

УДК 504.064.3:574(269)

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ

Э.З. Самышев

*Институт биологии южных морей НАН Украины, пр. Нахимова, 2, 99011 Севастополь
esamyshev@mail.ru*

Реферат. На основе экологического мониторинга в первом приближении получено целостное представление о структурной организации водной экосистемы в малоизученной прибрежной зоне, прилегающей к Украинской антарктической станции. Структура и функционирование биоты определяются специфической ответной реакцией её экологически разных элементов на ряд лимитирующих факторов. Известная несбалансированность антарктического планктона по трофическим взаимоотношениям сообществ усугубляется кратковременностью вегетационного периода, активным обменом вод прибрежья с открытым океаном и загрязнением среды. В результате при обилии фито- и бактериопланктона слабое развитие получает мезозoopланктон, а значительная доля первичного вещества поступает на дно, обуславливая интенсивное развитие донной фауны. Выявлена аккумуляция тяжелых металлов разной токсичности в организмах массовых видов фито-зообентоса, макропланктона и рыб. Ингибирующее влияние загрязнения проявляется в подавлении процесса воспроизводства криля, популяция которого является зависимой, пополняемой приносом из других районов. Интенсивность этого пополнения и локализация максимумов его численности определяют кормовые условия организмов – потребителей рачка.

Ключевые слова: экологический мониторинг, водные экосистемы, Украинская антарктическая станция

The Features of Structure and Functioning of the Ecosystem in Region of the Ukrainian Antarctic Station (UAS) Academician Vernadsky. Ernest Z. Samyshev

Abstract. Because of ecological monitoring the integral picture of structural organization of aquatic ecosystem in an insufficiently known coastal area adjoining to the Ukrainian Antarctic station is obtained in the first approaching. A structure and functioning of biota is determined by the specific response reaction of its ecologically different elements on the line of limiting factors. The known unbalanced of Antarctic plankton on trophic relationships deepens by the briefness of vegetation period, active exchange of coastal waters with the opened Ocean and contamination of environment. As a result under plenty phyto- and bacterioplankton there is weak development of mesozooplankton, and the significant share of primary matter arrives on bottom, stipulating intensive development of bottom fauna. The accumulation of heavy metals of different toxicity by organisms of mass species of phyto- and zoobenthos, macroplankton and fishes is revealed. The inhibiting impact of pollution appears in suppression of process of reproduction of krill. Its population in this region is dependent, replenishing by transport of water masses from other regions. The intensity of this replenishment and localization of maxima of number of krill determine the food conditions for organisms-consumers of these crustaceans.

Key words: Ecological Monitoring, Aquatic Ecosystem, Ukrainian Antarctic Station

1. Введение

Несмотря на более чем полуторавековую историю исследований Антарктики, в большей части локальных прибрежных зон структура водных экосистем остаётся малоизученной. Не составляет исключения и регион Украинской антарктической станции. В связи с этим там, начиная с 1997 г., с первых украинских экспедиций, осуществлялись в разной мере комплексные экологические исследования. С учетом обнаружения в районе Аргентинских островов загрязнённости вод и грунта тяжелыми металлами и другими поллютантами

(Рясинцева и др., 1998; Бондарь и др., 2000) комплекс научных работ включал токсикологические исследования грунтов и массовых форм гидробионтов из разных систематических и экологических групп. С 2002 г. наблюдениями охвачены практически все основные компоненты гидробионтов, что позволяет получить искомое представление о структуре и функционировании изучаемой экосистемы и определиться с направлениями дальнейших исследований.

2. Материалы и методы

К анализу привлечены отчётные материалы по наиболее важным результатам океанографических, биологических и токсикологических исследований, отвечающих цели настоящей работы и выполненных под руководством и с участием автора согласно договорам с Национальным антарктическим научным центром при Министерстве образования и науки Украины (№ Н/3-2005 от 2 февраля 2005 г. и № Р/11-2007 от 17 января 2007 г.) по теме «Исследование изменений в популяции криля и в других компонентах пелагического сообщества Атлантической части Антарктики и оценка связи этих изменений с глобальными климатическими изменениями на Земле», а также опубликованные разными авторами сведения по обсуждаемой теме и некоторые материалы, не вошедшие в отчеты (см. далее).

Комплекс гидрологических исследований, в том числе наблюдения за течениями в межостровной зоне архипелага Аргентинские острова, выполнены в 1997, 1998, 2000 и 2002 гг. с помощью самописцев «АЦИТ» и «МГИ-1308», а также на основе расчетов навигационным методом с помощью компьютеризированного промерного комплекса (Ломакин, Скрипалёва, 2008). Сбор биологических материалов осуществлён на станциях с привязкой к схеме, приведенной на рис. 1, согласно «Перечню обязательных биологических сборов и наблюдений, которые выполняются на УАС Академик Вернадский» в период трёх зимовок (2002-2003, 2005-2006, 2006-2007 гг.) и в ходе сезонной работы в апреле 2005 г. Учёт птиц осуществлялся в периоды зимовок на о. Галиндез по установленным маршрутам. В соответствии с «Перечнем» по фиксированным пробам исследовались состав, обилие и распределение фитопланктона, бактериопланктона, макро- и мезозоопланктона, микрофитобентоса, макрофитобентоса, зообентоса. Кроме того, производились биологический анализ криля и рыб непосредственно после их отлова и биологические наблюдения за пингвинами в районе УАС.

Весь комплекс биологических работ осуществлялся стандартными методами, предусмотренными в вышеуказанном «Перечне».

Отбор проб грунта для токсикологических исследований произведен на островах Аргентинского архипелага (рис. 2, табл. 1), а биологических объектов и проб донных отложений – на станциях, прилежащих к острову Галиндез.

Подготовка проб и определения тяжелых металлов (*Cd*, *Cr*, *Cu*, *Pb*, *Zn*, *Hg*) в донных отложениях, а также и *Fe*, *Ni* и *As* в гидробионтах, проводились соответственно по РД 52.10.556-95 (Метод. указания ..., 1996) и по МВВ 081/12-16-98 (Метод. определения..., 1998).

Химические анализы выполнены методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией на спектрометре ААС-220G производства фирмы «Varian» (Австралия). Содержание *Hg* определялось методом «холодного пара» на ААС-220G с помощью ртутной приставки РП-1 (Reference Methods; Метод. указания ..., 1999).

Содержание общего органического вещества и золы в гидробионтах определялось методом озоления.

Суммарное содержание нефтеуглеводородов в донных отложениях определялось методом инфракрасной спектроскопии «Инфралом ФТ-02» по РД 52.10.556-95 (Метод. указания..., 1996).

Э.З. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

Подготовка проб грунтов для выявления хлорорганических пестицидов (ХОП) проводилась согласно Клисенко М.А. и Александровой Л.Г. (1983). Количественный анализ ХОП выполнялся на газовом хроматографе «Кристалл 2000 М», оснащённом кварцевой капиллярной колонкой длиной 60 м и детектором электронного захвата.

Гуминовые вещества в донных осадках определялись по Пинкиной Т.Ю. и Четверяковой О.П. (1980).

Содержание углерода органического вещества (Сорг) определялось по Потаповой Л.И. и др. (1980).

Содержание пигментов – каротиноидов и хлорофилла «а» – определялось по Кобленц-Мишке О.И. (1983).

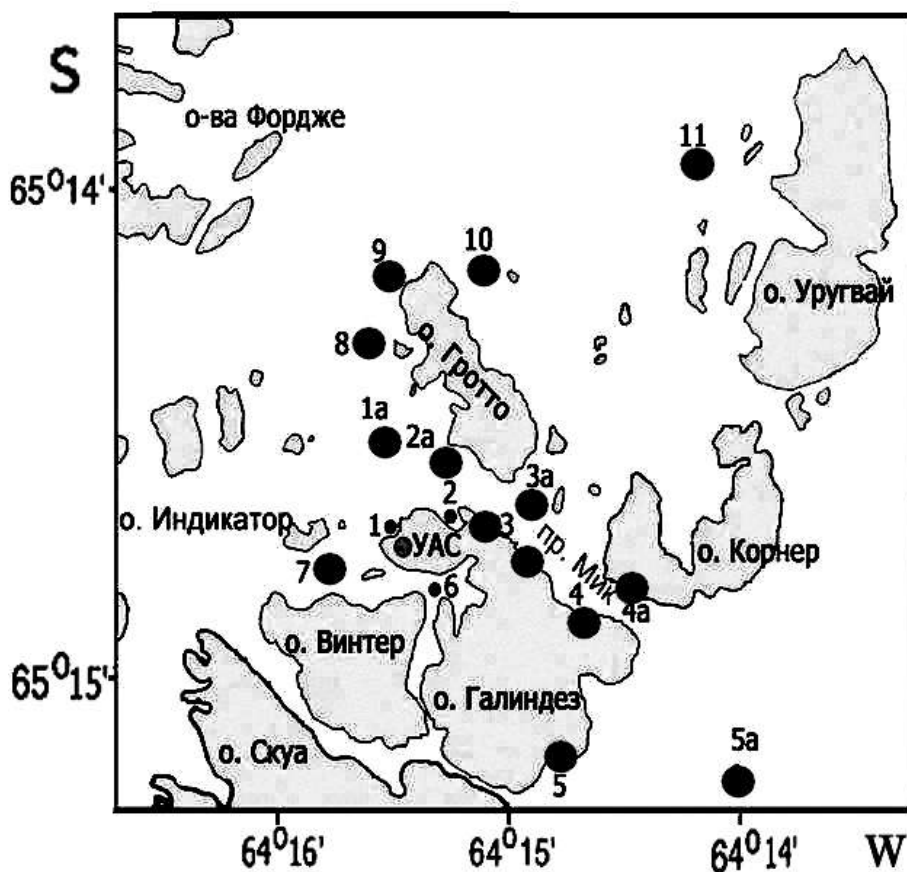


Рис. 1. Положение станций океанологических наблюдений (ст.ст. 1–11), отбора проб донных осадков и гидробионтов, в том числе для токсикологического обследования (ст.ст. 1–4а), в районе УАС Академик Вернадский

Относительная оценка (в %) загрязнённости грунта и донных отложений производилась с использованием сводки (Lindsay, 1979) по содержанию химических элементов в почвах, а содержания поллютантов в гидробионтах – по ПДК химических элементов в пищевых продуктах разной природы, приведённых Совгой Е.Е. (2005).

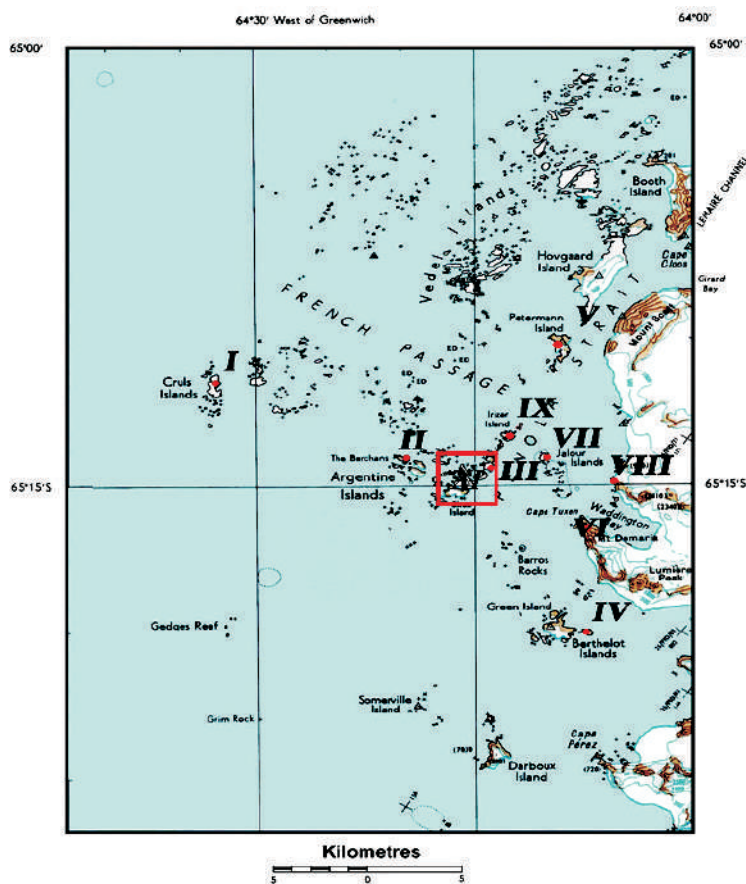


Рис. 2. Расположение точек отбора проб грунта для токсикологических исследований на Аргентинских островах. Номера районов обозначены римскими цифрами (см. табл. 1).

Таблица 1

Обозначения районов отбора проб на содержание тяжелых металлов в грунте на рис. 2

№ района	Название района	№ точки
	King George Isl.	1 – 5
I	Cruls Isl.	36
II	The Barchans	6, 7
III	Uruguay Isl.	37
IV	Bertelots islands	38
V	Petermann Isl.	39, 40
VI	Cape Tuxen	41, 42
VII	Jalour Islands	35, 43
VIII	Rasmussen Isl.	44 – 46
IX	Irizar Isl.	47, 48
X	Mario Pedro Isl.	49, 50
XI	Galindez Isl.	8 – 34

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Гидроструктура

Акватория региона Аргентинских островов характеризуется образованием в ней локальных циркуляций под влиянием ветровой деятельности, топогенных факторов и приливо-отливных процессов (Ломакин, Скрипалёва, 2008). Последние, являясь наиболее важным фактором, вызывающим изменчивость гидрофизических параметров среды в регионе в масштабе времени от нескольких суток до нескольких недель, обусловлены взаимодействием двух приливных волн полусуточного и суточного периодов. Полусуточная приливная волна приходит с севера, северо-запада, суточная распространяется с запада, северо-запада на восток, юго-восток. При приливе векторы течений направлены на юг, юго-восток (рис. 3.1), на фазе отлива – на север, северо-запад (рис. 3.2).

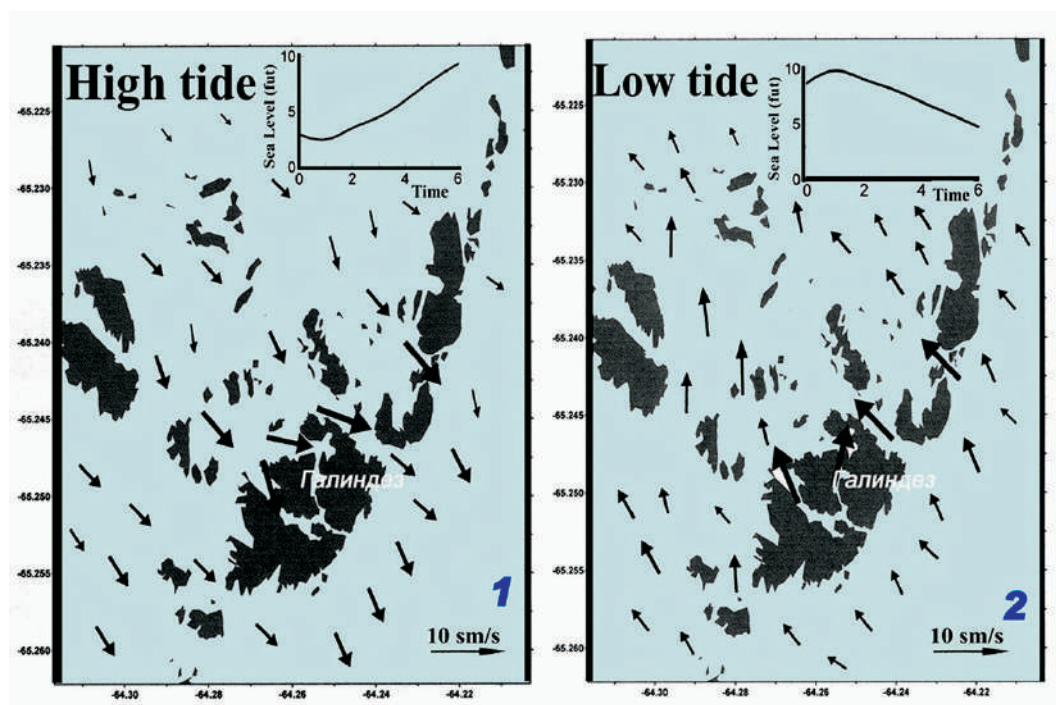


Рис. 3. Векторы течений на фазе прилива (1) и отлива (2) в районе Аргентинских о-вов. На врезке – ход уровня моря (в фут.) (Ломакин, Скрипалёва, 2008).

Скорости течений в обоих случаях в открытой акватории не превышают $4\text{--}5\text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$, возрастая в узкостях межостровных зон более чем вдвое. При этом приливные течения и генерируемые ими турбулентные токи не приводят к разрушению характерной для акватории слабой вертикальной стратификации термохалинного поля. То же отмечено и в отношении вертикальной кинематической структуры. При этом стонно-нагонные явления с дрейфовой составляющей остаточного течения приводят к разнонаправленным переносам в верхнем и придонном слоях вод.

Оптическими исследованиями установлено возрастание показателя ослабления света вблизи УАС в 5–8 раз по сравнению с фоном, характерным для удаленных зон района в целом.

Горизонтальная структура полей температуры и солёности межостровной акватории

определяется влиянием айсбергов и плавучих льдов и характеризуется мозаичностью и её изменчивостью.

Ограниченность проведенных исследований в пространстве не позволяет судить о степени связи изучаемого района с соседними районами. Вместе с тем изменчивость структуры доминантов среди биологических объектов в пелагиали исследуемого района (гаммарид, криля (см. далее)) позволяют предполагать существование явления адвекции вод из смежных районов.

3.2. Биология

3.2.1. Фитопланктон. По таксономическому составу и обилию в разные сезоны и годы он является наиболее изменчивым компонентом в планктоне, что обусловлено как вариабельностью условий среды, так и специфическими биологическими особенностями микроводорослей.

Исследованиями в 2002/2003 гг. в фитопланктоне выявлено 156 видов из 8 отделов. В 2006/2007 гг. – 114 видов из 7 отделов. При этом во втором случае обнаружено 26 видов, не встреченных в 2002/2003 гг. При всем разнообразии общая численность встреченных видов фитопланктона почти вдвое уступает таковой в Антарктике в целом (Samyshev, 2002). Вместе с тем в нём, как и в фитопланктоне океанической зоны, значительную часть видов составляют диатомовые (рис. 4) (*Chaetoceros*, *Fragillariopsis*, *Astermphalus*, *Coscinodiscus* и др.). Последние доминируют по биомассе в течение всего вегетационного периода и в разные годы – при высокой численности мелких жгутиковых летом, осенью и зимой.

Изменчивость гидрологических условий приводит к постоянному нарушению хода сукцессии фитопланктона: при регулярной смене течений происходит её обновление, при «застое» – массовое развитие и диатомовых, и мелких жгутиковых (*Dunaliella*, *Pyramimonas*, *Cryptomonas*) и золотистых (*Phaeocystis*) водорослей. В последнем случае общая биомасса водорослей возрастала более чем на порядок. Умеренное развитие водорослей, характерное для большей части года, в иных случаях характерно и для вегетационного периода (как, например, в 2007 г.) (рис. 5).

Рис. 4. Таксономическая структура (%) фитопланктона в прибрежных водах района УАС (2002/2003 гг.) по Кузьменко Л.В. (2006)

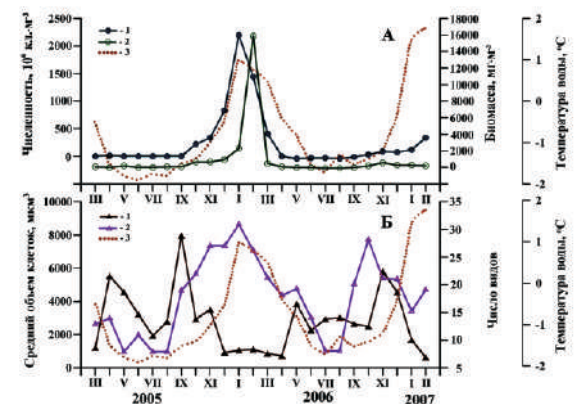


Рис. 5. Сезонная и межгодовая изменчивость в фитопланктоне и температуры воды у УАС по Кузьменко Л.В. (2007, 2008). А-1 – численность, 2 – биомасса, 3 – температура воды; Б-1 – средний размер клеток, 2 – число видов.

3.2.2. Мезозоопланктон. Мезозоопланктон в районе УАС является самым бедным по обилию (рис. 6). В нём зарегистрировано 40 таксонов разного уровня, представленных большей частью копеподами (р.р. *Oithona*, *Stephos*, *Ctenocalanus*, *Metridia*, гарпактикоидами), личинками полихет. При проявляющихся признаках сезонного хода изменчивость состава и обилия мезозоопланктона имеет явно выраженный случайный характер. Колебания его численности и биомассы соответственно в пределах 0–310 экз.м⁻³ и 0–4,5 мг.м⁻³ свидетельствуют как об активном водообмене района с открытыми водами, так и об ингибирующем воздействии токсикантов в среде. О роли последнего фактора свидетельствует отсутствие в уловах зоопланктона личинок крыля *Euphausia superba* на ранних стадиях развития (см. далее).

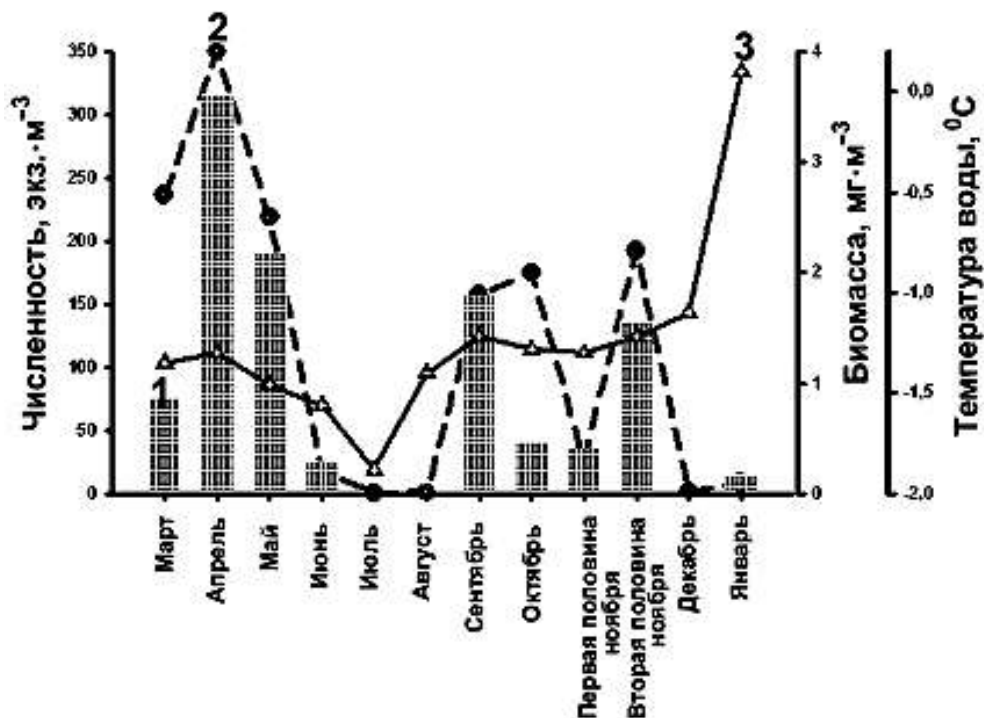


Рис. 6. Сезонная изменчивость обилия мезозоопланктона и температуры воды у поверхности в районе УАС (по Поповой Е.В., Мельник Т.А.). 1 – численность, 2 – биомасса, 3 – температура воды

3.2.3. Бактериопланктон. Воды района характеризуются сравнительно обильным развитием бактериопланктона, претерпевая сезонную изменчивость в пределах 0,6–3,0 и более млн. кл.*мл⁻¹ с тенденцией снижения среднегодовой численности, близкой к таковой осенью, согласуясь с трендом обилия фитопланктона (Серёгин, 2009).

Обилие бактериопланктона вообще характерно для антарктических вод (Samyshev, 2002). Его биомасса в зависимости от сезона составляет от 60 до 85% биомассы фитопланктона, а продукция – от 37 до 63% первичной продукции (ПП) водорослей.

Однако при этом установлено, что измеренные величины ПП на порядок уступают реальным, в связи с чем и наблюдается резкая несбалансированность трофических отношений в системе, приводящая к образованию «остатка».

3.2.4. Микрофитобентос. Микрофитобентос представлен 60 видами, принадлежащими к отделам *Bacillariophyta* – 50 видов, *Chlorophyta* – 4 вида, *Chrysophyta* – 2 вида, *Cyanophyta* – 2, *Dinophyta* – 1, а также два вида морских грибов (рис. 7).

На протяжении года на твердых субстратах (поверхностях каменистого грунта и талломах водорослей-макрофитов) доминируют колонии и одинокие клетки диатомей, а также отдельные эпифитные виды *Cocconeis spp.*

Состояние сообщества микрофитобентоса может служить биоиндикатором состояния окружающей среды и всей экосистемы в целом.

Возле УАС отмечены поражения клеток массовых диатомовых водорослей *Fragilaria* и *Licmophora* морскими грибами *Rhizophydium fragilariae* и *Ectrogella perforans* и случаи повреждения форм и структурных элементов створок *Cocconeis*, что свидетельствует о наличии загрязнения.

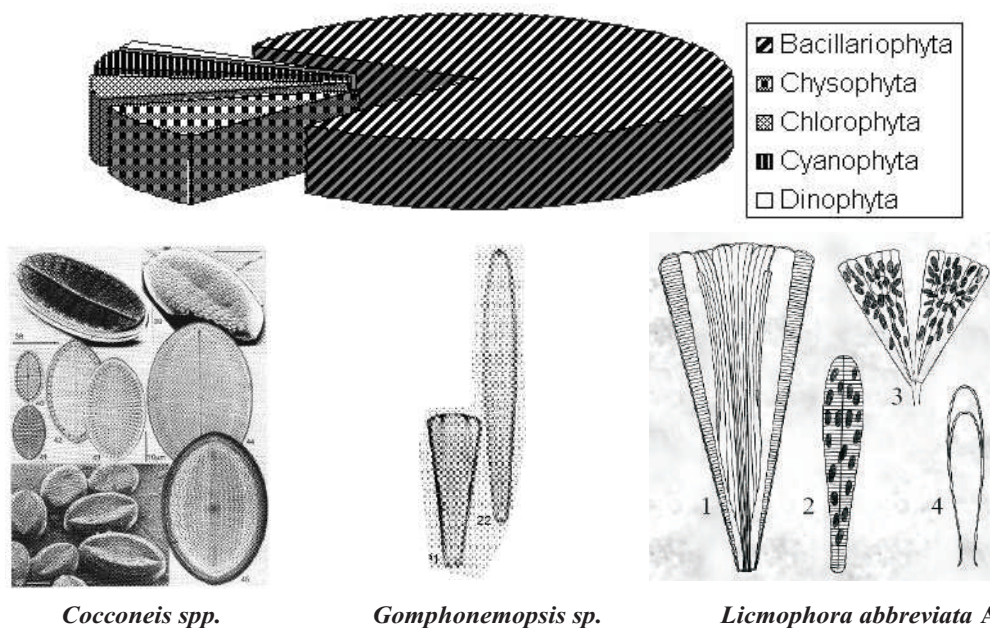


Рис. 7. Состав и массовые виды микрофитобентоса (2002/2003 гг.) (Рябушко, 2005, 2005 а)

3.2.5. Макрофитобентос. Морская бентосная флора в районе УАС характеризуется низким видовым разнообразием. Выявлено более 20 видов макроводорослей из трех отделов – *Chlorophyceae*, *Phycophyceae*, *Rhodophyceae* (Мильчакова та ін., 2006, 2008; Міронова, 2007). В прибрежной зоне наиболее часто встречаются: из зеленых водорослей *Monostroma hariotii*, из красных – *Curdia racovitzae*, *Iridea obovata* и *Leptosomia simplex*. На глубоководье доминируют бурые водоросли *Cystoseira sp.* и *Desmarestia menziesii* и красные – *Kallymenia antarctica* и *Delisea pulchra*. Предполагается, что лёд является основным фактором, влияющим на прикрепление к субстрату и распределение морских водорослей. Наиболее богатыми по видовому составу являются *Rhodophyceae*. Наименее – *Chlorophyceae*. При этом Ивановым А.М. и Миничевой Г.Г. (1998) на участке, непосредственно примыкающем к станции, выявлено увеличение индексов поверхности макрофитов в зоне хозяйственно-бытовых стоков, что свидетельствует о локальном загрязнении.

3.2.6. Зообентос. Зообентос в районе УАС по Бондареву И.П. (2008) характеризуется сравнительно высоким видовым разнообразием. Всего определено до вида 37 представителей донной фауны.

В литоральной зоне по численности и биомассе доминируют моллюски (рис. 8). При этом численность представителей класса *Bivalvia* составляет 51%, а *Gasropoda* – 33%. По биомассе на литорали абсолютным доминантом являются гастроподы (89%).

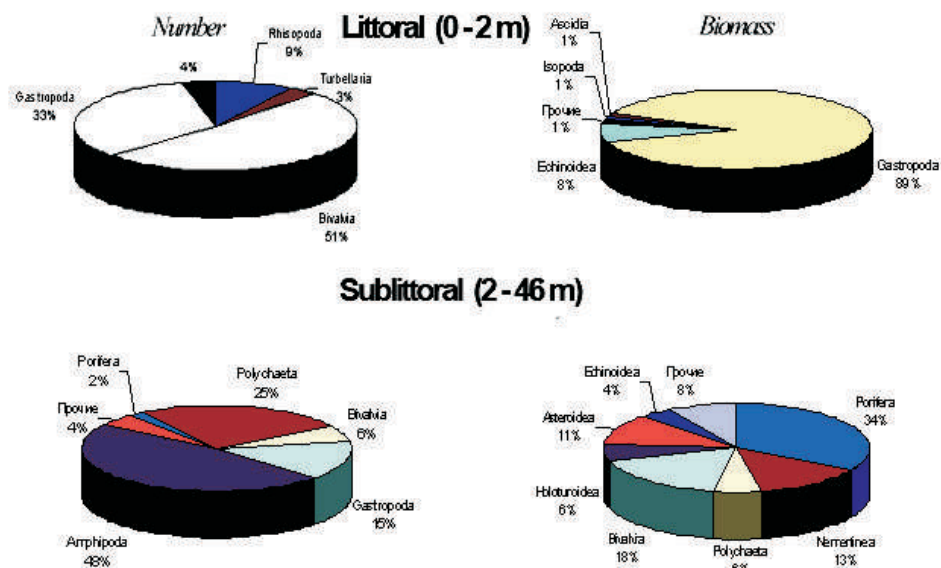


Рис. 8. Соотношение основных таксономических групп макрозообентоса, % (Бондарев, 2008)

В сублиторальной зоне по численности доминируют *Arthropoda* (отряд *Amphipoda*), а субдоминантом (25%) являются полихеты. Моллюски по суммарной численности занимают третье место (21%). По биомассе доминантом (34%) оказались губки, которые составляют всего 2% численности. Субдоминантом по биомассе являются двустворчатые моллюски (18%). Еще одним субдоминантом по биомассе являются немертины (13%) благодаря высокому индивидуальному весу их гигантского представителя *Parabolasia corrugatus*. Крупными размерами и большим весом отличаются и морские звёзды (*Echinodermata: Asteroidea*) (рис. 9), занимающие четвёртую позицию с 11%. Именно благодаря большому индивидуальному весу иглокожие в целом составляют 21% биомассы макрозообентоса обследованной сублиторальной зоны, по численности попадая только в категорию «прочие».

Анализ диаграмм свидетельствует, что условия жизни на литорали, значительно более суровые, чем на сублиторали, не создают возможностей для развития многочисленных экологических ниш. Этим объясняется столь явное доминирование небольшого числа таксонов. Ощутимо больше возможностей для освоения экологических ниш существует на сублиторали, где нет столь явного доминирования, а доля таксонов распределена более пропорционально, что особенно заметно на диаграмме биомассы (рис. 8).

На литорали абсолютным доминантом по численности и биомассе является брюхоногий моллюск *Nacella concinna* – антарктическое морское блюдечко (табл. 2). Наибольшую численность и биомассу *N. concinna* имеет на нижней границе литорали, обладая совершенными адаптивными способностями к существованию в этой зоне и отсутствию основных хищников. На сублиторали численность этого моллюска резко падает более чем на порядок, а биомасса – на два порядка. В пределах этой зоны доминантом по численности являются представители семейства *Rissoidea*, вдвое превышая по этому

Э.З. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

показателю значения *N. concinna* на литорали. Но при этом по биомассе на сублиторали риссоиды составляют немногим больше половины показателя предыдущего вида и несколько меньше четверти биомассы *Neobuccinum eatoni*, который присутствовал в пробах в единичных экземплярах, являясь при этом доминантом с индивидуальным весом 15,3 г. Последний вид довольно обычен для Антарктики, встречаясь в очень широком диапазоне глубин от 4 м до 2350 м (Dell, 1990), и наличие его в пробах всего в нескольких экземплярах может существенно изменить структурные биотические показатели.

Внутри класса двустворчатых моллюсков абсолютным доминантом по численности являются представители рода *Mysella* (табл. 3), но их общая биомасса почти в семь раз меньше, чем у субдоминанта *Yoldia eightsi*. На сублиторали последний вид имеет биомассу почти в сто раз большую, чем совокупная биомасса остальных видов двустворок, представленных в этой зоне. По литературным данным (Fisher, 1985) вид *Laternula elliptica*, присутствовавший в исследованных пробах в единичных экземплярах, может достигать биомассы 5 кг · м⁻¹. Этот вид является одним из самых распространённых двустворчатых моллюсков Антарктики, обитающий на глубинах от 1 м до 508 м (Dell, 1990), и его присутствие в пробах в значительных количествах весьма вероятно в экологически чистых зонах. При весе взрослой особи около 2,5–3 г, этот вид может существенно повлиять на структурные показатели.



Рис. 9. Проба с доминированием иглокожих, глубина 6–20 м (отобрана с помощью ловушки).

Таблица 2

Структура таксона *Gastropoda* по численности и биомассе отдельных видов на литорали и сублиторали

Вид	Численность, экз.		Биомасса, г	
	Литораль	Сублитораль	Литораль	Сублитораль
<i>Nacella concinna</i>	467	40	762	8
<i>Margarites refulgens</i>	3	38	0,4	5,1
<i>Falsilunaria sp.</i>	6	1	0,07	0,01
<i>Rissoidae spp.</i>	160	850	1,15	4,25
<i>Eatonella glacialis</i>		2		0,12
<i>Marceniopsis mollis</i>		1		2
<i>Neobuccinum eatoni</i>		1		15,3
Всего	636	933	763,62	27,58

Структура таксона *Bivalvia* по численности и биомассе отдельных видов на литорали и сублиторали

Вид	Численность (экз.)		Биомасса (г)	
	Литораль	Сублитораль	Литораль	Сублитораль
<i>Mysella spp.</i>	829	79	7,8	0,71
<i>Yoldia eightsi</i>		226		487
<i>Limnula ovalis</i>		1		0,15
<i>Laternula elliptica</i>		2		2,8
<i>Cyamioactra laminifera</i>		1		0,3
<i>Thracia meridionalis</i>		1		2,4
Всего	829	310	7,8	493,36

Аналогичная или даже ещё более контрастная картина имеет место и в структуре других таксонов высокого ранга. Особенно это относится к немертинам, ракообразным и иглокожим, отдельные виды которых формируют основу биомассы при незначительной численности. Самыми показательными в этом плане являются виды-гиганты (рис. 10), и в первую очередь немертина *Parabolasia corrugatus*, вес отдельных экземпляров которой может достигать 100 г (Underwater Field Guide ..., 1998). Этот вид, являющийся падальщиком и хищником, питающийся практически любыми другими организмами вплоть до губок и медуз, играет очень важную роль в экосистеме бентали Антарктики.

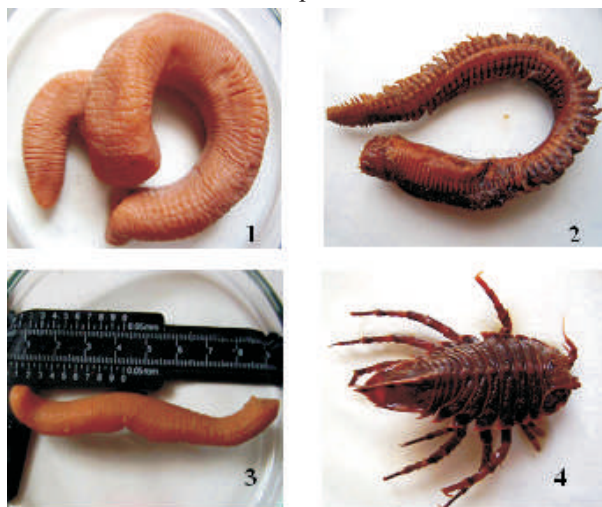


Рис. 10. Примеры «антарктического гигантизма» среди зообентоса в районе УАС

1 – немертина *Parbolassia corrugatus*. Длина – 30 см, диаметр – 2 см, вес – 58 г. Биомасса этого вида достигала 248 г м⁻². 2 – полихета нефтида *Aglaophamus trissophyllus*. Длина 12,8 см, вес – 6,4 г. Таксономически близкие виды из умеренных широт имеют размеры в 3–7 раз меньше. 3 – хищная полихета семейства *Terebellidae*. Длина – 8,5 см, вес – 6,3 г. 4 – Гигантская изопода *Glyptonotus antarcticus*. Длина – 78 мм, вес – 19,3 г. Плотность молоди этого вида достигала 10 экз м⁻¹.

3.2.7. Амфиподы. Разноногие ракообразные, или бокоплавцы (амфиподы), относятся к типу Arthropoda, классу Crustacea, подклассу Malacostraca, надотряду Peracarida. Эти организмы играют важную роль в функционировании морских экосистем. Антарктика выделяется по их видовому разнообразию и месту, которое эта группа занимает в трофической структуре. Вследствие массовости амфиподы являются важнейшим пищевым источником для

рыб (особенно бентосных) и птиц, не уступающим даже крило. К настоящему времени известно 808 видов этих ракообразных, 613 видов являются эндемиками. Таксономический статус 75 видов еще не определен (Checklist of the Amphipods of the Southern Ocean, 1992). Согласно этому списку, для вод Западной Антарктики (где находится УАС) известно 370 видов гаммаридных амфипод (подотряд Gammaridea) (188 видов-эндемиков), 17 видов капреллид (подотряд Caprellidea) (лишь 1 эндемик) и 43 вида планктонных гиперид (подотряд Hyperidea) (8 эндемиков).

Несмотря на потенциально высокое значение этой группы для морской экосистемы региона Аргентинских о-вов, их изучение практически не проводилось из-за сложности таксономической идентификации.

По сезонным сборам 2005, 2006 и 2007 гг. идентифицировано 20 родов и 24 вида из 7 семейств амфипод (Гринцов, 2008). При этом выявлено, что в исследуемом районе в планктоне в тот или иной год доминируют представители трех семейств амфипод – либо Lysianassidae (2005 г.), либо Eusiridae (2006 г.), либо Gammarellidae (2007 г.).

Семейство Eusiridae было представлено наибольшим количеством видов. Среди них наиболее массовыми видами были *Gondogeneia aff. antarctica* (Gammarellidae) и *Cheirimedon femoratus* (Lysianassidae). При этом первый (рис. 11) по численности занимает лидирующее место среди всех амфипод в районе о. Галиндез.

Изменчивость в количественном и видовом составе рачков в разные годы и месяцы свидетельствует о существенных временных колебаниях условий среды в районе.



Рис. 11. *Gondogeneia aff. antarctica*

3.2.8. Антарктический криль. Антарктический криль (*Euphausia superba* Dana) – один из важнейших компонентов пелагической экосистемы Антарктики в целом, обуславливающий существование популяций многих видов – его потребителей (рыб, птиц, головоногих и млекопитающих) и являющийся одновременно объектом промысла. В связи с этим усилиями исследователей разных стран различные вопросы его биологии изучены наилучшим образом.

В нашем случае представляли интерес изучение размерно-возрастной структуры популяции рачка и её изменчивости, выявление признаков эффективности его нереста (пополнения) в районе и обилия, оценка его кормовых условий и упитанности по значениям коэффициента Фультона, установленным нами для популяций в открытых районах Антарктики.

Размерно-возрастная структура и соотношение полов рачка как по общей сумме выборки в районе, так и в отдельных уловах на одной и той же станции претерпевают в разные сроки наблюдений существенные изменения (рис. 12). Судя по диапазону размеров, в популяции в большинстве случаев преобладают 2-3-летки, в иные месяцы года доминировали половозрелые особи или особи в возрасте 4 и 4+ года. При этом последние находились в пред- или постнерестовом состоянии. Однако, как и в сетных сборах мезозоопланктона, не обнаружены личинки криля на ранних стадиях развития (от стадии Nauplius до стадии Furcilia), так и в уловах криля практически отсутствовала молодь в возрасте одного года.

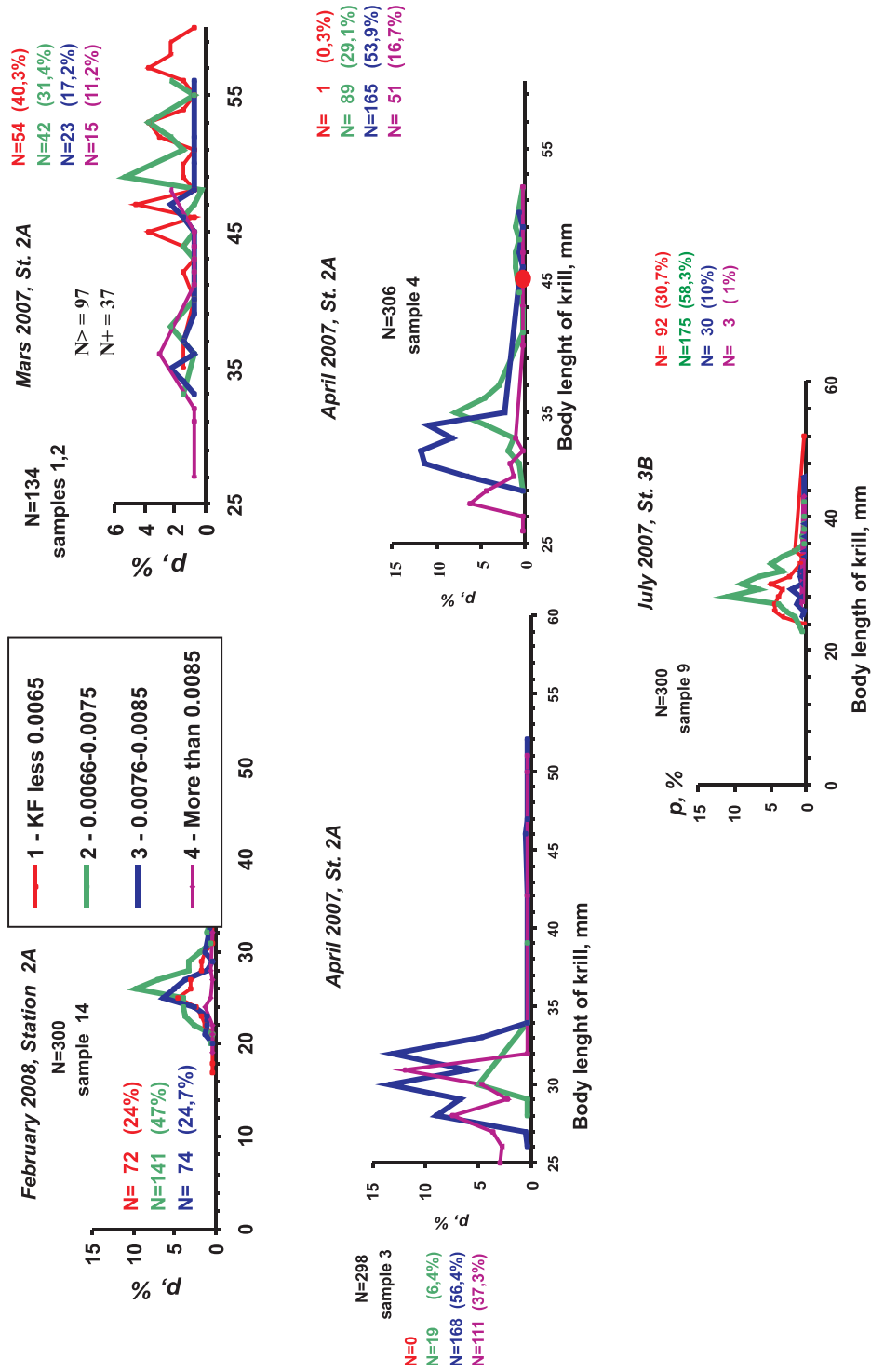


Рис. 12. Размерная структура и значения упитанности (K_{ϕ}) когорт криля в 2007/2008 гг. на прибрежных станциях в районе УАС...
 $P, \%$ – встречаемость диапазона K_{ϕ} в размерном ряду криля (Самышев, Мінкіна, 2008)

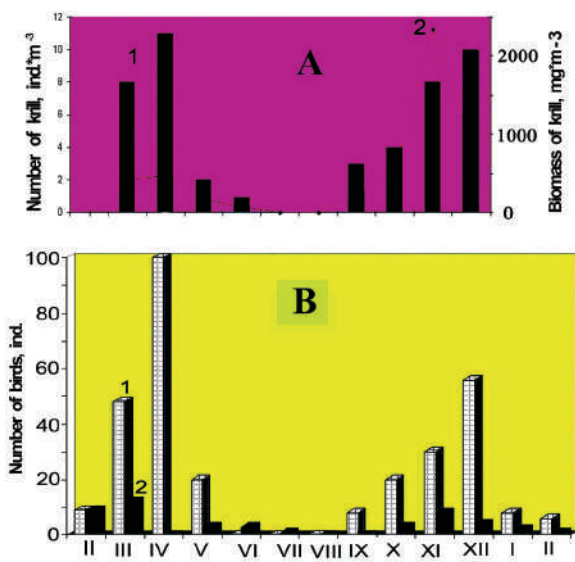


Рис. 13. Сезонные изменения обилия криля (А 1, 2) и пингвинов (В) дженту (1) и Адели (2) на о-ве Галиндез в 2002/2003 гг. (Игнатъев, 2007)

Сравнительное обилие фито-планктона (и связанного с ним обилия детрита) обеспечивают благоприятные кормовые условия рачкам, о чём свидетельствуют постоянно наблюдавшиеся высокие индексы наполнения их желудочно-кишечного тракта.

Как и в популяциях океанической зоны, например, в море Скотия (Самышев, 2000), популяция криля в районе УАС неоднородна по морфометрическому признаку (коэффициенту Фультона) и состоит из

трёх-четырёх группировок. Справедливость принятого мной разбиения как популяции рачка в целом, так и отдельных когорт (уловов) подтверждена результатами кластерного анализа (Дзицкий, 2009).

Характер распределения рачков одиночно и в скоплениях, как известно, определяется разными факторами (главным образом питанием и размножением). Плотность рассеянного криля составляет 2–4 экз. · м⁻², при этом большая часть особей представлена молодью. Биомасса рачков, представленных большей частью старшими возрастными группами, изменяется от весны к осени с 480 мг·м⁻³ до 2000 мг·м⁻³, определяя соответственно численность их основных потребителей – пингвинов – в течение года (рис. 13).

3.2.9. Орнитофауна. Из 16-17 видов птиц, учтённых в районе УАС в последние 10 лет наблюдений, 13 видов признаны типичными, встречающимися ежегодно. При этом часть из них размножается на о. Галиндез (Игнатъев, 2007). Одним из наиболее массовых видов птиц в регионе является ослиный пингвин (дженту) *Pygoscelis papua*, популяция которого проявляет тенденцию к возрастанию и расширению ареала. По данным исследований на о-вах Питерман, Безымянный и Галиндез, в сезон 2002/2003 гг. общая численность дженту составила 5000 взрослых птиц, из которых более 90% сконцентрированы на о. Питерман. При этом отмечен высокий индекс репродуктивного успеха у птиц. На о. Галиндез отмечено постоянное присутствие 150–200 птиц. Сезонные миграции последних согласуются с сезонными изменениями обилия криля у УАС (рис. 13). По произведенным расчетам пищевые потребности дженту в течение их пребывания на о. Галиндез в 6-7 раз превышали величину запаса криля, определённого по данным произведенных ежемесячных учётных съёмов (Самышев, Игнатъев, 2006, 2006 а). Это свидетельствует о существовании постоянного и изменчивого во времени заноса криля из других участков региона и пополнения его запаса и согласуется с предыдущим выводом об отсутствии пополнения популяции криля за счет его нереста в исследуемом районе.

В отличие от дженту, численность пингвина Адели (*Pygoscelis adeliae*) в последние годы сократилась вдвое (Чесалин, 2006).

3.2.10. Ихтиофауна. По материалам наблюдений в 2002–2008 гг. (Чесалин и др., 2009) в составе ихтиофауны района УАС выявлено 16 видов рыб из четырёх семейств – *Nototheniidae*, *Channichthyidae*, *Bathydraconidae* и *Harpagiferidae*. В уловах численно и по массе доминировала широколобая нототения (*Notothenia corniceps*), доля других доминантов – трематома-пестряка (*Trematomus bernacchii*), мраморной нототении (*N. rossii*), трематома-гонца (*T. newnesi*), крокодиловой белокровки (*Chaenocephalus aceratus*) и паракенихта Шарко (*Parachenichthys charcoti*) в сумме составляла около 30%.

При этом следует отметить, что в разные годы наблюдений число встреченных видов всегда было меньшим, а приводимая цифра представляет собой сумму видов за весь многолетний ряд наблюдений. Кроме того известно, что в ихтиофауне Антарктики насчитывается около 370 видов из 59 семейств (Балушкина, Фёдоров, 2002), а в прибрежье региона обитает около 35 видов рыб (Манило, 2006; Манило и др., 2009).

Недоступность объектов для учёта (сбор материала осуществляется учебным способом) не позволяет произвести количественную оценку объектов ихтиофауны с целью установления функциональной роли в исследуемой экосистеме с учетом конкретных условий в районе УАС. Вместе с тем сведения об изменчивости видового разнообразия в уловах в разные годы, биологических характеристик, пищевого спектра рыб и др. в некоторой степени позволяют увязывать ихтиологические наблюдения с результатами комплекса океанографических, гидробиологических и токсикологических исследований (см. далее), осуществленных параллельно с ихтиологическими, и соответствующим образом интерпретировать выявленные связи.

3.3. Токсикологические исследования

3.3.1. Исследование грунтов и донных осадков. До недавнего времени отсутствие сведений о содержании тяжёлых металлов в прибрежных зонах Антарктики порождало лишь предположения о возможном обогащении этими токсикантами вод Южного океана. Начатые в 1997 г. Рясенцевой Н.И. и др. (1998) исследования в районе о. Галиндез это предположение подтвердили. Вместе с тем ограниченность этих исследований в пространстве не позволяет получить представление о возможной этиологии и масштабности источника загрязнения региона и, тем более, судить об экологической роли этого явления.

Как следует из впервые полученных нами данных (табл. 4, рис. 14), грунты всех исследованных о-вов Аргентинского архипелага, а также о. Кинг Джордж, отличаются высоким содержанием кадмия (превышение «нормы» в 13–474 раза) и сопряженного с ним цинка (превышение «нормы» до 30 раз), что свидетельствует о преобладающем источнике загрязнения вод этими и другими металлами, вероятно, связанном с тектоническими процессами в регионе. Как известно, кадмий является редким элементом, практически не встречающимся в земной коре в свободном состоянии. Его получают из цинковых руд, в связи с чем горнодобывающие и металлургические предприятия, удаленные от Антарктиды, не могут рассматриваться как основные антропогенные источники. Аналогичные результаты получены в районе Аргентинской станции на о. Кинг Джордж (Vodopivec et al., 2008). Для сравнения скажу, что по уровню загрязнённости грунтов кадмием и цинком о-ва Аргентинского архипелага не уступают загрязнённости донных осадков многих бухт Крымского полуострова (Самышев, Копытов, 2007). Из других металлов по содержанию в грунтах выделяется медь, в значительном количестве обнаруженная на ряде о-вов Аргентинского архипелага, в том числе и в некоторых участках о. Галиндез (превышение «нормы» более чем в 470 раз).

Исследованиями донных осадков вблизи УАС установлено накопление НУВ, особенно значительное на илах (табл. 5), где превышение ПДК по ним составило до 50 крат.

Многочисленными исследованиями донных осадков в проливе Пенола (табл. 6) хлорорганические пестициды не обнаружены.

Содержание тяжёлых металлов в грунтах, мг·кг⁻¹

№ пробы	№ точки	Наименование района	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	Cr
001	1	Перуанская ст. Мачу-Пикчу	0,325	54,49	0,047	1,756	81,07	-
002	2	Перуанская ст. Мачу-Пикчу	2,1	93,68	0,014	0,299	90,7	-
004	3	Российская ст. Беллинггаузен, о. Кинг-Джордж	0,45	38,45	0,045	2,025	35,99	-
005	4	Российская ст. Беллинггаузен, о. Кинг-Джордж	0,35	79,9	0,017	1,584	105,57	-
006	5	Российская ст. Беллинггаузен, о. Кинг-Джордж	0,121	38,16	0,035	0,49	30,89	-
007	6	о. Барханы	3,178	160,41	0,205	0,522	491,86	-
008	7	о. Барханы	3,61	261,36	0,074	10,197	87,12	0,496
009	8	о. Галиндез, Полигон. Озеро-1	2,787	81,55	0,014	5,685	351,31	-
010	9	о. Галиндез, Полигон. Озеро-2	5,407	54,06	0,014	0,774	146,32	-
011	10	о. Галиндез, Полигон. Озеро-3	9,92	84,59	0,065	3,644	326,14	-
012	11	о. Галиндез, Полигон. Озеро-4	3,991	28,67	0,004	0,955	145,64	-
013	12	о. Галиндез, Полигон. Озеро-5	0,62	125,52	0,106	5,139	78,78	-
014	13	о. Галиндез, Полигон. Озеро-6	23,41	90,77	0,023	0,384	30,62	-
015	14	о. Галиндез, Полигон. Озеро-7	1,55	30,47	0,037	8,1	26,21	-
016	15	о. Галиндез, Полигон. Озеро-8	0,29	193,07	0,042	2,084	110,83	-
017	16	о. Галиндез, Полигон	0,65	39,76	0,024	2,806	79,43	-
018	17	о. Галиндез, Полигон	0,609	44,26	0,056	2,612	48,79	-
019	18	Край озера «Дуга» со стороны "Пингвин Пойнт", лишайники	0,507	48,16	0,025	2,42	77,9	-
020	19	о. Галиндез, Полигон.	0,289	8	0,028	1,03	83,31	-
021	20	о. Галиндез, Полигон. Озеро	0,653	122,16	0,011	0,489	77,5	-
022	21	о. Галиндез, Полигон. Озеро	0,513	25,94	0,014	1,397	113,19	-
023	22	о. Галиндез, Полигон. Озеро	2,43	49,17	0,044	4,012	74,33	-
024	23	о. Галиндез, Полигон. Озеро-6	0,704	35,06	0,036	1,758	46,21	-
025	24	о. Галиндез, Полигон. Каскад озер через моховое поле.	0,91	40,91	0,058	3,263	23,89	1,16
026	25	о. Галиндез, Полигон. Каскад озер через моховое поле.	0,337	31,68	0,014	1,748	191,94	-
027	26	о. Галиндез, Полигон. Каскад озер через моховое поле.	0,497	42,32	0,055	1,316	53,75	-
028	27	о. Галиндез, Полигон. Каскад озер через моховое поле.	0,734	34,56	0,02	0,451	78,31	-
029	28	о. Галиндез, Полигон. Каскад озер через моховое поле.	0,429	32,24	0,028	6,305	55,1	-

Э.3. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

Продолжение табл. 4

№ пробы	№ точки	Наименование района	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	Cr
030	29	о. Галиндез, Полигон. Озеро	0,486	16,9	0,007	0,925	110,93	0,46
031	30	о. Галиндез, Полигон. Озеро, лишайники	0,228	12,56	0,06	0,786	39,2	-
032	31	о. Галиндез, камень в снегу перед полигоном	1,445	9,37	0,01	0,338	113,96	-
034	32	о. Галиндез, скала	0,211	9,04	0,017	1,438	60,34	-
037	33	о. Галиндез, скала	0,447	3,58	0,023	1,543	31,75	-
038	34	о. Галиндез, Полигон моховое поле	1,083	15,59	0,03	31,161	276,06	-
044	35	о. Ялгур	28,43	382,87	0,038	0,275	324,31	-
45	36	о. Крулс	5,211	558,09	0,009	2,016	228,03	-
46	37	о. Уругвай	3,782	95,23	0,011	1,103	140,98	0,924
47	38	о. Бертело	18,801	228,67	0,059	1,347	551,18	-
03-1	39	о. Питерманн	2,024	305,31	0,053	1,063	93,43	1,596
03	40	о. Питерманн	0,38	258,87	0,021	0,0498	225,8	-
04-1	41	м. Туксен	0,81	34,5	0,018	1,751	207	1,372
04	42	м. Туксен	0,31	50,32	0,021	1,115	137,36	2,252
01	43	о. Ялгур	5,442	290,92	0,028	1,342	213,33	1,46
043/1	44	о. Расмусен	0,804	45,82	0,02	1,13	85,77	-
043/2	45	о. Расмусен	0,89	37,17	0,011	1,05	87,32	2,032
02	46	о. Расмусен	0,168	16,29	0,002	0,389	122,22	-
009 Иризар	47	о. Иризар	10,429	425,54	0,012	2,107	1572,78	-
На восток от Иризара	48	о. Иризар	11,749	284,04	0,002	0,267	1193,53	-
02	49	о. Марио Педро	1,41	47,41	0,045	0,237	139,41	-
01	50	о. Марио Педро	0,811	64,03	0,05	7,226	361,33	0,816
Предел обнаружения			0,095	0,90	0,02	0,05	0,5	0,005
Норма в «почве»			0,06 (0,01- 0,07)*	30 (2- 100)*	0,03 (0,01- 0,3)*	10 (2- 200)*	50 (100- 300)*	100 (1- 1000)*

* – Пределы обнаружения в почве.

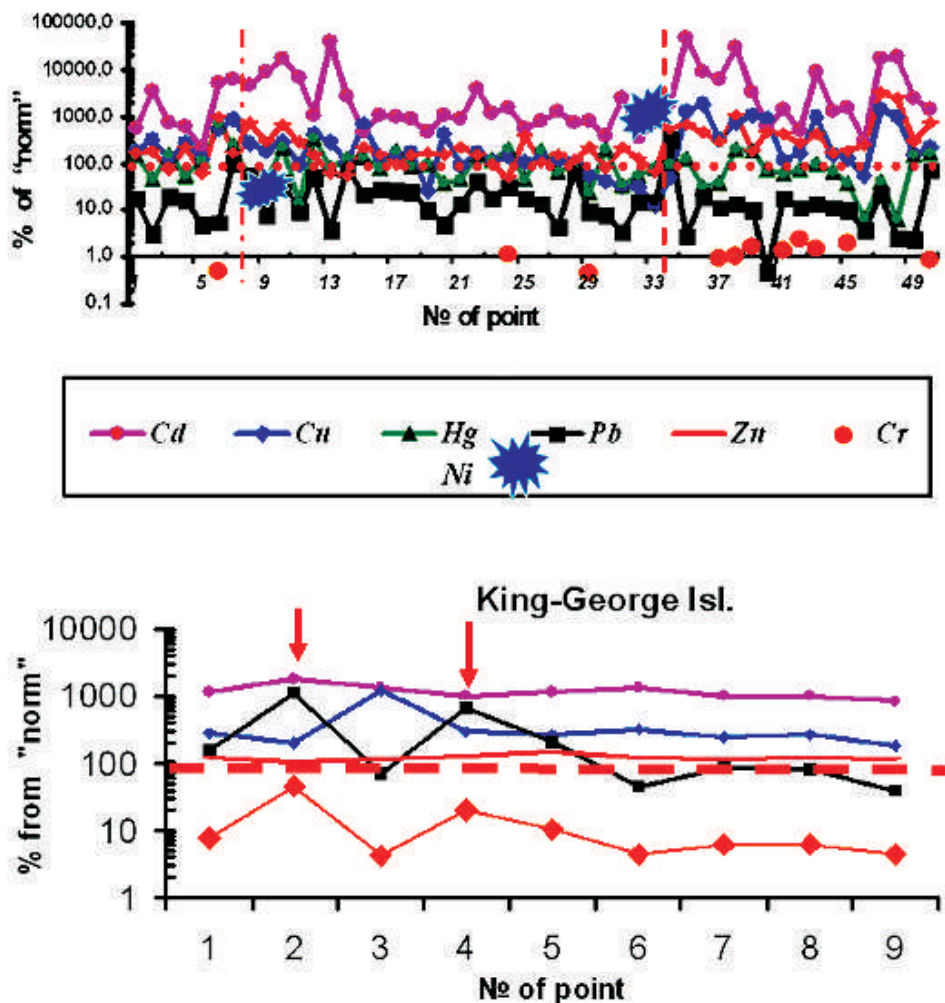


Рис. 14. Содержание тяжелых металлов в грунте о-вов Аргентинского архипелага.

Вверху – по нашим данным (Самышев, Копытов, 2007а; Samyshev, Kopytov, 2008, 2008 а; Океанографічні та біоресурсні дослідження, 2008), содержание никеля приведено по Рясинцевой Н.И. и др. (1998а). Обозначения районов даны в табл. 1, точек – в табл. 4. Вертикальными штрихпунктирными линиями обозначен интервал точек на острове Галиндез (№№ 8–34, табл. 1, 4).

Внизу – по (Vodopivec and al., 2008), район Jubany Station (Аргентина), о. Кинг Джордж. Стрелками обозначены точки №2 (район печи для сжигания мусора) и №4 (район эллинга).

«Норма» (100%) по (Lindsay, 1979) обозначена пунктирной линией

Таблица 5

Состав органического вещества донных осадков (по сборам в 11 УАЕ)

№ пробы	Станция	НУВ, мг*кг ⁻¹	Интегральные характеристики, % г			Пигменты, мг*кг ⁻¹			Примечание
			Гуминовые вещества	C _{орг.}	Каротин, мг*кг ⁻¹	Хл. «а», мг*кг ⁻¹	C _{карп} / C _{хл}		
1	5-А	95,99	0,042	0,007	0,95	0,92	1,03	песок	
2	« - »	115,94	0,152	0,024	2,51	3,19	0,79	песок	
3	« - »	101,10	0,129	0,021	2,05	2,49	0,82	песок	
4	« - »	167,53	0,166	0,026	2,65	3,56	0,74	песок	
5	« - »	125,59	0,186	0,030	2,05	2,53	0,81	песок	
6	Джетти	2491,24	2,928	0,467	7,90	3,52	2,24	ил	
7	Джетти, 1С	318,52	0,353	0,056	2,85	1,06	2,69	песок	
8	1С	215,65	0,342	0,054	2,75	0,97	2,84	песок	
9	1С	575,02	3,726	0,592	22,25	30,09	0,74	ил	
10	6-А	93,48	0,069	0,011	0,15	0,05	3,00	песок	

где: НУВ – нефтяные углеводороды (ПДК = 50 мг*кг⁻¹); C_{орг.} – органический углерод

Таблица 6

Содержание хлороорганических пестицидов (ХОП) в донных отложениях, мг*кг⁻¹

Номер станции	ДДТ	ДДЕ	ДДД	α-ГХЦГ	β-ГХЦГ	γ-ГХЦГ	Алдрин	Гептахлор	Кельтан	МТХ	Фосфамид	Метафос
« - »	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005
« - »	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005
« - »	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005
« - »	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005

3.3.2. Гидробионты. При исследованиях гидробионтов в них предварительно определялись содержание органического вещества и золы с целью оценки качества исходного материала. Полученные результаты свидетельствуют о соответствии их результатам, приводимым в классической литературе как по макрофитам (Барашков, 1963), так и по водным животным (Биохимия ..., 1967).

Как и следовало ожидать, и в макрофитах (табл. 7, рис. 15 А), и в донных и пелагических животных (табл. 8, рис. 16–19) из побережья о. Галиндез обнаружено накопление разных металлов: в первых – кадмия, цинка, никеля и хрома, во вторых – кадмия, цинка, железа, мышьяка, у части животных – меди, свинца и хрома.

Превышение их содержания над условной нормой в макрофитах составляет: для кадмия – до 34 раз, для цинка – до 14 раз, для никеля – до 155 раз (содержание этого элемента в грунтах не определялось), для меди – до 39 раз (хотя её содержание в грунтах было низким).

У животных превышение содержания кадмия составило: до 320 раз в теле массового моллюска *Neobuccinum eatoni*, до 26 раз у амфипод, до 20 раз у криля, до 10–30 раз у «массовых» видов рыб. Повышенное содержание других элементов в животных в большинстве случаев находилось в пределах, на порядок уступающих по «норме» для кадмия.

Интересно, что исследованиями Кахле Дж. и Зауке Дж. П. (2003) зафиксировано еще более значительное накопление кадмия, меди, цинка и свинца массовыми видами копепод в море Уэдделла (рис. 18).

Учитывая масштабность загрязнённости грунтов в регионе архипелага, можно предположить, что поступление в воду широкого спектра тяжелых металлов (в том числе их подвижных соединений) и аккумуляция их гидробионтами, особенно интенсивная вблизи источников, происходила издавна, охватывая достаточно большие пространства. При этом процесс поступления этих поллютантов в воду возрастает с усилением таяния ледников, особенно интенсивного в периоды потепления. И если их концентрация по мере сноса в открытые воды снижается разбавлением, «утилизацией» в разных формах, то вблизи источников, особенно в значительной степени изолированных топогенными факторами (изрезанностью береговой линии, наличием островов и поднятий), возникают условия длительного удержания загрязнённых вод, при которых природой «ставится эксперимент на выживание» всех форм биоты этих зон.

Согласно существующей классификации (Совга, 2005), из исследованных нами тяжёлых металлов к очень токсичным в нашем случае относятся никель, свинец и к умеренно токсичным – кадмий, хром, железо, цинк, а из органических токсичных поллютантов – НУВ.

Воздействие тех или иных поллютантов на морских гидробионтов разного трофического уровня, систематического положения, возраста, физиологического состояния слабо изучено. Ситуация усложняется в случаях присутствия в среде «букета» из поллютантов, когда безусловно «разыгрываются» явления синергизма и антагонизма. В связи с этим об эффекте влияния смеси загрязнителей на сообщества гидробионтов можно судить по «остаточному принципу» и – частично – по абсолютно известным отношениям к загрязнителям тех или иных объектов в целом или объектов на определённой стадии развития.

Конкретные результаты биологических исследований позволяют с определенной вероятностью оценить степень воздействия поллютантов на изученные компоненты биоты района следующим образом.

Наиболее чувствительны ко всем видам загрязнения ракообразные, а также икра и личинки всех гидробионтов. Этим объясняется чрезвычайно низкая численность мезозoopланктона и отсутствие в уловах их личинок. Ингибирующее влияние токсикантов на популяцию криля объясняется безусловной гибелью его икры, которая к тому же инкубируется на дне (Самышев, 1991). В отличие от криля, амфиподы вынашивают икру и личинок в марсупиальной (выводковой) сумке и имеют больший шанс для выживания. С большой вероятностью можно сделать вывод о негативном воздействии токсикантов и на

Содержание органического вещества, золы и тяжелых металлов в массовых видах макрофитов в районе УАС

Э.З. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

Вид	№ гербарного листа	% содержания органического в-ва	% содержания золы	Содержание элемента в пробе, мг.* кг ⁻¹					
				<i>Cd</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
RHODOPHYTA									
<i>Iridea obovata</i>	5	86,42	13,58	3,40	12,55	38,84	22,07	5,27	548,61
<i>Kallymenia antarctica</i>	23	79,75	20,25	1,36	4,38	26,21	77,74	2,18	269,59
<i>Kallymenia antarctica</i>	9	78,47	21,53	1,49	1,20	5,89	19,75	1,14	348,85
<i>Curdiea racovitzae</i>	29	80,44	19,56	1,69	1,85	31,97	17,03	0,69	91,20
<i>Curdiea racovitzae</i>	35	86,3	13,7	2,33	11,92	9,92	34,02	0,26	369,52
<i>Curdiea racovitzae</i>	36	84,42	15,58	1,23	4,37	22,32	8,38	0,90	103,57
<i>Curdiea racovitzae</i>	37	83,54	16,46	1,73	6,61	5,26	19,43	0,92	419,16
<i>Curdiea racovitzae</i>	38	84,72	15,28	0,86	3,96	18,05	13,02	0,270	67,67
<i>Delisea</i> sp	15	79,03	20,97	0,54	0,48	10,33	7,69	1,187	54,75
<i>Rhodophyta</i> sp.	13	88,19	11,81	1,41	0,65	20,09	4,64	0,648	122,52
CHLOROPHYTA									
<i>Monostroma hartioidii</i>	17	86	14	0,933	5,96	3,69	24,99	0,832	143,79
ПДК для пищевых продуктов (Совга, 2005)				0,1	0,5	100	0,5	4	40

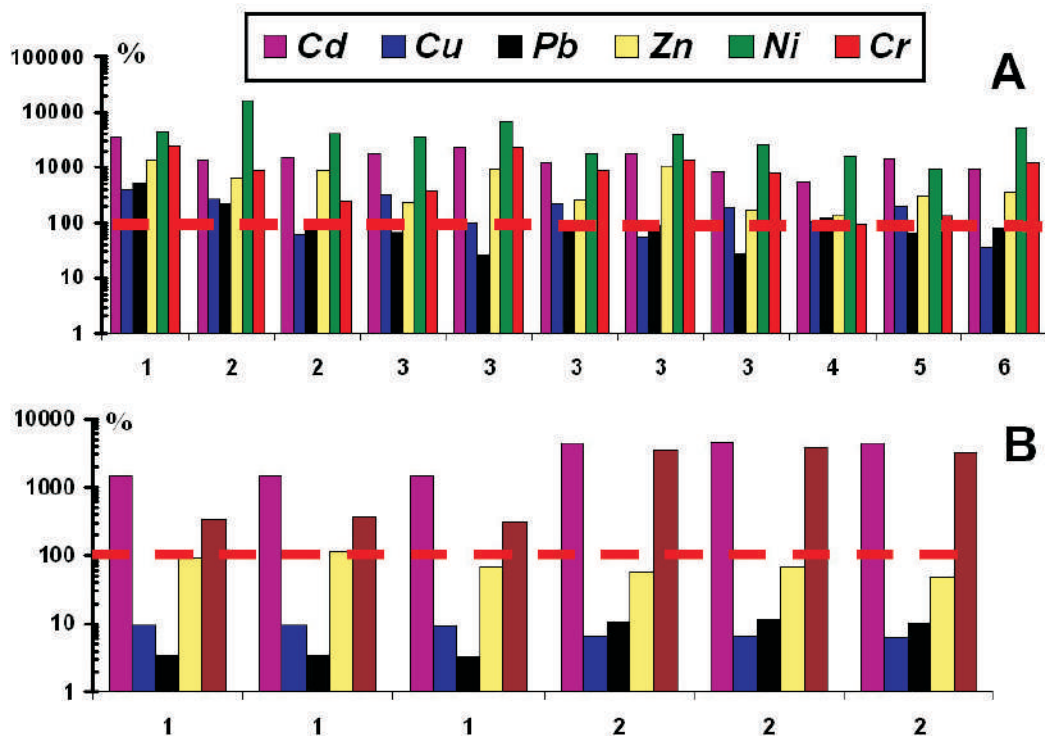


Рис. 15. Содержание тяжелых металлов в макрофитах.

А – у УАС (Самышев, Копытов, 2007 а; Samyshev, Kopytov, 2008, 2008 а; Океанографічні та біоресурсні дослідження, 2008): 1 – *Iridea obovata*, 2 – *Kallymenia antarctica*, 3 – *Curdiea racovitza*, 4 – *Delisea sp.*, 5 – *Rhodophyta sp.*, 6 – *Monostroma hariotii*.

В – у о. Кинг Джордж по (Ahn and al., 2004): 1 – *Iridea obovata*, 2 – *Adenocystis utricularis*.

«Норма» (100%) на этом рисунке и на всех последующих – ПДК для пищевых продуктов по (Совга, 2005) – обозначена на графиках пунктирной линией.

популяцию рыб. В связи со сказанным популяции «ранимых» объектов в районе являются зависимыми.

Несмотря на распространенность явления аккумуляции тяжёлых металлов малоподвижными животными и прикреплёнными к субстрату макрофитами, характер и интенсивность этого процесса изучены недостаточно. Известны несколько путей, обеспечивающих выживаемость этих организмов, – десорбция металлов (у макрофитов), низкая температура и уровень рН среды, явления антагонизма и, наконец, адаптация.

**Содержание органического вещества, золы и тяжелых металлов
в массовых видах бентосных гидробионтов и рыбах**

Вид	Объект	% содержания органического в-ва	% содержания золы	Содержание элемента в пробе, мг*кг ⁻¹							
				<i>Cd</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>As</i>
ECHINODERMATA											
<i>Sterechinus neumaeri</i>	1	26,24	73,76	0,02	5,47	0,01	13,51	11,6	0,59	-	-
<i>S. neumaeri</i>	2	27,13	72,87	0,01	4,48	0,002	8,29	2,60	0,04	-	-
MOLLUSCA											
<i>Nacella concinna</i>	Тело без раковины (1)	80,06	19,9	0,04	0,49	0,03	0,75	1,47	0,05	-	-
<i>N. concinna</i>	Тело без раковины (2)	68,8	30,7	0,01	0,37	0,03	0,41	0,91	0,05	-	-
<i>N. concinna</i>	Раковина (1)	8,81	91,2	0,004	8,64	0,11	18,88	9,95	0,25	-	-
<i>N. concinna</i>	Раковина (2)	8,36	91,6	0,03	8,30	0,26	28,00	8,10	0,22	-	-
<i>Neobuccinum</i>	Тело			32,09	104,73	5,87	505,2	14,1	27,61	156,3	17,4
<i>N. eatoni</i>	Раковина			2,72	5,66	7,99	47,52	0,02	10,5	47,8	12
CRUSTACEA											
<i>Ceradocus</i> sp.	1	72,8	27,2	1,430	5,87	0,07	1,82	1,43	0,06	-	-
<i>Ceradocus</i> sp.	2	72,8	27,16	0,782	2,97	0,02	1,34	1,48	0,01	-	-
<i>Ceradocus</i> sp.	3	-	-	2,56	31,13	3,1	111,41	2,52	7,37	101,6	12,0
<i>Euphausia superba</i>	1	-	-	1,77	1,54	1,32	55,08	1,15	3,63	115,8	4,25
<i>E. superba</i>	2	-	-	0,91	14,63	2,14	87,19	0,67	3,29	107,32	2,08
<i>E. superba</i>	3	-	-	1,96	11,28	0,94	176,79	0,03	12,12	60,76	0,82
<i>E. superba</i>	4	-	-	1,56	3,13	0,55	78,74	0,02	5,89	32,52	0,59
PISCES											
<i>Notothenia coriiceps</i>	1	-	-	3,14	23,03	1,82	84,48	4,84	18,53	30,28	6,99
<i>Parachaenichtys charcoi</i>	2	-	-	0,89	1,83	2,14	100,07	0,03	3,31	103,56	1,12
<i>Trematomus bernacchii</i>	3	-	-	0,84	54,61	13,5	202,97	1,3	3,72	151,08	0,67
ПДК для пищевых продуктов (Совга, 2005) Maximum admissible levels for food (Sovga, 2005)				0,1	10	1	40	0,5	0,5	30	1

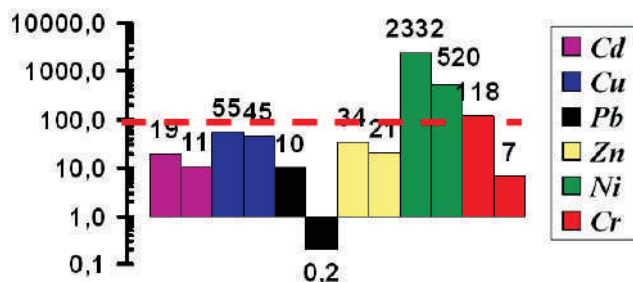


Рис. 16. Содержание тяжелых металлов в морских ежах *Sterechinus neumaeri* у УАС (Самышев, Копытов, 2007 а; Samyshev, Коруптов, 2008, 2008 а; Океанографічні та біоресурсні дослідження, 2008)

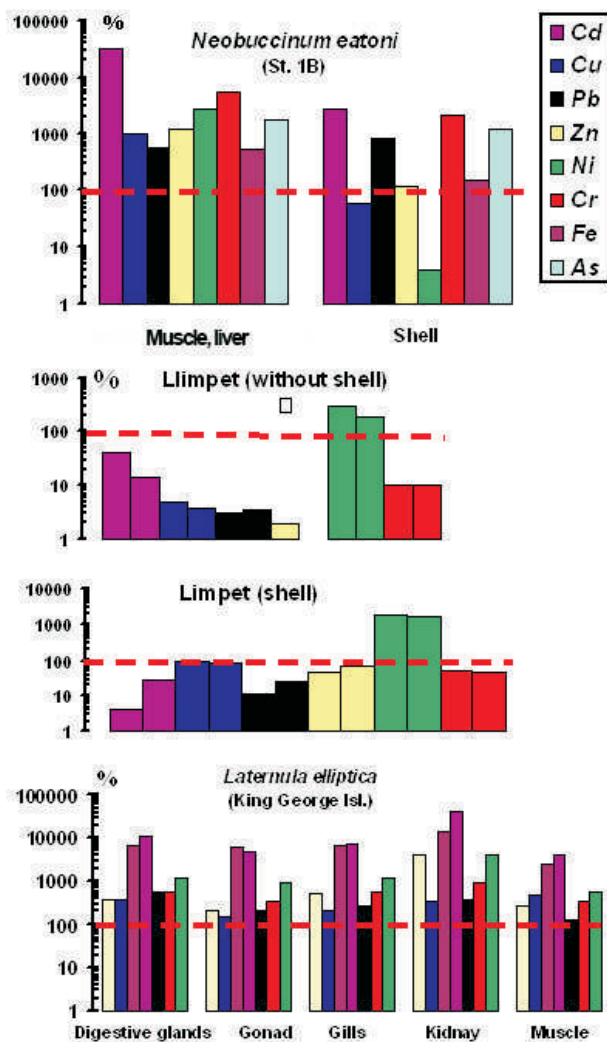


Рис. 17. Содержание тяжелых металлов в моллюсках у УАС (Самышев, Копытов, 2007 а; Samyshev, Коруптов, 2008, 2008 а; Океанографічні та біоресурсні дослідження, 2008).
Внизу – в различных органах моллюсков (пищеварительных железах, гонадах, жабрах, почках, мускуле) в районе о. Кинг Джордж по (Ahn and al., 1996)

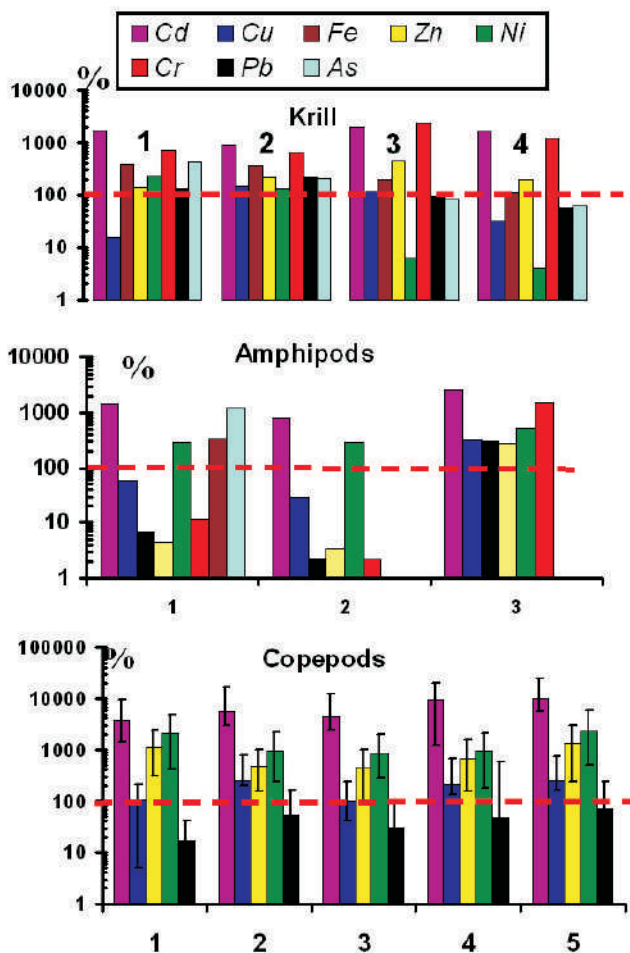


Рис. 18. Содержание тяжелых металлов в ракообразных. В районе УАС: в криле *Euphausia superba*, амфиподах *Ceradocus sp.* (Самышев, Копытов, 2007 а; Samyshev, Корутон, 2008, 2008 а; Океанографічні та біоресурсні дослідження, 2008). По горизонтальной оси – номера проб. Внизу - в массовых видах копепод из моря Уэдделла по (Kahle, Zauke, 2003): 1– *Rhincalanus gigas*, 2 – *Calanus propinquus*, 3 – *Calanoides acutus*, 4 – *Metridia curticauda*, 5 – *M. gerlachei*. На график нанесены предельные значения концентраций металлов, обнаруженные в рачках этими авторами

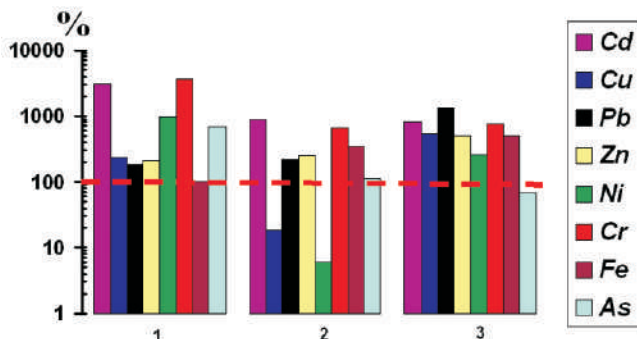


Рис. 19. Содержание тяжёлых металлов в рыбах из побережья района УАС (2007 г.). 1 – в нототении широколобой *Notothenia coriiceps* (ст. 1 А), 2 – в параченихте Шарко *Parachaenichthys charcoti* (ст. 10) и 3 – в трематоме-пестряке *Trematomus bernacchii* (ст. 1 А)

4. Выводы

1. Район УАС характеризуется специфическими условиями, определяющими состав, обилие и функционирование отдельных компонентов сообщества: существованием системы локальных циркуляций, зависимостью гидрофизических параметров от разнонаправленных течений, изменяющихся в режиме приливов и отливов, разной степенью водообмена с открытым океаном и наличием природного и антропогенного загрязнения.

2. Высокая трофность вод, характерная для прибрежных районов, реализуется обильно развивающимся фито- и бактериопланктоном, донным населением и проникающими в район объектами разного трофического уровня (криль, рыбы).

3. Явно выраженное ингибирование загрязнителями разной природы проявляется на «ранимых» компонентах биоты – мезозоопланктоне, преимущественно состоящем из ракообразных (копепод), криле и, по-видимому, на рыбах, – вероятнее всего, объясняющееся негативным воздействием поллютантов на их икру и личинок. В связи с этим популяции этих объектов являются зависимыми. Резистентность популяций прикрепленных и малоподвижных форм (макрофитобентос, зообентос, амфиподы) к загрязнителям (тяжёлым металлам), накапливающимся в этих гидробионтах в значительных количествах, может быть объяснена существованием разных, специфических для этих объектов, механизмов.

4. Впервые выявленная нами загрязнённость грунтов на разных островах Аргентинского архипелага свидетельствует о масштабности вероятного загрязнения вод региона тяжёлыми металлами разной токсичности при интенсифицирующем их поступлении в результате наблюдающегося потепления и при значительном сокращении зоны эффективного нереста (пополнения популяции) антарктического криля (*Euphausia superba*).

Автор выражает благодарность сотрудникам Института биологии южных морей НАН Украины, участвовавшим в реализации исследований в районе УАС: д-ру геогр. н. П.Д. Ломакину, к. биол. н. Л.И. Кузьменко, к.б.н. С.А. Серёгину, вед. инж. Е.В. Поповой, вед. инж. Т.А. Мельник, к.б.н. Л.И. Рябушко, к.б.н. Н.А. Мильчаковой, к.б.н. Н.В. Мироновой, к.б.н. Л.В. Бондаревой, м.н.с. И.П. Бондареву, к.б.н. В.А. Гринцову, к.б.н. С.М. Игнатьеву, к.б.н. Н.И. Минкиной, м.н.с. В.А. Тимофееву, аспиранту В.С. Дзицкому, к.б.н. М.В. Чесалину, н.с. Ю.П. Копытову, а также д-ру техн.н. А.Б. Таширеву (Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины) за предоставление проб грунта с островов Аргентинского архипелага для токсикологического анализа.

Литература

Балушкин А.В., Фёдоров В.В. Современные исследования фауны рыб Южного океана // Известия Зоологического института РАН. – 2002, № 4. – 32 с.

Барашков Г.К. Химия водорослей. – М.: АН СССР. - 1963. - 223 с.

Бондарев И.П. Характеристика бентосу району УАС за матеріалами зборів в 10 і 11 УАЕ (2005-2007 рр.) / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за додатковою угодою №2 від 21.05.2008 до договору № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2008. - Розділ 3.1., с. 42-66. (Рукописн.).

Бондарь С.Б., Орлова И.Г., Усенко В.П. Ингредиенты химического загрязнения в экосистеме шхерного мелководья островов Аргентинского архипелага (район Украинской антарктической станции «Академик Вернадский») // Бюллетень Укр. Антарктического центра. – 2000. – Вып. 3. – С. 192-208.

Биохимия морских организмов / Под ред. Виноградовой З.А. - Киев: Наукова думка, 1967. - 160 с.

Є.3. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

Грінцов В.О. Амфіподи (Amphipoda) у районі о. Галіндез / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за додатковою угодою №2 від 21.05.2008 до договору № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2008. – Розділ 2.2, с. 15-31. (Рукописн.).

Дзицкий В.С. Разработка программного комплекса для исследования и анализа трендов биологических данных / Дипломная работа на зв. магистра. – Севастополь: Севастопольский нац. техн. универ., 2009. – 135 с. (Рукописн.).

Иванов А.М., Миничева Г.Г. Планктонные и бентосные водоросли района Украинской антарктической станции Академик Вернадский // Бюллетень УАЦ. - 1998. - Вып. 2. - С. 198-203.

Ігнат'єв С.М. Міжрічна мінливість орнітофауни в районі УАС Академік Вернадський / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за договором № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2007. - Розділ 2.5, с. 36-46.

Клисенко М.А., Александрова Л.Г. Определение остаточных количеств пестицидов. – К.: Здоровье, 1983. – 248 с.

Кобленц-Мишке О.И. Экстрактивный и безэкстрактивный методы определения фотосинтетических пигментов в пробе. В кн.: Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / Под ред. Виноградова М.Е. – М.: Наука, 1983. – С. 114-125.

Кузьменко Л.В. Сучасний стан та сезонна мінливість кількісного розвитку фітопланктону у прибережних водах біля антарктичної станції Академік Вернадський / Моніторинг сучасного стану прибережних екосистем у районі УАС Академік Вернадський: Науковий звіт про науково-дослідну роботу до договору № Н/3-2005 від 2.02.2005. - НАНЦ МОН України, 2006. - Розділ 2.2., с.19-20. (Рукописн.).

Кузьменко Л.В. Видове різноманіття та сезонна мінливість кількісного розвитку фітопланктону у водах Аргентинських островів (2005-2006 рр.) / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за договором № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2007. - Розділ 2.2., С. 10-16. (Рукописн.).

Кузьменко Л.В. Фітопланктон у водах біля УАС „Академік Вернадський” (2005-2007 рр.) / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за додатковою угодою №2 від 21.05.2008 до договору № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2008. - Розділ 2.3., с. 32-41. (Рукописн.).

Ломакин П.Д., Скрипалева Е.А. Циркуляция и структура вод юго-западной части Атлантического океана и прилегающих акваторий Антарктики. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – 116 с.

Манило Л.Г. Ихтиофауна и морфологическая характеристика массовых видов рыб прибрежных вод Аргентинских островов (Антарктика) (по материалам зимовки 9-й украинской антарктической экспедиции 2004-2005 гг.) // Збірник праць зоологічного музею. – 2006. – № 38. – С. 5–22.

Манило Л.Г., Ігнат'єв С.М., Чесалин М.В. Состояние прибрежной ихтиофауны и особенности биологии массовых видов рыб в районе Украинской антарктической станции Академик Вернадский // Рыбное хозяйство Украины. – 2009. - № 6(64). – С. 7-23.

Э.З. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

Методические указания по определению загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. – М.: Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – РД 52.10.556-95.

Методика выполнения измерений массовой концентрации кадмия, цинка, меди, свинца и мышьяка в пищевых продуктах. Атомно-абсорбционный метод с использованием электротермической атомизации. – Северодонецк: КНПП «Химвавтоматика-аналитприбор». Аналитическая лаборатория, 1998. – 64 с.

Методические указания по определению ртути, мышьяка, сурьмы и селена с использованием ртутно-гидридного генератора «РГД-105П». – М.: Росгидромет, 1999. – 45 с.

Мільчакова Н.А., Миронова Н.В., Олександрова В.В. та ін. Макрофітобентос /Моніторинг сучасного стану прибережних екосистем у районі УАС Академік Вернадський: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за договором № Н/3-2005 від 2.02.2005. – НАНЦ МОН України, 2006. – Розділ 2.4., с. 48-72. (Рукописн.).

Мільчакова Н.А., Миронова Н.В., Бондарева Л.В. Характеристика макрофітобентосу району УАС за матеріалами зборів в 12 УАЕ (2007-2008 рр.) / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за додатковою угодою №2 від 21.05.2008 до договору № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2008. – Розділ 3.2, с. 64-67. (Рукописн.).

Міронова Н.В. Видове різноманіття витку фітобентосу у прибережних водах Аргентинських островів (2006-2007 рр.) / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за договором № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2007. – Розділ 2.3., с. 17-26. (Рукописн.).

Океанографічні та біоресурсні дослідження / Сайт НАНЦ МОН України (Самишев Е.З. –авт.) - http://www.uac.gov.ua/ua/direction_1. – Київ, 2008.

Пинкина Т.Ю., Четверякова О.П. Определение содержания гуминовых кислот в морских осадках /Методы исследования органического вещества в океане. – М.: Наука, 1980. – С. 187-193.

Потанова Л.И., Куприн П.Н., Фролова Л.В. Определение углерода органического вещества в донных осадках /Методы исследования органического вещества в океане. – М.: Наука, 1980. – С. 50-56.

Рябушко Л.И. Мікрофітобентос / Моніторинг сучасного стану прибережних екосистем у районі УАС Академік Вернадський: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за договором № Н/3-2005 від 2.02.2005. – НАНЦ МОН України, 2005. – Розділ 2.5., с. 62-76. (Рукописн.).

Рябушко Л.И. Микроводоросли бентоса українського сектора Антарктики // Системи контролю оточуючої середовища. Средства и мониторинг. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005 а. – С. 129-146.

Рясинцева Н.И., Савин П.Т. Экологические проблемы украинской Антарктической станции Академик Вернадский // Бюллетень УАЦ. – 1998. – Вып. 2. – С. 171-177.

Рясинцева Н.И., Савин П.Т., Секундяк Л.Ю., Доценко С.А. Некоторые результаты изучения загрязнения вод и донных отложений различных районов Субантарктики // Бюллетень УАЦ. – 1998 а. – Вып. 2. – С. 178-190.

Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале / АН СССР. ВГБО. – М.: Наука, 1991. – 168 с.

Самышев Э.З. Заключение о состоянии популяции криля и пелагической экосистемы в западном регионе Атлантической части Антарктики в предзимний период 1998 г. // Бюлл. УАЦ. – 2000. – Вып. 3. – С. 231-236.

Э.3. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

Самышев Э.З., Игнатьев С.М. Мониторинг современного состояния прибрежной экосистемы в районе УАС Академик Вернадский // Наукові дослідження в Антарктиці. III Міжнародна Конференція (Київ, 29 травня – 2 червня 2006). – Київ, 2006. - С. 103

Самышев Э.З., Игнатьев С.М. О современном состоянии прибрежной экосистемы в районе УАС Академик Вернадский // Проблемы биологической океанографии XXI века. Международная конференция (Севастополь, 19-21 сентября 2006 г.). - Севастополь, 2006 а. - С.35.

Самышев Э.З., Копытов Ю.П. Уровень загрязнения донных осадков некоторых бухт Крымского полуострова тяжелыми металлами и нефтяными углеводородами // Чистота довкілля в нашому місті: Третя міжнар. конф. – (Севастополь, Україна, 2-5 жовтня 2007 р.). – Севастополь, 2007. - С. 47-49.

Самышев Э.З., Копытов Ю.П. О содержании тяжелых металлов в некоторых донных гидробионтах в районе Антарктического полуострова // Чистота довкілля в нашому місті: Третя міжнар. конф. – (Севастополь, Україна, 2-5 жовтня 2007 р.). – Севастополь, 2007 а. – С.49-51.

Самышев Э.З., Копытов Ю.П. Токсикологічні дослідження ґрунтів, донних відкладень і гідробіонтів / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за додатковою угодою №2 від 21.05.2008 до договору № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2008. - Розділ 4, с. 68-80. (Рукописн.).

Самышев Э.З., Мінкіна Н.Й. Коэффициент Фультонна (K_f) у антарктичного крилю як показник неоднорідності умов його мешкання / Вивчення змін у популяції крилю та в інших компонентах пелагічної спільноти Атлантичної частини Антарктики та оцінка зв'язку цих змін з глобальними кліматичними змінами на Землі: Науковий звіт про науково-дослідну роботу за додатковою угодою №2 від 21.05.2008 до договору № Н/11-2007 від 17.01.2007. – Київ: НАНЦ МОН України, 2008. - Розділ 2.1, с. 6-14. (Рукописн.).

Синегуб И.Н. Макрозообентос литорали и сублиторали района Украинской Антарктической станции «Академик Вернадский» //Бюлл. Укр. Антарктического центра. – 1998. – Вып. 2. – С. 204-213.

Серегин С.А. Сезонные и межгодовые изменения численности бактериопланктона в районе Аргентинских островов, Антарктика // Морской экологический журнал. - 2009. - Т. 8, №3. – С. 29 – 39.

Совга Е.Е. Загрязняющие вещества и их свойства в природной среде / НАН Украины, Морской гидрофизический ин-т, Черноморское отделение Московского государственного университета. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 237 с.

Трувеллер К.А., Воронов Д.А., Спиридонов В.А. К биохимико-генетическому анализу популяционной структуры антарктического криля //Сырьевые ресурсы антарктической зоны океана и проблемы их рационального использования: материалы Всесоюзн. науч. конф. (4-6 окт. 1983 г., г. Керчь). - Керчь: Мин. рыбного хоз. СССР, Азово-Черноморский НИИ морского рыбного хоз. и океанографии). - С. 38-40.

Чесалин М.В. Отчет о биологических исследованиях на станции Академик Вернадский в период зимовки 2005-2006 гг. // Науковий архів НАНЦ МОН. – Антарктика, 2006. – 166 с. (Рукописн.).

Чесалин М.В., Дикий И.В., Тимофеев В.А., Трохимец В.Н. Состояние ихтиофауны и популяционно-биологические характеристики массовых видов рыб в районе украинской антарктической станции "Академик Вернадский" в 2002-2008 гг. // III Міжнародний полярний рік. 2007-2008: Тези IV Міжн. Антарктичн. Конфер. (м. Київ, Україна. 12-14 травня 2009). – Київ, 2009. – С. 109-110.

Э.3. Самышев: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ УАС...

Ahn I.-Y., Lee S.H., Kim K.T. et al. Baseline heavy metal concentrations in the Antarctic clam, *Laternula elliptica* in Maxwell Bay, King George Island Antarctica. // Marine Pollution Bulletin. – 1996. – V.32, N 8/9. – P. 592-598.

Ahn I.-Y., Chung K. H., Cho H. J. Influence of glacial runoff on baseline metal accumulation in the Antarctic limpet *Nacella concinna* from King George Island. // Marine Pollution Bulletin. – 2004. – V.49. – P. 119-141.

Ahn I.-Y., Kim K.-W., Choi H. J. A baseline study on metal concentrations in the Antarctic limpet *Nacella concinna* (Gastropoda: Patellidae) on King George Island: variations with sex and body parts // Marine Pollution Bulletin. – 2002. – V. 44, Is. 5. – P. 424-431.

Checklist of the Amphipods of the Southern Ocean / <http://www.sciencesnaturelles.be/general/sections/amphi/carcilist.htm>. – 1992.

Dell R.K. Antarctic Mollusca. – The Royal Society of New Zealand. - Bulletin 27.-1990. – 311p.

Fisher W. Southern Ocean // CCAMLR Convention Area. Fishing Areas 48, 58 and 88. – V. 1. (Hukeau J.C. – Ed.). – Rome: FAO species identification sheets for fishery purposes. Commission for conservation of Antarctic marine living resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. – 233 p.

Kahle J., Zauke J.P. Trace metals in Antarctic copepods from the Weddell Sea (Antarctica) // Chemosphere. – 2003. – V. 51. – P. 409-417.

Lindsay W.L. Chemical equilibria in soils. - New York: Wiley and Sons, 1979. – 449 p.

Samyshev E.Z. Antarctic krill and the structure of planktonic community in its distribution area. - The 2nd ed. (expand.) – M.: Nauka, 1991. - 168 p. – (Acad. of Sci. of the USSR. All-Union Hydrobiol. Soc.) + the recently included Chapter VI. - Sevastopol: ECOSEA-Hydrophysics Sci. Prod. Ass., 2002. - 268 p.

Samyshev E.Z., Kopytov Yu.P. Pollution of the environment and hydrobionts by heavy metals in region of the archipelago Argentine islands // Polar Research - Arctic and Antarctic perspectives in the Intern. Polar Year: SCAR/ IASC IPY Open Science Conf. (Abstr. Volume, St. Petersburg, Russia (July 8th-11th, 2008). - P. 264.

Samyshev E.Z., Kopytov Yu.P. Pollution of the environment and hydrobionts by heavy metals in region of the archipelago Argentine islands / Web portal hosted by Flanders Marine Institute (VLIZ) http://www.scarmarbin.be/photo_gallery.php?album=915&pic=16871.-jpg.file – 2298 KB added on 2008-08-10.

Reference Methods № 7 and № 11 UNEP/FAO/IAEA/IOC.

Vodopivec C., Mac Cormack W.P., Villaamil E. et al. Evidence of pollution with hydrocarbons and heavy metals in the surrounding of Jubany Station // Berichte zur Polar und Meeresforschung. - V. 571 - 2008/ Report on POLAR AND Mar.Res. The Antarctic ecosystem of Potter Cove, King George Island (Isla 25 de Mayo). Synopsis of research performed 1999-2006 at the Dallmann Lab. and Jubany Station (C. Wiencke, G.A. Ferreyra, D. Abele and S. Marensi -Eds.). - P.357-364.

Underwater Field Guide to Ross Island & Mc Murdo Sound, Antarctica. The National Science Foundation's Office of Polar Programs sponsored Norbert Wu. – San Diego: Univ. of California. - 1998.