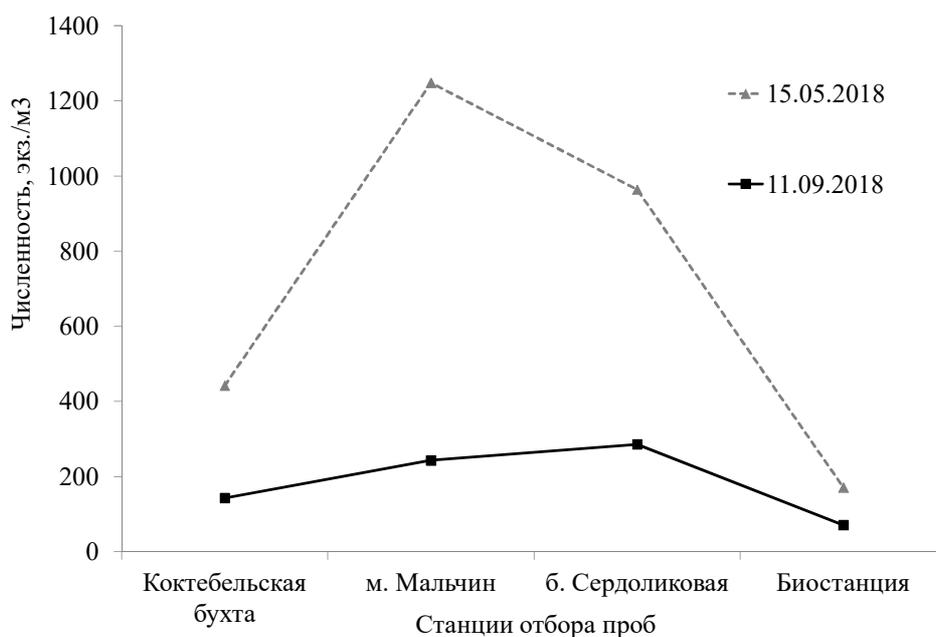


Рис. 3. Динамика численности личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* в прибрежных водах Карадагского природного заповедника

Личинки моллюска-вселенца *Mya arenaria* встречались в Коктебельской бухте (78 экз./м³), у мыса Мальчин (106 экз./м³), в Сердоликовой бухте их численность составляла всего 19 экз./м³, в районе Биостанции личинки не обнаружены. Можно предположить, что личинки мии были принесены с азовоморскими водами, влияние которых на прибрежную зону Карадага отмечено и в предыдущие годы (Ковригина и др., 2017; Трошенко и др., 2018).

Численность личинок брюхоногих моллюсков колебалась от 210 до 272 экз./м³, в районе Биостанции она была ниже – 99 экз./м³. Максимальная доля Gastropoda, – 15% суммарного меропланктона, отмечена в Коктебельской бухте. В акватории заповедника она колебалась от 2 до 8%. В планктоне преобладали велигеры *Rissoa parva*,

находящиеся на разных стадиях развития. Представители семейства Rissoidae являются массовыми у берегов Крыма, размножение многих видов происходит в теплый период года (Чухчин, 1984).

Наибольшая численность личинок многощетинковых червей зарегистрирована в Коктебельской бухте – 613 экз./м³, что составляло около 17% суммарного меропланктона. На остальных станциях их численность колебалась в пределах 42–53 экз./м³, доля в меропланктоне была невелика – 2–8%. Массово представлены нектохеты семейств Nereididae и Spionidae, а также метатрохофоры *Harmothoe reticulata*, *Pholoe inornata*. Представители данных семейств являются эврибионтными, широко распространенными видами (Киселева, 2004).

Личинки десятиногих раков встречались единично, так как у берегов Крыма большинство видов Decapoda начинает размножаться при температуре воды выше 18°C (Макаров, 2004). В Коктебельской бухте единично зарегистрирована актинотроха *Phoronis* (3 экз./м³).

В сентябре температура воды изменялась в диапазоне 24,5–24,8°C. Максимальная численность меропланктона (2160 экз./м³) отмечена в Сердоликовой бухте, минимальная (659 экз./м³) – в районе Биостанции, у мыса Мальчин она составляла 1419 экз./м³, в Коктебельской бухте – 945 экз./м³ (рис. 4).

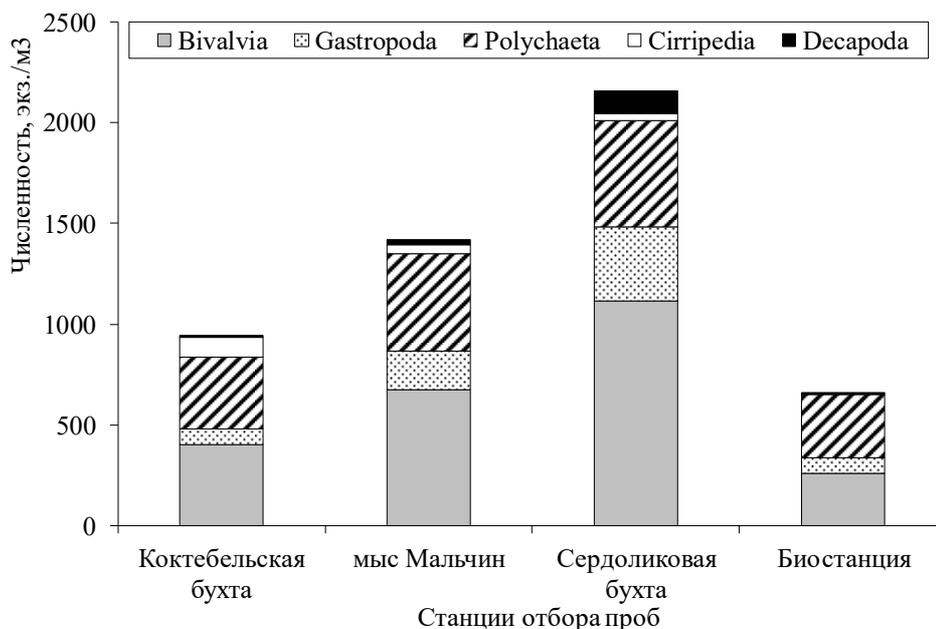


Рис. 4. Таксономическая структура меропланктона акватории Карадага в сентябре

В планктоне доминировали личинки двустворчатых моллюсков, их максимум (1114 экз./м³) зарегистрирован в Сердоликовой бухте, минимум (258 экз./м³) – у Биостанции. В Коктебельской бухте и у мыса Мальчин численность личинок двустворок составляла 403 и 674 экз./м³ соответственно. Однако необходимо отметить, что при существенно различающихся величинах численности их доля в суммарном меропланктоне на всех станциях была стабильно высокой и составляла 40–50%. Видовой состав личинок Bivalvia в сентябре изменился. В планктоне встречались велигеры и великонхи моллюсков, относящихся к семействам Veneridae (преобладали *Chamelea gallina*) и Cardiidae. Личинки мидии отмечены на всех станциях, но их численность была существенно ниже, чем в мае. Максимальные величины 243 и 286 экз./м³ зарегистрированы у мыса Мальчин и в Сердоликовой бухте, минимум – 71 экз./м³ в акватории Биостанции (рис. 3). Личинки мидии находились на поздних стадиях великонхи «с глазком» и педивелигера. У берегов Крыма осеннее размножение

мидии обычно начинается в октябре. Можно предположить, что не характерное для сентября увеличение численности личинок произошло за счет нереста иловых форм мидий, которые образуют основные поселения на глубине 20–50 м. Гаметогенез иловой мидии происходит в летний период при температуре воды 16–18°C (Заика и др., 1990). Вероятно, в прибрежную акваторию заповедника зарегистрированные нами личинки были вынесены с глубинными водными массами.

В сентябре в планктоне отмечены поздние великонхи другого представителя семейства *Mytilidae* – митилястера. *Mytilaster lineatus* размножается только в летний период. Пики плотности его личинок обычно приходится на июль-август (Заика и др., 1990). В акватории заповедника численность личинок этого вида колебалась от 12 до 65 экз./м³. Низкая численность, вероятно, обусловлена тем, что основная масса личинок уже осела. Великонхи двустворчатого моллюска-вселенца анадары *Anadara kagoshimensis* встречались на всех станциях. Их минимальная численность отмечена в Коктебельской бухте и у Биостанции – 101 и 59 экз./м³ соответственно. В Сердоликовой бухте она была выше и достигала 552 экз./м³, у мыса Мальчин 204 экз./м³. Для фауны донных беспозвоночных Карадагского природного заповедника анадара и мия не характерны и встречаются единично (Ревков и др., 2004). Однако эти моллюски-вселенцы стали массовыми в Азовском море (Фроленко, Мальцева, 2017). Можно предположить, что личинки анадары, как и личинки мии в мае, были перенесены с азовоморскими водами, а увеличение их плотности связано с особенностями циркуляции вод в акватории Карадагского заповедника.

Максимальная численность личинок *Gastropoda* (368 экз./м³) зарегистрирована в Сердоликовой бухте, у мыса Мальчин она составляла 190 экз./м³, на остальных станциях была практически одинакова (76 и 78 экз./м³). Однако их доля в суммарном меропланктоне существенно не отличалась и колебалась от 8 до 16%. Как и в 2017 г., отмечено увеличение численности велигеров хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (до 39 экз./м³), тогда как в предыдущие годы она не превышала 12 экз./м³ (Лисицкая, 2018).

В сентябре, по сравнению с маем, существенно увеличилось количество личинок полихет. Их минимальная численность (312 экз./м³) отмечена в акватории Биостанции, при этом доля в суммарном меропланктоне была высокой – 48%. Максимум (530 экз./м³) зарегистрирован в Сердоликовой бухте. В Коктебельской бухте и у мыса Мальчин величины численности колебались от 358 до 489 экз./м³, что составляло около 35–38% суммарного меропланктона. Доминировали нектохеты *Nephtys hombergii* – массового эврибионтного вида, размножающегося в теплый период года (Киселева, 2004). В Коктебельской бухте их количество составляло 158 экз./м³, на остальных станциях изменялось от 225 до 258 экз./м³. Личинки других видов полихет были малочисленными.

В Коктебельской бухте до 10% суммарного меропланктона составляли науплисы *Cirripedia*. На остальной акватории заповедника их доля не превышала 3%, а численность – 42 экз./м³. Учитывая данные наших предыдущих исследований, можно предположить, что массовое оседание баянусов закончилось, а осенний нерест еще не начался. В сентябре видовой состав меропланктона стал более разнообразным в основном за счет появившихся личинок *Decapoda*. Однако их доля в суммарном меропланктоне была невысокой и не превышала 5%. Максимум численности (113 экз./м³) зарегистрирован в Сердоликовой бухте, на остальных станциях величины были на порядок ниже. Личинки мшанок, планулы *Coelenterata*, пилидии немертин и актинотроха *Phoronis* встречались единично на всей исследуемой акватории.

Таким образом, качественные и количественные характеристики меропланктона прибрежной акватории Карадагского природного заповедника и сопредельной Коктебельской бухты соответствовали данным, полученным в предыдущие годы

(Ковригина и др., 2017, Трощенко и др., 2018). Таксономический состав меропланктона на всей исследованной акватории был относительно одинаковым, однако, количество личинок существенно различалось. В мае максимальная численность меропланктона зарегистрирована в Коктебельской бухте, а в сентябре – в Сердоликовой, что вероятно обусловлено влиянием гидродинамических и гидрохимических условий. Выпуски хозяйственно-бытовых вод, характеризующиеся повышенным содержанием биогенных веществ, были зафиксированы на поверхности в районе очистных сооружений поселка Курортное и у причала Биостанции (Ковригина и др., 2017). На данной акватории численность меропланктона как в мае, так и в сентябре была существенно ниже. Здесь же было отмечено снижение прозрачности воды, что авторы связывают с загрязняющим воздействием поселков, расположенных на побережье (Мальцев и др., 2018). По результатам исследований предыдущих лет отмечено, что в акватории около Очистных сооружений поселка Курортное и причала Биостанции выживаемость зоопланктона была достоверно ниже, чем в акватории заповедника (Павлова, Лисицкая, 2009), что подтверждает негативное влияние сточных вод на состояние гидробионтов. В Коктебельской бухте и у мыса Мальчин неоднократно регистрировалось формирование гидрологического фронта и антициклонического круговорота, что вероятно также повлияло на распределение пелагических личинок (Ковригина и др., 2017; Трощенко и др., 2018).

Выводы

В мае 2018 г. максимальная численность личинок донных беспозвоночных (3920 экз./м³) зарегистрирована в Коктебельской бухте, минимальная (551 экз./м³) – в районе Биостанции. В сентябре максимум (2160 экз./м³) отмечен в Сердоликовой бухте, минимум (659 экз./м³) – как и в мае, в районе Биостанции.

В Коктебельской бухте в мае более 60% суммарной численности меропланктона составляли науплиусы *Cirripedia*, личинки *Bivalvia* не превышали 18%. В акватории заповедника на долю личинок *Bivalvia* приходилось более 70%, а личинок баянусов – до 11% суммарной численности меропланктона. В сентябре таксономическая структура меропланктона была практически одинакова на всей исследуемой акватории.

Максимальная численность (1248 экз./м³) личинок мидии *Mytilus galloprovincialis* отмечена в мае у мыса Мальчин, минимальная – как в мае, так и в сентябре, у Биостанции.

Наличие в планктоне личинок двустворчатых моллюсков-вселенцев мии *Mya arenaria* и анадары *Anadara kagoshimensis* является косвенным подтверждением влияния азовоморских вод на прибрежную зону Карадага.

Благодарности

Выражаю благодарность администрации и сотрудникам «Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН» за предоставленную возможность выполнять исследования на территории заповедника, а также коллегам по экспедиции за помощь в отборе проб.

Список литературы

1. Заика В.Е., Валовая Н.А., Повчун А.С., Ревков Н.К. Митилиды Черного моря. К.: Наукова думка, 1990. – 208 с.
2. Киселева М.И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей. Апатиты: Изд-во. Кольского научного центра РАН, 2004. – 409 с.

3. Ковригина Н.П., Троценко О.А., Лисицкая Е.В., Поспелова Н.В., Еремин И.Ю. Гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования на Карадагском взморье в теплый период 2016 г. // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2017. – Вып. 1(3). – С. 38–53.
4. Костенко Н.С. История гидробиологических исследований у берегов Юго-Восточного Крыма. Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крым. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 8–38. – DOI: 10.21072/978-5-907032-04-0
5. Лисицкая Е.В. Меропланктон. Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крым/ под. ред. Н.С. Костенко. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 234–244. – DOI: 10.21072/978-5-907032-04-0
6. Макаров Ю.Н. Десятиногие ракообразные. – К.: Наук. думка, 2004. – 430 с.
7. Мальцев В.И., Смирнова Ю.Д., Кондратьева Е.Н. Результаты гидролого-гидрохимического мониторинга акватории Карадагского природного заповедника и прилегающих прибрежных мелководий в 2012-2018 годах. // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – Природного Заповедника РАН. – 2018. – Вып. 4 (8). – С. 3–15.
8. Ревков Н.К., Костенко Н.С., Киселева Г.А., Безвушко А.И. Тип Моллюски Mollusca Cuvier, 1797. Карадаг. Гидробиологические исследования. (Сборник научных трудов, посвященный 90-летию Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника) НАН Украины Книга 2-я. – Симферополь: СОНАТ, 2004. – С. 399–435.
9. Троценко О.А., Ковригина Н.П., Лисицкая Е.В., Капранов С.В., Еремин И.Ю., Родионова Н.Ю. Гидролого-гидрохимическая ситуация и состояние меропланктона на взморье Карадага (2017 г.) // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 2(6). – С. 47–62.
10. Павлова Е.В., Лисицкая Е.В. Состояние зоопланктонных сообществ в прибрежных водах Карадагского природного заповедника (2002–2005 гг.). Карадаг – 2009: сб. науч. тр., посвящ. 95-летию Карадагской науч. станции и 30-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 292–312.
11. Фроленко Л.Н., Мальцева О.С. О сообществе *Anadara* в Азовском море // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы азово-черноморского региона. – Керчь: Керченский филиал («ЮгНИРО») федерального государственного бюджетного научного учреждения «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», 2017. – С. 99–103.
12. Чухчин В.Д. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря. – Киев: Наукова думка, 1984. – 176 с.

TAXONOMIC STRUCTURE OF MEROPLANKTON IN THE KARADAG COASTAL ZONE (MAY, SEPTEMBER 2018)

Lisitskaya E.V.

A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Researches of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: e.lisitskaya@gmail.com

Comprehensive environmental studies in the coastal waters of Karadag were carried out in May and September 2018. The meroplankton were collected using the Judy net (input hole diameter is 36 cm, mesh aperture is 135 μm); the live material was processed at using a binocular microscope MBS-9. The data on the taxonomic structure of meroplankton were obtained. The maximum density of larvae of benthic invertebrates (3920 ind. / m^3) was registered in May in Koktebel Bay, the minimum (551 ind./ m^3) – in the area of the Biological Station. In September, the maximum (2160 ind. / m^3) was recorded in Serdolikova Bay, the minimum (659 ind. / m^3) – in the area of the Biological Station. It was

noted that in Koktebel Bay in May, more than 60% of the total number of meroplankton were *Cirripedia* nauplii, the Bivalvia larvae did not exceed 18%. In the water area of the reserve, Bivalvia larvae accounted for more than 70%, and *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) larvae accounted for up to 11% of the total number of meroplankton. In September, the taxonomic structure of meroplankton was almost the same throughout the study area. The change in the number of larvae of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 was analyzed. The maximum density (1248 ind./m³) of larvae was noted in May at Cape Malchin, the minimum – both in May and in September, at the Biological Station. The presence of the larvae *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 and *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) in plankton can confirm the influence of the Azov Sea waters on the Karadag coastal zone.

Keywords: meroplankton; taxonomic composition, the Karadag coastal zone; the Black Sea

Поступила в редакцию 28.03.2019 г.

УДК: 597.2/.5:574.34 (477.75)

ДИНАМИКА ФОНОВЫХ ВИДОВ РЫБ В АКВАТОРИИ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА ПО ДАННЫМ ВИЗУАЛЬНЫХ УЧЁТОВ В 2016–2018 гг.*

Мальцев В.И., Белецкая М.А.

ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»,
пгт. Курортное, г. Феодосия, Российская Федерация,
e-mail: maltsev1356@gmail.com

Впродолжение 2016–2018 гг. в результате мониторинга рыб, выполненного методом визуального учёта, на трёх прибрежных биотопах акватории Карадагского природного заповедника было зарегистрировано 25 видов рыб, что составляет 50% от списочного видового состава прибрежного ихтиокомплекса заповедной акватории. 10 видов из упомянутых 25 с встречаемостью более 50% можно отнести к фоновым для этой акватории, 8 из них являются резидентами, и только два вида – мигрантами. В 2017 г. наблюдалось снижение обилия рыб: среднесезонные показатели численности не превышали 3500 особей на 1 га, что в 3–6 раз меньше соответствующих показателей 2016 и 2018 годов. Согласно величине индекса поддерживающей способности все три биотопа в 2017 г. характеризуются средним уровнем поддерживающей способности ($A=0,34-0,42$), тогда как в 2016 и 2018 гг. – высоким ($A=0,43-0,62$). Есть основания считать, что это нормальные межгодовые флуктуации.

Ключевые слова: Карадагский природный заповедник, заповедная акватория, прибрежный ихтиокомплекс, визуальный учёт.

Введение

В результате создания заповедных объектов возникла необходимость ведения мониторинга биоразнообразия на подконтрольных территориях и акваториях, в том числе и их рыбного населения. Эта информация становится неотъемлемой частью летописи природы.

За 100-летнюю историю существования научного и природоохранного учреждения на Карадаге рыбное население исследовалось многократно. Существует значительное количество публикаций, содержащих списки видов рыб, встреченных в акватории у Карадага, включая современную заповедную акваторию (рис.1), и в непосредственной близости от него (Виноградов, 1930, 1947, 1949, Прокудина, 1957, Смирнов, 1959, Салехова и др., 1987, Костенко и др., 2004 и др.). При этом количественным показателям состояния прибрежного ихтиокомплекса уделялось гораздо меньше внимания.

Целью данного исследования являлось обобщение и анализ результатов экологического мониторинга состояния прибрежного ихтиокомплекса, в частности, фоновых видов рыб в акватории заповедника.

Материалы и методы

Визуальный учёт осуществлялся способом «на задержке дыхания» (Гетьман, 2007, Мальцев и др., 2015). Учёт проводился как в пределах трансект длиной 25–50 м и шириной 10 м, так и при «маршрутных» наблюдениях на отдельных участках. Прибрежный ихтиокомплекс Карадагского природного заповедника исследовался в июне-сентябре 2016–2018 годов.

* Работа выполнена в рамках темы гос. задания № АААА-А19-119012490045-0 «Изучение фундаментальных физических, физиолого-биохимических, репродуктивных, популяционных и поведенческих характеристик морских гидробионтов».

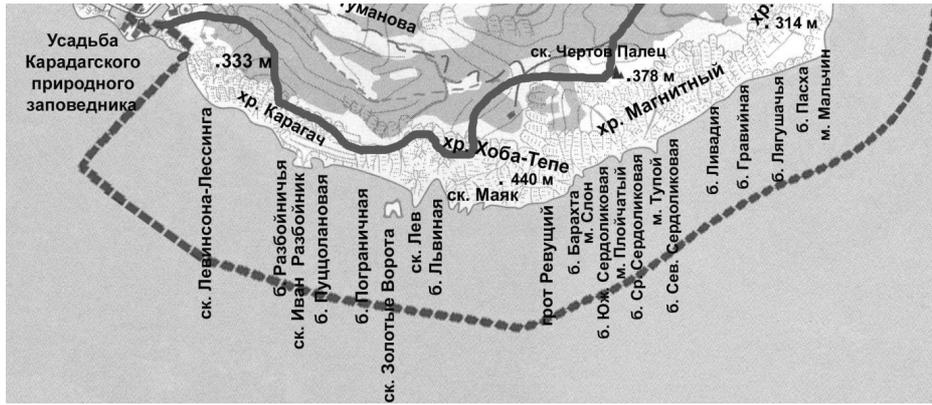


Рис. 1. Акватория Карадагского природного заповедника.

Заповедная акватория характеризуется наличием почти сплошного каменисто-скалистого пояса, сложенного булыжно-галечными наносами (размер камней 10–300 см), образованными породами вулканического происхождения. Имеют место также большие глыбы и скалы, вертикально спускающиеся в море, большей частью заросшие макроводорослями с доминированием цистозиры. Песчаные донные отложения у побережья существуют только в виде небольших вкраплений среди нагромождений камней, а на отдалении 100–200 м становятся преобладающим типом субстрата.

Для оценки характера динамики фоновых видов рыб заповедной акватории были выбраны три биотопа:

1. мелководье у Кузьмичева Камня (44°54.691N, 035°12.757E),
2. мелководье с координатами 44°54.690N, 035°12.662E (береговой ориентир – дерево лох серебристый),
3. мелководье с координатами 44°54.705N, 035°12.546E (береговой ориентир – скала «Малый парус»).

Результаты исследований

В результате визуальных учетов в акватории Карадагского природного заповедника непосредственно идентифицировано 25 видов рыб (табл. 1), или 50% от общего количества видов, встречающихся в заповедной акватории (Мальцев и др., 2017). 10 видов из упомянутых 25 с встречаемостью более 50% можно отнести к фоновым для этой акватории: атерина, ласкирь, султанка, зеленушка-перепелка, губан глазчатый, зеленушка-рябчик, зеленушка-рулена, собачка морская сфинкс, собачка морская обыкновенная, бычок-рыжик.

Таблица 1.

Встречаемость видов рыб в исследуемых биотопах акватории Карадагского природного заповедника в 2016–2018 гг.

Виды	2016 г.			2017 г.			2018 г.			Экол. особен-ности	Оценки встречаемости и обилия
	Биотопы			Биотопы			Биотопы				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1. <i>Mugil cephalus</i> – лобан										Мигр.	Оч.редкий Малочисл.
2. <i>Liza aurata</i> – сингиль										Мигр.	Оч.редкий. Обыч.
3. <i>L. haematocephalus</i> – пиленгас										Миг.	Оч.ред. Малочисл.
4. <i>Atherina boyeri</i> – атерина										Мигр.	Част. Многочисл.

Продолжение таблицы 1.

5. <i>Belone belone</i> – сарган										Мигр.	<u>Оч.ред.</u> Многочисл.
6. <i>Syngnathus typhle</i> – рыба-игла длиннорылая										Коч.	<u>Оч.ред.</u> Единич.
7. <i>Scorpaena porcus</i> – скорпена										Осед.	<u>Оч.ред.</u> Малоч.
8. <i>Trachurus mediterraneus</i> – ставрида черноморская										Мигр.	<u>Оч.ред.</u> Многочисл.
9. <i>Diplodus annularis</i> – ласкирь										Коч.	<u>Част.</u> Мног.
10. <i>D. puntazzo</i> – зубарик										Коч.	<u>Редкий</u> Малоч.
11. <i>Spicara flexuosa</i> – спиکارа										Мигр.	<u>Оч.ред.</u> Единич.
12. <i>Sciaena umbra</i> – горбыль темный										Коч.	<u>Оч.ред.</u> Един.
13. <i>Mullus barbatus</i> – султанка										Мигр.	<u>Част.</u> Малочисл.
14. <i>Crenilabrus cinereus</i> – зеленушка-рябчик										Коч.	<u>Част.</u> Многочисл.
15. <i>C. ocellatus</i> – губан глазчатый										Коч.	<u>Пост.</u> Масс.
16. <i>C. roissali</i> – зеленушка. перепёлка										Коч.	<u>Пост.</u> Масс.
17. <i>C. tinca</i> – зеленушка рулена										Коч.	<u>Пост.</u> Масс.
18. <i>Tripterygon tripteronotus</i> – троепёр										Осед.	<u>Оч.ред.</u> Един.
19. <i>Aidablennius sphinx</i> – собачка морская (с.м.) сфинкс										Осед.	<u>Пост.</u> Мног.
20. <i>Parablennius sanguinolentus</i> – с.м. обыкновенная										Осед.	<u>Пост.</u> Масс.
21. <i>P. zvonimiri</i> – с.м. Звонимира										Осед.	<u>Оч.ред.</u> Един.
22. <i>P. tentacularis</i> – с.м. длиннощупальцевая										Осед.	<u>Оч.ред.</u> Един.
23. <i>P. incognitus</i> – с.м. зеленая										Осед.	<u>Ред.</u> Един.
24. <i>Mesogobius batrachocephalus</i> – бычок-кнут										Осед.	<u>Оч.ред.</u> Един.
25. <i>Neogobius eurucephalus</i> – бычок-рыжик										Осед.	<u>Пост.</u> Мног.
	1-25% - очень редкие	26-50% – редкие	51-65% – обычные	66-80% – часто встречающиеся	81-100% – постоянно встречающиеся						

Примечания: Мигр. – мигрирующий вид, Коч. – кочевник, Осед. – оседлый вид, Оч.редкий – очень редко встречающийся в биотопе вид, Редкий – редко встречающийся в биотопе вид, Част. – часто встречающийся в биотопе вид, Пост. – постоянно встречающийся в биотопе вид, Единич. – отмечены единичные экземпляры, Малочисл. – малочисленный вид, Многочисл. – многочисленный вид, Масс. – массовый вид

Из этих 10 видов 8 относятся к экологическим группам «оседлые» и «кочевники», которые В.В. Шагановым (2018) отнесены к «резидентам»; мигрантами являются только два вида из приведенного «караткого списка».

Впродолжение летнего сезона 2016 и 2018 наблюдается увеличение показателя обилия рыб прибрежного ихтиокомплекса с 2–3 тысяч до 23 тысяч особей на 1 га (рис. 2, 3). Это увеличение в значительной степени обусловлено появлением в июле-сентябре массы сеголетней молоди преимущественно кефалеобразных.

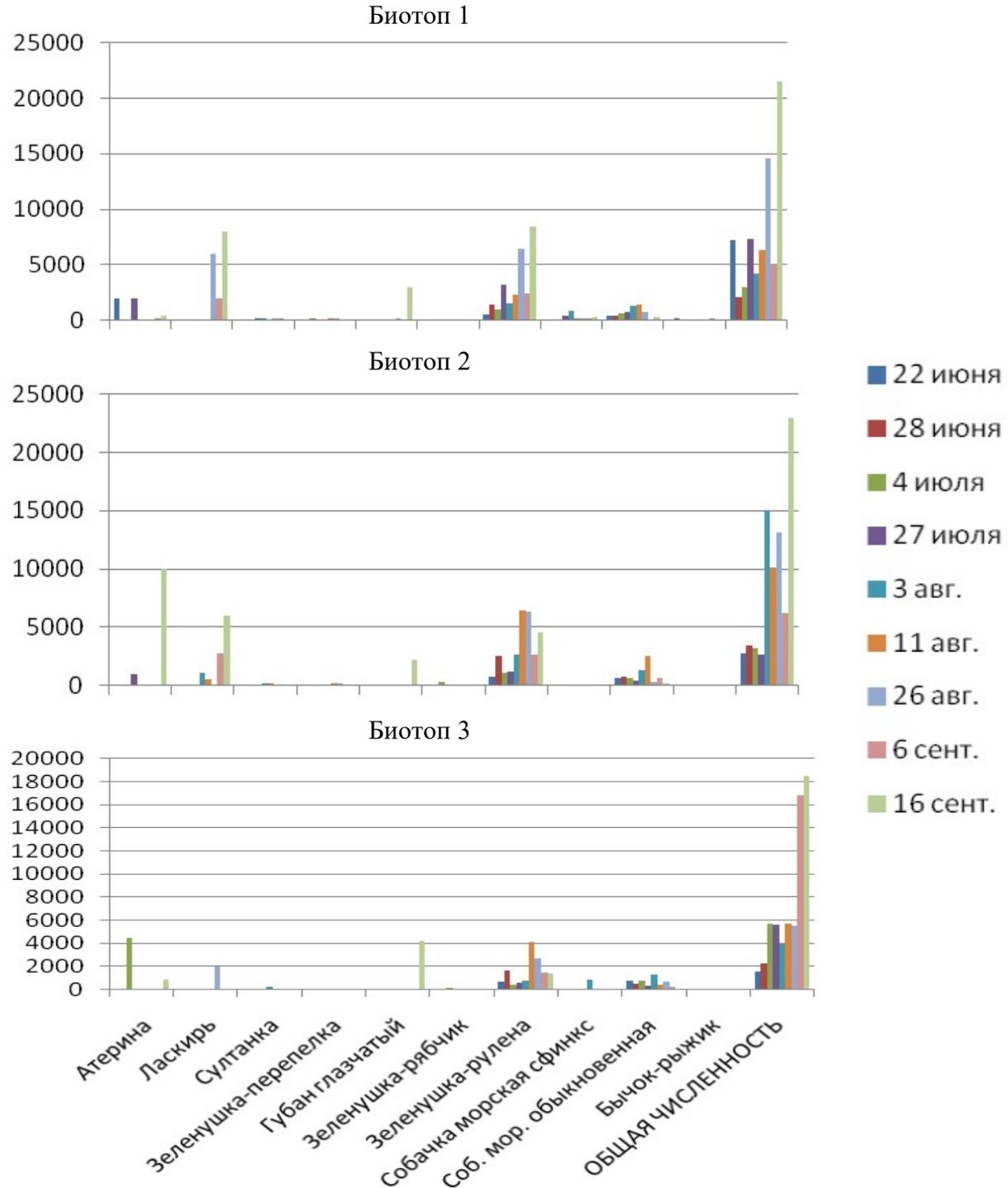


Рис. 2. Динамика численности (экз./га) фоновых видов прибрежного ихтиокомплекса в акватории Карадагского природного заповедника в 2016 г.

На фоне сходной динамики прибрежного ихтиокомплекса в 2016 и 2018 гг. имеет место существенное отклонение показателей обилия рыб в исследованных биотопах в 2017 г. (рис. 4). Так, в 2017 г. наблюдалось снижение обилия рыб: среднесезонные показатели численности не превышали 3500 особей на 1 га, что в 3–6 раз меньше соответствующих показателей 2016 и 2018 годов.

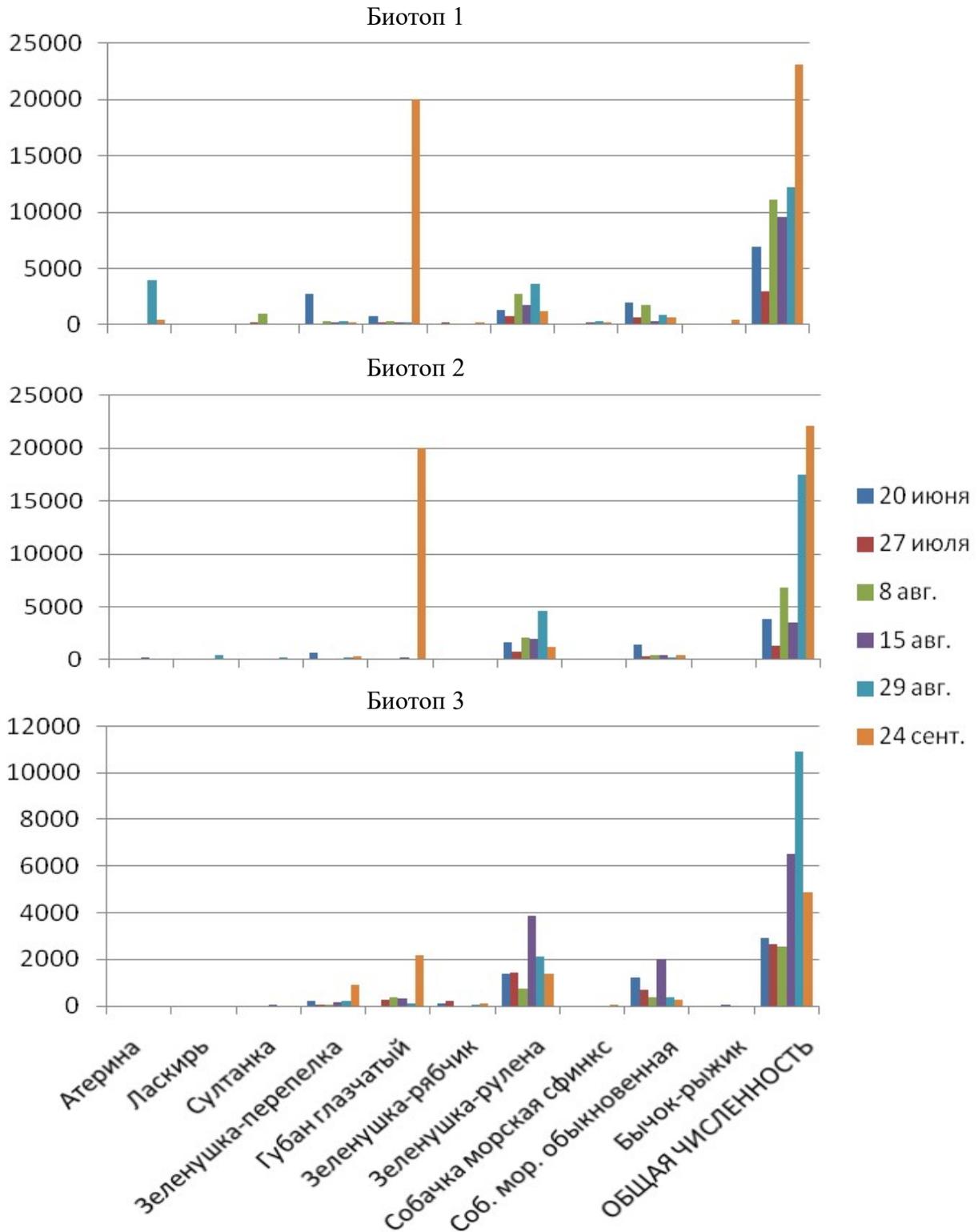


Рис. 3. Динамика численности (экз./га) фоновых видов прибрежного ихтиокомплекса в акватории Карадагского природного заповедника в 2018 г.

По рассчитанному индексу поддерживающей способности (Maltsev et al., 2018) все три биотопа (рис. 5) в 2017 г. характеризуются средним уровнем поддерживающей способности ($A=0,34-0,42$, III класс), тогда как в 2016 и 2018 гг. – высоким ($A=0,43-0,62$, II класс).

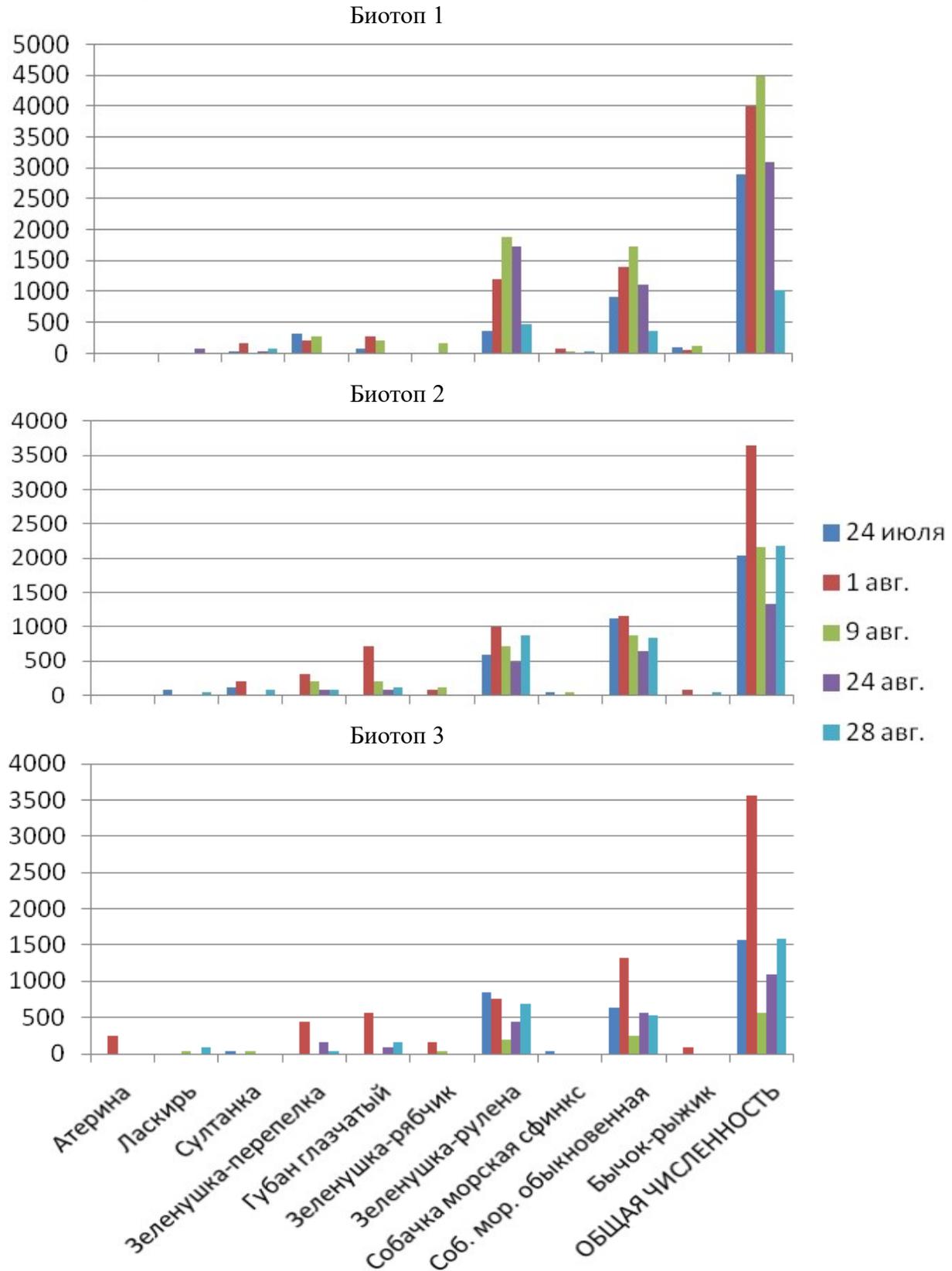


Рис. 4. Динамика численности (экз./га) фоновых видов прибрежного ихтиокомплекса в акватории Карадагского природного заповедника в 2017 г.

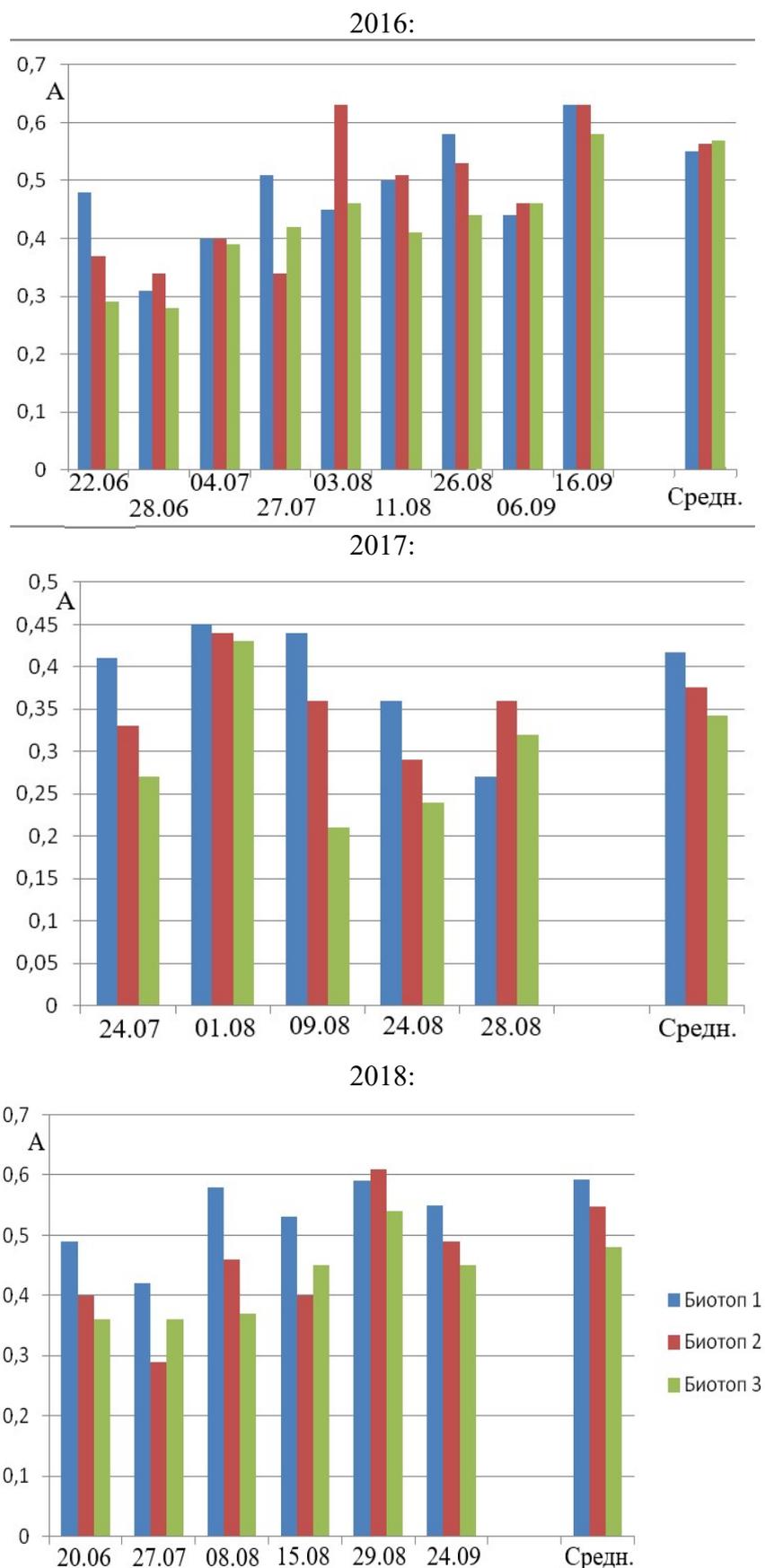


Рис. 5. Динамика значений индекса поддерживающей способности относительно прибрежного ихтиокомплекса исследованных биотопов в акватории Карадагского природного заповедника в 2016–2018 гг.

Причины таких различий трудно объяснить на основании только имеющихся на сегодняшний день данных. Есть основания считать, что это нормальные межгодовые флуктуации, поэтому важно продолжать и углублять исследования динамики рыбного населения как заповедной акватории, так и сопредельных, с целью выявления многолетних закономерностей динамики прибрежного ихтиокомплекса заповедной акватории.

Анализ количества случаев «попадания» биотопов на соответствующее место (от первого до третьего) по величине индекса поддерживающей способности показывает, что наиболее значимым с точки зрения био(ихтио)разнообразия является биотоп 1; это подтверждается также наибольшим видовым обилием: 21 встреченный здесь вид против 17-ти для биотопа 2 и 19-ти для биотопа 1 (табл. 2).

Таблица 2.

Количество случаев «попадания» биотопов на соответствующее место (от первого до третьего) по величине индекса поддерживающей способности по данным визуальных учётов 2016-2018 гг.

Место	Биотопы		
	1	2	3
1	13	7	0
2	4	10	6
3	3	3	14

В целом на сегодняшний день есть основания считать, что заповедник в основном обеспечивает нормальное существование прибрежного ихтиокомплекса в заповедной акватории. Снижение строгости заповедного режима, имеющее место в последние годы и приводящее к многочисленным несанкционированным вторжениям посторонних в заповедную акваторию, пока еще не стало критичным для прибрежного ихтиокомплекса, однако, скорейшее восстановление заповедного режима на должном уровне является необходимым и актуальным.

Выводы

1. В результате визуальных учётов в 2012–2018 гг. в акватории Карадагского природного заповедника непосредственно идентифицировано 25 видов, или 50% от общего количества видов, встречающихся в заповедной акватории.

2. Основу прибрежного ихтиокомплекса (встречаемость более 50%) составляют следующие виды: атерина, ласкирь, султанка, зеленушка-перепелка, губан глазчатый, зеленушка-рябчик, зеленушка-рулена, собачка морская сфинкс, собачка морская обыкновенная, бычок-рыжик. Из этих 10 фоновых видов 8 относятся к экологическим группам «оседлые» и «кочевники», составляющим более крупную группу «резидентов»; мигрантами являются только два вида из упомянутого «караткого списка».

3. Показатели обилия фоновых видов рыб в акватории заповедника в 2016 и 2018 годах выше таковых в 2017 г. приблизительно в 3 раза. По рассчитанному индексу поддерживающей способности в 2017 г. все три биотопа, на которых проводился мониторинг способом визуального учета, характеризуются средним уровнем поддерживающей способности ($A=0,34-0,42$, III класс), тогда как в 2016 и 2018 гг. – высоким ($A=0,43-0,62$, II класс). По величине индекса поддерживающей способности наиболее значимым с точки зрения био(ихтио)разнообразия является биотоп 1 (координаты $44^{\circ}54.691N$, $035^{\circ}12.757E$), что подтверждается также наибольшим в нём видовым обилием.

4. В целом на сегодняшний день есть основания считать, что заповедник в основном обеспечивает нормальное существование прибрежного ихтиокомплекса в заповедной акватории. Снижение строгости заповедного режима, имеющее место в последние годы, пока еще не стало критичным для этой части биоты.

Список литературы

1. *Виноградов К.А.* Материалы по ихтиофауне района Карадагской биологической станции (Черное море) // Труды Карадагской биологической станции. – 1930. – Вып. 3. – С. 137–143.
2. *Виноградов К.О.* Список рыб Черного моря, що зустрічаються в районі Карадагської біологічної станції // Доповіді Академії наук УРСР. Відділ біол. Наук. – 1947. – № 5. – С. 57–61.
3. *Виноградов К.А.* Список рыб Черного моря, встречающихся в районе Карадагской биологической станции, с замечаниями об их биологии и экологии // Труды Карадагской биологической станции. – 1949. – Вып. 7. – С. 76–106.
4. *Гетьман Т.П.* Визуальные подводные наблюдения при оценке качественно-количественных показателей ихтиоценоза // Экология моря. – 2007. – Вып. 74. – С. 13–17.
5. *Костенко Н.С., Шаганов В.В.* Рыбы // Карадаг. Гидробиологические исследования. Сборник научных трудов, посвящённый 90-летию Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины. Книга 2-я. – Симферополь: СОНАТ, 2004. – С. 440–453.
6. *Мальцев В.И., Иванчикова Ю.Ф.* Прибрежный ихтиокомплекс акватории Карадагского природного заповедника (Черное море, Крым) // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов. – Симферополь: Н. Оріанда, 2015. – С. 584–589.
7. *Мальцев В.И., Шаганов В.В., Василец В.Е.* Современное состояние ихтиокомплекса Карадагского природного заповедника // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2017. – Выпуск 4 (2). – С. 36–54.
8. *Прокудина Л.А.* Каталог фауны и флоры Чёрного моря района Карадагской биологической станции // Труды Карадагской биологической станции. – 1952. – Вып. 12. – С. 116–127.
9. *Салехова Л.П., Костенко Н.С., Богачик Т.А., Минибаева О.Н.* Состав ихтиофауны в районе Карадагского заповедника (Черное море) // Вопросы ихтиологии. – 1987. – Т. 27, Вып. 6. – С. 898–905.
10. *Смирнов А.Н.* Материалы по биологии рыб Черного моря в районе Карадага // Труды Карадагской биологической станции. – 1959. – Вып. 15. – С. 31–109.
11. *Шаганов В.В.* Рыбы // Биология Чёрного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / под ред. Н.С. Костенко. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 130–143.
12. *Maltsev V.I., Beletskaya M.A.* Habitat carrying capacity index: a formalized assessment of habitat importance to maintain diversity of the littoral fish assemblage // Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. – № 8 (1). – P. 680–687. – DOI: 10.15421/2018_266.

DYNAMICS OF THE MOST COMMON FISH SPECIES AT THE AQUATORY OF THE KARADAG NATURE RESERVE ACCORDING TO VISUAL REGISTRATION IN 2016-2018

Maltsev V.I., Beletskaya M.A.

T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS,

Kyrortnoe, Feodosia, Russian Federation

e-mail: maltsev1356@gmail.com

During 2016–2018 25 fish species representing 50% of the species are listed for coastal fish assemblage of protected area of the Karadag Nature Reserve were registered for three shallow water habitats as a result of monitoring of fish provided by visual registration. 10 species of that 25 with an occurrence over 50% can be attributed to the most common for this area; 8 of them are residents, and only two species are migrants. In 2017 there was a decrease in the abundance of fish: the average seasonal number did not exceed 3500 individuals per 1 hectare which is 3-6 times less than the corresponding numbers in 2016 and 2018. According to the value of the habitat caring capacity index all the three habitats in 2017 are characterized by an average level of caring capacity ($A=0.34-0.42$), while in 2016 and 2018 – by high level ($a=0.43-0.62$). It seems as normal interannual fluctuations.

Keywords: Karadag Nature Reserve, protected aquatory, littoral fish assemblage, visual registration.

Поступила в редакцию 05.05.2019 г.

УДК 597.2/.5:591.1

ОСОБЕННОСТИ СОМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ НЕКОТОРЫХ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ РАЗНОЙ ЭКОЛОГИИ В ОСЕННЕМ ПЕРИОДЕ *

Силкин Ю.А., Василец В.Е., Силкина Е.Н.

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

Исследовали величины соматических индексов печени, сердца, жабр и упитанности у трех видов рыб различной подвижности в осеннем периоде. Показано, что морфофизиологические изменения органов являются физиологическим отражением экологической приспособленности организма рыб. Наибольшая масса печени, жабр, а также индекс упитанности характерны для малоподвижной донной скорпены (*Scorpaena porcus* L.). Наши наблюдения не отмечают однозначной зависимости величины индекса жабр рыб от их подвижности. У быстро плавающей ставриды (*Trachurus mediterraneus ponticus* L.) на фоне низкой упитанности отмечен высокий индекс сердца. Величины исследованных индексов органов у умеренно подвижной смарида (*Spicara flexuosa* R) занимают промежуточное положение.

Ключевые слова: индексы; естественная подвижность; рыбы, метаболизм.

Введение

Способность животных к изменению соматических показателей органов и индексов упитанности в разные сезоны года является важным экологическим приспособлением, особенно в осеннем периоде, когда происходит восполнение энергетических веществ, используемых в период нереста. В этой связи интересен сравнительный аспект рыб различной экологической специализации. Это обусловлено тем, что одно и то же физиологическое состояние рыб после нереста может приводить к различным морфофункциональным сдвигам. Изменение соматических индексов рыб в рамках годового цикла находится в соответствии с конкретными условиями среды, которые могут или не могут способствовать накоплению энергетического материала для успешного зимовального периода (Шульман, 1972).

У исследованных рыб поведение, физиология и биохимия посленерестового периода отличаются, как и особенности их зимовки. Ставрида совершает длительные миграции, смарида откочевывает от берега на глубину, а скорпена остается хотя и в заглубленной, но в прибрежной части моря для зимовки. Подготовка рыб к зимовальному периоду является одним из интенсивных периодов в годовом цикле. Он требует больших усилий, связанных с обеспечением пропитания в таком количестве, которое позволит не только покрывать текущие потребности, но и накопить «резервы», необходимые для зимовки и последующего нереста. Так как исследованные виды (ставрида, смарида и скорпена) нерестятся с мая по август (Болтачев, Карпова, 2012), то осенний период в районе Юго-восточного побережья Крыма характеризуется комфортными температурными условиями среды. Температура моря у Карадага в сентябре-ноябре имеет постепенно понижающийся тренд от 22 до 12°C. В этот период рыбы активно питаются и по аналогии с высшими животными их поведение можно характеризовать как гиперфагия. Активность нейроэндокринной системы в осеннем периоде у рыб резко снижается. У рыб происходит белковый рост, связанный с их объемным и линейным ростом, депонирование гликогена в печени и мышцах, но

* Работа выполнена в рамках темы гос. задания № АААА-А19-119012490045-0 Изучение фундаментальных физических, физиолого-биохимических, репродуктивных, популяционных и поведенческих характеристик морских гидробионтов.

больше всего происходит отложение жира. Накопление жира в предзимовальном периоде является объективным критерием «успешности» зимовки рыб и основным «гарантом» их выживаемости (Шульман, 1972). С. Шварц (1980) отмечал, что в результате изменения любого фактора образа жизни, связанного с обитанием в более суровых условиях или же требующего вести более активный образ жизни, животные несут дополнительные энергетические затраты. Жировые запасы рыб являются основным гарантом, обеспечивающим нормальное протекание обменных процессов у рыб в период зимовки. Уменьшение жиронакопления и других энергетических веществ в осеннем периоде негативно сказывается на генеративной функции и последующем воспроизводстве потомства. Показатель жирности является важным компонентом в прогнозе уловов объектов промысла, к каким относится, например, ставрида (Шульман и др., 2007). Коэффициенты упитанности для одновозрастных и одноразмерных рыб вполне хорошо коррелируют с накоплением энергетических субстратов и могут быть использованы для сравнительного анализа физиологического состояния организма. Сравнение изменений величин соматических индексов у рыб разной экологии указывает на особенности адаптивных перестроек их организма (Шварц и др. 1968). В этой связи целью наших исследований явилось изучение индекса упитанности и других соматических индексов органов у рыб разной экологической специализации в осеннем периоде.

Материал и методика

Объектом исследования служили 3 вида черноморских рыб, различающихся по степени естественной подвижности.

Черноморская ставрида (*Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev) – быстрый пловец, пелагическая стайная рыба. Размерно-весовые характеристики выловленных рыб колебались в пределах 12–17 см по длине и по массе от 17 до 37 г.

Спикара, смарида или морской окунь (*Spicara flexuosa* R.) – маневренный, прибрежный, стайный вид. Отловленные рыбы имели аналогичные со ставридой размерно-весовые характеристики.

Скорпена или морской ерш (*Scorpaena porcus* L.) – малоподвижный прибрежный хищник-засадчик. Длина отловленных рыб колебалась в пределах 15–29 см, а вес составлял 50–211 г. (Световидов, 1964).

Отлов проводился с сентября по ноябрь 2017 года, в районе Карадагской бухты Юго-восточного побережья Крыма, при помощи удочки и придонных ловушек. В опыт брали примерно одновозрастных рыб с гонадами II стадии зрелости и подвергали их биологическому анализу, по результатам которого рассчитывали индексы, используя общепринятые методики (Правдин, 1966; Шварц, Смирнов, Добринский, 1968). Определение веса органов проводили на весах ВЛКТ-500М. Сердце взвешивали на торсионных весах ВТ-100. Индексы органов рассчитывали по формуле (1):

$$X = \frac{W_0 \times 100}{W}, \quad (1),$$

где X – индекс органа; W_0 - масса органа, г; W – масса рыбы без внутренностей, г.

Результаты выражали в (%).

Индекс упитанности рассчитывали по Кларку (Правдин, 1966) согласно формуле:

$$Q = \frac{w \times 100}{L^3}, \quad (2),$$

где Q – индекс упитанности; w – вес рыбы без внутренностей; L – общая длина тела.

Возраст рыб определяли по годовым наслоениям на отолитах, которые извлекали из внутреннего уха рыб и осветляли, помещая их в этиловый спирт. Возраст отловленной ставриды составлял 2–3 года, смарида – 2–4 года, а скорпены – 5–6 лет.

Всего отобрано и проанализировано 79 особей рыб, из которых ставрида составляла 25 особей, смарида – 34 особи, а скорпена – 20 особей. Все результаты полученных тканевых индексов рыб подвергали статистической обработке и представляли как среднее арифметическое \pm стандартное отклонение ($\bar{x} \pm S \bar{x}$). (Рокицкий, 1961).

Результаты и обсуждение

Выбранные для исследования виды рыб имели достаточно небольшие размерно-весовые характеристики (смотри «Материал и методика»). Ставрида и смарида по своим размерам имели аналогичные характеристики. Скорпена была более крупной рыбой, которая по длине почти в два раза, а по весу более чем в 5 раз превосходила подвижные виды рыб. Анализ размерно-весовых характеристик тела рыб, показал у двух видов - скорпены и спикары наличие полового диморфизма. Причем, у спикары размер самцов достоверно превосходил размер самок на 35 %, а у скорпены – отмечено увеличение размера и массы самок над самцами. У ставриды в весе и размере тела половых различий не отмечено. Как уже отмечалось, с окончанием нереста у исследованных рыб происходит перестройка обмена веществ в сторону накопления жировых запасов, необходимых для обеспечения нормального существования во время зимовки, зимовальных миграций и последующего нереста. Из таблицы 1 следует, что величины тканевых индексов у исследованных рыб заметно отличаются.

Таблица 1.

Характеристика величин тканевых индексов у рыб в зависимости от пола (%)

Вид рыб	Масса органов			
	Сердце	Печень	Жабры	Упитанность
Самки				
Ставрида	0,14 \pm 0,01 (n= 13)	1,09 \pm 0,11 (n= 13)	1,95 \pm 0,14 (n=13)	0,75 \pm 0,03 (n= 13)
Смарида	0,11 \pm 0,01 (n= 7)	1,25 \pm 0,05 (n= 7)	1,34 \pm 0,15 (n= 7)	0,91 \pm 0,03 (n= 7)
Скорпена	0,09 \pm 0,01 (n= 11)	1,89 \pm 0,06* (n= 11)	2,94 \pm 0,14* (n= 11)	1,40 \pm 0,09 (n= 11)
Самцы				
Ставрида	0,15 \pm 0,01 (n= 12)	1,24 \pm 0,17 (n= 12)	2,04 \pm 0,22 (n= 12)	0,77 \pm 0,02 (n= 12)
Смарида	0,11 \pm 0,01 (n= 27)	1,25 \pm 0,06 (n= 27)	1,39 \pm 0,04 (n= 27)	0,96 \pm 0,02 (n= 27)
Скорпена	0,08 \pm 0,02 (n= 9)	1,37 \pm 0,04* (n= 9)	2,39 \pm 0,04* (n= 9)	1,46 \pm 0,05 (n= 9)

Примечание: * - отмечены достоверные различия значений разных полов; n – количество рыб в опыте.

Величина индекса сердца у донной скорпены была наименьшей, у спикары она занимала промежуточное положение, а у пелагической быстро плавающей ставриды – индекс сердца был наибольшим – на 75 % больше, чем у скорпены. Сердечно-соматический индекс (ССИ) можно рассматривать как показатель двигательной активности рыб. Ранее это было показано на пресноводных (Смирнов и др., 1970; Моисеенко, 2000) и на морских видах рыб (Астахова, 1983). Индекс сердца у рыб имеет возрастные изменения. До половой зрелости рыб индекс сердца возрастает, а затем по мере старения – несколько уменьшается (Смирнов, Божко, 1970). Для индекса сердца отмечены также сезонные изменения. У многих рыб, в период нереста при наибольшей

двигательной активности индекс сердца достигает максимальных значений. Так, В.А. Ивановым (1983) были показаны более высокие величины индекса сердца в летнем периоде по сравнению с нашими осенними данными.

Показатели величин индексов печени, жабр и упитанности были наибольшими у скорпены. У ставриды индекс печени и упитанности был на 50% меньше, чем у скорпены. Скорее всего, это связано с видовыми особенностями метаболизма рыб. Так, интенсивность метаболизма (активность ферментов, гормонов, накопление жировых субстратов) у активно плавающих рыб существенно выше, чем у малоподвижных форм (Шульман, 1964; Белокопытин, 1972; Морозова и др., 1978). Высокая активность метаболизма у быстроплавающих рыб, скорее всего, не связана с большим запасанием энергетических субстратов в тканях в связи с затратами на обеспечение их высокой локомоторной подвижности. Г. Шульман (1972) показал, что накопление жировых запасов у быстроплавающих видов зависит от протяженности миграционных путей. Возможно, ставриде не обязательно накапливать питательные вещества на весь зимний период, так как длительность миграционных путей не так велика, к тому же по пути к зимовальной территории рыба продолжает питаться. Скорпена – донная, малоподвижная, прибрежная рыба, не совершает больших миграционных перемещений и поэтому во время зимовки испытывает резкие колебания температуры и почти не питается. В связи с сезонной неравномерностью питания у скорпены – хищника-засадчика период интенсивного и линейного роста, наблюдаемый в осеннем периоде, часто сменяется периодом прекращения роста и даже потерей при зимовке до 25% массы тела (Яковлева, Шульман, 1977). Скорпена относится к так называемым «тощим» рыбам. Основные энергетические запасы жира, а также и гликогена, которые она может использовать при наступлении неблагоприятных условий, у нее накапливаются в печени. В мышцах, составляющих до 40% массы тела у этого вида, происходит накопление основных запасов белка и гликогена (Щепкин, 1972). Возможно, поэтому индекс упитанности у этого вида более чем 1,5 раза выше, чем у подвижных видов. Следует также отметить, что ставрида и смарида не прекращают питаться в зимний период, поэтому накопление энергетических веществ у этих видов имеет не столь острую необходимость.

Жабры обеспечивают организм рыб кислородом. У пелагических видов, ведущих подвижный образ жизни, основными потребителями кислорода являются мышцы, обеспечивающие локомоторную функцию рыб (Лукьяненко, 1987).

Ставрида, ведущая активный образ жизни, имеет довольно высокий индекс жабр ($1,95 \pm 0,14$ %). Возможно, обеспечение мышц кислородом тесно связано с уровнем развития жаберного аппарата. У смарида наблюдается самый низкий индекс жабр из представленных видов. Интенсивной двигательной активностью этот вид не обладает, среда обитания его – заросли водорослей – продуценты кислорода, возможно, эти факторы создают условия для благоприятного функционирования дыхательной системы этого вида рыб. Казалось бы, величина массы жабр связана с уровнем естественного движения. Однако, у скорпен отмечен самый высокий индекс жабр в сравнении с исследуемыми видами рыб (табл. 1). Этот вид характеризуется самой низкой двигательной активностью, к тому же обитает скорпена в прибрежных, бедных кислородом и чаще всего в загрязненных органическими веществами водах. В соответствии с низкой двигательной активностью скорпена имеет один из самых низких уровней основного обмена среди черноморских рыб. По данным Ю.С. Белокопытина (1978) потребление кислорода у скорпены составляет в среднем около 0,084 мл/г веса/1 ч, что почти на порядок ниже, чем у активной кефали (0,572 мл/г веса/1 ч). Феномен скорпены состоит в том, что при таком низком уровне обмена она имеет один из самых высоких индексов жабр. Причины этого кажущегося несоответствия видимо необходимо, искать в экологической специализации скорпены.

Существование этого вида в прибрежной среде с большими температурными перепадами (от 0° до +30°C) и имеющей высокий уровень эвтрофикации, как природного, так и антропогенного происхождения, «генерирует» особые требования к органу, обеспечивающего транспирационную функцию организма. Видимо, для более эффективного извлечения кислорода в этих условиях необходимы жабры с большой площадью жаберного эпителия. Продолжением этих компенсаторных морфофункциональных особенностей может служить у скорпены и малый объем крови (1,4% массы тела). Другим примером может служить тот факт, что донные, малоподвижные рыбы редко вырастают до размеров, как пелагические. Это объясняется тем, что они с увеличением массы тела хуже, чем пелагические снижают количество поглощенного кислорода на единицу веса и в связи с этим вынуждены снижать основной обмен до критически низких значений (Белокопытин, 1978). Эти условия, скорее всего и формировали жабры большого размера, которые явились гарантом толерантности скорпен к резко изменяющимся условиям прибрежной среды.

Таким образом, проведенные исследования показали, что величина индекса жабр может коррелировать с активностью рыб только у подвижных форм. Очевидно, лучшие пловцы будут иметь большой индекс жабр, характеризующий необходимость обеспечения высоких метаболических потребностей этих видов рыб. Для донных форм, где метаболизм рыб существенно ниже, чем у хороших пловцов, большой жаберный аппарат может быть ответом на изменение кислородного режима прибрежной зоны моря. Большие перепады температуры при смене сезонов года и, вследствие этого, перепады кислородного напряжения могут формировать у оседлых, не мигрирующих видов крупный жаберный аппарат и соответственно высокий индекс этого органа.

Многие авторы (Кривобок, Тарковская, 1964; Распопов, Морозов, 2014; Кузьминова и др., 2016) в своих исследованиях отмечали различия величин тканевых индексов от пола. Как отмечали исследователи, такая закономерность прослеживается у многих представителей костистых рыб: у самок они выше, чем у самцов.

По нашим данным достоверных различий в величинах тканевых индексов между самками и самцами у активно и умеренно плавающих видов (смарида и ставрида) не обнаружено. У самцов и самок скорпены в индексах печени и жабр прослеживаются половые различия (табл. 1). У самок скорпен индекс печени на 38%, а масса жабр – на 19% больше, чем у самцов.

Как было указано выше, печень – многофункциональный орган, в котором в основном происходит запасание энергетических субстратов (углеводов, жиров), осуществляется синтез белков. Высокий индекс печени у самок скорпены может быть обусловлен большими по сравнению с самцами потребностями на генеративную функцию. Скорпена – один из немногих видов рыб, самки которой выметывает не просто отдельные икринки, а слизистые мешочки, наполненные икринками. Возможно, дополнительные энергетические затраты, необходимые на образование слизистых (белковых) капсул способствуют большему запасанию энергетических субстратов в печени самок скорпен для осуществления полноценного нереста весной.

Масса печени у скорпен изменяется на протяжении годового цикла. Так, по данным К.К. Яковлевой и Г.Е. Шульмана (1973) эти изменения варьируют от 1,2 до 3,5% от массы тела. Особенно значительны колебания индекса печени в период нереста, когда энергетические затраты и расходы белка и других веществ, необходимых для биосинтеза половых продуктов гонад, достигают своего максимального значения. Так, концентрация триглицеридов в печени скорпен, снижается в конце вымета половых продуктов у самок в 8, а у самцов – в 12 раз (Щепкин, 1971).

Благодаря крайне низкому уровню обменных процессов скорпена способна выдерживать длительное голодание. На протяжении годового цикла этот период у

скорпен длится с конца ноября до начала апреля месяца. За четыре месяца, проведенных без пищи, у скорпены происходит резкое (на 30%) снижение сухого вещества, при этом масса печени уменьшается в четыре раза, а масса белка и липидов сокращается вдвое (Муравская, 1976). Уменьшение содержания белка в печени скорпены свидетельствовало о значительной роли этого субстрата в обеспечении энергетических потребностей этого вида.

Как уже отмечалось, в печени скорпены, по сравнению с другими органами и тканями, происходит запасание до 50 % основных энергетических субстратов, большую часть которых составляют триглицериды. В мышцах скорпены триглицеридов крайне мало и более 50 % всех липидов составляют структурные фосфолипиды. Благодаря тому, что в мышцах скорпены наблюдается низкое содержание липидов, эту рыбу относят, как уже говорилось, к «тощим» или даже к «сверхтощим» рыбам (Яковлева, Шульман, 1973).

Таким образом, печень играет важную роль в жизнедеятельности рыб. У таких видов как скорпена она является основным «энергетическим депо», способной на протяжении годового цикла и в ответ на экстремальные воздействия среды в полной мере обеспечить ее энергетические потребности.

Проведенные исследования показали, что соматические индексы в осеннем периоде у рыб разной подвижности в целом отражают эколого-физиологические потребности их организма. Особенно интересными, на наш взгляд, были значения соматических индексов малоподвижного, прибрежного вида скорпены. Параметры этих индексов все время демонстрировали особые приспособительные реакции. По образному выражению А.А. Солдатова с соавторами (2014), этот вид рыб сохраняет какие-то «реликтовые» механизмы, позволяющие сохранять их жизнеспособность в условиях внешнего экстремума.

Выводы

1. Величины индексов органов у рыб различной естественной подвижности тесно связаны с их экологической приспособленностью к среде обитания.

2. Индекс упитанности у скорпены на 47% больше, чем у смариды и на 88% больше чем у ставриды.

3. У самок скорпен индекс печени на 38%, а масса жабр – на 19% больше, чем у самцов.

4. Сердечно-соматический индекс (ССИ) у быстро плавающей ставриды был на 27% больше, чем у смариды и на 75 % больше по сравнению с малоподвижной скорпеной. В этой связи ССИ рыб можно рассматривать как показатель двигательной активности.

5. Прямой зависимости массы жабр от степени естественной подвижности рыб нами не отмечено. Величина индекса жабр у скорпены была на 52% выше по сравнению со ставридой и на 32% выше, чем у умеренно подвижной смариды.

6. У малоподвижной скорпены индекс печени на 37% выше, чем у смариды и на 75% выше, чем у быстро плавающей ставриды.

Список литературы

1. Астахова Л.П. Зависимость индекса сердца и мозга черноморских рыб от их естественной подвижности // Журн. эвол. биохим. и физиол. – 1983. – Т. 19. – № 6. – С. 594–596.
2. Белокопытин Ю.С. Исследование основного обмена у черноморских рыб // Энергетический обмен водных животных. – М.: Наука, 1972. – С. 12–13.

3. Белокопытин Ю.С. Уровни энергетического обмена у взрослых рыб // В кн.: Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб. – Гл. III. – К.: Наукова Думка, 1978. – С. 46–63.
4. Болтачев А.Р., Карпова Е.П. Морские рыбы Крымского полуострова. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2012. – 224 с.
5. Иванов В.А. Морфофизиологические индексы рыб Черного моря разной экологии // Рукопись дипломной работы биолог. факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, 1983. – 68 с.
6. Кривобок М.Н., Тарковская О.И. Химическая характеристика желтоперой камбалы, трески и минтая Юго-восточной части Берингова моря // Труды ВНИРО. – 1964. – Т. 49. – С. 257–272.
7. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 240 с.
8. Моисеенко Т.И. Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С.Шварца) // Экология. – 2000. – № 6. – С. 463–472.
9. Морозова А.Л., Астахова Л.П., Силкина Е.Н. Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб. – К.: Наукова думка, 1978. – С. 122–144.
10. Муравская З.А. Изучение изменений в составе тела у *Scorpaena porcus* L. в аспекте энергетических трат при голодании // Биология моря. – 1976. – Вып. 37. – С. 82–85.
11. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром., 1966. – 375 с.
12. Распопов В.М., Морозов Р.В. Сравнительные морфофизиологические показатели белуги и калуги // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России: материалы Межд. науч. конф. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2014. – С. 265–268.
13. Рокицкий П.Ф. Основы вариационной статистики для биологов. – Минск: Бел. гос. ун-тет, 1961. – 222 с.
14. Световидов А.Н. Рыбы Черного моря. – М.: Наука, 1964. – 552 с.
15. Смирнов В.С., Божко А.М. Относительный вес сердца рыб как показатель дифференциации внутри популяционных группировок // Биология и продуктивность водных организмов // Труды института Экол. Раст. и Жив. – Уральск, фил. АН СССР. – 1970. – Вып. 72. – С. 90 – 101.
16. Солдатов А.А., Андреева А.Ю., Новицкая В.Н., Парфенова И.А. Сопряжение мембранных и метаболических функций в ядерных эритроцитах *Scorpaena porcus* L. при гипоксии (эксперименты *in vivo* и *in vitro*) // Журнал эвол. биохим. и физиол. – 2014. – Т. 50, № 5. – С. 358–363.
17. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. – М.: Наука, 1980. – 278 с.
18. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добрынский Л.Н. Метод морфологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. – Свердловск: УрФ АН СССР 1968. – 387 с.
19. Шульман Г.Е. Сезонные изменения содержания жира в теле «мелкой» черноморской ставриды // Вопросы ихтиологии. – 1964. – Т. 4. – Вып 4. – С. 764–768.
20. Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 368 с.
21. Шульман Г.Е., Никольский В.Н., Юнева Т.В., Щепкина А.М., Баг Л., Кидейш А.Е. Воздействие глобальных климатических и региональных факторов на мелких пелагических рыб Черного моря // Морской экологический журнал. – 2007. – Т. 6. – С. 18–30.
22. Щепкин В.Я. Динамика липидного состава скорпены *Scorpaena porcus* L. в связи с созреванием и нерестом // Вопросы ихтиологии. – 1971. – № 11. – Вып. 2. – С. 332–338.

23. Щепкин В.Я. Сравнительная характеристика липидов печени мышц ставриды и скорпены // Биологические науки. – 1972. – № 2. – С. 36–39.
24. Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя // отв. ред. И.И.Руднева. – М.: ГЕОС, 2016. – 360 с.
25. Яковлева К.К., Шульман Г.Е. Динамика содержания жира в печени и мышцах черноморской скорпены // Биологическая продуктивность южных морей. – К.: Наукова Думка, 1973. – Ч. 2. – С. 194–198.
26. Яковлева К.К., Шульман Г.Е. Соотношение белкового роста и жиронакопления у черноморской скорпены // Биология моря. – 1977. – №1. – С. 78–81.

FEATURES OF SOMATIC INDICES OF SOME BLACK SEA FISHES OF DIFFERENT ECOLOGY IN THE POST-SPEARS PERIOD

Silkin Y.A., Vasilets V.E., Silkina E.N.

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

e-mail: ysilkin@mail.ru

The values of the liver, heart, gills and fatness somatic index of three fish species with different mobility were studied in the autumn period. It is shown that morphological changes in the organs are the physiological reflection of environmental adaptation of fish organism. The greatest weight of the liver, gills, and fatness index are characteristic of sedentary bottom fish (*Scorpaena porcus* L.). Our observations do not indicate an unambiguous dependence of the fish gill index on their mobility. In fast-floating species (*Trachurus mediterraneus ponticus* L.) on the background of low fatness have a high cardiac index. The values of the studied organ indexes in the moderately mobile spicara (*Spicara flexuosa* R) occupy an intermediate position.

Keywords: indexes; natural mobility; fishes, metabolism.

Поступила в редакцию 08.02.2019 г

УДК 504.4.054 (470.319)

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ ПОЛЛЮТАНТОВ

Степанова Л.П.¹, Писарева А.В.², Яковлева Е.В.¹, Раскатов В.А.³

¹Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина,
г. Орёл, Российская Федерация,

e-mail: step.lp@yandex.ru, elena.valerevna79@ya.ru

²Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана,
г. Москва, Российская Федерация, e-mail: pavpav.06@mail.ru

³Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная
академия им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: raskatovv@list.ru

В статье проанализирован изотопный состав тяжёлых металлов и их антропогенное происхождение, включая промышленные выбросы завода алюминиевого литья, выхлопные газы, происходящие от регулярного воздействия транспортных средств, а также пылевых бурь. В результате исследований показано, что самое высокое содержание тяжёлых металлов в почве в придорожных зелёных поясах и самым низким на удалении от источников загрязнений. Показана возможность использования беспозвоночных животных в качестве биоиндикаторов состояния почвы, поскольку микроартроподы остро реагируют на изменение окружающей среды. Загрязнение почвы, в том числе и в результате техногенной нагрузки, оказывает существенное влияние на качество воды и воздуха и, в конечном итоге, на здоровье человека (Ksenofontov, 2015). Во всех почвенных образцах содержание тяжёлых металлов показывает положительную корреляцию, а воздействие движущихся транспортных средств города, плотность населения и возрастание урбанизации в совокупности с влиянием промышленных отходов способствуют загрязнению почв. Исследовано токсикологическое состояние почвенных горизонтов, представлена эколого-микробиологическая характеристика гумусового горизонта в зонах техногенного воздействия поллютантов и оценено изменение численности микроорганизмов почвы в результате токсичного загрязнения городских почв, которые находятся на разной удалённости от источников загрязнения, таких как: Московская кольцевая автодорога города Москва, а также отвальный шлак отходов промышленного производства алюминиевого литья в Орловской области. Выполнена оценка видов почвенных беспозвоночных при воздействии различного уровня почвенного загрязнения. Установлено изменение ферментативной и микробиологической активности почвы в зависимости от величины коэффициента суммарного накопления тяжёлых металлов.

Ключевые слова: урбанозёмы; тяжёлые металлы; экосистемы; микроорганизмы; беспозвоночные; почвенно-биотические сообщества.

Введение

Металлургические предприятия, расположенные на территориях как крупных, так и малых поселений характеризуются наличием зоны максимальных концентраций тяжёлых металлов в радиусе до пяти километров от источника загрязнения и расширения зон повышенных содержаний концентрации тяжёлых металлов до 20–50 км от источников загрязнения (Ksenofontov, 2016). Как показывают литературные источники, уровень загрязнения токсичными металлами (Pb, Zn, Cu и As) установлен в результате систематического отбора проб в верхнем слое городских почв в крупном индустриальном центре городе Ахваз, который является одним из самых быстроразвивающихся мегаполисов в Иране (Ahmadipour, 2014). При экологических исследованиях в почвах города Ахваз были применены методы отслеживания изотопов свинца (Pb) для выявления источника загрязнения тяжёлыми металлами в поверхностных слоях городских почв (Ksenofontov, 2016). Учёными доказано, что в

большинстве промышленных азиатских странах, странах США, Канады, выбросы в атмосферу достигают высоких уровней (Ksenofontov, 2016).

Загрязнение почв и растений тяжелыми металлами оказывает пагубное влияние на биологическую активность растений, очистные свойства воды и на безопасность пищевых продуктов, это становится глобальной проблемой по всему миру (Singh, 2010), (Ksenofontov, 2016). Также очевидна и корреляция между содержанием тяжёлых металлов с расстоянием от источника загрязнения почв, расположенных на обочинах автотрасс и почв, расположенных вокруг шлаковых отвалов (Писарева, 2017).

Металлы проявляют высокую химическую активность в почве, что приводит к лёгкой степени поглощению растениями и в конечном счете угрожает здоровью человека через посредством пищевой цепи (Stepanova, 2019). Городские экосистемы играют решающую роль, как в очистке воздуха, так и в фиторемедиации при загрязнении тяжелыми металлами (Bednova, 2015). В условиях экстремального загрязнения, механизм адаптации таких видов растений, как Хвощёвник ветвистый (*Equisetum ramosistum*) и Леерсия шеститычинковая (*Leersia hexandra*), могут балансировать поглощение и перенос Pb, Zn и Cu (Singh, 2010). Большинство крупных городов Китая, например, город Хэфэй переживает значительные изменения в результате урбанизации в последние десятилетия (Bin, 2013).

Сброс загрязнённых сточных вод, а также поступление дренажных стоков сельскохозяйственных угодий приводит к загрязнению окружающей среды (Ksenofontov, 2016). Учёными доказано, что целесообразно компостировать с грунтом осадки сточных вод, а также их использовать в питомниках для дальнейшего выращивания кустарниковых, древесных и цветочно-декоративных растений (Bednova, 2018).

Неблагоприятные экологические последствия в результате размещения на различных территориях ландшафтов шлаковых отвалов в последствии загрязняют окружающую среду тяжелыми металлами (Bednova, 2018; Ksenofontov, 2017). Интерес представляет оценка влияния наличия тяжёлых металлов на физико-химические свойства почвенного покрова (Шеин, 2009). Доказано, что на исследуемых примагистральных территориях урбанозёмы в основном загрязнены цинком, свинцом, медью, кобальтом и кадмием (Nabulo, 2006). Отмечено, что работы по детоксикации почв должны быть хорошо проработаны с учётом специальных технологий, для хозяйственного, почвенно-географического, геоботанического и земледельческого планирования, а также применения краудсорсинга о земном покрове (Bayas, 2016).

Увеличение концентрации тяжёлых металлов способствует ингибирующему эффекту, который коррелируется продолжительностью воздействия тяжёлых металлов на процессы метаболизма почв, микроорганизмов, растений и других живых организмов (Epelde, 2009). Также литературные исследования подтверждают, то, что токсические тяжёлые металлы и газы, которые поступают в почву могут оказывать влияние на физико-химические свойства почвы. Фактором деградации большинства почв являются автозаправочные станции и выбросы выхлопных газов от автотранспорта (Arkharov, 2016).

Для оценки загрязнения городских почв города Москвы в 2015 году исследователями отбирались образцы почв с поверхности на глубину 0–20 см (Ksenofontov, 2015; Шеин, 2009). Также определяли содержание тяжёлых металлов, бенз(а)пирена, нефтепродуктов, величину рН водно-солевой вытяжки, содержание органических веществ, количество сухого остатка, макроэлементов питания (P_2O_5 , K_2O , NO_3 , NH_4). Полученные данные в текущем периоде в целом схожи с результатами экологического мониторинга в 2013 году, когда отмечалось заметное подщелачивание урбанозёмов, что характеризуют допустимый уровень загрязнения почв для Москвы.

Материалы и методы исследования

Территория объекта исследования №1 расположена в деревне Большое Думчино, на территории Мценского района Орловской области в России, что расположена на расстоянии от Москвы 294 километра, GPS координаты местности – 53.250798, 36.453338. Почвенный покров территории Мценского района составляют серые лесные почвы и тёмно-серые лесные.

Деградация почв и растений на изучаемой территории происходит в результате воздействия шлаковых отсеков Мценского завода (МЗАЛ), размещённых на территории д. Большое Думчино (Яковлева, 2006). В качестве объекта нами были выбраны ППН на удалённости в 50 м, 150 м, 300 м и 450 м от источника загрязнения. Характеристика почвенного покрова: почва-среднесуглинистая на лессовидных суглинках, среднегумусная грунтово-глеевая, среднетощая серая лесная.

Исследуемый объект №2 располагается в городе Москва, который является столицей России. Территория города Москва составляет 2561,5 км², а численность населения города составляет более 12,5 млн. человек, GPS координаты местности 55.753215, 37.622504.

В настоящее время преобладающий почвенный покров города Москва – урбанозёмы. Живые организмы, населяющие почву, обеспечивают её плодородие и выполняют экологические функции (Степанова, 2015). Микробиота (микроорганизмы и мезофауна) является важной частью почвы, состояние которой оценивают разными методами, нацеленными на характеристику ее таксономического и функционального биоразнообразия (Иващенко, 2014; Шеин, 2009).

Нами исследовались почвы (2013–2015 гг.), которые регулярно подвергаются техногенной нагрузке (автодорожный комплекс и выбросы промышленных предприятий; отвальный шлак алюминиевого литья соответственно), на различных территориях города Москвы (вдоль автотрассы Московской кольцевой автодороги (МКАД), парковая зона Лосиный остров) и малом поселении (д. Большое Думчино, Мценский район, Орловская область). В Москве выбрано шесть точек исследования, три из которых на расстоянии 5 м, 50 м и 300 м от МКАД. Каждый образец почвы нами был получен из композита из пяти суб-образцов (0–20 см) с помощью пластикового шпателя и смешения образцов путём просеивания через 2 мм нейлоновую сетку, почва высушивалась воздушным путём и хранилась в полиэтиленовых пакетах с целью дальнейшего исследования. Фоном (контролем) служила дерново-подзолистая почва (*Umbric Albeluvisols*) парковой зоны «Лосиный остров» г. Москва (особо охраняемая природная территория). В малом поселении (д. Б. Думчино, светло-серая лесная почва) выбраны точки на расстоянии 20 и 300 м от основного загрязнения (отвальный шлак). Образцы почвы в исследованных локализациях мегаполиса и малого поселения отбирали из верхнего 0–20 см гумусово-элювиального горизонта. В каждой локализации выбирали площадку (1x1 м), на которой методом «конверта» отбирали пять образцов почвы, для получения смешанного образца. Такой отбор образцов почвы позволяет избежать влияния её микромозаичности. Почвенные образцы доставляли в лабораторию и хранили образцы при температуре 4–5°C до использования в последующих анализах. Определение токсичных металлов производили с помощью атомно-абсорбционного спектрометра (модель PG990). Для учёта микроартропод (представители микрофауны) в серой лесной почве (удаление на 20 и 300 м) отбирали двенадцать образцов почвы (объем каждого 5 см³) из слоев 0–5 и 5–10 см на площади от 10 до 100 см² (Бызова, 1987). Полученные таким образом образцы подвергали эклектированию в воронках Тульгрена. Численность и биомассу дождевых червей в серой лесной почве (удаление на 20 и 300 м) определяли методом почвенных раскопок (слой 0–20 см) на площади 1 м² (Асеева, 1991).

Пределы обнаружения для выбранных тяжёлых металлов методом спектрального анализа рассчитывали с использованием $3 \times SD$ (стандартное отклонение) концентрации десяти пустых образцов. Точность, указанная при двойных измерениях, составила $\pm 5\%$ для всех выбранных металлов. Для оценки потенциальной опасности загрязнения почв тяжёлыми металлами по образцам почв, нами была рассчитана сумма коэффициента концентрации (Z_c) для изучаемых токсичных металлов (Аринушкина, 1970). Для подсчета разных групп микроорганизмов выполняли посевы почвенной суспензии на твердые питательные среды: мясопептонный агар (МПА, аммонификаторы), крахмало-аммиачный агар (КАА, бактерии и актиномицеты, использование минерального азота), Чапека (микроскопические грибы), Гетчинсона (целлюлозоразлагающие микроорганизмы) (Балабина, 1990). Для десорбции микроорганизмов с почвенных частиц навеску почвы с водой растирали, водно-почвенную суспензию встряхивали (качалка, 15 мин) и готовили серию разведений. Высев на питательные среды выполняли в пятикратной повторности. После инкубации посевов на поверхности среды подсчитывали численность колониобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов. Коэффициент минерализации органического вещества почвы рассчитывали, как отношение численности бактерий, выросших на КАА, к численности бактерий на МПА. Численность микроорганизмов (КОЕ/г) рассчитана на грамм сухой почвы. Чтобы уменьшить размеры и предположительные ошибки выборки и показать корреляцию между содержанием тяжёлых металлов в почве и микроорганизмами, нами был использован линейный регрессионный анализ. Также был проведен анализ с использованием статистического программного обеспечения Statistica.

Результаты и обсуждение

Исследуемые гумусовые горизонты, как урбанозёмов, так и светло-серой лесной почвы с удалённостью 20 м от шлака характеризуются как повышенногумусированные в отличие от малогумусированной фоновой дерново-подзолистой почвы с содержанием гумуса 1,27% и светло-серой лесной почвы с удалением от шлакового отвала на 300 м. Все исследуемые урбанозёмы отличаются нейтральной реакцией среды в сравнении с дерново-подзолистой (фон) и светло-серой лесной почвой вблизи отвала (табл. 1).

Таблица 1.
Химические свойства исследуемых почв (0–20 см) мегаполиса и малого поселения в условиях техногенной нагрузки (ЕКО, ёмкость катионного обмена; СНО, степень насыщенности основаниями)

Точка, №	Удаление от / источника загрязнения, м	Гумус, %	pH _{KCl}	ЕКО, ммоль/(экв)/100 г	СНО, %
Москва МКАД (урбанозём, дерново-подзолистая почва)					
1	5	2,84	6,9	10,04	96,5
2	50	3,37	6,37	14,61	91,2
3	300	3,39	7,1	9,4	95,4
4	Фон	1,27	4,75	12,0	26,3
д. Б. Думчино (антропогенно нарушенная светло-серая лесная почва)					
5	20	2,8	4,5	6,6	45,5
6	300	1,8	5,4	10,1	88,7

Для исследуемых урбанозёмов характерна высокая степень насыщенности основаниями 91,2–96,5% в сравнении с очень низкой величиной насыщенности основаниями гумусового горизонта дерново-подзолистой почвы. Следует отметить, что воздействие шлакового отвала на антропогенно-нарушенную светло-серую лесную почву обуславливает значительное снижение степени насыщенности основаниями и

сильнокислую среду, с увеличением удалённости от шлака возрастает насыщенность основаниями до 88,7% и снижается кислотность почвы до pH_{KCL} 5,4.

Микроорганизмы в исследуемых почвах. Общая численность микроорганизмов в опытных точках в разной удалённости от МКАД колебалась в пределах $3,6 \times 10^7$ КОЕ/г до $5,7 \times 10^7$ КОЕ/г. Как видно из данных, численность аммонифицирующих бактерий изменялась в пределах $1,5$ – $2,8 \times 10^7$ КОЕ/г. При этом численность бактерий в урбанозёмах по мере удалённости от автотрассы увеличивалась в два раза, по сравнению с показателями вблизи к МКАД (5 м). В образцах почв, расположенных на расстоянии 50 м от МКАД численность аммонификаторов возрастает почти в 1,5 раза и составляет $2,3 \times 10^7$ КОЕ/г. Аналогичная ситуация установлена для аминоавтотрофной группировки бактерий. Вблизи к МКАД общая численность аминоавтотрофов достигает $2,1 \times 10^7$ КОЕ/г.

С увеличением расстояния от шоссе до 50 м численность аминоавтотрофов в почвах увеличивается до $2,6 \times 10^7$ КОЕ/г. Но, самая высокая численность аминоавтотрофов была установлена на удалении в 300 м от автотрассы и составила $2,9 \times 10^7$ КОЕ/г. Но, максимальная численность аминоавтотрофных бактерий выявлена на удалении на 50 м от шоссе и составила $2,3 \times 10^7$ КОЕ/г, а минимальная численность бактерий показана вблизи к шоссе $1,1 \times 10^7$ КОЕ/г.

Результаты исследований изменения численности актиномицетов показывают, что была наибольшая численность актиномицетов установлена в пределах 300 м, количество актиномицетов достигало 1×10^7 КОЕ/г, а численность актиномицетов вблизи от автодороги составила $0,9 \times 10^7$ КОЕ/г. Следует отметить, что все исследованные группы микроорганизмов показывают сходное распределение численности по опытным точкам на территории МКАД (табл. 2).

Таблица 2.

Показатели микробиологической активности в техногенно-изменённых урбанозёмах МКАД и светло-серых лесных почвах д. Б.Думчино

Расстояние, м	10^7 КОЕ/г					10^5 КОЕ/г			10^7 КОЕ/г	$K_{\text{мин}}$
	МПА	КАА				Целлюлозоразлагающие на среде Гетчинсона		Грибы на среде Чапека	Общее кол-во	
		Общее	в том числе		Общее	в т.ч. актиномицеты				
			Бактерии	Актиномицеты						
МКАД	5	1,5 +0,02	2,1 +0,01	1,1 +0,02	0,9 +0,06	1,3 +0,07	1,3 +0,04	1,1 +0,02	3,6	1,4
	50	2,3 +0,07	2,6 +0,09	2,3 +0,03	0,3 +0,20	0,9 +0,05	0,9 +0,04	0,6 +0,06	4,9	1,2
	300	2,8 +0,19	2,9 +0,11	1,9 +0,34	1,0 +0,03	2,4 +0,06	2,4 +0,10	4,9 +0,43	5,7	1,02
(фон)	0,9 +0,02	1,1 +0,01	0,8 +0,03	0,3 +0,05	0,1 +0,01	0,1 +0,02	3,1 +0,02		2,1	1,2
Б.Думчино	20	0,2 +0,02	0,5 +0,03	0,4 +0,07	0,1 +0,01	0,3 +0,02	0,3 +0,03	0,05	0,7	2,4
	300	0,4 +0,01	1,3 +0,01	1,0 +0,03	0,3 +0,01	1,6 +0,06	1,6 +0,04	0,1	1,4	2,9

Численность грибной микрофлоры изменялась в зависимости от удаления автомагистрали, самое высокое количество единиц грибной микрофлоры установлено в урбанозёмах при наибольшем удалении от автотрассы и составило $4,9 \times 10^5$ КОЕ/г, а количество аэробных микроорганизмов было почти в 5 раз ниже установленной численности грибной микрофлоры в урбанозёмах с наибольшим удалением от шоссе, этот показатель был наименьшим вблизи к шоссе и достигал $1,1 \times 10^5$ КОЕ/г.

Количество актиномицетов менялось в пределах от $1,3 \times 10^5$ КОЕ/г вблизи к автотрассе до $2,4 \times 10^5$ КОЕ/г в наибольшей удалённости от шоссе. В опытной точке на расстоянии в 50 м от шоссе количество актиномицетов резко снижаось и было в 2,5 раза меньше численности аэробных микроорганизмов в почвах с наибольшей удалённостью от автотрассы. Показано, что в слое 0–20 см фоновой дерново-подзолистой почвы в парковой зоне г. Москвы ООПТ Лосиный остров общая численность микроорганизмов достигает $2,1 \times 10^7$ КОЕ/г, что почти в 2 раза ниже количества микроорганизмов в почвах с разной удалённостью от кольцевой автодороги. Заметно, что в фоновой почве меняется не только общая численность микроорганизмов, но и соотношение других эколого-трофических групп. Так численность аммонификаторов достигает $0,9 \times 10^7$ КОЕ/г и уступает численности аммонификаторов в почвах города более чем в 1,5 раза, а численность аминокислототрофов почти в 2 раза ниже количества аминокислототрофов в городских почвах. Численность актиномицетов в фоновой почве ООПТ парковой зоны была ниже значений, которые были получены для городских почв и это значение составило $0,3 \times 10^7$ КОЕ/г. Коэффициент петрификации фоновой почвы составляет 1,2 ед. Бактерии, использующих минеральные формы азота в фоновой почве составляют $0,8 \times 10^7$ КОЕ/г, что в 1,4–2,8 раза меньше чем в урбаноэмах.

Рассмотрим изменение численности микроорганизмов в серой лесной почве на разном удалении от шлакового отвала. Общая численность микроорганизмов почвы на расстоянии 20 м от отвала составила $0,7 \times 10^7$ КОЕ/г, а на расстоянии 300 м – возрастает почти в два раза и достигает $1,4 \times 10^7$ КОЕ/г. Показано, что общая численность микроорганизмов в серой лесной почве (20 м и 300 м) почти в 5 и 3 раза соответственно меньше таковой в почвах г. Москвы.

Численность аминокислототрофов и аммонификаторов на расстоянии 300 м от шлакового отвала возрастает почти в 2–2,5 раза по сравнению с ним же на расстоянии 20 м. Количество денитрифицирующих микроорганизмов и актиномицетов в почве вблизи отвала была $0,5 \times 10^7$ КОЕ/г. Эти же показатели отмечались и для почв мегаполиса. С удалённостью от отвала (300 м) численность денитрифицирующих бактерий и актиномицетов возрастает до $1,3 \times 10^7$ КОЕ/г, что в 2,5 раза выше по сравнению с соответствующей близкой локализацией шлака. С увеличением антропогенной нагрузки на почвенный слой отмечается тенденция повышения коэффициента минерализации. Так, в почве вблизи шлакового отвала он составил 2,4 ед., а на удалении 2,9 ед.

С изменением численности микроорганизмов отмечаются качественные различия в составе физиолого-трофических групп исследуемых микроорганизмов, так численность аммонифицирующих микроорганизмов возрастала в 2 раза в почве, удалённой от шлакового отвала на 300 м, в сравнении с почвой в непосредственной близости к шлаковому отвалу. Низкий уровень микроорганизмов, использующих органические формы азота в почве в непосредственной близости к отвалу, обусловлен низкой гумусированностью почвы. Численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, значительно превышает общую численность микроорганизмов, использующих органические формы азота в почве в непосредственной близости к шлаковому отвалу. В составе общей группы аммонификаторов доля бактерий составила 77–80 % в непосредственной близости к шлаковому отвалу, а доля актиномицетов составила всего лишь 20–23 %.

Деградация почв городов и территорий, подвергающихся различному мощному антропогенному воздействию, приводит к значительному изменению их микробиологической, а также ферментативной, активности. Установлено, что содержание свинца (200 мг/кг), цинка (500 мг/кг) и кадмия (5 мг/кг) в почве приводит к снижению активности дегидрогеназы и инвертазы, а их полная инактивация отмечается с увеличением в два раза указанных концентраций.

Доказано снижение активности каталазы, инвертазы, протеазы и уреазы в загрязнённой тяжёлыми металлами почве по сравнению с незагрязнённой на 41, 64, 54 и 53% соответственно. С увеличением расстояния от автомагистрали активность ферментов почвы возрастает, однако она оставалась ниже установленных значений для фоновой почвы.

Таким образом, показано, что повышенная концентрация загрязняющих веществ вблизи автодорог, в том числе и изменение температуры воздуха в этих локализациях, приводит к снижению протеолитической, уреазной, каталазной и инвертазной активности почвы. Наиболее «чувствительными» ферментами к воздействию химических токсикантов оказались каталаза (окислительно-восстановительный), уреазы (гидролитические, азотный обмен) и инвертаза.

Отмечено изменение общей численности микроорганизмов и величины коэффициента минерализации в исследуемых урбанозёмах и светло-серых лесных почвах в зависимости от степени загрязнения почв тяжёлыми металлами. Оценку загрязнения почвенной среды тяжёлыми металлами определяют соотношением фактического содержания загрязнителя в почве и величиной фонового содержания (табл. 3).

Таблица 3.

Влияние суммарного накопления тяжёлых металлов (подв./вал. форм на общую численность микроорганизмов)

Удалённость от МКАД / отвал, м	Zc (вал.)	Zc (подв.)	Подвижность, % от ТМ _В						Общая численность, 10 ⁷ КОЕ/г	K _{мин}
	мг/кг		Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni		
Москва (МКАД, урбанозём)										
5	7,8	4,5	56,5	9,1	20,6	5,3	5,3	7,5	3,6	1,4
50	4,3	2,8	50,0	14,5	29,7	9,4	9,4	5,1	4,9	1,2
300	7,0	5,1	60,0	10,2	23,9	9,0	9,0	9,4	5,7	1,0
Фон	1,0	1,0	50,0	8,2	21,7	11,2	16,8	13,2	2,1	1,2
Орловская обл., д. Б. Думчино (шлаковый отвал, светло-серая лесная почва)										
20	43,1	9,6	45,3	6,9	2,8	1,8	1,5	5,5	0,7	2,4
300	5,4	6,1	46,0	7,4	3,2	2,9	1,0	7,6	1,4	2,9

Исследование микробиологической активности и особенностей взаимодействия микроорганизмов и ТМ в урбанозёмах в условиях высокого антропогенного пресса автомобильных дорог на биоценозы является актуальным, так как микроорганизмы находятся у истоков трофической цепи поступления ТМ в высшие организмы.

Проведённые исследования показали, что с изменением величины суммарного коэффициента накопления изучаемых нами ТМ: кадмия, свинца, цинка, меди, хрома, никеля как валовых, так и подвижных форм в урбанозёмах и светло-серых лесных почвах отмечается закономерное изменение общей численности микроорганизмов и величины коэффициента минерализации, отражающего отношение бактерий, выросших на КАА к бактериям, растущим на МПА.

Высокая степень подвижности таких ТМ, как кадмий (45–60% от валового содержания), цинка, подвижность которого колеблется в пределах 2,8–29,7% от валового количества, и свинца, содержание подвижных форм этого элемента составило 6,9–14,5% от исходного валового содержания, оказала значительное влияние на изменение микробиоценоза исследуемых урбанозёмов. В урбанозёмах в непосредственной близости к автодороге количество микроорганизмов снижалось на 37,4%, а в урбанозёмах, расположенных на удалении 50 м от автодороги, снижение численности микроорганизмов достигало 14,1%. Воздействие шлакового отвала на количество микроорганизмов в гумусовом слое светло-серой лесной почвы проявлялось в увеличении общей численности микроорганизмов на большем удалении

исследуемого объекта от источника загрязнения. Так, в условиях высокого значения суммарного коэффициента загрязнения ТМ (валовое содержание) Zc 43,1 (20 м) и 5,4 (300 м) и их подвижных форм Zc 9,6 (20 м) и 6,1 (300 м) в светло-серой лесной антропогенно-изменённой почве на опытном участке вблизи (20 м) шлакового отвала, количество микроорганизмов составило $0,7 \times 10^7$ КОЕ/г и возрастало в 2,4 раза до $1,4 \times 10^7$ КОЕ/г в светло-серой лесной антропогенно-изменённой почве на опытном участке с большим удалением (300 м) от отвала.

Таким образом, в урбанозёмах и почвах, подверженных значительным антропогенным нагрузкам, изменяется характер метаболизма населяющих её живых организмов, и почва становится источником экологической опасности для растений и биоты. Одним из показателей оценки загрязнения почв является видовой состав почвенных беспозвоночных (табл. 4).

Таблица 4.

Видовой состав и численность микроартропод в светло-серой лесной среднесуглинистой почве на разном расстоянии от шлакового отвала

Группа, доминирующий вид	Экземпляр / м ²	
	150 м	450 м
1. КОЛЛЕМБОЛЫ (<i>Collembola</i> Lubbock)	1440	4644
1. <i>H. Manubralis</i>	542+52	1382+140
2. <i>Isotoma habitas</i>	-	1246+122
3. <i>Pseudosinella alba</i>	-	1197+110
2. КЛЕЩИ (<i>Acari</i>)	2131	6496
<i>Орибатиды</i> (<i>Oribatida</i>)	1744+172	3990+378
1. <i>Tectocephus velatus</i>	542+52	-
2. <i>Cosmochthonius lanatus</i>	400+41	-
3. <i>Puethoribates punctum</i>	542+52	3354+331
<i>Гамазовые</i> (<i>Gamasoidea</i>)	99	248
1. <i>Arctoseus cetratus</i>	-	154+16
<i>Астигматические</i> (<i>Astigmata</i>)		
1. <i>Tyrophagus perniciosus</i>	155	1746
2. <i>Gyrrorpus</i> sp.	61+7	-
		1661+159
Тромбидиформные	33	482
<i>Trombidipormes</i> sp.	-	300+31
Всего микроартропод	3758	13863

Как видно из данных таблицы, в непосредственной близости от шлакового отвала численность коллембол составляла 1440 экз/м², а на удалении на 450 м она возрастала в 3,2 раза. Среди коллембол удаленной локализации преобладали виды *H. Manubralis*, *Isotoma habitas* и *Pseudosinella alba*. При этом, установлено закономерное изменение численности и видового состава клещей в исследуемой почве, среди которых преобладали орибатиды (*Tectocephus velatus*, *Cosmochthonius lanatus*, *Puethoribates punctum*). В почвах территорий, расположенных на расстоянии 450 метров от отвала, численность клещей резко увеличивалась до 6496 экз/м² с большим видовым разнообразием их состава. Из группы орибатид обнаружено два вида клещей (*Tectocephus velatus*, *Puethoribates punctum*), увеличивалось количество гамазовых клещей вида *Arctoseus cetratus*, астигматических клещей вида *Gyrrorpus* sp. и тромбидиформных вида *Gyrrorpus* sp. Общая численность микроартропод достигала 13863 экз/м² при удаленности на 450 метров от отвала и снижалась до 3758 экз/м² в непосредственной близости к отвалу.

Таким образом, численность и видовой состав микроартропод является показателем интенсивности загрязнения почв тяжёлыми металлами. Общая

численность крупных педобионтов, для которых почва является плотной средой, под многолетними травами составила 33,6+4,9 экземпляров на одну пробу. В их сообществе установлены представители трёх групп крупных почвенных животных (табл. 5).

Таблица 5.

Видовой состав и численность макрофауны (экз/м²) в светло-серой лесной среднесуглинистой почве на разном расстоянии от шлакового отвала

Вид	150 м	450 м
Большой красный выползок (<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus)	0	0,3+0,2
Пашенный червь (<i>Lumbricidae</i>)	22+3	57+8
Малый красный червь (<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister)	0	0,6+0,2
Молодые черви	8+2	1,3+0,6
Всего червей (0-30 см)	30+4	59+8
Личинки б/п	4+1	5+1
Многоножки (<i>Myriapoda</i>)	0	0
Всего особей (0-30 см)	34+5	65+8

На расстоянии 150 м от шлакового отвала преобладали люмбрициды (дождевые черви). Среди личинок насекомых, занимавших в их группировке 13,1%, отсутствовали проволочники и многоножки. Ювенильные молодые формы занимали в сообществе 26,6%. В группировке дождевых червей преобладал пашенный червь – 73,9%. Большой красный выползок и малый красный выползок отсутствовали.

На территории, удалённостию 450 м от шлакового отвала, по сравнению с территорией непосредственной близости, общая численность макрофауны была в 2,5 раза больше. Численность всех группировок и видов люмбрицид также была выше. В комплексе беспозвоночных, как и в первом варианте исследования, преобладали дождевые черви. На их долю приходилось 99%. В группировке люмбрицид явно преобладал пашенный червь – 96,7%. На долю большого красного выползка приходилось 0,5%, малого же красного выползка – 1,06%. По профилю почвы представители макрофауны распределены неравномерно. Наиболее заселен верхний 10 см слой почвы. Обилие большинства других видов уменьшалась с глубиной и как у пашенного червя, незначительно колебалось по глубине – около 1 экз./на одну пробу. Население крупных почвенных беспозвоночных на территориях в непосредственной близости и удалённых от источника загрязнения представлено одними и теми же массовыми видами. Различия между этими вариантами исследования проявляются в численности группировок педобионтов и отдельных видов люмбрицид. Общая численность макрофауны вблизи отвала в два с половиной раза ниже, чем на участке с удалённостью 450 метров от отвала. В распределении большинства беспозвоночных по глубине проявляется тенденция к уменьшению их обилия в каждом из нижележащих горизонтов. Как известно, длительное техногенное воздействие приводит к пространственной неоднородности биотопов: по мере приближения к источнику загрязнения она усиливается за счёт появления микроучастков, непригодных для обитания (Stepanova, 2019). Неоднородность почвенного покрова в загрязненной зоне в окрестностях шлакового отвала алюминиевого литья вынуждает беспозвоночных мигрировать в более оптимальные местообитания, что приводит к концентрации их численности и повышению степени агрегирования в этих биотопах.

Уменьшение величины агрегирования общей биомассы мезофауны в окрестностях шлакового отвала связано с достоверным сокращением величины этого показателя у представителей большинства видов беспозвоночных. Такие изменения могут быть вызваны как прямым действием высоких доз загрязняющих веществ на

почвы, так и косвенным – изменением температурного режима и влажности почвы, её кислотно – щелочного режима, сокращения числа жертв.

Результаты проведённых исследований показали, что как в почвах города Москва, так и почвах, подверженных воздействию шлакового отвала, происходит изменение структуры микробоценозов и несмотря на отмеченные локальные различия между опытными точками, можно отметить тенденцию уменьшения коэффициента минерализации с увеличением удалённости опытного объекта от источника загрязнения, так коэффициент минерализации, установленный для почв вблизи шлакового отвала составил 1,9 ед., а при удалении от отвала на триста метров величина коэффициента снижалась до 1,5 ед.

Выводы

В настоящем исследовании была изучена общая концентрация токсичных тяжёлых металлов в поверхностных почвах урбанозёмов (г. Москва) и серых лесных почв (д. Б. Думчино). Были проанализированы соотношения изотопов тяжёлых металлов для выявления основного источника поступления в почвы поверхностного грунта. Средние концентрации исследуемых тяжёлых металлов были выше их соответствующих базовых уровней. Доказано, что с увеличением интенсивности накопления тяжёлых металлов как в урбанозёмах, так и светло-серой лесной антропогенно-изменённой почве отмечается закономерное снижение общей численности микробоценоза и повышение коэффициента минерализации. В почвах, которые регулярно подвергаются значительным антропогенным нагрузкам, изменяется структура микробного сообщества, характер метаболизма населяющих её живых организмов, и почва становится источником экологической опасности для растений и микробиоты.

Коэффициент корреляции и кластерный анализ показали, что отдельные типы токсичных металлов из антропогенных источников могут быть выделены. Показатели изменения видовой структуры микробных сообществ (общее богатство, разнообразие) и изменений популяций для видов, развивающихся в определенных экологических условиях, и видов возможных аккумуляторов токсикантов являются объективной оценкой результатов почвенно-биологического мониторинга в зонах экстремальных техногенных изменений. Положительная динамика содержания тяжёлых металлов в почвах тесно связана с движением транспортных средств, с возрастающей урбанизацией, поступлением шлаковых отходов в почву (Stepanova, 2019). Исследованиями доказано, что источник загрязнения оказывает значительное влияние на видовой состав и численность микроартропод в слое 0–20 см светло-серой лесной среднесуглинистой почвы.

Список литературы

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1970. – 488 с.
2. *Асеева И.В., Бабьева И.П., Бызов В.А., Гусев В.С., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М., Кожевин П.А., Кураков А.В., Лысак Л.В., Марфенина О.Е., Мирчинк Т.Г., Полянская Л.М., Паников Л.С., Скворцова И.Н., Степанов А.Л., Умаров М.М.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.
3. *Балабина И.П.* Динамика популяций почвенных коллембол при гербицидном загрязнении среды обитания. Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Москва, 1990. – 19 с.

4. Бызова Ю.Б., Гиляров М.С., Дунгер В., Захарова А.А., Козловская Л.С., Корганова Г.А., Мазанцева Г.П., Мелецис В.П., Прассе И., Пузаченко Ю.Г., Рыбалов Л.Б., Стриганова Б.Р. Количественные методы в почвенной зоологии. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
5. Иващенко К.В., Ананьева Н.Д., Васенев В.И., Кудеяров В.Н., Валентини Р. Биомасса и дыхательная активность почвенных микроорганизмов в антропогенно-измененных экосистемах (Московская область) // Почвоведение. – 2014. – № 9. – С. 1077.
6. Писарева А.В. Экологическая оценка состояния тяжёлых металлов и микробиоты в почвах техногенно-трансформированных земель: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Орёл, 2017. – 23 с.
7. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Коренькова Е.А., Писарева А.В. Агроэкономическая оценка восстановления плодородия антропогенно нарушенных и рекультивируемых серых лесных почв // Учёные записки Орловского государственного университета. – 2015. – № 3. – С. 256–261.
8. Шеин Е.В., Зинченко С.И., Банников М.В., Мазиров М.А., Поздняков А.И. Методы оценки и прогноза агрофизического состояния почв. – Владимир: ГНУ Владимир. НИИСХ, 2009. – 105 с.
9. Яковлева Е.В. Экологическая оценка факторов деградации серых лесных почв и пути их оптимизации: Автореф. дисс. канд. с-х наук. – Орел, 2006. – 23 с.
10. Ahmadipour F., Bahramifar N., Ghasempouri S.M. Fractionation and mobility of cadmium and lead in soils of Amol area in Iran, using the modified BCR sequential extraction method // Chem Spec Bioavailab. – 2014. – № 26. – p. 31–36.
11. Arkharov I.A., Simakova E.N., Navasardyan E.S. Landfill Gas as Feedstock for Energy and Industrial Processes // Chemical and Petroleum Engineering. – 2016. – Vol.52. – №7–8. – pp. 547–551.
12. Bayas J.C., See L., Fritz S., Sturn T., Perger C., Diirauer M., Karner M., Moorthy I., Schepaschenko D., Domian D., McCallum I. Crowdsourcing in-situ data on land cover and land use using gamification and mobile technology // Remote Sensing. – 2016. – Vol. 8. – №11. – p. 905.
13. Bednova O.V., Kuznetsov V.A., Tarasova N.P. Eutrophication of an Urban Forest Ecosystem: Causes and Effects // Doklady Earth Sciences. – 2018. – Vol. 478. – №1. – pp. 124–128.
14. Bednova O.V., Kuznetsov V.A., Tarasova N.P. Transformation of urban forest ecosystems: Indication and integral assessment // Doklady Earth Sciences. – 2015. – V.463. – №2. – pp. 868–872.
15. Bin H.E., Yun Z.J., Shi J.B., Jiang G.B. Research progress of heavy metal pollution in China: Sources, analytical methods, status, and toxicity // Chinese Science Bulletin. – 2013. – № 58. – p. 134–140.
16. Epelde L., Becerril, J.M., Barrutia, O., Gonzalez-Oreja, J.A., Garbisu, C. Interactions between plant and rhizosphere microbial communities in a metalliferous soil // Environmental Pollution. – 2009. – № 158. – p. 1576–1583.
17. Ksenofontov B.S., Antonova E.S., Ivanov M.V., Kozodaev A.S., Taranov R.A. The influence of oil contaminated soil on the quality of surface waste water // Water Practice and Technology. – 2015. – Vol. 10. – № 4. – pp. 814–822.
18. Ksenofontov B.S., Butorova I.A., Kozodaev A.S., Afonin A.V., Taranov R.A. Problems of toxicity of ash and slag waste // Ecology and Industry of Russia. – 2017. – Vol.21. – №2. – pp. 4–9.
19. Ksenofontov B.S., Goncharenko E.E. Intensification of Purification of Surface Sewage by use a Bioflocculant // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Natural Sciences. – 2016. – № 3. – pp. 118–127.

20. *Ksenofontov B.S., Kozodaev A.S., Taranov R.A.* The Problems of Rare Earth Metals Extraction from Coal Ash in the Form of Solvents and its Concentrating // Ecology and Industry of Russia. – 2016. – Vol. 20. – №4. – pp. 12–15.
21. *Nabulo G., Oryem-Origa H., Diamond M.* Assessment of lead, cadmium, and zinc contamination of roadside soils, surface films, and vegetables in Kampala City, Uganda // Environ Res. – 2006. – № 101. – p. 42–52.
22. *Singh R.P., Agrawal M.* Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2010. – № 73. – p. 632–641.
23. *Stepanova L.P., Yakovleva E.V., Pisareva A.V.* Spatio-temporal dynamics of soil geochemical anomalies in the zone of impact of slag residuals // Ecology and Industry of Russia. – 2019. – Vol. 23. – №3. – p. 44–48.

**ASSESSMENT OF CHANGE IN SOIL BIOTA UNDER CONDITIONS OF
INFLUENCE OF DIFFERENT LEVELS OF POLLUTANTS**

Stepanova L.P.¹, Pisareva A.V.², Yakovleva E.V.¹, Raskatov V.A.³

¹*Orel State Agrarian University, Orel, Russian Federation*

e-mail: step.lp@yandex.ru, elena_valerevna79@ya.ru

²*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation*

e-mail: pavpav.06@mail.ru

⁴*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,*

Moscow, Russian Federation

e-mail: raskatovv@list.ru

Ecological and microbiological characteristics of a soil cover in areas of extreme anthropogenic impacts. Analyzed the dynamics of changes in the number of microorganisms in the experimental points of the soil at different distances from the slag heap. Was assessed according to the degree of soil contamination in species composition of soil invertebrates. A comparison of the total number of microorganisms at experimental sites at different distances from the slag heap in D. B. Domino data on the total number of microorganisms in urbanozem. A comparative analysis of the structure of ecological - trophic groups of micro-and mesofauna anthropogenically disturbed soils.

Keywords: microorganisms; urban ecosystem; the abundance and biomass of invertebrates; structure of soil and biotic communities; heavy metals.

Поступила в редакцию 02.02.2018 г.

УДК [556:551.464] (262.5)

ХАЛИННАЯ СТРУКТУРА ВОД В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КАРАДАГА*

Трощенко О.А., Субботин А.А., Еремин И.Ю.

ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: oleg_tr59@mail.ru

На основании анализа многолетних данных, материалов экспедиционных исследований 1987–1992 гг. и гидрологических съемок 2004–2018 гг. на Карадагском взморье и прилегающих акваториях изучены особенности формирования халинной структуры вод в прибрежной зоне юго-восточного Крыма. Установлено, что пространственно-временная изменчивость поля солености определяется взаимодействием двух водных масс: Верхней черноморской водной массы с соленостью от 18,0‰ до 18,4‰ и Прибрежной черноморской водной массы с соленостью менее 17,8‰. Влияние вод холодного промежуточного слоя на формирование халинной структуры прибрежных вод в последние 10–15 лет по сравнению с данными 80–90-х гг. прошлого века не выявлено. Отмечено изменение роли азовоморских вод в многолетнем режиме поля солености в прибрежной зоне Карадага, наблюдаемое с 2011–2012 гг. – смена «пресной» фазы на «соленую».

Ключевые слова: прибрежная зона Карадага, водные массы, халинная структура, азовоморские воды.

Введение

Географически исследуемая акватория относится к Феодосийско-Карадагскому району юго-восточного Крыма (ЮВК) и включает в себя прибрежную зону Карадагского горного массива в пределах природного заповедника и Коктебельскую бухту. С севера район огражден невысокими (до 250–350 м) горами. Самым высоким является массив Карадага с наивысшей точкой в 577 м. На северо-западе высота гор увеличивается до 700–750 м. Горы в значительной мере ослабляют влияние преобладающих в холодный период года северных и северо-восточных ветров, а в теплый период межгорные долины активизируют бризовую ветровую циркуляцию.

Шельфовая зона моря в районе Карадага по классификации (Блатов, Иванов, 1992) относится к «мелководным». Изобата 20 м характеризует наиболее резкий перепад глубин в прибрежной зоне Карадагского взморья. В районе Коктебельской бухты она проходит в 2 км от берега, в районе п. Курортное в 1,6 км, а у подножья Карадага всего в 200 м. Изобата 50 м, являющаяся формально гидрологической границей района, в Коктебельской бухте и п. Курортное удалена от берега приблизительно на 14 км, а у Карадага всего на 6 км. Граница шельфа проходит вдоль материкового свала глубин и идентифицируется по положению изобаты 100 м. В районе Карадага ширина шельфовой зоны составляет 25–30 км.

Для прибрежных районов, особенно расположенных в зоне влияния значительных источников распреснения, солёность является основным индикатором водных масс и одним из главных факторов, определяющих биоразнообразие отдельных акваторий. Карадагское взморье относится к прибрежным районам Крыма с максимальной пространственной неоднородностью поля солености (Ильин и др., 2012). На формирование халинной структуры прибрежных вод ЮВК определяющее влияние

* Работа 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», номер гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6.

оказывают воды открытого моря, внедрение распресненных вод с Кавказского шельфа и поступление азовоморских вод. Вклад стока малых рек и хозяйственных сточных вод имеет сезонный или синоптический характер и локализован вблизи источников распреснения.

Влияние поверхностных вод открытого моря связано с меандрированием струи Основного черноморского течения (ОЧТ). Согласно (Иванов, Белокопытов, 2011), струя ОЧТ как внешняя граница восточного циклонического круговорота, распространяется вдоль свала глубин по краю Карадагского шельфа. В теплый период года за счет ослабления динамической активности, ОЧТ смещается в сторону открытого моря, а в холодный период активно внедряется на мелководный шельф, взаимодействуя с прибрежными водами.

На внутригодовую изменчивость характеристик прибрежных вод, поступающих с Кавказского шельфа, оказывают влияние изменение объемов стока местных рек, количество осадков в юго-восточной части моря и ветровой режим над северо-восточной частью Черного моря.

Распресняющее влияние азовоморских вод зависит от параметров водообмена через Керченский пролив, интенсивности и направленности прибрежных течений. Анализ расходов азовоморских вод через Керченский пролив за период с 1980 по 2006 гг. показал (Ильин и др., 2009), что максимальные расходы приходятся на апрель ($10331 \text{ м}^3/\text{с}$) и июнь ($10514 \text{ м}^3/\text{с}$), а минимальные – на январь ($5120 \text{ м}^3/\text{с}$). В остальные месяцы они колеблются в диапазоне от 7000 до $9000 \text{ м}^3/\text{с}$. Изменчивость объемов азовоморских вод, поступающих в Черное море, зависит прежде всего от объема стоков рек Дона и Кубани, а также от силы, устойчивости и продолжительности определяющих ветров: увеличение объемов при ветрах северных румбов и уменьшение – при южных. При этом ветровая составляющая может значительно превосходить стоковую.

Диапазон изменчивости среднемесячных значений поверхностной солености (S_0) азовоморских вод в северной части Керченского пролива колеблется от минимальных значений $12,35\%$ в мае до $13,36\%$ – в ноябре-декабре (Ильин и др., 2009). В результате смешения азовоморских вод с черноморскими по мере их перемещения по проливу S_0 в южной предпроливной зоне увеличивается до $16,0$ – $16,2\%$ в мае, до $16,4$ – $16,6\%$ – в августе, а максимальные значения $17,5\%$ и $17,9\%$ наблюдаются в январе и ноябре соответственно.

В Карадагскую прибрежную зону азовоморские воды внедряются, как правило, со стороны Феодосийского залива, огибая м. Киик-Атлама и, в редких случаях, со стороны открытого моря в зависимости от ветровых ситуаций и характера прибрежных течений в районе ЮВК. По данным экспедиционных исследований за период с 1934 по 2000 гг. (Горячкин, Иванов, Репетин, 2004) еще в феврале-марте в акваторию Феодосийского залива начинают поступать азовоморские воды с соленостью менее $17,0\%$. В силу особенностей циркуляции вод в заливах такого типа и преобладающего направления ветров, в марте-апреле здесь наблюдается накопление распресненных азовоморских вод, а на внешней границе района формируется фронтальная зона с перепадом солености от $16,0\%$ до $17,8$ – $18,0\%$. Период максимального распреснения в Феодосийском заливе приходится на май-июнь при среднемноголетней S_0 около $17,5\%$. При определенных гидрометеорологических условиях соленость в «ядре» распресненных вод может уменьшаться до $15,0\%$. «Прорыв» распресненных вод из Феодосийского залива на Карадагское взморье начинается как правило в апреле, а в мае-июне в прибрежной зоне Карадагского района формируется наиболее контрастное поле поверхностной солености. В среднемноголетнем плане (Горячкин, Иванов, 2005) соленость прибрежных вод на Карадагском взморье колеблется от максимальных значений $17,95$ – $18,00\%$ в январе-феврале до минимальных $17,4$ – $17,5\%$ – в июне.

Материалы и методы

Для изучения многолетней изменчивости параметров халинной структуры вод Карадагского взморья были использованы практически все известные на настоящее время данные наблюдений: материалы из банка многолетних данных СОГОИН с 1930 г по 1984 г (от м. Киик-Атлама до м. Меганом) (Субботин, 1989), исследований, проводимых в этом районе на научно-исследовательских судах ИМБИОМ НАНУ с 1987 г по 1992 г (всего 16 съёмов, общее количество станций 284 (Трощенко, Субботин, 2018), а также результаты съёмов, выполненных авторами с 2004 г по 2018 г в прибрежной зоне Карадагского заповедника и на прилегающих акваториях. Станции прибрежных наблюдений располагались на изобатах 10, 20 и 30 м (мористая граница заповедника) (рис. 1). Всего была выполнена 31 съёмка: одна съёмка в апреле (2005 г.), 10 – в мае (2006–2009 гг., 2011–2013 гг. и 2016–2018 гг.), одна – в июне (2010 г.), 5 съёмов – в июле (2005–2007 гг., 2009 г., 2014 г.), 11 – в сентябре (2008–2018 гг.), по одной в октябре (2008 г.) и в ноябре (2004 г.).



Рис. 1. Схема гидрологических станций

Наибольшее количество съёмов в мае и сентябре связано с решением конкретной задачи – изучении степени антропогенного воздействия на прибрежную зону заповедника в период, предшествующий максимальной рекреационной активности и на ее заключительном этапе.

Изучение термохалинной структуры осуществлялось с помощью STD-зондов («КАТРАН-04» и MINI STD/CTD model SD204), имеющих сертификат поверки на момент проведения гидрологических работ. Все измерения проводились в рамках непрерывного зондирования от поверхности до дна. Обработка и анализ данных выполнялись согласно общепринятым методикам (Руководство по гидрологическим..., 1977).

Для уточнения режима поступления азовоморских вод через Керченский пролив и процесса их распространения в шельфовой зоне ЮВК использовались данные спутниковых наблюдений за температурой поверхности моря (ТПМ) в инфракрасном диапазоне спектра и за оптическими свойствами морской воды (концентрацией хлорофилла и взвеси) – в видимом диапазоне, взятые с официального сайта МГИ РАН.

Результаты и обсуждение

Анализ среднемноголетних данных за период наблюдений с 1930 по 1984 гг позволил получить общее представление о характере внутригодовой изменчивости халинной структуры прибрежных вод Карадага (Чекменева, Субботин, 2009).

Внутригодовой ход среднеголетних величин S_0 показал, что максимальные значения $S_0 > 18,0\%$ отмечаются в осенне-зимний период с ноября по апрель. Максимум S_0 в зимний период связан с интенсификацией вертикального конвективного перемешивания при выхолаживании шельфовых вод, деформацией холодного промежуточного слоя (ХПС) и подъёмом солёных промежуточных вод в верхние слои моря. Другой причиной осолонения поверхностных вод Карадагского взморья может являться вторжение вод открытого моря с солёностью более 18,0‰ на шельф вследствие активизации ОЧТ (табл. 1).

Таблица 1.

Изменчивость солёности поверхностного слоя воды в районе Карадага

Месяц	Солёность, ‰				
	Сред.*	Max*	Min*	Max**	Min**
Январь	18,14	18,44	17,63		
Февраль	18,13	18,71	17,79		
Март	18,14	18,22	17,98		
Апрель	18,00	18,19	16,62	16,98	16,71
Май	17,76	18,29	17,22	17,83	16,02
Июнь	17,47	17,98	16,44	17,19	17,05
Июль	17,92	18,19	17,66	17,58	16,58
Август	17,71	18,17	17,03		
Сентябрь	17,95	18,22	17,32	18,12	17,38
Октябрь	17,97	18,40	17,86	17,98	17,88
Ноябрь	18,02	18,19	17,68	17,65	17,47
Декабрь	17,92	17,97	17,90		

Примечание: *Среднеголетние и экстремальные значения солёности для каждого месяца взяты из (Субботин, 1989); ** экстремальные значения солёности взяты по результатам прибрежных съёмов 2004–2018 гг.

Минимальные значения S_0 наблюдаются с мая по август. Абсолютный минимум как среднемесячных, так и экстремальных значений S_0 приходится на июнь и составляет, соответственно, 17,47‰ и 16,44‰.

Минимальные значения S_0 (17,47‰) на Карадагском взморье в июне соответствуют периоду наиболее активного поступления азовоморских вод в прибрежную зону ЮВК. Именно в июне на фоне активного прогрева поверхностных вод, формирования сезонного термоклина (СТ) и ослабления вертикального перемешивания интенсифицируются процессы горизонтальной турбулентной диффузии. Как следствие, наблюдается расширение зоны распространения азовоморских вод от узкой прибрежной акватории до границ шельфа.

Второй минимум среднеголетних значений S_0 в районе Карадага наблюдается в августе и составляет 17,71‰. Экстремальные значения понижаются до 17,03‰. Причиной его, по-видимому, является совместное влияние второго максимума притока азовоморских вод через Керченский пролив и увеличение поступления на шельф Крыма распреснённых поверхностных вод от Кавказского побережья по северо-восточной периферии восточного циклонического круговорота. Считается (Ильин и др., 2012), что в летний период этот процесс поддерживается распреснением прибрежных вод в данном районе за счёт активного таяния ледников в горах Кавказа.

В тёплый период года классический внутригодовой ход S_0 нарушается прибрежными апвеллингами, сопровождающимися подъёмом в верхние слои моря более солёных вод из СТ или из ХПС.

С сентября начинается обратный процесс увеличения солёности поверхностных вод на Карадагском шельфе. Он связан как с началом активного охлаждения поверхностных вод, заглублиением СТ и интенсификацией вертикального перемешивания, так и с уменьшением объемов, поступающих в Чёрное море

азовоморских вод. Так, по данным (Ильин и др., 2009) среднемноголетние расходы азовоморских вод с июня по ноябрь уменьшаются с 10514 до 7015 м³/с. В результате, в ноябре на Карадагском взморье S_0 увеличивается до 18,02‰.

Диапазоны изменчивости среднемноголетних значений поверхностной солености в шельфовой зоне ЮВК по классификации (Иванов, Белокопытов, 2011) показывают, что в формировании халинной структуры прибрежных вод участвуют три водные массы: Верхняя черноморская водная масса (ВЧВМ) с соленостью от 18,0‰ до 18,4‰, Прибрежная черноморская водная масса (ПрЧВМ) с соленостью менее 17,8‰ и воды ХПС с соответствующими термохалинными индексами в холодный и теплый периоды года (температурой от 6,2–7,8°C и соленостью от 18,2‰–18,6‰ – в феврале до 7,3–7,7°C и 18,4–19,0‰ – в августе, соответственно).

В восточной части моря ПрЧВМ трактуется как восточная модификация в соответствие с местоположением очага формирования, а в ее пределах выделяется Керченская поверхностная модификация (Ошеверов, 1986), связанная с притоком азовоморских вод через Керченский пролив. При этом отмечается, что их влияние прослеживается только в поверхностном слое прибрежных вод.

По аналогии с характеристиками ПрЧВМ в северо-западной части Черного моря непосредственное присутствие азовоморских вод на шельфе ЮВК идентифицируется по изохалине 17,0‰. В диапазоне от 17,0‰ до 17,5‰ происходит полная трансформация азовоморских вод в ПрЧВМ, а воды с соленостью от 17,8‰ до 18,0‰ характеризуют зону смешения ПрЧВМ и ВЧВМ из системы ОЧТ. При этом изохалина 18,0‰ формально считается внешней границей ОЧТ (Иванов, Белокопытов, 2011).

Материалы отдельных разномасштабных съемок в пределах шельфовой зоны ЮВК, выполненных в период с 1987 по 1992 гг., позволил изучить роль основных факторов, влияющих на формирование гидрологического режима прибрежных вод района, оценить характер и диапазоны пространственной и временной изменчивости термохалинных характеристик на различных этапах проявления определенных синоптических и гидрологических процессов, оценить роль каждого из основных процессов формирующих поле солености на исследуемой акватории, проследить «историю» процесса и дать прогноз его возможного развития (Трощенко, Субботин, 2018).

Азовоморские воды на Карадагском шельфе отмечаются в течение всего весенне-летнего периода с различной степенью их трансформации, однако наиболее распреснённые азовоморские воды с солёностью менее 17,0‰ внедряются на Карадагский шельф в конце марта – начале апреля. Распространение области вод с пониженной солёностью до западной границы района происходит при благоприятных условиях в течение 3–5 суток.

Активный летний прогрев поверхностных вод и формирование СТ способствуют расширению ареала азовоморских вод на Карадагском шельфе за счет ослабления вертикального перемешивания и усиления горизонтальной турбулентной диффузии. В начальный период поступления азовоморских вод в прибрежную зону Карадага их толщина составляет несколько метров. По мере развития процесса на фоне формирования стратификации толщина слоя распресненных вод становится сопоставимой с ВКС.

Процесс распространения азовоморских вод нарушается прибрежными апвеллингами. В результате сгонного процесса распреснённые прибрежные воды оттесняются в сторону открытого моря, а в прибрежной зоне заменяются более холодными и солёными водами. Восстановление первоначальных значений термохалинных характеристик прибрежных вод после действия апвеллинга происходит в течение одних или нескольких суток.

Осенние и зимние исследования халинной структуры вод на шельфе ЮВК ограничены съемками Карадагского взморья 14–22 ноября 1991 г. и Судакско-Карадагской прибрежной зоны 25 декабря 1987 г. и 18 января 1987 г. В первом случае трансформированные азовоморские воды с соленостью 17,44–17,50‰ прослеживались в виде «языка», ориентированного от м. Киик-Атлама по внешней границе Коктебельской бухты к Карадагу и отличались от окружающих вод пониженными значениями солености (на 0,4–0,7‰) и температуры (на 1,0–1,5°C). Во втором случае присутствие азовоморских вод на Карадагском взморье не прослеживалось, а вся акватория была занята водами ВЧВМ с соленостью 18,03–18,33‰ – в декабре и 18,11–18,17‰ – в январе. Таким образом, снижение объемов поступления азовоморских вод в осенне-зимний период, разрушение СТ и осенне-зимнее конвективное перемешивание на фоне усиления ОЧТ приводит к формированию на Карадагском взморье халинной структуры, обусловленной водами ВЧВМ.

Ряды наблюдений, используемые для изучения режимных характеристик термохалинной структуры прибрежных вод Черного моря, заканчиваются как правило концом 1980-х – началом 2000-х гг. Вместе с тем, начиная с конца 1990-х начала 2000-х гг. для всех прибрежных районов Крыма обнаруживается тенденция общего изменения термохалинных характеристик вод, связанного с климатическим «глобальным потеплением» (Белокопытов, 2017). На фоне устойчивой тенденции повышения поверхностной температуры прибрежных вод, наблюдаемое в связи с «глобальным потеплением», амплитудно-фазовые колебания солености поверхностных вод имеют свои отличия. По данным наблюдений за последние пятьдесят лет отрицательный линейный тренд изменения солености поверхностных вод, отмеченный с начала 1980-х гг., начиная с 2010–2011 гг. меняется на положительный. При этом максимальная межгодовая и среднемноголетняя (за определенные периоды) изменчивость колебаний солености отмечена в районах прямого воздействия основных источников распреснения, в частности, вблизи Керченского пролива.

По материалам экспедиционных исследований в прибрежной зоне Карадагского заповедника, начиная с 2004 г. присутствие азовоморских вод с различной степенью трансформации зафиксированы здесь по 2012 г. Наиболее раннее внедрение распресненных вод с поверхностной соленостью от 16,71 до 16,98‰ отмечено 6 апреля 2005 г. (рис. 2а)

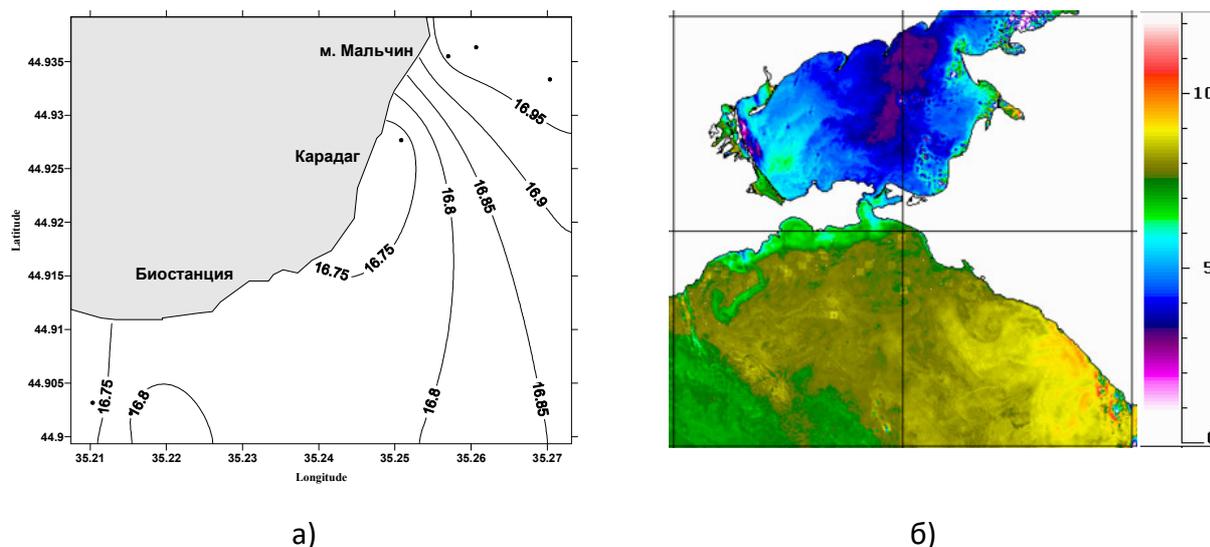


Рис. 2. Распределение поверхностной солености (а) и ИК-изображение (б) 6.04.2005 г. (ИК-изображение взято с официального сайта МГИ РАН).

Следует отметить, что в апреле – первой половине мая азовоморские воды, как правило, отличаются пониженными значениями температуры (на 2–3°C) от вод ВЧВМ, что наглядно проявляется на космических снимках в ИК-диапазоне (рис. 2б)). Азовоморские воды, как более холодные (4–5°C), чем воды ВЧВМ (7–8°C), распространяются в виде «языка» вдоль берега от Керченского пролива до района Алушты, прогреваясь до 6–7°C.

Во время майских съемок 2006–2012 гг. воды с соленостью менее 17‰ наблюдались в прибрежной зоне Карадага 22–23 мая 2007 г. ($S=16,28–16,75‰$, рис. 3а), 20 мая 2009 г. ($S=16,55–16,98‰$) и 18 мая 2011 г. ($S=16,02–16,52‰$).

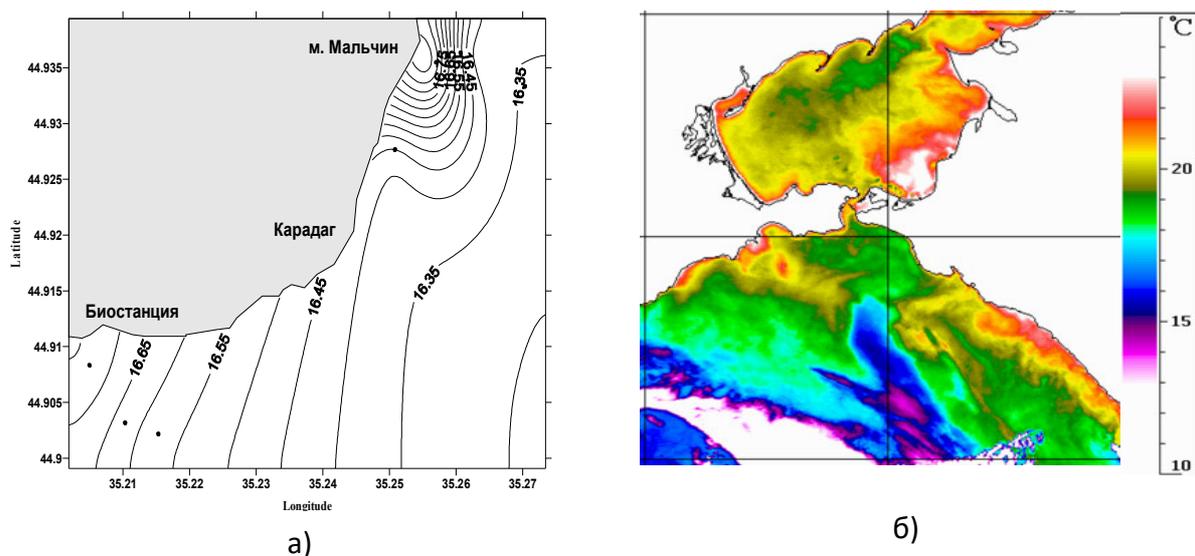


Рис. 3. Распределение поверхностной солености (а) и ИК-изображение (б) 23.05.2007 г. (ИК-изображение взято с официального сайта МГИ РАН).

Во второй половине мая азовоморские воды уже более прогреты (20–21°C), чем воды ВЧВМ (18–19°C) и прослеживаются в прибрежной зоне ЮВК в виде узкого «языка» почти до района Ялтинского залива (рис. 3б).

Трансформированные азовоморские воды с соленостью от 17,0‰ до 17,5‰ отмечены в прибрежной зоне Карадага 17 мая 2006 г. ($S=17,18–17,47‰$), 14 мая 2008 г. ($S=17,05–17,25‰$) и 15 мая 2012 г. ($S=17,45–17,50‰$).

Июльские наблюдения (месяц второго минимума солености поверхностных вод в районе ЮВК) также показали присутствие распресненных азовоморских вод с различной степенью трансформации в прибрежной зоне Карадага: 14 июля 2005 г. ($S=16,64–16,84‰$ рис. 4а, б), 6 июля 2007 г. ($S=16,58–16,84‰$) и 22 июля 2009 г. ($S=17,11–17,36‰$).

Наиболее вероятной причиной осолонения прибрежных вод ЮВК, соответствующей тенденции «соленой» фазы, следует считать изменение направления определяющих ветров в районе Керченского пролива в период максимального поступления азовоморских вод. Преобладание меридианальной составляющей ветровых потоков способствует трансформации азовоморских вод непосредственно на шельфе в предпроливной зоне. Азовоморские воды, поступая в предпроливную зону, активно трансформируются по всему шельфу от Анапы до м. Меганом (рис. 5б).

Сентябрьские наблюдения в прибрежной зоне Карадага в течение всего периода исследований обнаружили присутствие трансформированных азовоморских вод с соленостью, близкой к 17,5‰ лишь в двух случаях: в сентябре 2004 г. ($S=17,38–17,58‰$) и 2009 г. ($S=17,47–17,58‰$).

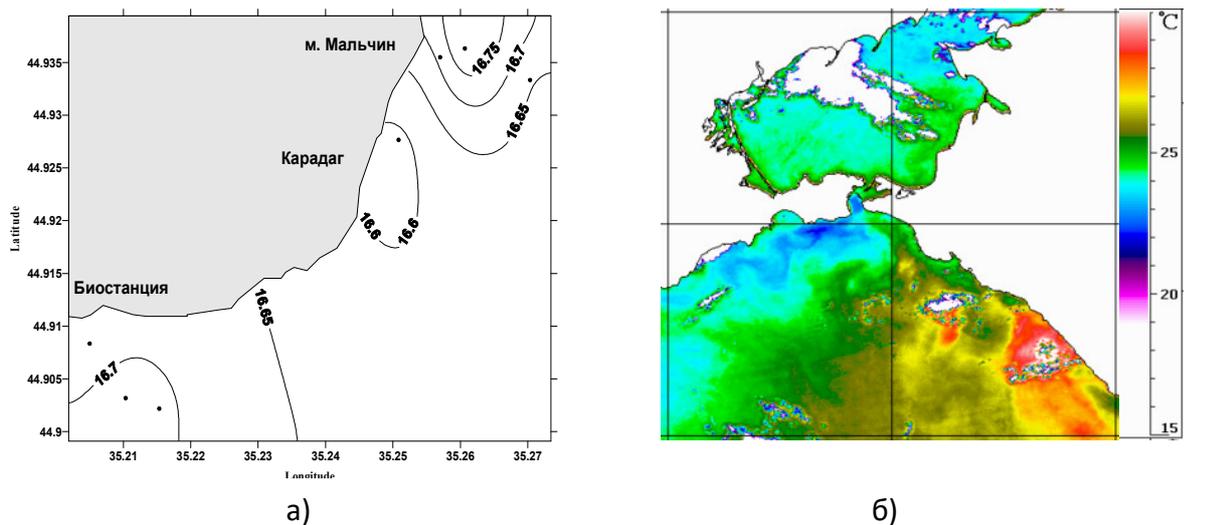


Рис. 4. Распределение поверхностной солености (а) и ИК-изображение (б) 14.07.2005 г. (ИК-изображение взято с официального сайта МГИ РАН).

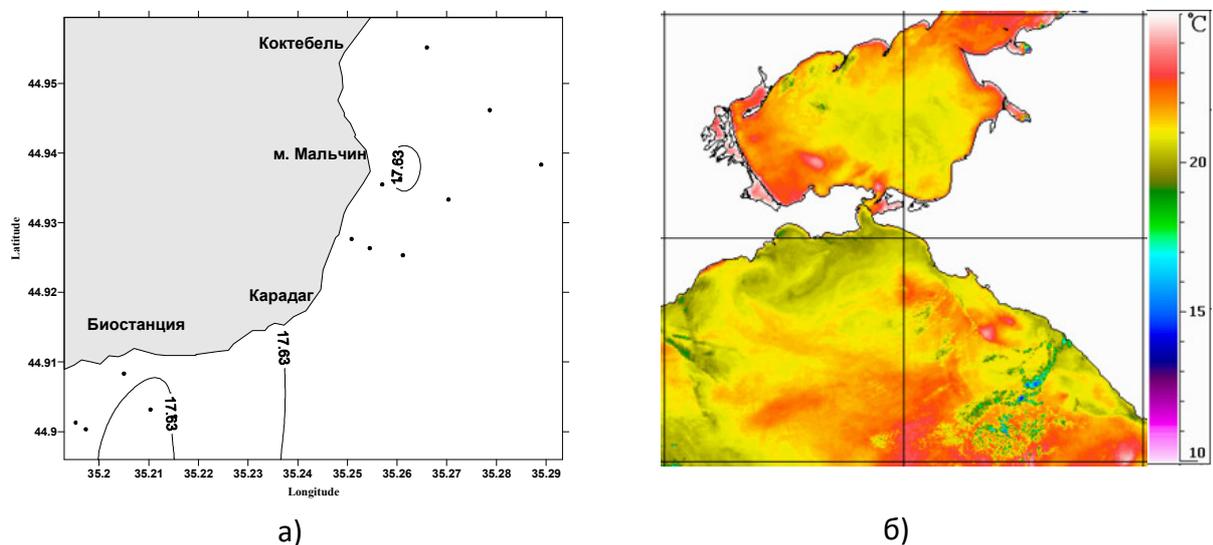


Рис. 5. Распределение поверхностной солености (а) и ИК-изображение (б) 22.05.2013 г. (ИК-изображение взято с официального сайта МГИ РАН).

Начиная с 2013 г., майские значения солености поверхностных вод в прибрежной зоне Карадага увеличились до 17,6–17,8‰ (рис. 5а). В остальных случаях соленость прибрежных вод соответствовала зоне смешения вод ПрЧВМ и ВЧВМ. Таким образом, на фоне изменения халинных фаз с «пресной» на «соленую» в прибрежной зоне Карадага, начиная с 2011 г. в сентябре отмечается увеличение солености с усилением влияния вод ВЧВМ.

Выводы

Халинная структура прибрежных вод в районе Карадага в течение всего года определяется взаимодействием двух водных масс: ПрЧВМ и ВЧВМ. Влияние вод ХПС на формирование халинной структуры прибрежных вод в последние 10–15 лет по сравнению с данными 80–90-х гг. прошлого века не выявлено.

Наиболее значительная пространственная изменчивость поля солености наблюдается в весенний гидрологический сезон, что объясняется неравномерностью

прогрева верхних слоев моря, а также колебаниями интенсивности водообмена между Чёрным и Азовским морями.

В исследуемый период произошли существенные изменения в формировании поля солёности по сравнению с состоянием в XX веке. По результатам прибрежных съёмок 2004–2018 гг. в сравнении с многолетними данными отмечается временной сдвиг минимумов солёности: первого – с апреля на май, а второго – с июня на июль.

Преобладающее влияние вод ПрЧВМ в весенне-летний период с 2011–2013 гг. сменилось усилением роли вод ВЧВМ с соответствующим общим осолонением. Уменьшилось количество случаев регистрации солёности менее 17,5‰, а присутствие вод с солёностью менее 17‰ в типичном месяце минимальных значений (мае) не зафиксировано. Произошедшие изменения свидетельствуют об определяющем влиянии климатических факторов на формирование халинной структуры.

Список литературы

1. Блатов А.С., Иванов В.А. Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря. – Киев: Наукова думка, 1992. – 244 с.
2. Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Горячкин Ю.Н. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 2: Чёрное море. – Севастополь: МЧС и НАН Украины, МО УкрНИГМИ, 2012. – 421 с.
3. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 212 с.
4. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1: Азовское море. – Севастополь: МЧС и НАН Украины, МО УкрНИГМИ, 2009. – 400 с.
5. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А., Репетин Л.Н. Гидрометеорологические условия Феодосийского залива. Препринт. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004. – 64 с.
6. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Изменчивость солёности поверхностных вод в прибрежной зоне Южного берега Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. – 2005. – Вып.12. – С. 22–28.
7. Субботин А.А. Экологическая характеристика имеющихся гидрологических и гидрохимических данных, а также оценка влияния сточных вод в прибрежной зоне Южного берега Крыма // Отчёт о НИР ИнБЮМ АН УССР. – Севастополь: ИнБЮМ АН УССР, 1989. – 170с.
8. Трощенко О.А., Субботин А.А. Абиотические факторы и условия обитания гидробионтов прибрежной зоны Юго-Восточного Крыма. Гидрологические особенности // Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 46–59.
9. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1977. – 725 с.
10. Чекменева Н.Ю., Субботин А.А. Гидрофизическая характеристика отдельных районов шельфовой зоны Южного Крыма (Черное море) // Экология моря. – 2009. – Вып. 77. – С. 71–77.
11. Ошеверов М.Г. Классификация поверхностных вод Черного моря на основе временного T,S-анализа // Вест. Моск. Ун-та. Сер.5. География. – 1986. – №1. – С. 56–62.
12. Белокопытов В.Н. Климатические изменения гидрологического режима Черного моря: Дис... докт. геогр. наук. Севастополь, 2017. – 377 с.

HALINE WATER STRUCTURE IN THE COASTAL ZONE OF KARADAG

O.A. Troshchenko, A.A. Subbotin, I.Y. Eremin

*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: oleg_tr59@mail.ru*

The formation of the haline water structure in the coastal zone of southeast Crimea is studied based on the analysis of long-term data: field monitoring data from 1987-1992, and hydrological surveys at Karadag coastal zone and adjacent waters during 2004-2018. It is found that spatiotemporal variability of the salinity field is determined by interaction of two water masses: upper Black Sea water mass with the salinity ranging from 18,0‰ to 18,4‰, and coastal Black Sea water mass with the salinity less than 17,8‰. The formation of the haline structure of the coastal waters in the last 10–15 years is not influenced by the cold intermediate water layer, in comparison with the data from 1980-90s. A change in the impact of the Sea of Azov waters on the long-term salinity regime of the Karadag coastal zone observed starting from 2011–2012 is noted, characterised by the transition from "freshwater" to the "saline" phase.

Keywords: Karadag coastal zone, water masses, haline structure, Sea of Azov waters.

Поступила в редакцию 28.05.2019 г.

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

УДК 911.52(477.75)

**ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ ТИПОВ МЕСТООБИТАНИЙ (БАЗОВЫХ
МЕСТОПОЛОЖЕНИЙ) ЛАНДШАФТОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА***

Горбунов Р.В.¹, Смирнов В.О.², Горбунова Т.Ю.¹

¹ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: karadag_station@mail.ru, gorbunovatyu@gmail.com

²Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития
(структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени
В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация,

e-mail: svo.84@mail.ru

На основе разработанной авторской методики представлены результаты оценки разнообразия базовых местоположений ландшафтов Крымского полуострова, как основы оценки биоразнообразия. Построены картографические модели, отражающие пространственную структуру и величину разнообразия базовых местоположений ландшафтов. Проанализированы особенности и выявлены закономерности пространственной дифференциации разнообразия базовых местоположений в ландшафтах Крыма.

Ключевые слова: базовое местоположение; местообитание; ландшафты; разнообразие; Крымский полуостров.

Введение

Базовые местоположения – элементы земной поверхности, в пределах которых значения базовых геотопологических параметров поверхности являются неизменными и однородными. К базовым геотопологическим параметрам относится экспозиция склона, уклон поверхности, вертикальная кривизна рельефа, горизонтальная кривизна рельефа. Данные геотопологические параметры объективно выделяются в пределах любой поверхности земли на любом пространственном уровне дифференциации экосистем при помощи современных общедоступных методов моделирования поверхности и являются основополагающими для формирования местоположений относительно потоков вещества и энергии.

Базовые местоположения выступают своеобразной основой (базой) для дальнейшего выделения местоположений и геотопов различного ранга, позиции и смысловой нагрузки (например, местоположений относительно инсоляционных, ветровых потоков, потоков воды, могут использоваться при построении катен и дифференциации местоположений в пределах частей склонов по высоте).

Особое значение имеет объективность определения геотопологических параметров при выделении данных местоположений, без применения методов экспертной оценки, экспертного мнения при вмешательстве субъектного фактора и мнения какого-либо ученого.

* Работа выполнена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий», регистрационный номер АААА-А19-119061190081-9.

Выделение данных местоположений позволяет рассмотреть разнообразие местообитания в пределах какого-либо участка поверхности и определить разнообразие «основы» для дальнейшего выделения каких-либо единиц дифференциации экосистемной структуры территории. Данные местоположения выступают, в зависимости от применяемого научного подхода, для выделения фаций, ПТК, биогеоценозов, экосистем, геотопов. Кроме того, используя геотопологический анализ территории, возможно определение множества параметров территории, в том числе и её потенциального биологического разнообразия. То есть, можно предположить наличие тесной пространственной взаимосвязи дифференциации типов местообитаний, формируемых на основании типов местоположений и биоразнообразия. Наличие данной взаимосвязи является объективной и достаточно плотно обсуждаемой в научных кругах. Наша задача скорее стоит не в доказательстве наличия данной связи, что является вполне логичным и объективным фактом, а в выявлении степени данной взаимосвязи для территории Крымского полуострова. Подобные исследования для территории всего полуострова ранее не проводились, что формирует новизну данного исследования и необходимость раскрытия количественных и качественных показателей рассматриваемой научной задачи.

В продолжении развития данной гипотезы ставится вопрос о возможности рассмотрения структуры пространственной дифференциации местообитаний, как одного из ведущих показателей формирования величины биологического разнообразия.

С целью объективизации представлений о пространственной дифференциации местообитаний в пределах территории Крыма и получения объективной операционно-территориальной единицы для анализа нами предлагается приравнять понятие местообитания к понятию базового местоположения.

Это вполне справедливо в связи с тем, что базовые местоположения представляются в виде своеобразной геотопологической основы местообитаний и на наш взгляд являются основой для формирования местообитания и его структуры в каждой конкретной экосистеме. Кроме того, эффективность выбора базовых местоположений для анализа обусловлена возможностью их объективного выделения на локальном пространственном уровне с использованием аппаратных средств и минимальным вмешательством субъективного фактора в формирование пространственной структуры местоположения конкретной экосистемы на основании наиболее детальных и доступных на сегодня цифровых моделей поверхности.

Методика исследований

Формализованное понимание данных геотопологических параметров принимается в соответствии с работами А.Н. Ласточкина (Ласточкин, 1995, 2002, 2011). Логическое понимание роли данных местоположений при формировании экосистем или ландшафтов принимается в понимании В.А. Бокова и В.О. Смирнова (Боков, 2014; Боков, Смирнов, 2011; Смирнов, 2009, 2012, 2015).

Существует достаточно много общедоступных на сегодня методов выделения данных местоположений и их картографирования с использованием методического и методологического аппарата, программных средств, моделей и формализованных подходов.

Нами для картографирования и выделения базовых местоположений для территории Крыма в данной работе будет использован набор программных средств специализированной компьютерной программы ArcGIS 10.4.2.

Рассмотрим поэтапно процедуры выделения и картографирования базовых местоположений.

1. Подготовка цифровой модели рельефа.

Для подготовки цифровой модели рельефа использован космический снимок территории Крымского полуострова SRTM с разрешением ячейки 30x21 м. Это наиболее качественный и детальный снимок территории полуострова, находящийся в открытом доступе и свободном использовании для научных исследований. SRTM построен таким образом, что в каждой ячейке снимка содержится информация относительно высоты поверхности над уровнем моря. Снимок разработан и построен в соответствии с международным проектом по построению цифровой модели поверхности Земли. Снимок получен с официального ресурса данного проекта (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>).

Данный космический снимок был автоматически перепроецирован в проекцию WGS_1984_UTM_Zone_36N (WKID: 32636 Authority: EPSG Projection: Transverse_Mercator false_easting: 500000,0 false_northing: 0,0 central_meridian: 33,0 scale_factor: 0,9996 latitude_of_origin: 0,0 Linear Unit: Meter (1,0) Geographic Coordinate System: GCS_WGS_1984 Angular Unit: Degree (0,0174532925199433) Prime Meridian: Greenwich (0,0) Datum: D_WGS_1984 Spheroid: WGS_1984 Semimajor Axis: 6378137,0 Semiminor Axis: 6356752,314245179 Inverse Flattening: 298,257223563). Данный тип параметрической системы наиболее часто используется при ландшафтном картографировании и изучении экосистем в научных аспектах.

Снимок SRTM в данном виде представляет собой готовую цифровую модель поверхности для территории Крыма.

2. Моделирование геотопологических параметров.

На основе подготовленного снимка SRTM в модуле пространственного анализа (ArcGIS Spatial Analyst) ArcGIS было произведено автоматическое построение экспозиции склонов (функция aspect), уклона поверхности (функция slope), вертикальной кривизны поверхности (функция curvature), горизонтальной кривизны поверхности (функция curvature). Таким образом для каждого из геотопологических параметров была построена растровая модель поверхности (далее растр). Далее в модуле классификации растров (функция стандарт) была произведена переклассификация растров и получение дискретных растров для каждого из параметров.

При этом экспозиция классифицировалась по 8 румбам и была разделена на 10 классов, включая плоские поверхности и 8 румбов (северная экспозиция была разделена на 2 класса (0–22,5°. 337,5–360°). Это обусловлено автоматическими настройками модуля расчета экспозиции в ArcGIS. С целью сохранения «чистоты» процесса моделирования переклассификация непосредственного по 8 румбам без ровных поверхностей «вручную» не проводилась.

Уклон поверхности был переклассифицирован по 6 классам в соответствии с наиболее часто применяемой и логически обоснованной схемой дифференциации склонов при выделении местоположения (Смирнов, 2012). Выбраны следующие интервалы дифференциации величины уклона склонов: 0–3°, 3–8°, 8–15°, 15–30°, 30–45°, более 45°. Данные интервалы получили следующие наименования соответственно: пологие склоны, слабокрутые склоны, среднекрутые склоны, крутые склоны, сильнокрутые склоны, крайне крутые склоны.

Вертикальная кривизна рельефа и горизонтальная кривизна рельефа делилась на 2 класса – выпуклые склоны (с положительными значениями кривизны рельефа) и вогнутые склоны (с отрицательными значениями кривизны рельефа). Прямолинейные склоны нами не выделялись в связи с субъективностью выделения интервала прямолинейного склона и отсутствием абсолютно прямолинейных поверхностей в естественном рельефе территории.

3. Построение модели базовых местоположений.

Задача построение модели базовых местоположений состоит в получении растровой модели поверхности с ячейкой, в которой одновременно будет содержаться информация о каждом из выбранных геотопологических параметров. Размер ячейки был нами сохранен на уровне 30x30 м. Это достаточно детальный формат и наиболее детальный из существующих в открытом доступе. Кроме того, величина 30x30 м в среднем соответствует размерам и площади наиболее мелких местоположений локального уровня (Смирнов, 2015). Близлежащие ячейки с одинаковым сочетанием значений геотопологических параметров образуют базовые местоположения.

Автоматических модулей в ArcGIS для решения данной задачи нет. Для получения данной растровой модели поверхности были использованы следующие последовательные процедуры:

- построение векторного точечного слоя значений ячеек через модуль конвертации. Каждая построенная точка является центром ячейки размером 30x30 м. Построение данного точечного слоя осуществляется по первой растровой модели экспозиции поверхности и в таблице атрибутов содержит значение классов экспозиции, выделенных выше;

- использование процедуры извлечения значений ячеек раstra в значения атрибутов точечного векторного слоя для каждого из последующих растров в последовательности уклон поверхности – вертикальная кривизна – горизонтальная кривизна. В результате построения образуется база данных значений классов растровых слоев, состоящая из четырех столбцов – атрибутов с необходимыми значениями классов экспозиции, уклона поверхности, вертикальной и горизонтальной кривизны рельефа. Учитывая, что обработка растровых слоев и извлечение данных в векторные точки занимает достаточно много времени при размере ячейки 30x30 м и требует высокой производительности процессора, исходные растры были разделены на четыре части;

- использование калькулятора полей в инструменте работы с базами данных позволяют далее создать атрибутивное поле текстового разряда в которое путем соединения присваиваются последовательные значения каждого столбца базы данных в виде текста. В итоге нами получен для каждой ячейки набор чисел ранга в текстовом виде. Например, 2311. Используя кодировку, возможно расшифровать данное значение. В данном случае мы говорим о склоне северной экспозиции слабой крутизны вогнуто-вогнутом;

- при помощи калькулятора полей создается следующий атрибутивный столбец числового разряда, в который дублируются текстовые значения из предыдущего столбца. В данном случае они приобретают числовое значение и могут быть конвертированы в растровую поверхность;

- при помощи модуля конвертации точечных данных в растровые производится восстановление значения ячеек раstra из точек с размером 30x30 м, что соответствует выбранному размеру всех растровых данных. В данном случае используется именно процедура восстановления ячеек, а не интерполяции.

В результате проведенных процедур нами получен растровый слой, в котором в каждой ячейке содержится информация о базовых геотопологических параметрах территории в виде кодировки. Слой может быть далее переклассифицирован в дискретные значения или представлен континуально.

Далее из данного слоя при помощи различных модулей ArcGIS возможно извлечение статистических данных о существующих местоположениях в пределах той или иной операционно-территориальной единицы.

Отметим что далее близлежащие ячейки объединятся в местоположения в большинстве случаев, хотя и могут быть в виде отдельной ячейки – местоположения с соседними ячейками, отличными от нее хотя бы по одному значению из выбранных геотопологических параметров.

Далее возможна конвертация полученного растра в векторные слои и работа с векторными слоями при пространственном анализе, возможен анализ и самого растра. Здесь выбор зависит от особенностей используемых модулей, их технологических ограничений программного кода, а, так же, предпочтения исследователя.

Методология определения уровня разнообразия основывается на современных подходах к определению уровня разнообразия при исследовании экосистем, которые являются так или иначе производными от индексов пространственного разнообразия.

С методологической точки зрения для описания разнообразия местоположений в пределах какого-либо контура (операционно-территориальной единицы) является необходимым расчет следующих показателей:

1. Общая площадь операционно-территориальной единицы;
2. Число элементарных местоположений (ячеек);
3. Число базовых местоположений в пределах операционно-территориальных единиц;
4. Площадь каждого контура базовых местоположений;
5. Число типов уникальных местоположений по сочетанию геотопологических параметров;
6. Площадь типов уникальных местоположений по сочетанию геотопологических параметров.

Расчет данных параметров производится программными средствами различных модулей ArcGIS.

В качестве используемых операционно-территориальных единиц могут выступать для анализа различные структуры (ландшафтные контура, система экологической сети, система особо охраняемых природных территорий, система современного природопользования и т.д.). Выбранная структура оцифровывается в векторный слой на основании существующих картографических материалов, данных о координатах объектов, их границ, координат поворотных точек.

Далее векторный слой комбинируется совместно с растровым слоем базовых местоположений. При помощи модуля пространственной статистики для каждого контура определяется разнообразие базовых местоположений, их площадь, площадь контура, число элементарных ячеек. Далее растровый слой базовых местоположений переклассифицируется на уникальные классы сочетаний геотопологических параметров и векторизуется в автоматическом режиме в модуле конвертации ArcGIS. Затем производится объединение векторных слоев базовых местоположений и рассматриваемых контуров операционно-территориальных единиц. В результате в составе выходного векторного файла входит база данных числа базовых местоположений, площадь и геометрические параметры базовых местоположений для каждого контура составляющих операционно-территориальных единиц. Далее производится обработка базы данных в MS Excel, определяется площадь контуров каждого базового местоположения, число контуров каждого базового местоположения.

На основе представленных параметров возможен расчет различных индексов, характеризующих разнообразие базовых местоположений в пределах контуров операционно-территориальных единиц.

Результаты исследований

Картографическая модель базовых местоположений и база данных приведена на рисунке 1. В легенде к карте представлен порядковый индекс местоположения, формируемый из сочетания индексов каждого геотопологического параметра, формируемых базовых местоположений.

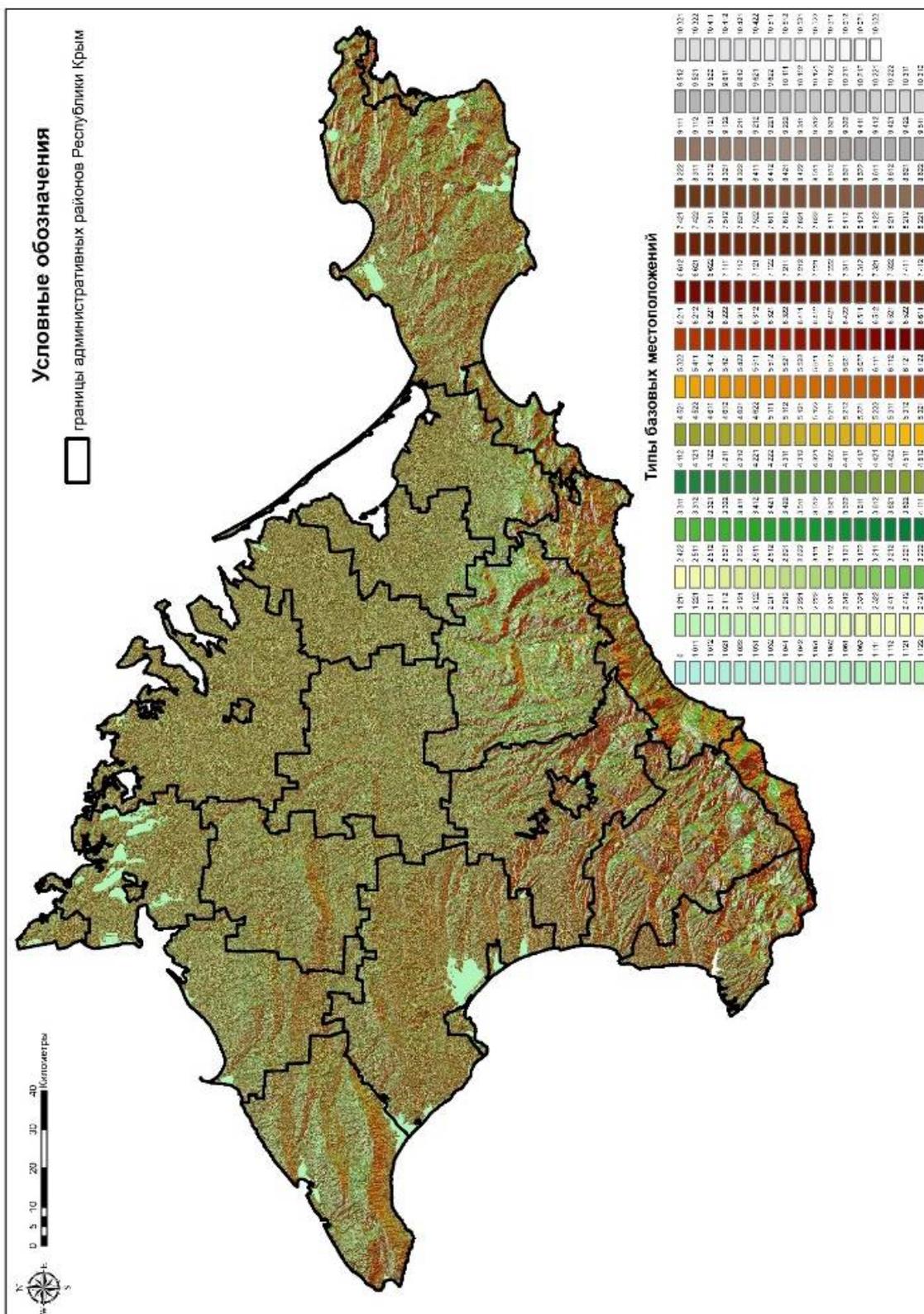


Рис. 1. Типы базовых местоположений (местообитаний) территории Крымского полуострова

Приведем некоторые количественные показатели относительно структуры базовых местоположений в соответствии с полученной моделью. Общее число уникальных типов базовых местоположений (по сути местообитаний) составляет 235 единиц уникальных сочетаний параметров.

Базовые местоположения удобно использовать для раскрытия величины разнообразия местообитания практически для любой операционно-территориальной единицы. Представленный алгоритм расчетов и модель позволяют определять различные индексы разнообразия пространственных структур, например, индекс Шеннона, который используется часто для оценки ландшафтного разнообразия.

В качестве примера приведем оценку величин разнообразия местообитаний, выделенных на основе базовых местоположений для пространственных структур дифференциации ландшафтов Крыма в соответствии с картой Г.Е. Гришанкова, доработанной Е.А. Позаченюк (Современные ландшафты..., 2009). Результаты картографирования данных показателей представлены на рисунках 2, 3.

Диапазон колебания числа уникальных местоположений составляет от 18 до 220 в пределах ландшафтных контуров. Максимальное значение данной величины свойственно для ландшафтных контуров в пределах Горного Крыма, что вполне логично. Так в диапазоне от 150 до 220 уникальных типов базовых местоположений лежат ландшафтные контуры низкогорного ландшафтного уровня, зоны южного макросклона гор, полусубтропических дубовых, фисташково-дубовых, можжевельново-сосновых лесов и шибляковых зарослей, среднегорного ландшафтного уровня зоны буковых и смешанных широколиственных лесов. Близкие значения имеет и пояс среднегорно-склоновый, дубовых, можжевельново-дубовых и смешанных широколиственных лесов.

В качестве примера контуров ландшафтов с высокими значениями рассматриваемого показателя приведем территорию Карадага со значениями 220 уникальных типов базовых местоположений в пределах контура № 104 в соответствии с легендой рассматриваемой карты (ступенчато-склоновое эрозионное низкогорье с широким развитием оползней, с фисташково-дубовыми и дубовыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами).

Средние значения показателя в диапазоне 70–150 уникальных типов базовых местоположений присущи для преимущественной части ландшафтов Предгорного Крыма, побережья Тарханкутского полуострова, Центрального Присивашья, Керченского полуострова. В качестве примеров приведем контура 49 (низкогорно-куэстовые возвышенности с дубовыми лесами, зарослями типа «дубки» и разнотравными степями), 50 (денудационно-останцовые овражно-балочные равнины с дубовыми лесами, кустарниковыми зарослями типа «дубки» и участками фриганоидных и разнотравно-луговых степей с колючекустарниковыми зарослями типа «шибляк») с соответствующими значениями в 110 и 112 типов базовых местоположений. Похожие значения присущи для контуров 27 (овражно-балочный оползневой ковыльно-типчаковых и кустарниково-разнотравных степей) и 29 (наклонные овражно-балочные равнины с ковыльно-типчаковыми, петрофитными и кустарниковыми степями) на Тарханкутском полуострове. Значения рассматриваемой величины составляют 108 и 100 соответственно. В Присивашье отметим контура 1 (аккумулятивные недренированные низменности с солончаками и галофитными лугами) и 14 (аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с бедноразнотравными ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями) со значениями 97 и 98 типов базовых местоположений соответственно.

Минимальный диапазон значений числа уникальных местоположений в пределах контуров ландшафтов присуще для Центральной части Равнинного Крыма.

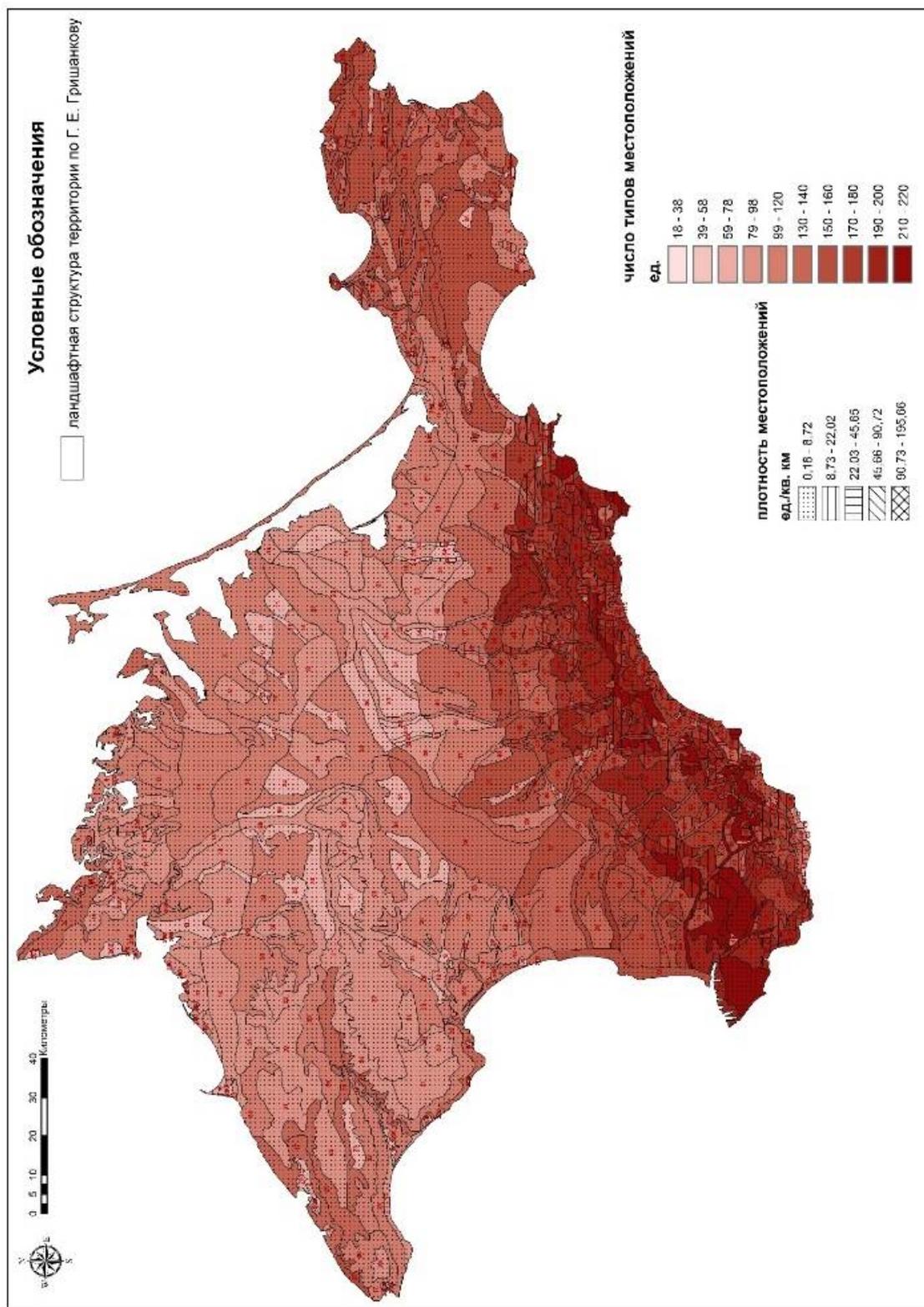


Рис. 2. Плотность и число уникальных типов базовых местоположений в пределах ландшафтной структуры территории Крымского полуострова

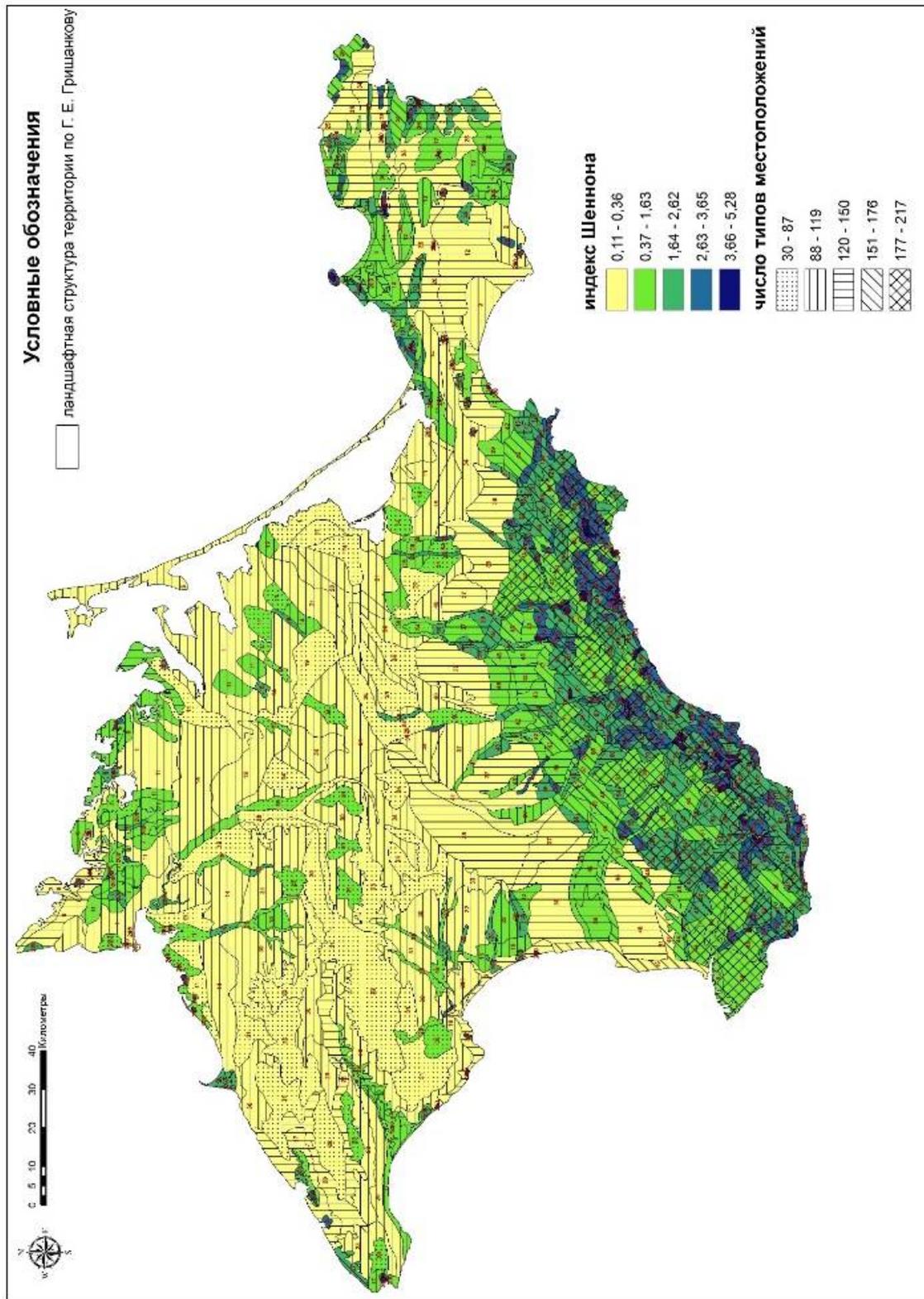


Рис. 3. Разнообразие базовых местоположений в пределах ландшафтной структуры территории Крымского полуострова (Индекс Шеннона)

Здесь величина колеблется в пределах 18–70 единиц уникальных базовых местоположений на контур ландшафта. Так, например, минимальные значения рассматриваемого показателя присущи контурам 30 (структурные пологонаклонные лощинно-балочные равнины с ковыльно-типчаковыми и разнотравно-ковыльно-типчаковыми степями) и 34 (пологонаклонные аккумулятивно-денудационные лессовидные равнины с ковыльно-типчаковыми и ковыльно-разнотравными степями) – значения 18 и 22 уникальных типа базовых местоположений. Несколько большие значения в пределах 35–40 единиц присущи, например, контурам 30 (структурные пологонаклонные лощинно-балочные равнины с ковыльно-типчаковыми и разнотравно-ковыльно-типчаковыми степями) и 24 (аккумулятивные лессовые равнины с ковыльно-типчаковыми степями).

Большой интерес представляют такие параметры, как плотность уникальных типов местоположений и индекс Шеннона, эффективность применения которого, кстати, подчеркивается и Е.А. Позаченюк (один из авторов, рассматриваемой карты) для характеристики разнообразия ландшафтов (Позаченюк, Агиенко, 2017).

Плотность уникальных местоположений позволяет привести число уникальных базовых местоположений к площади контуров, однако учитывая, что часто площадь данных контуров существенно отличается, то разброс величины плотности выходит крайне большой. Приведем примеры.

Диапазон колебания величины в целом составляет 0,18–195,6 единиц уникальных базовых местоположений на 1 км². В пределах конкретных ландшафтных уровней он ниже. Например, для низкогорного ландшафтного уровня величина составляет 8–22 единицы уникальных базовых местоположений на 1 км², все ландшафты гидроморфного ландшафтного уровня имеют диапазон 1–8 единиц.

Далее дифференциация показателя начинается уже в пределах конкретных ландшафтных контуров. Например, диапазон 22–45 единиц на 1 км² имеют отдельные контура в пределах пояса низкогорно-склонового дубовых и смешанных широколиственных лесов на Южном берегу Крыма (контура 104, 91, 115, 106 и так далее).

Число ландшафтных контуров с высокими значениями плотности местоположений невелико, исчезает их четкая привязка к конкретному ландшафтному поясу. Данные ландшафтные контура, скорее становятся уникальными для конкретного ландшафтного пояса. Так величина 45–90 единиц на 1 км² присуща не более чем для 20 контуров ландшафта. Это, например, контур 88 (низкогорный ступенчато-склоновый с выходами коренных пород в виде скал, с дубовыми лесами, лесокустарниковыми зарослями, горнолуговыми и петрофитными степями), контур 64 (эрозионное овражно-балочное низкогорье с лесокустарниковыми зарослями в комплексе с кустарниковыми разнотравно-луговыми и петрофитными степями).

Величины в диапазоне 95–195 уникальны. Их общее число составляет 8 ландшафтных контуров. Все они имеют достаточно небольшую площадь. Например, контур 121 (останцово-денудационные и аккумулятивные равнины межгорных котловин с дубовыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами), 84 (пологие седловины с горными лугами и участками грабовобуковых лесов). Это в большинстве своем ландшафты, приуроченные к уникальным формам рельефа, не в полной мере отражающие региональное разнообразие ландшафтов и экосистем.

Таким образом, преимущественная часть ландшафтов имеет диапазон колебания плотности базовых местоположений не более 22 единиц на 1 км².

Более информативными и удобным для сравнения является индекс Шеннона, он позволяет нормализовать величины относительно не просто площади контуров, но и относительно числа и площади контуров самих уникальных типов базовых местоположений.

Общее колебание величины индекса Шеннона составляет 0,11–5,28, что в целом крайне много. Данный диапазон говорит о наличии существенных пространственных различий в дифференциации разнообразий местоположений. При визуализации индекса применена шкала с естественными интервалами, что позволяет более ярко подчеркнуть различия в пространственном распределении диапазона.

Так в классическом варианте индекс Шеннона обычно находится в пределах 1,5–3,5 при оценке биологического разнообразия экосистем. При оценке разнообразия ландшафтов индекс и его диапазон может расширяться до 1–4,5. Значения, полученные нами более широкие. Это может говорить о наличии экстремальных скачков изменения разнообразия базовых местоположений при переходе от одного типа ландшафтов к другому. В общем, это поддается логике и практике изучения ландшафтов Крымского полуострова, так как ландшафтные условия, например, Горного, Предгорного и Равнинного Крыма существенно отличны и часто принципиально противоположны. Приведем некоторые примеры.

Преимущественная часть ландшафтов Равнинного Крыма имеет величину индекса в пределах 0,11–0,36. Это все ландшафты гидроморфного ландшафтного уровня. В пределах Равнинного Крыма наблюдаются и отклонения в сторону увеличения индекса в пределах уникальных природных объектов и зон, например, на побережье Тарханкутского полуострова, в Присивашье, Донузлаве, в пределах русел рек и сухоречий Равнинного Крыма, на отдельных полого-возвышенных ландшафтах. Наглядно иллюстрируют данную картину контура 23 (структурные денудационно-аккумулятивные пологосклоновые плато с ковыльно-типчачковыми степями), 29 (наклонные овражно-балочные равнины с ковыльно-типчачковыми, петрофитными и кустарниковыми степями). Однако это единичные участки не свидетельствующие о повышении величины индекса в пределах всего типа контура. На Тарханкутском полуострове в пределах Джангульского оползневого побережья, происходит увеличение индекса Шеннона до 0,48 в пределах контура 27 (овражно-балочный оползневой ковыльно-типчачковых и кустарниково-разнотравных степей). Тоже характерно и для ландшафтов Бакальской косы, где индекс достигает 0,52 в пределах контура 11 (аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с полынно-житняковыми и ковылково-типчачковыми степями). Однако это явно единичные примеры, связанные с уникальными единичными ландшафтными комплексами.

Для ландшафтов Предгорного Крыма величина индекса Шеннона колеблется в пределах большинства контуров в среднем диапазоне. Показатели индекса имеют значения 0,37–1,63. Типичными примерами данных контуров выступают 49 (низкогорно-куэстовые возвышенности с дубовыми лесами, зарослями типа «дубки» и разнотравными степями) и 42 (денудационные и аккумулятивные равнины с зарослями типа «дубки» в комплексе с кустарниковыми зарослями типа «шибляк» и разнотравными степями). При продвижении в западную часть Предгорного Крыма величина индекса несколько возрастает и в районе Бахчисарая для типичных куэстовых ландшафтов здесь уже присутствует диапазон индекса на уровне 1,64–2,62 при этом это могут быть как типичные для Предгорного Крыма контура 42 и 49, так и свойственные только для данного региона ландшафты, например, контура 52 (низкогорно-куэстовые возвышенности с дубовыми лесами и зарослями типа «дубки») и 54 (низкогорные куэстовые сильно расчлененные возвышенности с дубовыми лесами). В долинах рек в данном регионе так же наблюдается увеличение индекса по сравнению с прилегающими территориями.

Логично, что ландшафты Горного Крыма будут иметь в пространственном распределении рассматриваемого индекса наибольший диапазон значений, как по фактическим количественным показателям, так и по размеру диапазона. Общий диапазон величин находится в пределах 1,64–5,28.

Доминирующая часть диапазона – 1,64–2,62 по количеству и площади контуров. Спектр самих же контуров достаточно разнообразен. Для примера приведем контур 70 (среднегорно-склоновый, расчлененный долинами и балками с буково-грабовыми, дубовыми и смешанными широколиственными лесами) и контур 68 (среднегорно-склоновый, расчлененный балками с дубовыми и смешанными широколиственными лесами). В общем, данная картина вполне типична для северного макросклона Крымских гор, однако имеются и исключения. Так в пределах долины р. Ангара и впоследствии р. Салгир показатели разнообразия ландшафтов выше и находятся в пределах 2,63–3,65. Типичные контура – 75 (структурные наклонные слаборасчлененные равнины с буковыми и смешанными широколиственными лесами), 76 (горно-долинный с буковыми и смешанными широколиственными лесами).

В пределах Южного берега Крыма величины индекса несколько выше и преобладающим здесь выступает диапазон в 2,63–3,65 единиц. Спектр контуров достаточно велик – от 103 до 115. В качестве примеров приведем контур 103 (ступенчато-склоновое эрозионное низкогорье с широким развитием оползней, с фисташково-дубовыми и дубово-можжевеловыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами) и контур 106 (эрозионное овражно-балочное низкогорье, с фисташководубовыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами). Имеются примеры и снижения величины разнообразия базовых местоположений в пределах контуров ландшафтов, например, в пределах Восточной части Ялтинского горного амфитеатра. Так, здесь величина индекса Шеннона равна 2,7 в пределах контура 107 (денудационно-останцовые и аккумулятивные равнины амфитеатров с сосновыми и дубовыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами) и контура 109 (массивное, древнеоползневое низкогорье с фисташководубовыми и сосново-можжевеловыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами).

Максимальные величины индекса Шеннона для разнообразия базовых местоположений на территории ландшафтов Крыма лежат в диапазоне от 3,66 до 5,28. Данные контура в основном характерны для Горного Крыма и встречаются достаточно спонтанно, являясь приуроченными к каким-либо сложным формам рельефа или уникальным природным объектам. Как и с плотностью местоположений, здесь репрезентативным выступает территория Юго-Восточного Крыма, где величина индекса Шеннона для базовых местоположений в ряде объектов составляет 4,99 (Новый Свет) в пределах контура 108 (эрозионное низкогорье амфитеатров с сосново-можжевеловыми и дубовыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами). Присутствуют и исключения, когда высокие показатели разнообразия базовых местоположений ландшафтов присущи и для районов в Равнинном Крыму и на Керченском полуострове, однако, – это уникальные территории. Например, территория Казантипского заповедника в пределах контура 13 (древнедельтовый, разнотравных лугов, луговых степей в комплексе с галофитными лугами) и контура 25 (абразионно-денудационные останцовые равнины с кустарниковыми разнотравными степями). Или, например, ландшафты в пределах Балки Большой Кастель на Тарханкутском полуострове, когда величина индекса в сравнении с прилегающими ландшафтами возрастает в два раза – контур 3 (озерно-лиманный, галофитных лугов в комплексе с полынно-житняковыми степями).

В пределах Керченского полуострова разнообразие базовых местоположений в пределах ландшафтных контуров достаточно велико. Выделяется три анклава повышения величины разнообразия – в пределах Опуцкого заповедника, Оссовинской степи, Караларской степи и мыса Казантип. Здесь величины индекса могут достигать 3–4. Типичные примеры контуров – 12 (абразионно-денудационные славодреннированные равнины с полынно-типчачковыми, гейнальдиево-эгилопсовыми

степями в комплексе с галофитными лугами) и 14 (аккумулятивные плоские слаборенированные равнины с бедноразнотравными ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями). Остальная часть полуострова в пределах его средней и западной части имеет низкие значения. Например – 0,22 для контура 35 (денудационно-останцовые равнины с типчаково-ковыльными степями).

Заключение

Таким образом, возможно заключить, что методология оценки разнообразия базовых местоположений достаточно полно раскрывает степень разнообразия ландшафтных условий, каких-либо операционно-территориальных единиц, в том числе экосистем. Представленный метод и методология впервые реализована для территории Крыма и может быть апробирована и для других регионов и ландшафтов, так как отличается универсальностью, относительной простотой реализации, открытостью алгоритма и минимальным субъективным вмешательством в расчеты модели и сам процесс моделирования и картографирования.

Базовые местоположения представляются в виде своеобразной геотопологической основы местообитаний и на наш взгляд являются основой для формирования местообитания и его структуры в каждой конкретной экосистеме. Кроме того, эффективность выбора базовых местоположений для анализа обусловлена возможностью их объективного выделения на локальном пространственном уровне с использованием аппаратных средств и минимальным вмешательством субъективного фактора в формирования пространственной структуры местоположения конкретной экосистемы на основании наиболее детальных и доступных, на сегодня, цифровых моделей поверхности.

Список литературы

1. *Воронков М.Г., Кузнецов И.Г.* Кремний в живой природе. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 155.
2. *Горбунов Р.В., Кузнецов А.Н., Лебедев Я.О., Горбунова Т.Ю., Котлов И.П., Хой Н.Д.* О некоторых особенностях структуры и функционирования горных тропических лесных ландшафтов центрального Вьетнама и необходимости создания ландшафтно-экологического стационара // Труды Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 3 (7). – С. 43–67.
3. *Киреева Т.А.* Гидрогеохимия. Конспект лекций. Учебно-методическое пособие. – М., 2016. – 197 с.
4. *Котлов И.П., Горбунов Р.В., Фам Маи Фьонг, Дин Ву Ан Ту,* Беспилотная аэрофотосъемка для задач крупномасштабного картографирования горных тропических лесных ландшафтов // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 2 (6). – С. 63–84.
5. *Кузнецов А.Н.* Структура и динамика муссонных тропических лесов Вьетнама, Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – М.: Институт проблем экологии и эволюции животных им. А.Н. Северцова РАН, 2015. – 552 с.
6. *Лопес де Гереню В.О., Курбатова Ю.А., Курганова И.Н., Тиунов А.В., Аничкин А.Е., Мякина Т.Н., Кузнецов А.Н.* Суточная и сезонная динамика потока CO₂ из почв в различных древостоях муссонного тропического леса // Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1074–1082.
7. *Соколов И.А.* Тропическое почвообразование и выветривание (на примере Лаоса). – М.: РАСН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2004. – 376 с.

8. *Структура и функции почвенного населения тропического муссонного леса (национальный парк Кат Тьен, Южный Вьетнам) / Под общей редакцией А.В. Тиунова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 277 с.*
9. *Фридланд В.М. Почвы и коры выветривания влажных тропиков (на примере Северного Вьетнама). – М.: Наука, 1964. – 312 с.*
10. *Чертов О.Г. Экотопы дождевого тропического леса (на прим. Вьетнама). – Ленинград: Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. – 48 с.*
11. *Шишов Л.Л., Андроников С.В., Белобров В.П., Куленкамп А.Ю., Пантелеев Л.С., Соколов И.А., Шевченко Т.Н. Почвы переменного-влажных тропиков Лаоса и их рациональное использование. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, РАСХН, 1996. – 275 с.*

**ASSESSMENT OF THE HABITAT TYPES' DIVERSITY (BASIC LOCATIONS)
LANDSCAPES IN THE CRIMEAN PENINSULA**

Gorbunov R.V.¹, Smirnov V.O.², Gorbunova T.Yu.¹

¹*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russian Federation
e-mail: karadag_station@mail.ru, gorbunovatyu@gmail.com*

²*Scientific and Educational Center of Noospherology and Sustainable Noospheric Development of the
V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
e-mail: svo.84@mail.ru*

Based on the developed author's methodology, the results of assessing of the basic locations' diversity of landscapes in the Crimean Peninsula are presented as the basis for biodiversity assessment. Cartographic models which reflect the spatial structure and the value of diversity of the basic locations in landscapes are constructed. The spatial differentiation's features and patterns of the diversity of basic locations in the landscapes of the Crimea are analyze.

Keywords: base location; habitat; landscapes; diversity; the Crimean Peninsula.

Поступила в редакцию 25.05.2019 г.

UDC 911.52

LANDSCAPE DYNAMICS SPECIFIC FEATURES OF THE RIVER VOLGA ESTUARINE NATURAL SYSTEMS PARTICULAR LONG INUNDABLE TERRITORIES

Valov M.V., Barmin A.N., Probst E.N., Eroshkina O.S., Larin A.V.

Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation,

e-mail: m.v.valov@mail.ru

Multi-method landscape-ecological researches results on stationary parts in the river Volga delta, transformed to rank of natural sanctuary in the period of 1978-2016 are presented in this work. The main landscape dynamics tendencies are discovered, natural and anthropogenous factors of soil and vegetation cover are estimated for peculiar long inundable territories: water-soluble salts cationic-anionic analysis and their migration specific features and accumulation in dependence of the limited natural and anthropogenous factors changes for long inundable soil cover for forty years period; integrated effect of meteorological, hydrological, adaphic and anthropogenous factors cumulative changes on different years fluctuations and seral vegetational change for vegetation was revealed. Multi-year researches results show that the main factors, defining content and highly soluble salts radial migration in soils, also vegetation productivity and its species composition are hydrological regime (most of all – spring-summer floodings character) and territory climatic specific features. However, it is necessary to take into account local secondary effects influence, which can have an effective refracted impact on ambient background signals besides the main primary factors effect.

Keywords: the river Volga delta; landscape structure; inundation; soil geochemistry; vegetation dynamics; deltoid ecosystems.

Introduction

Deltoid plains landscapes are natural dynamic structure and create complicated structure of deltas unique ecological system. The landscape functioning process understanding of this type can be achieved only on the basis of geosystem approach, providing scientific mission solution of the deltoid system structural-dynamic analysis (Zaletayev et al., 2000).

Important landscape component and variation indicator in its structure and functioning is soil and vegetation cover. It is necessary to reveal environment factors, defining landscape links cause-effect specific features to reveal and analyze this component functioning regularities. Some factors can be distinguished such as annual volume runoff and spring-summer floodings volume, spot height at the river normal water level, cattle grazing and mowing, latitudinal position for most estuarine natural systems of subarids and arids territories. These factors according to their influence typically integrated, effecting simultaneously on the soil humidity, its air capacity, temperature and other ecotope properties (Golub and Barmin, 1994; Golub and Barmin, 1995; Valov et al., 2015).

The main factor effecting soil and vegetation cover dynamics of the river Volga estuarine natural system is spring-summer floodings, under which aqueous run-off for the second quarter after coordinated hydroelectrical systems building and hydrological regime control is understood (Mikhailov et al., 2000; Barmin and Valov, 2015). The water factor importance in river landscape functioning due to the fact that river runoff anthropogenous changes, hydrographic environment redevelopment, sea level fluctuations stimulate hydrodynamic process complex development and transformation centers impact of biogeocenotic cover through the sequence ecological lines rows (Salnikov, 2011; Barmin et al., 2016).

Moreover, landscape dynamic specific features in the river Volga delta are defined by the vegetation features, its high transpiration possibilities, small quantity of precipitations, high level of evaporating capacity, small air humidity in summer months, relief pattern, soils texture and their filterability, ancient Caspian deposits salt content etc. (Valov et al., 2017).

Natural processes interference and tendencies on the anthropogenically conditioned changes can either intensify or weaken actions of the latest, therefore dynamics particularities of the river Volga delta soil and vegetation cover research obtain specific significance, as it lets to reveal environment transformation mechanisms, estimate importance and direction of arising changes and presuppose their further development ways.

Investigation materials and methods

Laboratory scientists of grassland ecology which worked in Astrakhan state teachers university (now Astrakhan state university) were placed 9 stationary areas with the purpose of soil and vegetation cover monitoring in 1978. All investigation stationary areas are located in the eastern part of the Volga delta, where anthropogenous changes of hydrological regime and vegetation cover represented in a less degree, than in its western part. Investigation stationary areas are transformed to the rank of natural monument according to the decision of Astrakhan regional council members executive committee № 616 from 04.10.1985 (Golub et al., 2011).

The areas characterize different herb phytocenosis according to the ecology, influenced by artificially regulated spring-summer floodings. They are located in central part of the islands and each of them covers relatively homogeneous floristic composition area no less 300–400 square meters.

The areas topographic elevations were fixed with the help of gradienter to the rods of the nearest water level gauge, that allowed to judge about the flooding schedule each of them. The level in them was accepted for low water stage in stream flows under steady water expenditure in the section line of the Volgogradskaya hydropower station 4000 m³ per second.

Quantity definition and composition of the grass stand top on the stationary areas began with grass cut on small areas on the soil level. Size and number of areas selected experimentally, so that mistake of defining the total grass mass doesn't exceed 15%. It was impossible to achieve the smallest mistake due to the replicate corrections number increase and areas sizes under available funds. The replicate corrections number were varied from 6 till 10, and areas size from 0,5x0,5 m till 1,0x1,0 m. The stronger was shown horizontal grass stand inhomogeneity the more requires replicate corrections numbers and the larger area size was necessary to provide required accuracy.

Grass stand freshly cut samples were sorted out in cameral conditions according to the types and fractures: live plants, dead grass, ground litter. Herbs, dead this year were referred to the dead grass, and to the ground litter – last year. All these fractures were dried out in the air (14–15% humidity) and they were weighed.

Herbs classification was carried out in accordance with guidance principal of J. Brown-Blanke (Golub and Losev, 1991).

Plant abundance in the field was defined in the foliage cover percent with the following conversion in points: + < 1%; 1 – 1–5%; 2 – 6–15%; 3 – 16–25%; 4 – 26–50%; 5 > 50%.

Soil profile cut investigation with detailed description and soil samples laboratory physico-chemical analysis was carried out for stationary areas soils characterization. Humusness, extractable phosphorus and potassium, nitrogen according to the Kornfeld, water soluble salts ions were defined in the samples per absolutely arid soil. Exchange capacity of different soil horizons and exchangeable sodium content was also defined.

Ion composition definition of the aqueous extract was carried out by the testing center federal establishment state center of agrochemical service «Astrakhansky». Analyses were carried out in accordance with the effective standards: Cl⁻ defined in the standard GOST 26425-85; SO₄²⁻ – defined in the standard GOST 26426-85; Ca²⁺ and Mg²⁺ – defined in the standard GOST 26428-85; Ka⁺ and Na⁺ – defined in the standard GOST 26427-85; dissolved solids- defined in the standard GOST26423-85. Analyses interpretation results are carried out in accordance with the «Classification and soil diagnostic of USSR» (Egorov et al., 1977).

Soil salinization characteristic, accept records of water extract composition, we supply with calculation of «toxic ions integrated effect», in chlorine equivalent (T), calculated from N.I. Bazilevich and E.I. Pankovoi algorithm, which for short we call «soil solution toxicity equivalent» (Bazilevich and Pankova, 1968). The use of this equivalent in some degree observe artefacts, arising due to resolving gypsum and calcium hydrocarbonate in soil samples in laboratory conditions. Nevertheless, this indicator takes into account nonuniform different ion toxicity for vegetation (Barmin et al., 2016 b).

Calculation algorithm of soil solution toxicity equivalent is the following:

a) if $\text{HCO}_3 \geq \text{Ca}$, then

$$T = \text{Cl} + \text{SO}_4/5 + \text{HCO}_3 - \text{Ca}/3, \quad (1)$$

b) if $\text{HCO}_3 \leq \text{Ca} \leq \text{HCO}_3 + \text{SO}_4$, then

$$T = \text{Cl} + \text{SO}_4 - (\text{Ca} - \text{HCO}_3)/5 \quad (2)$$

c) if $\text{HCO}_3 + \text{SO}_4 \leq \text{Ca}$, then

$$T = \text{Cl} \quad (3)$$

The water-soluble ions content in soil water extract was defined in quadruple replication upon layers: 0–25 cm, 25–50 cm, 50–75 cm, 75–100 cm.

Records on the areas were carried out several times during growing season in the first years of investigation. Then, when seasonal dynamics regularities of salt content in soil were fixed, records were carried out on single basis: in the period, when grass stand top was maximum (August).

Investigations were not conducted on areas due to financial and organizational difficulties in certain years.

Results and their discussion

The areas №№ 1, 2 and 3 located within the new Caspian deltoid lowland, the areas №№ 5 and 6 are within the recent alluvial land, №№ 7, 9, 10, 13 and 14 are within new Caspian sea lowland within baer knolls extension.

Stationary area № 3 («Trostnikovoy lug («Voskhod»))» phytologic natural monument), on the example of which the river Volga delta territory special long inundable territories functioning and dynamics, located in 4 km to the east of Astrakhan region Privolzhsky district Yablunka village (fig. 1) is situated in plain shallow degradation (height above low water level is 1,2 m) and is more longtime inundable (Valov et al, 2017).

Surface area duration of stay under water on average on one month exceeds the time of this high level territory overflowing according to the depth water stage gauge as investigations show. This was taken into account while calculation the time of the area overflowing. The area is inundated annually for a period of 64 till 120 days on average for the review period of spring-summer floodings (Golub et al., 2011).

The area vegetation cover belong to the aggregation *Sparganio erecti-Typhetum angustifoliae* Golub et al. 1991. The main part of the grass stand top grows in the flooding period, when the soil covers with water, the great part of it is *Typha angustifolia* and *Phragmites australis types* (Golub and Losev, 1991).

The soil in the area is alluvial meadow boggy (soil cut description is set out in the table 1), medium saline, differs with very high content of nitrogen and phosphorus active forms, potassium high content (table 2) in A horizon. Salinity quality is chloride-sulphate (Golub et al., 2011; Valov et al., 2017).

Salts amount and composition containing in soils influence significantly on vegetation growth and development. Toxic effect of these salts reveals in soil moisture osmolality increase, its availability for vegetation, mineral nutrition elements normal ration distortion, adverse impact on fertile soils characteristics (Barmin et al., 2015).

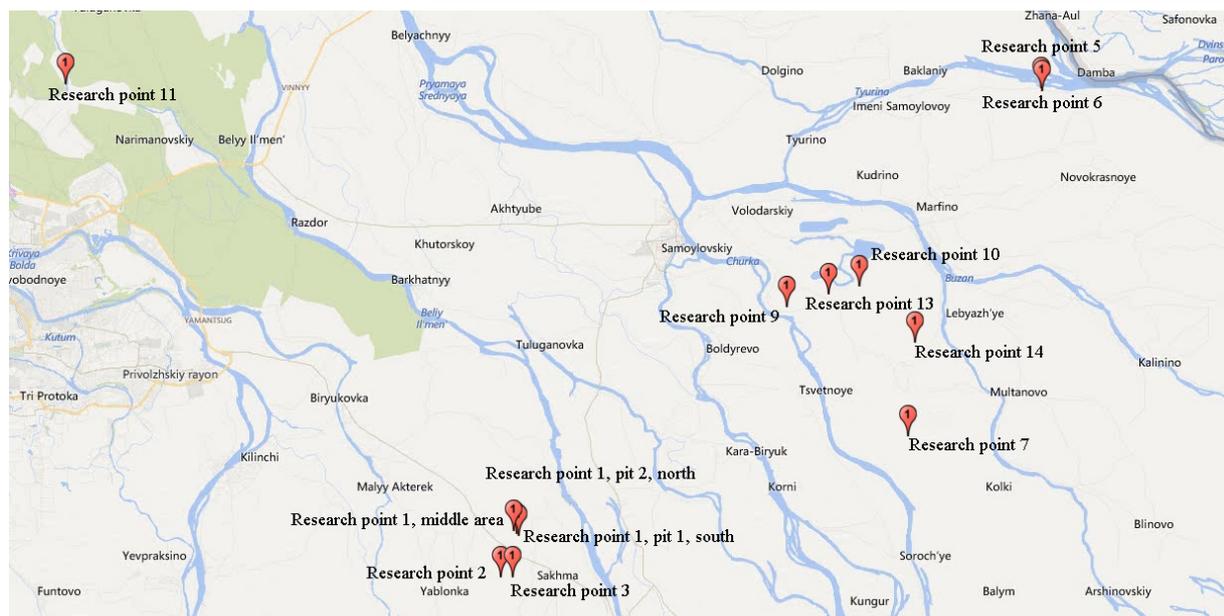


Fig. 1. Schematic diagram of stationary areas in the river Volga delta

Table 1.

Stationary area soil cut characteristic № 3

№, Sr./No.	Soil horizon	Cover depth, cm	Soil cut description
1	<i>Ad</i>	0-10	Moderate grass covered, heavy argillaceous, dark-grey, solid, wet, powdered-lumpen, gleic, many roots, sharp transition
2	<i>B</i>	10-30	Light argillaceous, light-grey, porous, wet, with non pronounced structure, many roots, gleic with great number of iron ochreous patches
3	<i>A buried</i>	30-48	Heavy argillaceous, dark-grey, solid, wet, lumpen-grain rich-nuciform, gleic, with iron oxide ochreous patches, few roots, gentle transition
4	<i>B₁C</i>	48-130	Agrillaceous, greyish-light-brown, very wet, solid, gleic, rare reduced iron ochreous patches

Table 2.

Some soil chemical indicators on the stationary area №3

Horizon	Humus content	Active form content, mg-eq of soils			Exchange capacity mg-eq on 100g of soils	Exchangeable Na mg-eq on 100g of soils
		Na	P ₂ O ₅	K ₂ O		
0-10	8,42	331,5	77,5	450,0	50	0,29
10-30	0,78	87,5	42,0	60,0	17	0,11
30-48	3,75	112,0	28,5	124,3	45	0,35
48-130	Not defined	56,0	31,5	191,0	41	0,56

Highly-soluble salt amount reduction on the stationary area from 1978 to 1983 (fig. 2) (on 72%) connected with great spring-summer floodings volume, especially in 1979 (146 cubic m at the rate of 110 km³) (fig. 3) and their duration, nevertheless, the great amount of precipitation fell for the foliated season (Valov et al., 2015).

Some highly-soluble salt content increase and soil solution growth in 1984 is explained by aqueous run-off decrease for the second quarter this year (in comparison with preceding period), little amount of precipitations at the current high evaporating capacity level (Sazhin et al., 2003; Barmin et al., 2015).

Following water-soluble salts ion content decrease in the area soil profile in 1987, connected with increased flooding volume, precipitation amount corresponded to the normal annual indicators, however mean air temperature and correspondingly, evaporating capacity

degree, but in 1990 was very high run-off volume for the second quarter (152 km^3) and area overflowing duration (120 days is a maximum rate for the all investigation years).

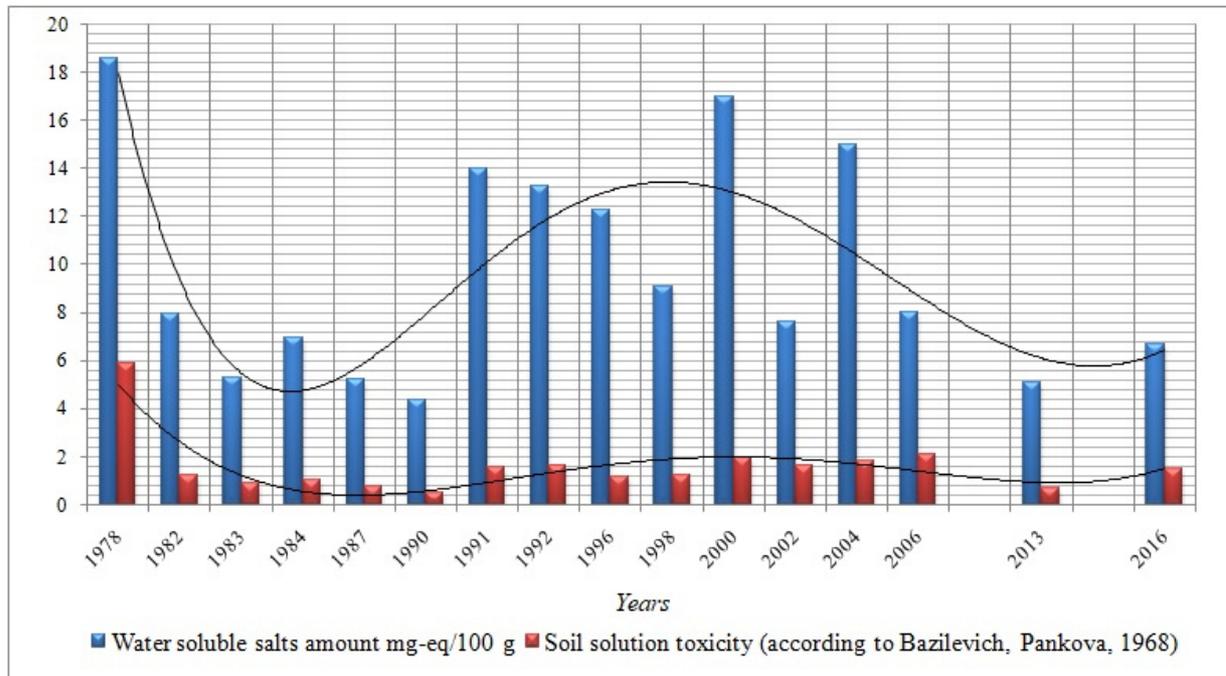


Fig. 2. Highly soluble salts amount dynamics and soil solution toxicity on the stationary area №3

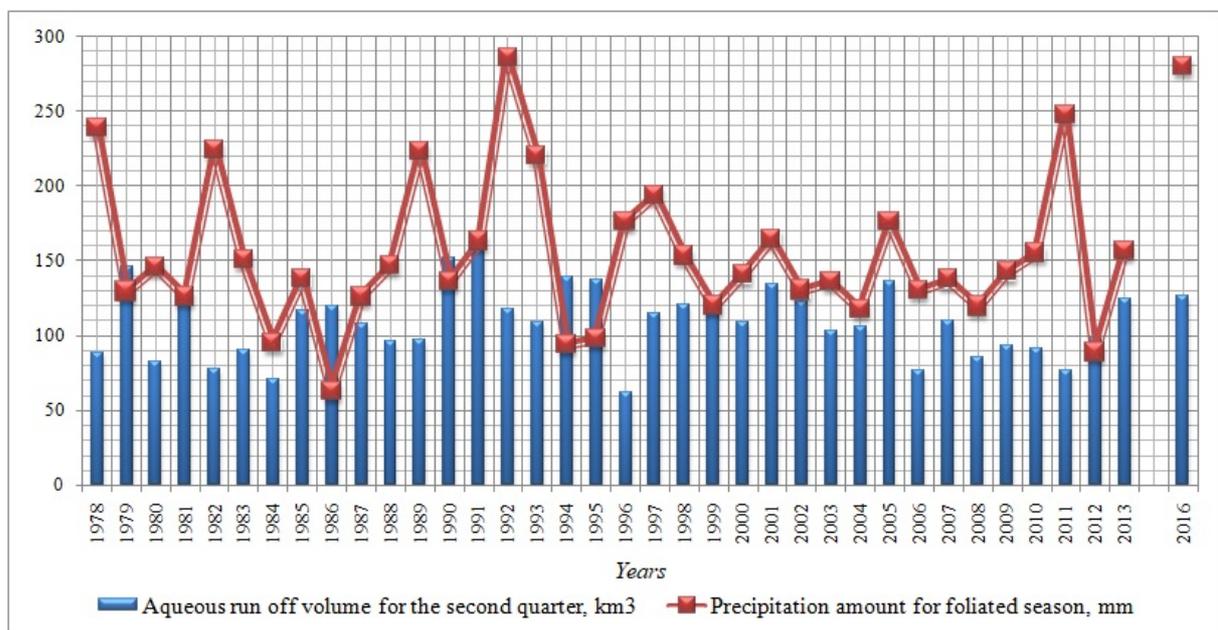


Fig. 3. Meteo-hydrologic indicators dynamic according to Astrakhan hydrometeorological centre

Highly-soluble salt sharp increase in 1991 set wondering. Flooding volume was maximum this year for the monitoring period, it was 159 km^3 , precipitation amount was 150 mm and it was believed further stationary area soil cover desalinization according to the climatic and hydrologic indices, however salt content was increased more than in 3 times in comparison with indicators in 1990 (fig. 4, fig. 5). Most probably that watersoluble content increase connected with irrigated ploughed field creation in 300 m from the area.

Precipitation increase for the foliated season in 1992 (280 mm is a maximum value for all investigation years) and average air temperature decrease effected on watersoluble salts amount decrease in soil profile.

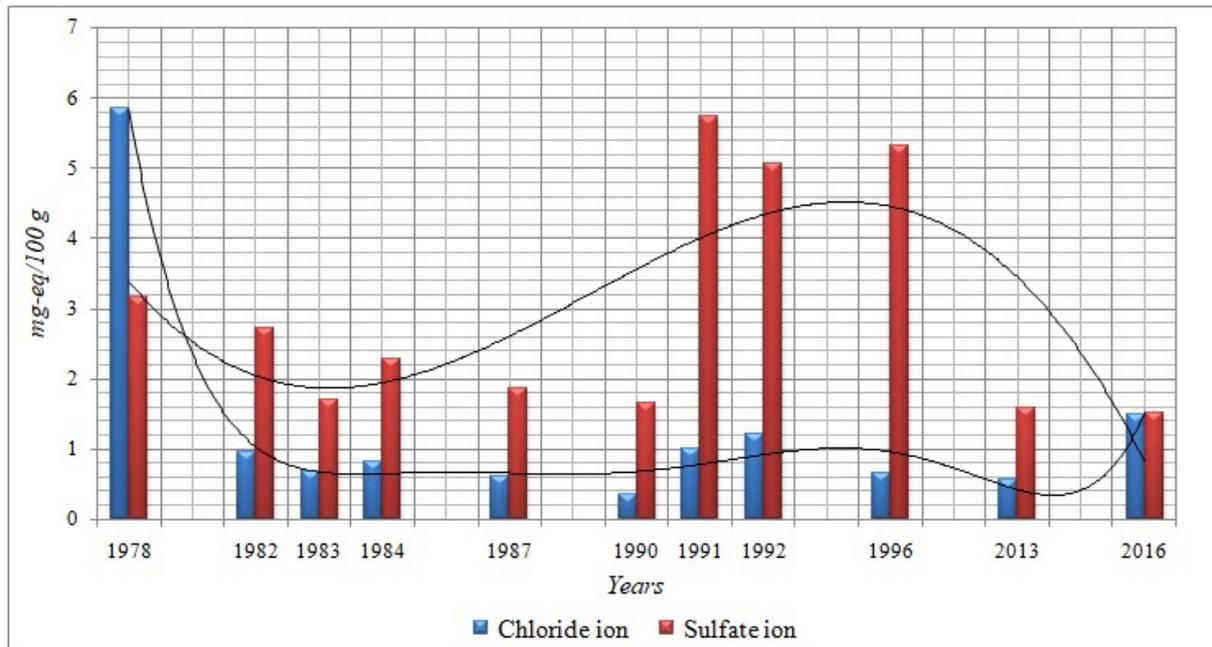


Fig. 4. Some anions content dynamics in the area soil cover

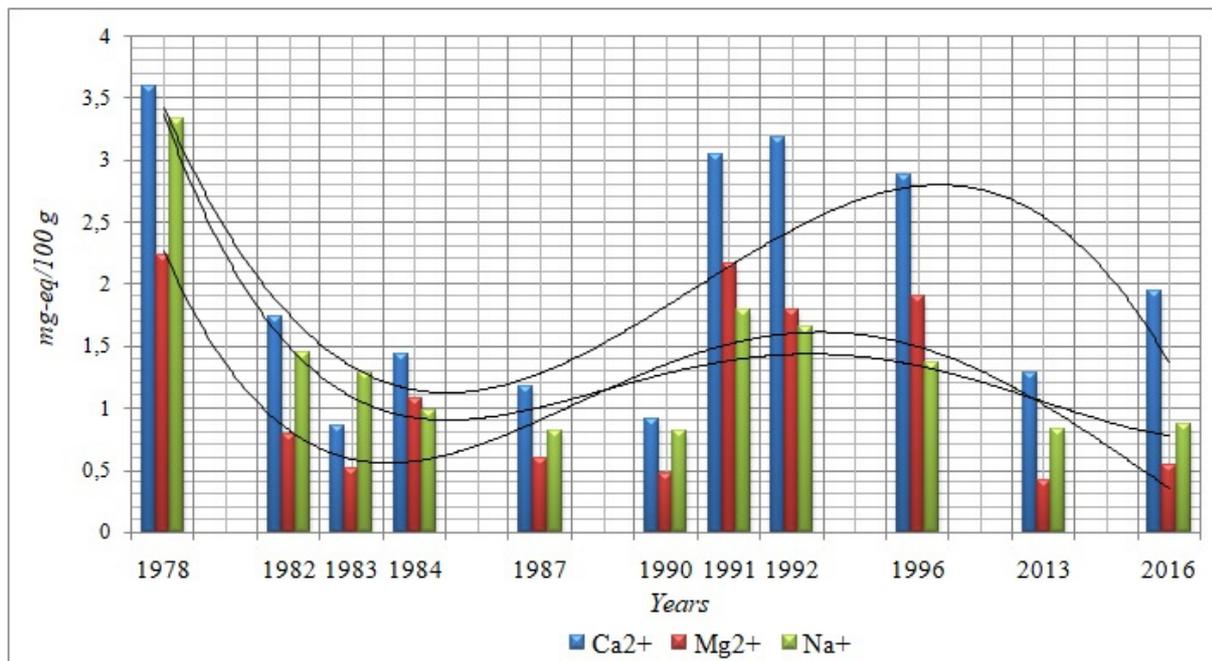


Fig. 5. Some cations content dynamics in the area soil cover

1996 was characterized by devastatingly small flooding volume (62 km³) and the highest average air temperature for foliated season (20,3°C), but watersoluble salts content wasn't increased, but instead of it decreased in comparison with previous values 1991 and 1992. This phenomenon can be connected with several reasons. Floodings were high and in 1994 and 1995 and significant highly-soluble salts amount in this period was washed out from soil profile. Duration and maximum level of water hoisting in the flooding period were very little in 1996 and high-mineralized underwaters level were decreased in comparison with

previous investigation years, that plays an important role in conditions of exudative regime. Besides, August and September (samples collection time) were characterized by high precipitation amount, that was conducive to high-soluble salts removal down to the soil profile.

Watersoluble salts amount decrease in 1998 was explained by the aqueous run-off volume increase for the second quarter (also previous year 1997 was water-abundant) (Barmin et al., 2015 a).

The irrigated tilled area use in 2000 and 2004 is linked with the natural causes (some flooding decrease, small precipitation amount and high air temperatures for foliated season) led to the abrupt salinity degree increase and soil solution toxicity.

Soil profile desalinization and soil solution toxicity in 2002 and 2013 connected with the high volumes and long-term period of spring-summer floods, besides tilled areas were not used (Valov et al., 2017).

Considered changes of hydrometeorological, anthropogenous and edaphic conditions on stationary areas affected on its plant cover dynamics.

In virtue of historically developed autoregulation adaptive mechanisms monocyclic climatic anomalies, even scorching, usually are incompetent to cause phytocoenosis destruction (Kurkin, 1994), that is why yielding capacity on the area decrease wasn't noticed in spite of the anomalistic little flooding in 1996.

The aqueous run-off volume increase, flood duration and maximum water hoisting level led to the watersoluble salts content decrease in soils of considering area, soil profile toxicity decrease, change of more chloride-sulphate salinization toxicity on sulphate-chloride and sulphate (Golub et al., 2017) for the second period from the beginning of investigations till the beginning of 2000 years, that was conducive to the constant vegetation productivity increase.

The main stationary area biomass percent is herbs (fig. 6), productivity of which is growing due to the *Typha angustifolia* species.

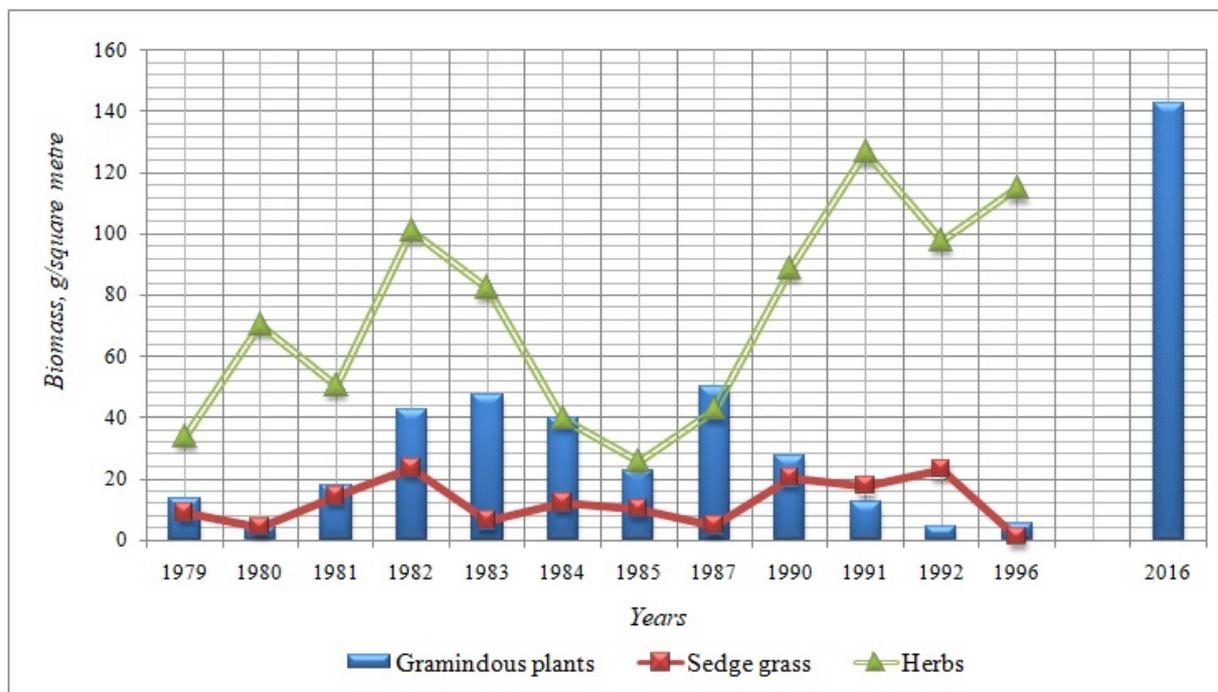


Fig. 6. Grass stand top dynamics productivity of the vegetation groups on the stationary area №3. Gramineous plants productivity (*Phragmites australis*, *Phalaroides arundinacea*, *Agrostis stolonifera*, *Hierochloe repens*) was increased till 1983, after that intended decrease of their representation was noticed up to 1996

Vegetation biomass, belong to the sedge grasses group (*Eleocharis palustris*, *Carex vesicaria*, *Scirpus lacustris*, *Bolboschoenus maritimus*) fluctuated, productivity maxima were noticed in 1982, 1990, and 1992, after that biomass amount of this vegetation group decreased abruptly.

We see the reason of the productivity growth on the area 33 in greater ecotope moisture content. This confirm either hygrophyte productivity increase *Eleocharis palustris*, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia* or mesohygrophyte representation decrease *Phalaroides arundinacea*. *Phragmites australis* representation was decreased in last years.

The process of meadow type composition depauperization and monodominant community with *Typha angustifolia* formation was noticed on the area from 1996 till 2002, later in 2013, probably, due to the moisture content decrease of this territory, besides *Typha angustifolia*, gramineous plants (*Phragmites australis*) and sedge grasses (*Scirpus lacustris*, *Carex vesicaria*) were included in dominants. Abnormal low flooding levels 2014 and 2015 led to the dieaway of the *Typha angustifolia* top, *Phragmites australis* were absolute dominants on the area, productivity of which increased abruptly till 138,4 dt/ha (66% from the total biomass) and *Scirpus lacustris* (productivity 67,2 dt/ha, 32 % from the total biomass).

It is interesting to mark the dominant communities change on the area territory. Vegetation communities *Phragmitetea* group such as *Calystegio-Phragmitetum*, *Sagittario-Sparganietum* were prevailed everywhere on this ecotope, where *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* were dominated (Valov et al., 2015). Ass. *Sparganio erecti-Typhetum angustifoliae* was dominated in 1996, monodominant communities ass. *Calystegio-Phragmitetum* and ass. *Sparganio erecti-Typhetum angustifoliae* formation occurred in the period of 1996 till 2011. Representation growth of these communities, besides the Volga delta water cut increase, can be with that areas with rough, badly eaten grasses dominance (such as *Typha angustifolia* u *Phragmites australis*) were not cut.

Aqueous run-off amount and duration decrease for the second quarter, observed in lower reach Volga since 2006 influenced oppressively on the listed associations, and devastatingly low flooding in 2015 led to the *Typha angustifolia* aerial portion dying-off (Barmin et al., 2015; Valov et al., 2015). The hygrophyte *Phragmites australis* is an absolutely dominant species on the area at the moment.

Generally, vegetation productivity dynamics on the stationary area belong to the group of steadily-fluctuation forms, which is characterized by abrupt biomass value fluctuation, which sometimes reflects aqueous run-off fluctuations contrastively (Kurkin, 1994; Salnikov, 2011).

Conclusion

Different types of ecological system functioning, in particular deltoid, foremost defined by cyclicality laws, the existence of not only fully reverted but partially reverted or irreversible non-cyclic processes is possible among these cycles.

Cause-consequence analysis of the river Volga delta soil-vegetation cover ecological characteristic dynamics shows that hydrological regime and climatic territory specific features are the main factors, defining the content and highly-soluble salts radial migration in soil , also vegetation productivity and its species composition (mainly spring-summer flooding character). However, it's necessary to take into account local contributory factors, besides main primary factors influence, which can have effective refracting effect on the ambient background signals.

As a result, it is necessary to conduct full ecosystem analysis, which helps to reveal not only direct landscape development background tendencies, and side effects mechanisms while investigating processes arising in natural systems of different ranks.

Reference

1. *Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. – 1968. – № 11. – С. 3–15.
2. *Бармин А.Н., Валов М.В., Иолин М.М., Шуваев Н.С.* Влияние гидрометеорологических и эдафических факторов на динамику фитоценозов лугов низкого уровня дельты реки Волги // Геология, география и глобальная энергия. – 2015. – № 3 (58). – С. 15–25.
3. *Бармин А.Н., Валов М.В.* Устьевая область реки Волги: интегральная оценка некоторых природных и антропогенных факторов, влияющих на изменение гидрологического режима // Естественные науки. – 2015. – № 2. – С. 7–15.
4. *Бармин А.Н., Валов М.В., Иолин М.М., Шуваев Н.С.* Природно-антропогенная трансформация растительного покрова дельтовых ландшафтов реки Волги // Географический вестник. – 2016. – № 1. – С. 78–86.
5. *Бармин А.Н., Валов М.В., Шуваев Н.С.* Почвенный покров дельты реки Волги: метеогидрологические изменения как факторы влияния на геохимические особенности миграции легкорастворимых солей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2015. – № 15 (212). – Вып. 32. – С. 145–155.
6. *Валов М.В., Бармин А.Н., Бармина Е.А., Колотухин А.Ю., Куренцов И.М.* Современные тенденции динамики долгопоемных фитоценозов дельтовых экосистем реки Волги // Российский журнал прикладной экологии. – 2015. – № 3. – С. 3–7.
7. *Валов М.В., Бармин А.Н., Колотухин А.Ю., Бармина Е.А.* Влияние первичных и вторичных экологических факторов на динамику почвенно-растительного покрова долгопойменных территорий интразональных дельтовых ландшафтов реки Волги // Геология, география и глобальная энергия. – 2017. – № 2 (65). – С. 68–79.
8. *Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милюкова И.П., Капустина Е.А., Барабанова Е.А.* Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России: Часть 2: Бассейны рек Волги и Дона. – М.: МАКС Пресс. 2014. – 216 с.
9. *Голуб В.Б., Лосев Г.А.* Водная и водно-болотная растительность Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги в системе классификации направления Браун – Бланке // Ботанический журнал. – 1991. – № 5. – С. 720–727.
10. *Голуб В.Б., Бармин А.Н.* Оценка изменений растительности средней части дельты р. Волги // Ботанический журнал. – 1994. – Т.79. – №10. – С. 84–90.
11. *Голуб В.Б., Бармин А.Н.* Некоторые аспекты динамики почвенно-растительного покрова дельты р. Волги // Экология. – 1995. – №2. – С. 156–159.
12. *Голуб В.Б., Пилипенко В.Н., Лосев Г.А., Бармин А.Н.* Характеристика абиотических факторов на территории ботанических памятников природы в низовьях Волги // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Серия «Экология». – 2011. – Выпуск 11. – С. 19–43.
13. *Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. и др.* Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 221 с.
14. *Куркин К.А.* Критерии, факторы, типы и механизмы устойчивости фитоценозов // Ботанический журнал. – 1994. – № 1. – С. 3–13.
15. *Михайлов В.Н.* Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. – М.: ГЕОС, 1997. – 413 с.
16. *Сажин А.Н.* Современные изменения климата и зональные агроэкологические проблемы (на примере Нижнего Поволжья) // Проблемы региональной экологии. – 2001. – №1. – С. 14–21.

17. Сальников А.Л. Растительный покров дельты Волги: продуктивность, динамика, кризисные процессы. – Астрахань: Астраханский государственный университет. Издательский дом «Астраханский университет», 2011. – 318 с.
18. Цаценкин И.А. Растительность и естественные кормовые ресурсы Волго - Ахтубинской поймы и дельты р.Волги. – М.: Изд - во МГУ, 1962. – С. 118–192.
19. Barmin, A.N., Valov, M.V., Suvaev, N.S., Kolchin, E.A. Concerning global climate change: ninety-year trend of some climatic characteristics in the delta ecotones of the Caspian Sea region // IGCP 610 Third Plenary Conference and Field Trip «From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary» 22-30 September 2015, Astrakhan, Russia. Proceedings / Ed.: A. Gilbert, V. Yanco-Hombach, T. Yanina. – Moscow, MSU, 2015. – pp. 26–29.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТНОЙ ДИНАМИКИ ОСОБО ДОЛГОПОЕМНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УСТЬЕВОЙ ПРИРОДНОЙ СИСТЕМЫ Р. ВОЛГИ

Валов М.В., Бармин А.Н., Пробст Е.Н., Ерошкина О.С., Ларин А.В.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»,

г. Астрахань, Российская Федерация

e-mail: m.v.valov@mail.ru

В работе представлены результаты комплексных ландшафтно-экологических исследований на стационарных участках в дельте р. Волги, переведенных в ранг памятников природы, в период с 1978 по 2016 гг. Для особо долгопоемных территорий выявлены основные тенденции ландшафтной динамики, оценены природные и антропогенные факторы трансформации почвенно-растительного покрова: для почвенного покрова долгопоемных территорий за сорокалетний период проведен катионно-анионный анализ водорастворимых солей и особенностей их миграции и накопления в зависимости от изменений лимитирующих природных и антропогенных факторов; для растительности выявлено комплексное воздействие совокупных изменений метеорологических, гидрологических, эдафических и антропогенных факторов на разногодичные флуктуации и сукцессионные смены растительного покрова. Результаты многолетних исследований показывают, что основными факторами, определяющими содержание и радиальную миграцию легкорастворимых солей в почвах, а также продуктивность растительности и её видовой состав является гидрологический режим (прежде всего – характер весенне-летних половодий) и климатические особенности территории. Однако, помимо действия основных первичных факторов, необходимо учитывать и воздействие локальных вторичных, которые могут оказывать эффективное преломляющее воздействие на фоновые сигналы внешней среды.

Ключевые слова: дельта р. Волги, структура ландшафта, поемность, геохимия почв, динамика растительности, дельтовые экосистемы.

Поступила в редакцию 14.05.2019 г.

УДК 911.2:551.3 (477.75+551.4.038)

СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВ И ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕЖДУ МЫСАМИ ВИНОГРАДНЫЙ И АЙЯ НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА*

Агаркова-Лях И.В.¹, Лях А.М.²

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: iva_crimea@mail.ru

²ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: me@antonlyakh.ru

Рассмотрена история изучения юго-западной части Крымского побережья между м. Виноградный и м. Айя в границах города Севастополя. Описаны условия, определяющие современное состояние берегов, характер и динамику экзогенных геологических процессов: типы берегов и их литологический состав, тектоническое строение и направленность тектонических движений, абсолютные высоты. Охарактеризованы морфометрические показатели формирующихся здесь пляжей, их генезис, гранулометрический и вещественный состав. Дана оценка активности развития и распространения по территории оползней, обвалов, осыпей, камнепадов, абразии, денудации, селей, эрозии и карста. На основе доступных данных обобщены количественные и качественные характеристики наиболее значимых экзогенных геологических событий на побережье за период с начала 80-х гг. прошлого века по настоящее время. Предложены мероприятия для контроля динамики опасных экзогенных процессов и повышения безопасности в прибрежной зоне.

Ключевые слова: пляжи; оползни; обвалы; камнепады; абразия; мониторинг берегов.

Введение

В последние десятилетия растет интенсивность освоения труднодоступных участков крымского Южнобережья, сопровождаемая увеличением антропогенной нагрузки на его приморскую часть. Активизация хозяйственной деятельности на побережье стимулирует интенсивность и частоту проявления опасных и неблагоприятных экзогенных геологических процессов. В этой связи становится актуальной региональная оценка современного состояния берегов и динамики неблагоприятных и опасных экзогенных геологических процессов.

Цель статьи – обобщить фондовые и литературные данные о состоянии берегов и динамике экзогенных геологических процессов между м. Виноградный и м. Айя в юго-западной части побережья Крыма и дополнить их актуальными материалами собственных полевых исследований.

Материалы и методы

Исходными материалами послужили: опубликованные работы; фонды Института минеральных ресурсов, Крымской гидрогеологической экспедиции (КГГЭ) и Государственного геологического предприятия (ГПП) «Крымгеология»; картографические источники; интернет-ресурс Гугл Планета Земля; результаты маршрутно-полевых исследований авторов в период с 2012 по 2018 гг. Для изучения литологического состава берегов, оценки морфометрических характеристик берегов и пляжей, а также расчета динамики последних применялись методы наблюдения,

* Работа выполнена в рамках гос. заданий ФГБНУ ИПТС (№ 0012-2019-0007) и ФГБУН ИМБИ (гос. регистрационный № АААА-А18-118020890074-2).

инструментальных и полуинструментальных измерений, сравнительно-географический и фотометод.

Результаты и обсуждение

Первые работы по краткой характеристике и районированию данных берегов относятся к середине XX в. (Зенкович, 1958а, 1958б, 1960). Позже были исследованы пляжи (Романюк, 1968), дана оценка развития экзогенных процессов и их прогноз (Шуйский, 1974, 1979; Прогноз экзогенных..., 1979). В это же время обширные береговые изыскания в Крыму вели Институт минеральных ресурсов, КГГЭ, ГПП «Крымгеология» и др. (Изучение оползней..., 1983; Разработка методических..., 1985; Составить кадастр..., 1988; Изучение условий..., 1993).

В 2000-е гг. появился ряд публикаций, в которых пляжи, экзогенные процессы и современные ландшафты на изучаемых берегах рассматривались в составе всего Крымского п-ова (Шуйский, 2000; Клюкин, 2005; Рудько, Ерыш, 2006; Агаркова-Лях, Скребец, 2007; Долотов, Иванов, 2007; Игнатов, Орлова, Санин, 2014; Современное состояние..., 2015; Игнатов, Лукьянова, Соловьева, 2016 и др.). Их региональные исследования были посвящены геоморфологии берегов, состоянию пляжей, неблагоприятным и опасным экзогенным процессам (Попов, 2006; Агаркова-Лях, 2007; Орлова, 2010; Новиков, Каширина, Белоконь, 2014; Попов, Лисицкая, Поспелова, 2014; Лазицкая, 2014; Луговой, 2016; Горячкин, Федоров, 2018, 2019).

Берега Крымского полуострова развиваются в различных тектонических, литолого-геоморфологических и гидродинамических условиях. По этим признакам между м. Лукулл и м. Сарыч были выделены четыре береговых участка (Агаркова-Лях, 2017). Отличия между ними наиболее ярко выражаются в литологическом составе берегов и их противоабразионной устойчивости, а также связанных с ними характере и интенсивности проявления экзогенных геологических процессов. Берега от м. Лукулл до м. Виноградный были рассмотрены ранее (Агаркова-Лях, 2017; Агаркова-Лях, Лях, 2019). Настоящая статья продолжает серию публикаций по севастопольским берегам.

Согласно морфогенетической классификации, участок между мысами Виноградный и Айя представлен тремя типами берегов: абразионными на юге Гераклеийского полуострова (от м. Виноградный до Балаклавской бухты), риасовыми или бухтовыми ингрессионными (Балаклавская бухта) и абразионно-бухтовыми (от Балаклавской бухты до м. Айя) (Зенкович, 1958б; Составить кадастр..., 1988). Так как в настоящее время берега Балаклавской бухты, практически, полностью преобразованы хозяйственной деятельностью, отнесем их к антропогенным.

Большая часть описываемых берегов приурочена к Юго-Западному синклинию мегантиклинория Горного Крыма (Муратов, 1973). По результатам анализа урвнемерных наблюдений за период 1873–1985 гг., прилегающие к горам берега Черного моря опускались со средней скоростью 2,6 мм/год в районе Севастополя (Клюкин, 2007). Современные вертикальные движения на прибрежном шельфе тоже отрицательные, со скоростью 1,0–2,0 мм/год (Разработка методических..., 1985).

Берега имеют максимальные для региона и всего Крымского полуострова высоты. Их абсолютные отметки достигают более 500,0 м у м. Айя, 300,0 м у м. Кая-Баш и 168,0 м у м. Фиолент. Значительная по протяженности часть берегов круто обрывается в море, как на участках у м. Фиолент, Свято-Георгиевского монастыря, высот Кая-Баш, м. Балаклавского (Георгия) и м. Айя.

Берега сложены, главным образом, коренными породами: магматическими и метаморфическими (рис. 1). Основываясь на порядке средней скорости абразионных процессов, протекающих в отложениях разного литологического состава, на исследуемых берегах выделены три категории пород: очень устойчивые, устойчивые и

средней устойчивости к абразии (Агаркова-Лях, 2006). По этому показателю берега между м. Виноградный и м. Айя отнесены, преимущественно, к категории очень устойчивых и объединены в единый участок. Их отличительной особенностью является высокая прочность, благодаря чему берега почти не абрадируются. Первые выходы изверженных вулканических пород – кварцевых кератофиров начинаются у м. Виноградный и представлены мысами (Виноградный, Броневой, Лермонтова, Сфинкс (Львенок), Фиолент и др.), скалами-островками (Орест, Пилад, Святого Явления (Георгиевская) и др.) и береговыми скалами (Крестовая (Монах) и др.) (рис. 2). В двух километрах к востоку от м. Фиолент вулканические породы исчезают, а береговой обрыв пререзает Мраморная балка, проходящая по линии тектонического сброса, отделяющего слоистые сарматские известняки от массивных верхнеюрских мраморизованных. Последние тянутся с некоторыми перерывами почти до м. Айя, моделируя форму берегов. От урочища Аязьма до м. Айя на берегу развиты глыбовые навалы известняков, исчезающие на обрывистых участках.



Рис. 1. Литологический состав и противоабразионная устойчивость берегов



Рис. 2. Вид с юга на «разлапистый» м. Виноградный из магматических пород (слева). Скала Пилад у м. Фиолент (справа) (Фото из сети интернет и авторов)

На участке от м. Балаклавский до урочища Аязьма в строении берегов участвуют флишевые отложения (верхний триас – нижняя юра). Их основу образуют породы таврической глинисто-сланцевой свиты, представленной чередованием глин, аргиллитов, алевролитов и песчаников. Они отнесены к породам средней устойчивости к абразии (рис. 1).

У м. Фиолент встречаются отдельно стоящие в море скалы (Орест, Пилад и пр.) призматической островерхой формы высотой до 30,0 м (Попов, Лисицкая, Поспелова, 2014), которые являются результатом селективной абразии берегов. Они располагаются в 25,0–40,0 м от берега и называются кекуры (рис. 2, справа). Скалы у берегов урочища Аязьма (Первый и Второй Шпитали (Паруса или Зубы)), по-видимому, имеют обвально-оползневое происхождение (рис. 3).

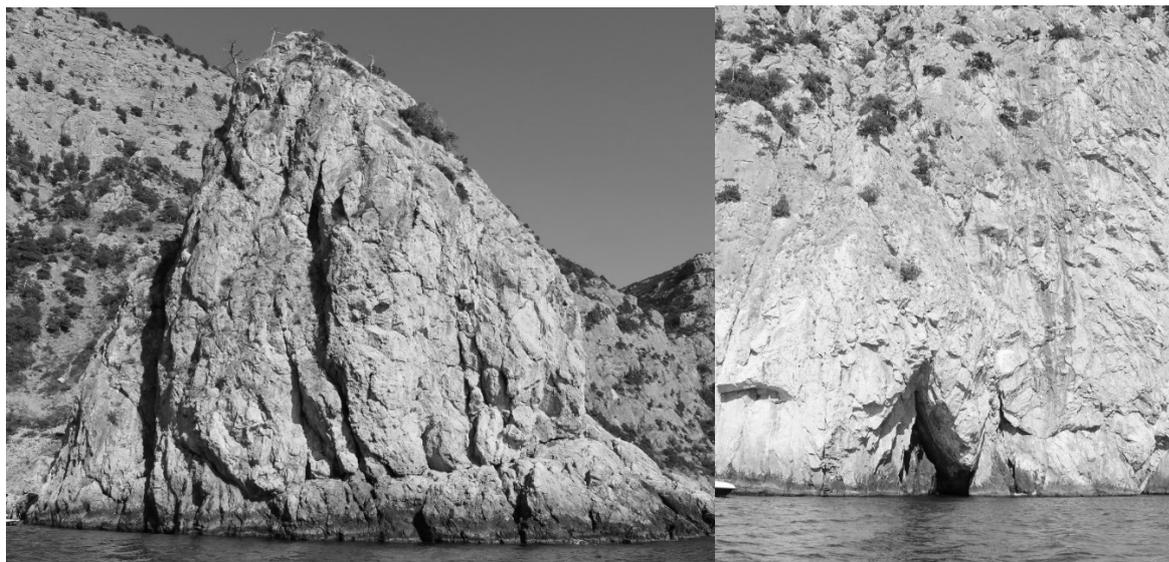


Рис. 3. Скала Второй Шпиталь близ м. Айя (слева). Вход в грот под м. Айя (справа) (Фото авторов)

Аккумулятивные формы на описываемых берегах повсюду имеют абразионное питание (Романюк, 1968) и ограниченное развитие, поскольку их разрушение дает чрезвычайно мало обломочного материала. Узкие карманные пляжи средней шириной 5,0-10,0 м образуются в вогнутостях контура береговой линии. Ширина пляжей характеризуется внутригодовой сезонной динамикой: ростом в теплый период года и сокращением, вплоть до полного размыва – в холодный.

Между м. Виноградный и Балаклавской бухтой формируются 7 пляжей: Броневой, Царский, Каравелла, Патриот, Адмиральский (Командирский), Яшмовый и Васили. Наибольшими являются два последних. Яшмовый пляж песчано-галечного гранулометрического состава средней шириной 20,0 м и длиной около 1,5 км (Попов, Лисицкая, Поспелова, 2014). Пляж Васили имеет антропогенное происхождение. Он сформировался в устье Василевой балки из материала отвалов Псилерахского карьера. Его образование началось около 30–35 лет назад. Сейчас его протяженность равна 200,0 м, средняя ширина 18,0-20,0 м (максимально – до 50,0 м). Он также песчано-галечного состава с участками валунно-глыбового навала. Полевые исследования авторов и анализ фотоматериалов позволили рассчитать среднюю скорость роста пляжа за период с 2006 по 2016 г., составившую 1,6–2,5 м/год. Пейзажно-ландшафтная и рекреационная привлекательность пляжа Васили нивелируется соседством Псилерахского карьера, чьи отвалы являются источником многолетнего оползнеобразования в балку со смещением обломочного материала к урезу воды.

Кроме того, авторами настоящей работы обнаружена трещина в скальном блоке над западной частью пляжа, а по данным (Геолог предсказал..., 2018) над его восточной частью растет трещина между склоном и блоком известняка. Таким образом, посещение пляжа Васили опасно из-за потенциальной угрозы развития обвалов, камнепадов и оползней.

Между Балаклавской бухтой и м. Айя расположены 8 пляжей: Серебряный (Ближний или Микро-Яло), Золотой (Дальний или Мегало-Яло), Кабельный, Блуждающий, Инжир, Командирский, Дальний Инжир, Белый. Их общая протяженность составляет менее 2,0 км, максимальная ширина – 20,0 м. Самые протяженные из них – гравийно-галечный пляж Серебряный длиной 400,0 м и галечно-валунный пляж Золотой длиной 800,0 м. В вещественном составе отмеченных гравийно-галечных пляжей преобладают известняк или сланцы таврической свиты, далее следуют кварц и кремень. На некоторых пляжах присутствует мергель и конгломераты, а также изверженные породы (Составить кадастр..., 1988). Вклад биогенного материала в отложения пляжей повсюду очень незначителен. Пестрый минералогический состав отмечен южнее м. Фиолент, на Яшмовом пляже, где встречается разноцветная яшма, сердолик, халцедон, агат.

Экзогенные геологические процессы. На исследуемых берегах развиты такие опасные экзогенные геологические процессы, как оползни, обвалы, осыпи, камнепады и сели, и неблагоприятные, как абразия, денудация, карст и эрозия. Доминирующими экзогенными процессами на берегах из прочных пород являются денудация, оползни, обвалы, осыпи, камнепады и карст. На флишевых берегах развиты абразия, оползни, обвалы, осыпи, камнепады, денудация, эрозия и сели. Согласно типам экзогенных процессов, Ю.Д. Шуйский (2000) выделил между мысами Фиолент и Айя абразионно-денудационные и абразионно-обвальные клифы. Ниже подробнее рассмотрим характер развития и приуроченность экзогенных геологических процессов.

Денудация. Обращенные к морю массивы скал активно подвергаются денудации (физическое выветривание и др.), что связано, главным образом, с суточным и годовым режимом их нагрева-охлаждения, и увлажнения. В частности, среднемноголетние скорости выветривания флишей составляют от 0,001 до 0,1 м³/м² (Разработка методических..., 1985).

Оползни. По состоянию на 1 января 2019 г. между мысами Виноградный и Айя зафиксировано около 50 оползней (Ежегодный доклад..., 2019). Формирующиеся здесь оползни имеют естественное, антропогенное (техногенное) и смешанное естественно-антропогенное (естественно-техногенное) происхождение. Естественные оползни активизируются абразионными, гравитационными и эрозионными процессами, атмосферными осадками. Наиболее частыми причинами возникновения естественно-техногенных оползней является нарушение противооползневого режима, сопровождаемого «подрезкой» склонов или их «пригрузкой» обломочным материалом и строительным мусором в результате террасирования склонов, строительства и пр.; самовольным бурением скважин, нерегулируемым поливом и несанкционированным складированием твердых бытовых отходов. Усилению гравитационных процессов также способствуют антропогенные пожары, уничтожающие древесно-кустарниковую и травяную растительность склонов, что в значительной мере стимулирует активизацию существующих и образование новых оползней (Горячкин, Федоров, 2019).

Значительную роль в формировании оползней играет абразия. Оползневые участки абразионного происхождения расположены у мысов Виноградный, Лермонтова, Фиолент. Высокая подвижность оползня абразионного типа (№31) отмечена у м. Фиолент. Его последняя активизация произошла 30 ноября 2016 г. (Ежегодный доклад..., 2017). Высота берегового обрыва в месте отрыва оползня составила 40,0–50,0 м; общая площадь – около 250,0 м². Вместе с участком берега

обвалилась часть идущей вдоль его кромки асфальтированной дороги (На мысе..., 2016). К оползневой зоне примыкает база отдыха «Каравелла», где отмечены многочисленные следы активности оползня: трещины в строениях и грунте, просадки грунта и др. (Ежегодный доклад..., 2017).

Среди тридцати четырех оползней, обнаруженных между Мраморной балкой и м. Айя, более половины (22 единицы) имеют естественный генезис, третья часть (11 единиц) – естественно-техногенный и один – техногенный (Горячкин, Федоров, 2019). К последней группе отнесен крупнейший по своей мощности техногенный оползень в Василевой балке (№2), сошедший от южного борта Псилерахского карьера флюсовых известняков. Объем тела оползня составляет около 500,0 тыс. м³; он сложен разнородными грунтами отвалов (Ежегодный доклад..., 2017). Подвижки материала отвалов здесь отмечались регулярно, но крупнейшая из них за последние годы произошла в декабре 2006 г., когда 6,0 тыс. м³ грунтов перекрыли западную часть пляжа Василя, выдвинувшись в море на 50,0-100,0 м при ширине языка оползня в 100,0-200,0 м (Илларионов, 2006; Горячкин, Федоров, 2019). В настоящее время длина оползня оценивается в 970,0 м, ширина – 250,0 м, площадь – 24,25 га (Ежегодный доклад..., 2016). Близость оползня к действующему карьере, где перемещается тяжелая техника, проводятся взрывные работы и образуются отвалы создает условия для высокой вероятности его внезапной активизации.

Более трети оползней между Мраморной балкой и м. Айя имеют абразионное происхождение (Горячкин, Федоров, 2019). В границах урочища Мегало-Яло выявлены три абразионных оползня; в урочище Аязьма – два. Из них активным в последние годы был единственный оползень у пляжа Золотой. В урочище Вангели на протяжении 0,6 км на узком (от 75,0 до 150,0 м) глыбовом склоне находятся шесть небольших естественных оползней: три абразионных и три «висячих» (Горячкин, Федоров, 2019).

Обвалы, осыпи и камнепады. У м. Фиолент, под плато Кая-Баш и Караньским, от урочища Аязьма до м. Айя широко развиты обвально-осыпные процессы и камнепады (рис. 4). Так, у бровки Караньского плато, рассеянного во всех направлениях тектоническими нарушениями, образуются крупные обвалоопасные блоки. Объемы их разовых обрушений достигают 20,0–80,0 м³ (Опасные обрушения..., 2013).



Рис. 4. «Висячие» осыпи под обрывами в районе м. Фиолент (слева) и у м. Айя (справа) (Фото авторов)

В 1982 г. в ландшафтном заказнике «Мыс Айя» был зафиксирован обвал массивных известняков объемом около 2,0 тыс. м³ (Корженевский, Борисенко, Корженевский и др., 1989). В июне 1997 г. произошел самый крупный во всем Горном Крыму за последние несколько десятков лет обвал, когда почти с вершины горы Кокия-Кая в южную часть урочища «Затерянный мир» у м. Айя упал блок верхнеюрского известняка объемом около 90,0 тыс. м³. В результате сложного движения по склону произошел переход одного процесса (обвала) в другой (оползень) с вовлечением подстилающих флишеидных пород. При этом был уничтожен реликтовый лес на площади 3,0 га (Горячкин, Федоров, 2019). Более 200,0 тыс. т скальной массы выдвинули зону пляжа на 50,0 м, а в языке оползня в море выдавило на поверхность глыбы, обросшие бурыми водорослями. В конце 1999 г. у пос. Фиолент в районе базы отдыха «Каравелла» произошел скальный обвал объемом 40,0 тыс. м³ и массой 80,0 тыс. т. Тогда же неподалеку случился второй обвал объемом 10,0 тыс. м³ и массой 20,0 тыс. т. (Клюкин, 2005). В 2003 г. обвал объемом около 300,0 м³ в южной части урочища Аязьма прорубил в соснах просеку до уреза моря (Горячкин, Федоров, 2019). В июне 2005 г. обвал у базы отдыха «Каравелла» уничтожил ведущую к морю лестницу и часть пляжа (На мысе..., 2005). В августе 2018 г. с горы Спилия у Балаклавы на тропу скатился блок, рассыпался на части и уничтожил деревья на пути своего движения ниже тропы (Геолог предсказал..., 2018).

Скопление рыхлого обломочного материала на береговых склонах приводит к формированию висячих осыпей (рис. 4). Они образуются при участии процессов денудации и деятельности человека. Перемещение висячих осыпей под действием гравитационных сил вниз представляет угрозу для находящихся на узких пляжах отдыхающих, под обрывами в море – каякеров, аквалангистов и лодочников. Атмосферные осадки способны превращать висячие осыпи в водокаменные сели.

Камнепады происходят при падении обломков, отделившихся от скальных массивов или в результате размыва рыхлых грунтов, лежащих в их основании.

К сожалению, обвально-осыпные процессы и камнепады способны травмировать людей в прибрежной зоне. В этом отношении печальной статистикой отличаются окрестности м. Фиолент и м. Айя. Так, в 2002 г. из-за камнепада у базы отдыха «Каравелла» пострадали четыре человека (Клюкин, 2005; За последние..., 2017). В июле 2003 г. у м. Айя обрушились 2,0 тыс. м³ пород, потопившие два катера; тогда же фрагмент камня задел аквалангиста, находящегося на глубине 16,0 м. В августе 2004 г. у гротов м. Айя обвалом был отправлен на дно 20-метровый прогулочный катер и серьезно травмирована женщина (Сеймику Крыма..., 2016; Обвал скалы..., 2004). В результате камнепада в августе 2012 г. на м. Фиолент погиб юноша (Клюкин, 2005; За последние..., 2017).

Абразия. Скорости абразии прочных пород повсюду ничтожны и близки к нулю, поэтому эти берега почти не изменены морем. Почти не поддаются абразии берега м. Фиолент и западнее него, высоты Кая-Баш, окрестности Балаклавы, м. Айя и глыбовые навалы известняков (Зенкович, 1958; Составить кадастр..., 1988; Изучение оползней..., 1983; Попов, Лисицкая, Поспелова, 2014). Согласно (Штенгелов, 1970), за последние 2000 лет средняя скорость разрушения Южного берега Крыма составила 0,001-0,002 м/год. Ю.Д. Шуйский отмечает, что сложенные изверженными кристаллическими породами мысы Южнобережья разрушаются со скоростью менее 0,001-0,005 м/год (Шуйский, 1986; Шуйский, 2000). При этом, наблюдаются отличия скоростей абразии в породах разного типа. Так, в работе (Попов, Лисицкая, Поспелова, 2014) отмечается, что магматические породы у м. Фиолент отстают быстрее, чем мраморизованные известняки из-за наличия менее прочных включений и меньшей монолитности.

На сложенных флишами берегах абразия изменяется от 0 до 0,01–0,05–0,07–0,12 м/год (Рудько, Ерыш, 2006; Изучение оползней..., 1983; Разработка методических..., 1985). Наиболее активно отступают клифы между пляжами Серебряный и Золотой (Попов, Лисицкая, Пospelова, 2014). По данным (Горячкин, Федоров, 2019) интенсивность абразии в пределах Микро- и Мегало-Яло составляет от 0,1 до 0,3 м/год, что подтверждает наблюдаемое нами многолетнее сокращение ширины пляжа Золотой. В делювиальном слое абразия может достигать 0,2–2,5 м/год (Шуйский, 2000).

У уреза воды в зонах трещиноватости известняков на обрывистых и берегах с узким пляжем прибойным потоком выработаны абразионные ниши высотой и глубиной до 1,0–2,0 м, а также гроты шириной и длиной до 10,0 м. Гроты встречаются под массивом Кая-Баш (Котово) и у Василевой бухты (оба – надводные), у м. Балаклавский (полузатопленный) (Попов, Лисицкая, Пospelова, 2014). Абразионные гроты формируются и в вулканических породах. Так, у м. Лермонтова волнами пробит сквозной грот Дианы протяженностью 10,0–15,0 м. Своды его надводной части высотой около 10,0 м; глубина в подводной части – 12,0–14,0 м (Ялта: путеводитель..., 2019). В скале-островке Орест у м. Фиолент имеется сквозной подводный грот протяженностью около 15,0 м, вход в который расположен на глубине 13,0 м (Ялта: путеводитель..., 2019).

Сели. В условиях горного рельефа в периоды интенсивного выпадения осадков на участках развития рыхлых отложений могут формироваться сели, материал которых аккумулируется на берегу и подводном склоне. Так, во время сильных дождей под плато Кая-Баш возможен сход в море водокаменных селей (Опасные обрушения..., 2013). По материалам А.Н. Олиферова (2005), между урочищем Аязьма и м. Айя отмечается средняя степень селевой опасности. Согласно (Горячкин, Федоров, 2019), в пределах урочища Аязьма при значительных осадках происходят селеподобные выносы в пляжную зону. Селеопасный участок расположен в ущелье урочища Кокия у м. Айя, где 5 июля 1980 г. после ливневых дождей был зафиксирован мощный селевой поток. Образовавшийся паводок размыл отложения притальвежных осыпей и обвалов и трансформировался в селевой вал высотой около 4,0 м. Общий объем выноса обломочного материала из дресвы, щебня и глыб в урочище «Затерянный мир» составил 5,0 тыс. м³ или 9,0 тыс. т (Клюкин, 2005).

Эрозия. Процессы эрозии имеют ограниченное распространение на береговых склонах из флишевых отложений (урочища Микро- и Мегало-Яло) и представлены плоскостной и линейной эрозией поверхностными (преимущественно, атмосферными) водами. Усилению эрозионных процессов способствуют антропогенные пожары, уничтожающие склоновую растительность. Скорости плоскостного смыва флишей составляют от 0,1 до 0,13 м/год (Разработка методических..., 1985). В результате развития процессов эрозии прибрежные склоны приобретают характерный вид ландшафтов типа «бедленд».

Карст. Согласно районированию, берега расположены в пределах Севастопольского и Байдаро-Балаклавского карстовых районов Предгорно-Крымской и Горно-Крымской карстовых областей соответственно (Вахрушев, 2009). В карбонатных породах развиваются карстово-суффозионные процессы и образуются гроты. Через них происходит субмаринная разгрузка подземных вод.

Полузатопленные и подводные карстово-суффозионные гроты встречаются у м. Айя (рис. 3, справа). Максимальных размеров достигает грот, расположенный в 100,0 м от м. Пелекетто наибольшей шириной 8,0 м и длиной 40,0 м (Юровский, Байсарович, Щетинин, Кондратьев, 2000). Дебит субмаринной разгрузки пресных вод через грот составляет 2,0–10,0 тыс. м³/сут (Кондратьев, Прусов, Юровский, 2010).

Особую угрозу экзогенные геологические процессы представляют для растительных сообществ и ландшафтов особо охраняемых природных территорий

(ООПТ) между мысами Виноградный и Айя: государственных природных ландшафтных заказников «Мыс Фиолент», «Караньский» и «Мыс Айя». В прибрежной зоне этих ООПТ развиваются оползни, обвалы, осыпи, денудация, камнепады, абразия, селевые явления (Ежегодный доклад..., 2018). В частности, площадь обвально-оползневых участков в пределах ландшафтного заказника «Мыс Фиолент» составляет 14,9 га или 40% территории. Восточнее м. Фиолент обвально-оползневые участки объединены в семь систем, в границах которых растут сообщества краснокнижных можжевельника высокого и фисташки туполистной (Новиков, Каширина, Белоконь, 2014).

С конца прошлого века отмечается рост количества опасных экзогенных геологических процессов на рассматриваемом побережье (рис. 5), что обусловлено, в первую очередь, интенсификацией хозяйственной деятельности в прибрежной зоне. Обобщение и анализ экзогенных событий за период с начала 80-х гг. прошлого века позволил установить, что наибольшую частоту среди них имеют обвалы и камнепады. В течение года обвалы и камнепады происходят, преимущественно, в летний период, оползни – в осенне-зимний. Угроза опасных экзогенных процессов заключается в их способности происходить внезапно и выражаться экстремальными показателями. Наибольшее количество опасных экзогенных событий наблюдается в окрестностях мысов Фиолент и Айя.

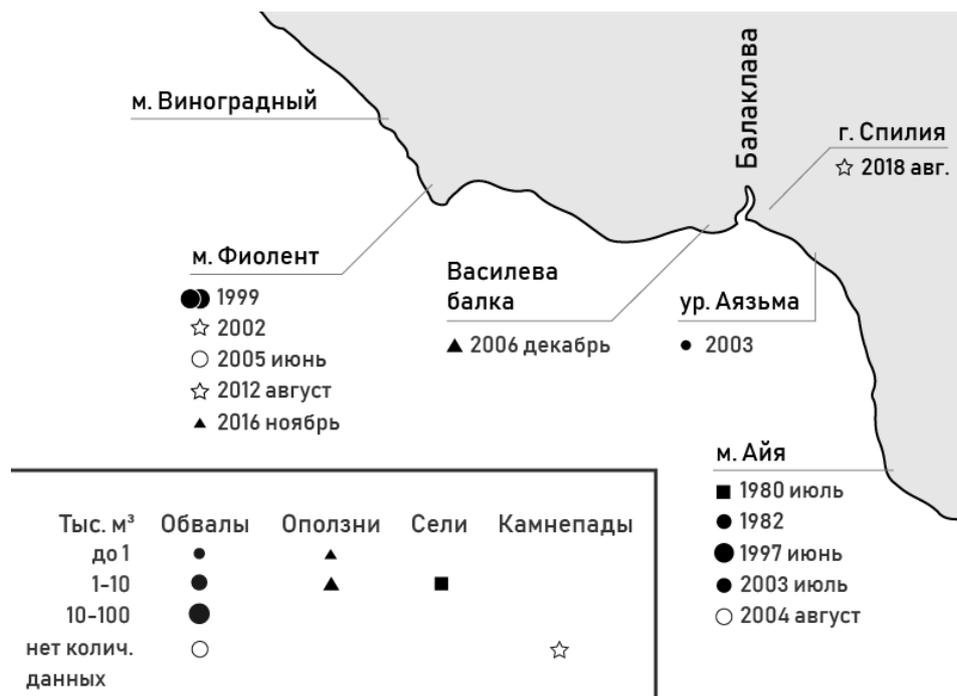


Рис. 5. Основные характеристики и активность опасных экзогенных геологических процессов между м. Виноградный и м. Айя

Для стабилизации берегов необходим контроль всех видов хозяйствования в границах водоохранной зоны моря шириной 500,0 м в соответствии со ст. 65 Водного кодекса РФ. Кроме того, на наиболее опасных участках побережья в районах м. Фиолент, высот Кая-Баш, Караньского плато и м. Айя целесообразно проведение противооползневых, противообвальных, противокамнепадных и противоселевых мероприятий. Например, на оползневых склонах Василевой балки комплекс действий должен включать регулирование поверхностного стока, дренаж обводненных горных пород, создание лесонасаждений. Неустойчивые склоны на обвалоопасных участках у м. Фиолент следует укреплять анкерами, сетками и др.

Важным является восстановление сети мониторинга экзогенных процессов на побережье в масштабах, существовавших до 2008 г., когда велись аэровизуальные, наземные визуальные, полуинструментальные и инструментальные наблюдения за обвалами и камнепадами у Балаклавы и м. Айя (Доклад «О состоянии...», 2017), а также ее расширение на соседние динамичные участки. Это позволит отслеживать динамику опасных экзогенных процессов и прогнозировать их активизацию.

В связи с ростом травмирования людей на изучаемом побережье остаются актуальными вопросы: создания безопасных зон отдыха (стоянок, пляжей); информирования населения и туристов об участках возможного развития опасных экзогенных процессов; размещения предупредительных, ограничительных и запрещающих знаков и ограждений на местности; распространения среди населения и туристов знаний о необходимости соблюдения техники безопасности во время прогулок и походов. Указанные меры позволят взять под частичный контроль развитие опасных экзогенных геологических процессов в регионе и обеспечить безопасность людей на побережье.

Выводы

Между м. Виноградный и м. Айя формируются около 15 естественных карманных пляжей максимальной шириной 20,0 м и общей протяженностью 3,5 км. Они имеют, преимущественно, песчано-галечный, гравийно-галечный и галечно-валунный гранулометрический состав. В устье Василевой балки из материала отвалов Псилерахского карьера образовался антропогенный пляж шириной 20,0–50,0 м и длиной около 200,0 м. Согласно полевым измерениям авторов и анализу фотоматериалов, средняя скорость роста пляжа Васили за период 2006–2016 гг. составила 1,6–2,5 м/год.

Берега между мысами Виноградный и Айя являются довольно устойчивыми благодаря высокой прочности слагающих их пород. Тем не менее, значительная высота побережья в совокупности с гидрометеорологическими факторами и интенсификацией различных видов хозяйствования создают потенциальные условия для развития здесь опасных и неблагоприятных экзогенных геологических процессов.

На берегах из прочных пород распространены оползни, обвалы, камнепады, осыпи, денудация, сели, карст; из флишей – абразия, оползни, обвалы, осыпи, камнепады, денудация, эрозия и сели. Скорости абразии изменяются от 0–0,005 м/год на берегах из прочных пород до 0,2–2,5 м/год в делювии флишей. Ведущими факторами активизации прибрежных оползней являются абразия и антропогенная деятельность. Усилению эрозии способствуют антропогенные пожары.

С конца XX в. на рассматриваемом побережье отмечается рост частоты проявления опасных экзогенных геологических процессов, обусловленный, в первую очередь, смещением хозяйственной деятельности к береговой линии. Анализ экзогенных событий за период с начала 80-х гг. прошлого века позволил установить, что наибольшей частотой отличаются обвалы и камнепады. При этом, в годовом цикле развитие обвалов и камнепадов приурочено, главным образом, к летнему периоду, оползней – осенне-зимнему. Наибольшая активность экзогенных процессов отмечается в окрестностях мысов Фиолент и Айя.

Угроза опасных экзогенных геологических процессов заключается в их способности происходить внезапно и выражаться экстремальными показателями. Среди самых крупных экзогенных событий на описываемом побережье выделяются: сель в ущелье урочища Кокия у м. Айя объемом 5,0 тыс. м³ (июль 1980 г.); обвал в южной части урочища «Затерянный мир» у м. Айя объемом около 90,0 тыс. м³ (июнь 1997 г.); обвал у базы отдыха «Каравелла» близ пос. Фиолент объемом 40,0 тыс. м³

(конец 1999 г.); оползень в Василевой балке у Балаклавы объемом около 500,0 тыс. м³ (декабрь 2006 г.).

Для контроля динамики экзогенных процессов и обеспечения безопасности в прибрежной зоне необходимы: восстановление и расширение сети наблюдений за экзогенными процессами; проведение противооползневых, противообвальных, противоселевых и прочих берегозащитных мероприятий; информирование населения и туристов о районах развития опасных экзогенных процессов; размещение предупредительных, ограничительных и запрещающих знаков и ограждений на местности.

Список литературы

1. *Агаркова-Лях И.В.* Парагенетические ландшафтные комплексы береговой зоны моря (на примере черноморского побережья Крыма): Дис. ... канд. геогр. наук. – Симферополь, 2006. – 205 с.
2. *Агаркова-Лях И.В.* Развитие экзогенных геологических процессов в береговой зоне Крыма от м. Лукулл до м. Константиновский // Системы контроля окружающей среды. – 2017. – Вып. 10 (30). – С. 58–67.
3. *Агаркова-Лях И.В.* Современное состояние береговой зоны Севастопольского региона и особенности ее антропогенного преобразования // Культура народов Причерноморья. – 2007. – № 118. – С. 7–13.
4. *Агаркова-Лях И.В., Лях А.М.* Состояние берегов и экзогенные геологические процессы между м. Константиновский и м. Виноградный на Юго-Западном побережье Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия География. Геология. – 2019. – Т. 5 (71). – №2. – С.119-131.
5. *Агаркова-Лях И.В., Скребец Г.Н.* Ландшафтная карта береговой зоны черноморского побережья Крыма // Ученые записки Таврического Национального Университета им. В.И. Вернадского. Серия «География». – 2007. – Т. 20 (59). – № 2. – С. 283–291.
6. *Вахрушев Б.А.* Районирование карста Крымского полуострова // Спелеология і карстологія. – 2009. – №3. – С. 39–46.
7. *Геолог предсказал обрушение скального массива над пляжем Васили в Севастополе. В. Илларионов. ForPost. Новости Севастополя. 04 августа 2018.* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sevastopol.su/news/geolog-predskazal-obrushenie-skalnogo-massiva-nad-plyazhem-vasili-v-sevastopole> (дата обращения: 28.07.2019).
8. *Горячкин Ю.Н., Федоров А.П.* Оползни Севастопольского региона. Часть 2. Гераклеийский по-ов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2018. – Вып. 2. – С. 4–12.
9. *Горячкин Ю.Н., Федоров А.П.* Оползни Севастопольского региона. Часть 3. Мраморная балка – м. Айя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2019. – Вып.1. – С. 4–15.
10. *Доклад «О состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2016 году».* – Ижевск: ООО «Принт-2», 2017. – 300 с.
11. *Долотов В.В., Иванов В.А.* Повышение рекреационного потенциала Украины: кадастровая оценка пляжей Крыма. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2007. – 194 с.
12. *Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города федерального значения Севастополя за 2015 год* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ecosev.ru/images/gosdoklad/gosdoklad_Sev_2015.pdf (дата обращения: 28.10.2017).

13. *Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2016 год. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ecosev.ru/images/gosdoklad/converted_file_eb8f7bea.pdf (дата обращения: 20.07.2019).
14. *Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2017 год. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecosev.ru/ekologicheskoe-sostoyanie-sevastopolya/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchej-sredy-goroda-sevastopolya/2121-prikaz-pr-298-ot-15-06-2018-ob-utverzhdanii-ezhegodnogo-doklada-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchej-sredy-goroda-sevastopolya-2017-god> (дата обращения: 10.08.2019).
15. *Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2018 год. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecosev.ru/ekologicheskoe-sostoyanie-sevastopolya/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchej-sredy-goroda-sevastopolya/2630-ezhegodnyj-doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchej-sredy-goroda-sevastopolya-za-2018-god> (дата обращения: 28.07.2019).
16. *Зенкович В.П.* Берега Черного и Азовского морей. – М.: Географиздат, 1958а. – 374 с.
17. *Зенкович В.П.* Морфология и динамика Советских берегов Черного моря. В 2 т. Т.1. – М.: АН СССР, 1958б. – 216 с.
18. *Зенкович В.П.* Морфология и динамика Советских берегов Черного моря. В 2 т. Т.2. – М.: АН СССР, 1960. – 216 с.
19. *Игнатов Е.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д.* Морские берега Крыма // Геоморфология. – 2016. – №1. – С. 55–63.
20. *Игнатов Е.И., Орлова М.С., Санин А.Ю.* Береговые морфосистемы Крыма. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – 266 с.
21. *Изучение оползней Крымской области за 1976–1980 гг. и 1981–1982 гг.: отчет / исполн. И.Ф. Ерыш.* – Симферополь: Крымская гидрогеологическая экспедиция 1983. – 100 с.
22. *Изучение условий развития экзогенных геологических процессов береговой зоны Крымского полуострова: отчет / исполн. Ю.П. Лукьянов.* – Симферополь: ГПП «Крымгеология», 1993. – 100 с.
23. *Клюкин А.А.* Экстремальные проявления неблагоприятных и опасных экзогенных процессов в XX веке в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2005. – Вып.1. – С. 27–38.
24. *Клюкин А.А.* Экзогеодинамика Крыма. – Симферополь: Таврия, 2007. – 320 с.
25. *Кондратьев С.И., Прусов А.В., Юровский Ю.Г.* Наблюдения субмаринной разгрузки подземных вод (Южный берег Крыма) // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 1. – С.32–45.
26. *Корженевский Б.И., Борисенко Л.С., Корженевский И.Б. и др.* Литологический контроль гравитационных процессов в Горном Крыму // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Геол. – 1989. – Т. 64. – Вып. 7. – С.45–52.
27. *Крупнейший техногенный оползень Крыма. Илларионов В.* *Онлайн-версия информационной газеты «Слава Севастополя».* 14.12.2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://slavasev.ru/2006.12.14/view/14556_krupneyshiy-tehnogennyu-opolzen-kryuma.html (дата обращения: 12.12.2016).

28. *Лазуцкая Н.Ф.* Общественно-географическое обоснование развития рекреационного водопользования в г. Севастополь: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Симферополь, 2014. – 23 с.
29. *Луговой Н.Н.* Типизация, районирование и состояние морских берегов Севастополя // Геоморфологи: к юбилейному XXXV Пленуму Геоморфологической комиссии РАН в Симферополе / Под ред. М.Е. Кладовщиковой, Э.А. Лихачевой. Т. 7. – М.: Медиа-Пресс, 2016. – С. 131–142.
30. *Мыс Лермонтова с гротом Дианы. Ялта: путеводитель и справочная информация* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.jalita.com (дата обращения: 01.08.2019).
31. *Муратов М.В.* Руководство по учебной геологической практике в Крыму», Т. II. – М.: Недра, 1973. – 192 с.
32. *На мысе Фиолент обрушился берег. ForPost. Севастопольский новостной портал. 02.12.2016* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sevastopol.su/news.php?id=92544> (дата обращения: 26.12.2016).
33. *На мысе Фиолент произошел очередной обвал земли. С. Степанов. РИА Новый день. 13.06.2005* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://newdaynews.ru/crimea/29262.html> (дата обращения: 26.12.2016).
34. *Новиков А.А., Каширина Е.С., Белоконь В.В.* Геолого-геоморфологические опасные процессы как факторы угроз для особо охраняемых природных территорий г. Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2014. – Вып. 29. – С. 61–69.
35. *Обвал скалы в районе мыса Айя (Украина): гражданину России оторвало руку. ИА REGNUM. 24.08.2004* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://regnum.ru/news/312486.html> (дата обращения: 26.06.2019).
36. *Олиферов А.Н.* Селевые потоки в Крыму и Карпатах. – Симферополь: Доля, 2005. – 175 с.
37. *Опасные обрушения берегов. Меридиан. Севастополь. 06.04.2013* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meridian.in.ua/news/10225.html> (дата обращения: 26.06.2019).
38. *Орлова М.С.* Морские берега Крыма как ресурс рекреации (на примере берегов Западного Крыма): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – М., 2010. – 26 с
39. *Попов М.А.* Геоморфологический очерк залива Мегало-Яло и Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2006. – Вып. 14. – С. 209–214.
40. *Попов М.А., Лисицкая Е.В., Поспелова Н.В.* Ландшафтное и биологическое разнообразие залива Мегало-Яло (Крым, Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2014. – Вып. 28. – С. 214–219.
41. *Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР* / Под ред. А.И. Шеко, В.С. Круподерова. – М.: Недра, 1979. – 239 с.
42. *Разработка методических основ моделирования карста и абразии в Крыму: отчет* / Т.З. Текст. Институт минеральных ресурсов. – Симферополь, 1985. – 167 с.
43. *Романюк О.С.* Пляжи Крыма, их генезис и перспективы практического использования: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Симферополь, 1968. – 32 с.
44. *Рудько Г.И., Ерыш И.Ф.* Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты). – К.: Задруга, 2006. – 624 с.
45. *Сейсмику Крыма никто не отменял, и оползни не покинули Севастополь. В. Илларионов. Крымский новостной портал Информер. 03.2016* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://guinformer.com> (дата обращения: 03.12.2017).

46. *Современное состояние береговой зоны Крыма: атлас-монография* / Под ред. Ю.Н. Горячкина. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. – 252 с.
47. *Составить кадастр надводной части берегов Крыма применительно к масштабу 1:200 000: отчет* / Крымская гидрогеологическая экспедиция, Институт минеральных ресурсов; отв. исполн. О.С. Романюк. – Симферополь, 1988.
48. *Штенгелов Е.С.* С какой скоростью отступает обрыв Южного берега Крыма? // Природа. – 1970. – № 8. – С.
49. *Шуйский Ю.Д.* Процессы и скорости абразии на украинских берегах Черного и Азовского морей // Известия АН СССР. Серия география. – 1974. – №6. – С.108–117.
50. *Шуйский Ю.Д.* Питание обломочным материалом северо-западного и крымского районов шельфа Черного моря // Исследование динамики рельефа морских побережий. – М.: Наука, 1979. – С. 89–97.
51. *Шуйский Ю.Д.* Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 240 с.
52. *Шуйський Ю.Д.* Типи берегів Світового океану. – Одеса: Астропринт, 2000. – 480 с.
53. *Юровский Ю.Г., Байсарович И.М., Щетинин Ю.Т., Кондратьев С.И.* Мониторинг субмаринных источников в районе м. Айя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2000. – Вып. 7. – С. 46–52.

**THE STATE OF THE COASTS AND THE DEVELOPMENT OF EXOGENOUS
GEOLOGICAL PROCESSES ON SOUTH-WESTERN COASTS OF CRIMEA FROM
CAPE VINOGRADNIY TO CAPE AYA**

Agarkova-Lyakh I.V.¹, Lyakh A.M.²

¹*Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russian Federation
e-mail: iva_crimea@mail.ru*

²*A.O. Kovalevsky Institute Marine Biological Researches of RAS, Sevastopol, Russian Federation
e-mail: me@antonlyakh.ru*

The history of the study of the southwestern part of the Crimean coast between Cape Vinogradny and cape Aya within the boundaries of Sevastopol is considered. The conditions determining the current state of the coasts, the nature and dynamics of exogenous geological processes are described. Morphometric characteristics of the beaches that are formed here, their genesis, granulometric and material composition are described. The activities of development and spreading of abrasion, landslides, landslips, screes, rockfalls, denudation, mudflows and karst are estimated. On the basis of available data, the quantitative and qualitative characteristics of the most significant exogenous geological events on the coast for the period from the beginning of the 80s to present are summarized. Actions to improve safety in the coastal zone and control the dynamics of dangerous exogenous processes are proposed.

Keywords: coastal monitoring, beaches, abrasion, landslides, landslips, rockfalls.

Поступила в печать 28.05.2019 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Агаркова-Лях Ирина Владимировна
Кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории экологических проблем природопользования, ФГБНУ «Институт природно-технических систем», e-mail: iva_crimea@mail.ru
- Бармин Александр Николаевич
Доктор географических наук, профессор, декан геолого-географического факультета, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», e-mail: abarmin60@mail.ru
- Белецкая Марина Александровна
Техник, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН»,
e-mail: marinabeletskaya9@gmail.com
- Валов Михаил Викторович
Кандидат географических наук, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и БЖД, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»,
e-mail: m.v.valov@mail.ru
- Василец Вера Евгеньевна
Инженер лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН»
- Горбунов Роман Вячеславович
Временно исполняющий обязанности директора, ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», e-mail: karadag_station@mail.ru
- Горбунова Татьяна Юрьевна
Научный сотрудник научно-исследовательского центра геоматики, ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», e-mail: gorbunovatyu@gmail.com
- Ерошкина Олеся Сергеевна
Аспирант кафедры экологии, природопользования, землеустройства и БЖД, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», e-mail: aterina.erek@mail.ru
- Ларин Андрей Валерьевич
Магистрант кафедры экологии, природопользования, землеустройства и БЖД, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», e-mail: larin66@mail.ru
- Лисицкая Елена Васильевна
Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», e-mail: e.lisitskaya@gmail.com
- Лях Антон Михайлович
Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биофизической экологии, ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН»,
e-mail: me@antonlyakh.ru
- Мальцев Владимир Иннокентьевич
Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии и физиологии гидробионтов, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН», e-mail: maltsev1356@gmail.com

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Писарева Аза Валерьевна	Кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-технического менеджмента ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», e-mail: pavpav.06@mail.ru
Пробст Екатерина Николаевна	Магистрант кафедры экологии, природопользования, землеустройства и БЖД, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет»
Раскатов Вячеслав Андреевич	Кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», e-mail: raskatovv@list.ru
Силкин Юрий Александрович	Кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биохимии и физиологии гидробионтов, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН», e-mail: ysilkin@mail.ru
Силкина Елизавета Николаевна	Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»
Смирнов Виктор Олегович	Кандидат географических наук, учёный секретарь Научно-образовательного центра ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», e-mail: svo.84@mail.ru
Степанова Лидия Павловна	Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, агрохимии и агропочвоведения, ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», e-mail: step.lp@yandex.ru
Трощенко Олег Александрович	Кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», e-mail: oleg_tr59@mail.ru
Яковлева Елена Валерьевна	Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности, ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина», e-mail: elenaValerevna79@ya.ru

**Ассоциация по сохранению и восстановлению редких и исчезающих животных
«ЖИВАЯ ПРИРОДА СТЕПИ»
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«КАРАДАГСКАЯ НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ им. Т.И.ВЯЗЕМСКОГО –
ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК РАН»**

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

Основан в мае 2016 г.

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

Научное издание

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

**Утверждено к печати Учёным советом
федерального государственного бюджетного учреждения науки «Карадагская
научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»
(протокол № 5 от 10 июня 2019 г.)**

**Главный редактор: Р. В. Горбунов, канд. геогр. наук
Заместитель главного редактора: В. И. Мальцев, канд. биол. наук
Технические редакторы: Е. А. Петлюкова, Л. В. Знаменская**

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 10,25. Тираж 100 экз. Заказ № 11А/09.

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