

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ИЗУЧЕННОСТИ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ. ИТОГИ И ЗАДАЧИ ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЙ УКРАИНОЙ (ОБЗОР)

В обзоре в краткой форме приведены основные сведения, касающиеся исследований Антарктической экосистемы, – о её значимости и форме государственно-правового регулирования эксплуатации её биоресурсов, об основных исследовательских экспедициях и их результатах, дающих представление о её структуре, об итогах первых экспедиционных исследований Украины в Атлантической части Антарктики (АЧА) и их задачах на 2001 – 2010 г.г.

До недавнего времени интерес к антарктической зоне Мирового океана у государств с развитым океаническим промысловым флотом был вызван, прежде всего, возможностью промысла китов. Резкое сокращение поголовья последних на 80 – 90 % и потребности в животном белке в последующее время вынудили вовлечь в сферу промысла ресурсы других объектов и прежде всего – антарктического криля (*Euphausia superba* Dana) и широкого ассортимента ценных видов рыб (нототениевых, белокровных, антарктической серебрянки, антарктического клыкача и др.).

Высокие пищевые качества, возможность получения ряда ценных препаратов, в частности, хитозана и хитинсодержащего сырья, большие запасы и сравнительно лёгкая доступность для промысла предопределили особый интерес к крилю.

Интерес к антарктической зоне в целом подкреплён и Антарктическим договором, и положениями принятой и вступившей в силу в апреле 1980 г. Конвенции о сохранении и рациональном использовании морских ресурсов антарктической зоны (южнее Антарктической конвергенции). Членами Конвенции являются некоторые страны СНГ, в том числе Украина, а также Германия, США, Великобритания, Япония, Австралия и ряд других стран. Основная цель Конвенции – международное регулирование эксплуатации запасов антарктического криля и других объектов с условием сохранения морской антарктической экосистемы.

Несмотря на более чем полуторавековую историю исследований в Антарктике, современные представления об её экосистеме сформировались главным образом в процессе реализации ряда международных и национальных экспедиций в период с 1926 г. по настоящее время:

- английская постоянно действовавшая экспедиция “Дискавери” (1926 - 1937 и 1950-е годы),
- экспедиции по программе Международного Геофизического Года (МГГ) (1955 - 1959 гг.), в том числе Советская Антарктическая экспедиция (САЭ) (1955 - 1958, 1962 - 1963 гг.) на д/э “Обь”,
- опытно-промысловые экспедиции на судах Минрыбхоза СССР в 1960-е годы по освоению лова криля,
- постоянно действовавшая антарктическая экспедиция Минрыбхоза СССР (1971-1975 гг.),
- последующие научные экспедиции Минрыбхоза СССР в соответствии с отраслевыми тематическими планами исследований ресурсов Антарктики (1976 - 1980 гг.), а с 1981 г. – регламентированные межведомственным проектом “Южный океан” (задание ГКНТ при Совмине СССР) и Комплексно-Целевой Программой Минрыбхоза СССР “Криль” (КЦП “Криль”),
- экспедиции, реализовавшие международную программу BIOMASS (Биологическое изучение морских антарктических систем и ресурсов) поэтапно в период

с 1977 по 1986 гг. с участием широкого круга стран, в том числе СССР, Японии, ПНР, ФРГ, США, Австралии, Аргентины, Франции, Чили, ЮАР.

Впоследствии крупномасштабные экспедиции прекратились и сменились либо регулярными исследованиями отдельных стран в том или ином локальном регионе Антарктики (как, например, Германии – в юго-западной части региона моря Скотия, ЮАР – в регионе моря Содружества, США – по национальной программе комплексных исследований антарктической экосистемы “Palmer-LTR” (с 1991 г.) в 100-мильной зоне у станции “Палмер”, Великобритании – у о. Южная Георгия), либо эпизодическими экспедициями как отдельных, так и групп стран (по согласованным с АнтКом программам) в перспективных районах, главным образом, в АЧА (Атлантической части Антарктики).

Анализ и обобщение полученного в результате вышеуказанных исследований обширного и разнообразного материала позволили с разной степенью полноты осветить различные аспекты функционирования антарктической экосистемы.

Обобщённо эти результаты сводятся к следующему:

- Основа ареала большинства антарктических гидробионтов расположена в пределах трёх основных зон системы движения антарктических вод – Прибрежного (Западного) антарктического течения, обширной зоны восточного переноса вод (Антарктического циркумполярного течения (АЦТ), в разной степени простирающегося на север, и Антарктического Полярного Фронта, северная граница которого называется Субантарктическим фронтом. Структура вод складывается из поверхностной антарктической, промежуточной (антарктической), глубинной циркумполярной и придонной антарктической водных масс. Первая из них, заключая в себе трофогенный слой и находясь под влиянием ветрового и плотностного перемешивания, претерпевает межгодовые и сезонные изменения, определяя, прежде всего, таковые в экосистеме в целом.

- При сравнительном разнообразии, для растительного и животного мира Антарктики характерно доминирование небольшого числа видов (в фитопланктоне – 10 - 11 (и только из диатомей), в мезозоопланктоне – 3 - 4 (и только из “мирных” копепод), в макрозоопланктоне – 1 (крыль) и т.д.) [1, 8].

- Соответственно этому относительно простой выглядит трофическая структура в биоценозе [2].

- Основным “поставщиком” первичного органического вещества в экосистеме является фитопланктон. Суммарная величина его продукции в год составляет около 160 - 180 г С · м⁻² [8, 12].

- Уровень развития фитопланктона лимитируется глубиной расположения сезонного пикноклина, освещённостью, наличием системы стационарированных круговоротов вод, препятствующих сносу и диффузии размножающихся водорослей, и интенсивным вертикальным перемешиванием вод над пикноклином.

- Обилие мезозоопланктона обусловлено смещённостью жизненных циклов массовых видов, продолжительностью летнего сезона, обилием фитопланктона и интенсивностью экспатриации животных из основы ареала составляющими течений.

- Обилие крыля определяется долей популяции, отнерестившейся над мелководьями, и интенсивностью экспатриации рачков из основы ареала составляющими течений в поверхностном слое [8]. Существующие оценки запасов крыля в его ареале разными авторами различаются в 30 раз. На основании многочисленных и ежегодных наблюдений 1977 - 1987 гг., в Индоокеанском секторе рассчитанная его биомасса на площадь ареала, равную 19 млн. км² [4], составила в среднем 760 млн. т, а рассчитанный по экспериментальным исследованиям годовой П/Б-коэффициент составил 1,0 [7, 8].

- Для всех компонентов антарктического сообщества характерна крайняя неравномерность их распределения в пределах их ареалов, обусловленная неоднородностью условий, в свою очередь вызванной образованием в системе

циркумполярных течений чередующихся в широтном направлении циклонических и антициклонических круговоротов. Положение их из года в год и даже посезонно претерпевает изменения, связанные с изменениями барического поля. Стационарированию круговоротов, приводящему в конечном счёте к прямой или опосредованной аккумуляции гидробионтов, способствуют орографические условия – глубокая изрезанность береговой линии, острова и поднятия дна. Эти условия в наибольшей степени выражены в Атлантической части Антарктики (АЧА), что в целом привело к асимметричному распределению одних и тех же компонентов в антарктической зоне – более высокому их обилию в АЧА в сравнении с другими секторами Антарктики [1, 17].

- В наибольшей степени выражена зависимость распределения рыб и других потребителей криля и других компонентов зоопланктона от аккумуляции последних вблизи островов, над шельфом материка, Антарктического полуострова, в заливах, где обнаруживались их скопления. В целом ряде подобных участков (особенно многочисленных в АЧА) обнаруживались промысловые скопления разных видов ценных рыб, и уловы их составили несколько десятков тонн за судосутки. Большая часть перспективных участков ещё даже не обследована.

- Для трофических взаимоотношений в антарктическом биоценозе характерна ярко выраженная несбалансированность. Так, в верхнем 100-метровом (“деятельном”) слое вод ассимиляция гетеротрофами первичной продукции составляет 25 – 30 % её величины. Из этой доли ассимилированного вещества около 90 % приходится на гетеротрофов из так называемой “микробиальной пищевой петли” – бактериопланктон и наногетеротрофов (инфузорий и зоофлагеллят) [6, 13]. Остальная значительная часть фитопланктона формирует детрит, поступающий в более глубокие слои, вызывая, с одной стороны, обильное развитие донной фауны Антарктики (губок, мшанок, моллюсков) [3], с другой, переносясь на север, составляет, вероятно, резерв энергии для сообществ более низких широт океана [12, 8].

- Выбор уса́тых китов привёл к трансформации биологической части антарктической экосистемы на уровне “криль – его потребители”. Суммарный рацион увеличившихся в численности мелкоразмерных потребителей (пингвинов, рыб, тюленя-крабоведа, мелких китов и др.) составляет в настоящее время 470 млн. т в год [16], в то время как таковой у крупных уса́тых китов в прошлом был на уровне 174 - 190 млн. т [18].

- На фоне этой трансформации в отдельных регионах Антарктики наблюдаются структурные изменения в сообществах, вызванные флуктуациями в популяциях тех или иных компонентов. В частности, долготермическими наблюдениями (1975 – 1997 гг.) выявлены существенные флуктуации в обилии сальпы и криля в АЧА [15]. Интенсивность флуктуации запасов криля в исследованных регионах моря Содружества (Индоокеанский сектор Антарктики) в 1977 – 1993 гг. может превышать один - два порядка [8, 19]. Однако предпринятые попытки установления предикторов этой изменчивости [8, 15, 20] вскрыли сложность проблемы, а её последствия вовсе неизвестны.

- Экосистема Антарктики чрезвычайно чутка к антропогенным факторам, и рациональное использование её живых ресурсов требует глубокого комплексного изучения её структуры и закономерностей функционирования.

Целесообразность осуществления исследований биоресурсов в Антарктике обусловлена перспективностью их освоения, доказанной предшествовавшими исследованиями и недавним опытом ряда стран, в т.ч. СССР. В этом смысле регион моря Скотия (включая собственно м. Скотия, а также м. Уэдделла и прилегающую акваторию), выявленный издавна по многим признакам, является до сих пор наиболее перспективным, выделяясь среди других регионов большей биологической продуктивностью, своим размером и географическим положением. Перспективность этого региона и расположение в нем Украинской антарктической станции “Академик Вернадский” предопределили выбор его для проведения исследований Украиной.

Методологической основой этих исследований является комплексный мониторинг экосистемы региона по примеру такового, впервые реализованного нами в регионе моря Содружества [8].

Проведенным комплексом работ в регионе АЧА в первых Украинских морских антарктических экспедициях в марте - апреле 1997 и 1998 гг. на НИС "Э. Кренкель" сделан первый шаг Украины в осуществление вышеуказанного мониторинга. Полученные материалы позволили, с одной стороны, подтвердить перспективность региона для освоения промыслом запасов антарктического криля в нем, с другой - пополнить представления об экосистеме новым содержанием (благодаря расширенному комплексу наблюдений), с третьей - более четко определиться в задачах дальнейших работ и, соответственно, в методах их решения.

Указанными исследованиями выявлено:

- состояние запасов криля в регионе продолжает оставаться на уровне 1996 г. (1,2 млн. т) (вместо прежнего уровня 10 - 20 млн. т) [11]. Указанная депрессия вызвана интенсивной экспатриацией личинок и взрослой части рачков составляющими течений; вместе с тем, в традиционных районах промысла наблюдается аккумуляция рачков (благодаря топогенному эффекту), позволяющая их эффективный лов;
- в структуре популяции криля выявлена неоднородность даже по морфометрическим признакам [9], подтверждая ранее полученные результаты биохимико-генетического анализа [14] – существование трех обособленных по размножению субпопуляций;
- структура планктонного сообщества в целом, наряду с влиянием сезонных условий, испытывала явное влияние возрастающего обилия сальп;
- суммарная биомасса сальп в 1997 г. превышала запас криля в регионе в 25, а в 1998 г. в 37,5 раз [10];
- впервые осуществлены экспериментальные исследования интенсивности энергетического обмена у антарктических сальп *Salpa thompsoni* Foxton [5], результаты которых использованы в балансовых расчетах потока вещества в пелагической экосистеме;
- выполненные балансовые расчеты показали, что пищевые потребности сальп в 2,6 раза превышали величины продукции фитопланктона. Уровень ассимиляции органического вещества сальпами превосходил таковой криля в 8 раз, а бактериопланктона – почти в 4 раза. В условиях дефицита первичной продукции некоторое время "буферную роль" для сальп и криля, вероятно, играет органическое вещество, накопленное в градиентных слоях (выявленное нами по обилию детрита и бактериопланктона), чем и может объясняться наблюдавшаяся высокая интенсивность их питания [9, 21];
- пищевая конкуренция между крилем и сальпами "смягчена" и пространственной смещенностью их ареалов, в то время как мезозоопланктон, вероятно, испытывал негативное воздействие желтелых [9];

Резюмируя изложенное, можно сказать, что пелагическая экосистема региона в последние годы переживает своеобразный острый период структурных изменений, последствия которых еще недостаточно ясны. Однако есть основания предполагать, что наблюдаемое обострение – составляющая межгодовых естественных колебаний, отмечаемых в ряде предшествующих лет (но не изученных), закономерность которых может быть выявлена последующим мониторингом.

Основная цель последующих исследований в 2001 - 2010 гг. сформулирована в разделе «Океанология и биоресурсы» Национальной Программы исследований Украины в Антарктике как создание теоретической основы к прогнозу структуры пелагического сообщества в Атлантической части Антарктики (АЧА) на перспективу, в том числе к прогнозу запасов антарктического криля и рыб, и регулярная выдача рекомендаций по рациональному использованию этих промысловых объектов.

Достижение цели предполагает:

- регулярный мониторинг запасов и распределения криля и оценка пополнения его, популяции;
- исследование популяционной структуры криля и ее межгодовой изменчивости;
- исследования структурно-функциональных характеристик основных компонентов планктона и обилия и новообразования детрита при разных ситуациях (сезоны, годы) как:

- факторов, обуславливающих пополнение и размер (запас) популяции криля;
- индикаторов того или иного состояния популяции криля и пелагического сообщества в целом;
- оценка величин запаса и возможного изъятия основных промысловых видов рыб в известных и необследованных участках региона АЧА на основании их комплексных исследований на популяционном и биоценологическом уровнях;
- системный анализ ретроспективных и полученных в ходе исследований биологических и океанографических данных на основе балансового подхода и математических моделей, выявление предикторов прогноза запасов и возможного вылова криля и рыб и состояния пелагического сообщества в целом.

Наряду с этим в комплексе антарктических исследований предусмотрены:

- экологический мониторинг прибрежных акваторий острова Галиндез с целью оценки их антропогенного загрязнения в связи с функционированием антарктической станции "Академик Вернадский";
- разработка новых технологий лова и средств их механизации для добычи морепродуктов в Антарктике в соответствии с современными экологическими требованиями;
- совершенствование технологий получения хитина и хитозана из отходов переработки криля;
- разработка технологий получения новых лечебно-профилактических препаратов на базе хитозана и каротиноидов из антарктического криля.

1. Воронина Н.М. Сообщества умеренных и холодных вод Южного океана // Биологическая продуктивность океана: Биология океана. 2. - М.: Наука, 1977. - С. 68 - 91. (Океанология).
2. Воронина Н.М. Антропогенная эволюция пелагического сообщества Антарктики // Вестник АН СССР. - 1989. - № 9. - С. 64 - 68.
3. Колтун В.М., 1969. Донные беспозвоночные // Атлас Антарктики. - Л.: Гидрометеониздат. 1969. - 2. - С. 509 - 515.
4. Любимова Т.Г. Биологические ресурсы Южного океана / Моисеев П.А. (ред.) Биологические ресурсы океана - М.: Агропромиздат, 1985. - С. 206 - 219.
5. Минкина Н.И. Интенсивность обмена *Salpa thompsoni* Foxton // Бюл. УАЦ. - 2000. - Вып. 3. - С. 241 - 245.
6. Самышев Э.З. Энергетический баланс в антарктическом планктоне // Природная среда и проблемы изучения, освоения и охраны биологических ресурсов морей СССР и Мирового океана (Тез. докл. Всес. конф., 15-17 мая 1984 г.). - 1984. - С. 155 - 156.
7. Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. - Дисс. ... докт. биол. наук. - М.: ИОАН СССР, 1986. - 412 с.
8. Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. - М.: Наука, 1991. - 168 с.
9. Самышев Э.З. Сальпы в АЧА: состав, обилие, распределение // Бюлл. УАЦ. - 2000. - Вып. 3. - С. 237 - 240.
10. Самышев Э.З. Заключение о состоянии популяции криля и пелагической экосистемы в западном регионе Атлантической части Антарктики в предзимний период 1998 года // Бюлл. УАЦ. - 2000. - Вып. 3. - С. 231 - 236.
11. Самышев Э.З., Соколов Б.Г., Василенко В.И. Биомасса и запасы криля в районах Атлантической части Антарктики в 1998 году // Бюлл. УАЦ. - 2000. - Вып. 3. - С. 226 - 230.
12. Сорокин Ю.И., 1973. Первичная продукция в разных районах морей и океанов // Итоги науки и техники: Общая экология. Биоценология. Гидробиология. - М.: Наука. 1973. - 1. - С. 7 - 46.

Институт биологии

Южная часть СССР

13. Сушин В.А., Жигалова Н.Н., Красовский И.В и др. Сообщество планктона в Атлантической части Антарктики // Биологические основы развития рыболовства в водах открытого океана. - М.: Наука, 1985. - С. 29 - 39.
14. 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 (Тез. докл. Всес. Научн. конф. 4 - 6 октября 1983 г. Керчь). - Изд-во Минрыбхоза СССР, АзЧерНИРО, 1983. - С. 38 - 40.
15. Loeb V., Siegel V., Holm-Hansen O. et al. Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web // Nature. - 1997. - 387. - P. 897 - 900.
16. Laws R.M. Ecology of the Southern Ocean // Amer. Sci. - 1985. - 73, № 1. - P. 26 - 40.
17. Marr T.W.S. The natural history and geography of the antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) // Discov. Rep. - 32. - P. 33 - 164.
18. Odening K., Bannasch R. Biologische Forschung in der Antarktis // Wiss. Fortschr. - 1981. - 31, № 5. - S. 181 - 186.
19. Pakhomov E.A. Demography and life cycle of Antarctic krill, *Euphausia superba*, in the Indian sector of the Southern Ocean: long-term comparison between coastal and open-ocean regions // Canad. J. Fish. Aquat. Sci. - 2000. - 57, Suppl. 3. - P. 68 - 90.
20. Reid K., Barlow K.E., Croxal J.P., Taylor R.I. Predicting changes in the Antarctic krill, *Euphausia superba*, population at South Georgia // Mar. Biol. - 1999. - 135. - P. 647 - 652.
21. Samyshev E.Z., Minkina N.I., Chmyr V.D., Seryogin S.A. The relative evaluation of assimilation of primary production by krill, salps and bacterioplankton in Atlantic Sector of Antarctic (ASA) under the conditions of mass development of gelatinous animals // Proceedings of the Second International Symposium on Krill (University of California, Santa Cruz, 23-27 August 1999, USA). - 1999. - P. 33 - 35.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 14.08.2001

E. Z. SAMYSHEV

**CONCERNING TO STUDY STATE OF ANTARCTIC ECOSYSTEM.
RESULTS AND TASKS OF ITS RESEARCHES BY UKRAINE
(A REVIEW)**

Summary

In the review the basic items of information concerning the Antarctic ecosystem researches are given in the brief form. The importance of this ecosystem, the form of state-lawful regulation of the biological resources exploitation, the main research expeditions and their results giving a representation about its structure, results of the first dispatch researches of Ukraine in the Atlantic part of the Antarctic Region (APA) and their tasks in 2001 - 2010 have been shown.