



УДК 581.526.325

Л. В. Кузьменко, канд. биол. наук, с. н. с., С. М. Игнатъев, канд. биол. наук, с. н. с

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Севастополь, Украина

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА У АРГЕНТИНСКИХ ОСТРОВОВ (АНТАРКТИКА)

Приводятся результаты исследования количественного развития фитопланктона для прибрежных вод Аргентинского архипелага. Материалы собраны в 7-й УАЭ (зимовка 2002 – 2003 гг.) и 10-й УАЭ (сезонные работы 2005 г.). Впервые получены сведения о сезонной динамике количественного развития, видовом разнообразии фитопланктона, выделены доминирующие виды, сроки их массовой вегетации и стадии сукцессии. В водах архипелага обнаружено 126 видов и разновидностей микроводорослей, 73% из которых – диатомовые, 16,6 % - динофитовые. Исследования, проведённые антарктической осенью 2005 г., дополнили список видов на 31 таксон. Наиболее высокие показатели обилия фитопланктона получены для весенне-летнего сезона, когда в октябре наблюдалось «цветение» воды, вызванное мелкими клетками *Phaeocystis* (до $108 \cdot 10^9$ кл.; $12.3 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$). В ноябре – декабре доминировали диатомовые водоросли родов *Fragilariopsis*, *Achnanthes* и *Corethron* ($2.2 \cdot 10^9$ кл.; $3.2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$), в январе в водах у Аргентинских о-вов в огромных количествах (до $300 \cdot 10^9$ кл.; $120 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) вегетировали микроводоросли родов *Cryptomonas*, *Pyramimonas*. В целом исследованные воды по уровню развития фитопланктона относятся к мезотрофным, однако, в отдельные сравнительно короткие сроки (2 недели) в весенне-летний сезон общее обилие фитопланктона может достигать очень высоких показателей, характерных для продуктивных эвтрофных вод Мирового океана. Осенью и в начале зимы, когда затухает вегетация растительного планктона, воды у Аргентинских о-вов являются олиготрофными.

Ключевые слова: фитопланктон, численность, биомасса, видовой состав, Аргентинские о-ва, Антарктика

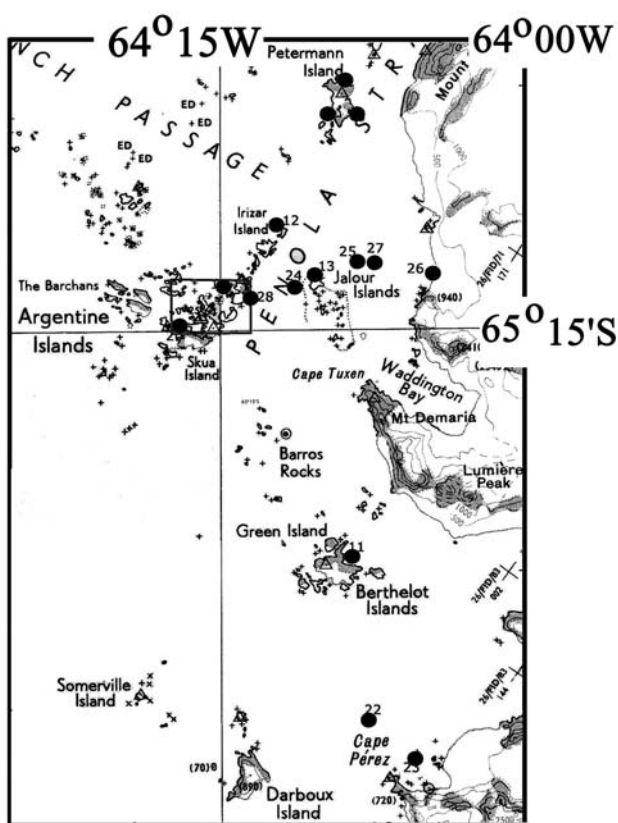
Как известно фитопланктон является первичным звеном в трофической цепи любой водной экосистемы. Прибрежные воды у Антарктического п-ова относятся к наиболее продуктивным районам. В период весенне-летнего сезона, когда наблюдается кратковременное, но интенсивное развитие фитопланктона, приводящее иногда к «цветению» воды, и высок уровень продуцирования первичного органического вещества, создается основа для его дальнейшего использования растительоядным планктоном и крилем, промысел которого ведётся в этих водах. В существующих соглашениях об охране окружающей среды Антарктиды мониторинг состояния её прибрежных вод обозначен в качестве приоритетной задачи.

Несмотря на существование в Антарктике разветвленной сети стационарных науч-

ных станций, круглогодичных наблюдений за состоянием прибрежной экосистемы, включая её первичное звено – фитопланктон, крайне мало. Изыскания обычно проводятся антарктическим летом и ранней осенью: с декабря по март – апрель. Имеются классические работы Т. Харта [18, 19] для моря Беллингаузена, в которых он описывает два пика в развитии фитопланктона – весенний и летний. Однако круглогодичные наблюдения за вегетацией диатомовых в бухте Артура (Антарктический п-ов) обнаружили более сложную изменчивость сукцессионных процессов [22]. Данные о сезонной динамике диатомовых в заливе Адмиралтейства приводятся в [5, 6]. В этом же районе наблюдения за состоянием фитопланктона в течение года выполнены Е. Копчинской

[20, 21]. Исследования растительного планктона в летне-осенний сезон проводились в южной части пролива Дрейка, у Южных Шетландских о-вов и в проливе Брансфилда [8, 17, 20]. Сведения о количественном развитии фитопланктона и его видовом разнообразии в водах Аргентинские о-вов имеются только для марта 1997 и 1998 гг. [7, 14].

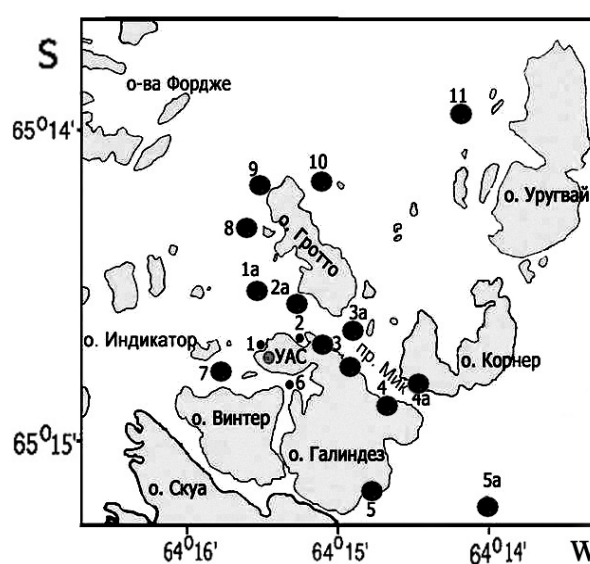
Целью настоящей работы является оценка состояния фитопланктонного сообщества в районе архипелага Аргентинские о-ва, на одном из которых (о. Галиндез) расположена Украинская антарктическая станция (УАС) Академик Вернадский.



А

Всего собрано и обработано 104 пробы фитопланктона. Пробы воды объемом 0.7 – 5 л отбирали в основном из поверхностного слоя (в марте – апреле 2005 г. - только с 0 м) батометром Нансена или ведром с борта малого плавсредства. Наиболее регулярно, иногда еженедельно, пробы воды отбирали в непо-

Материал и методы. Сбор материала в прибрежных водах Аргентинских о-вов проводили с апреля по декабрь 2002 и в январе 2003 г. на станциях, расположенных между о-вами Галиндез, Винтер, Индикатор, Гротто, Корнер, Уругвай, в проливах Мик, Пенола и Стелла, а также у о-вов Петерманн, Барселот и проливе Люмьер (рис. 1А-Б). С 27 марта по 2 апреля 2005 г. выполнены сборы фитопланктона как по стандартной схеме станций возле УАС, так и в прибрежных водах у о-вов Петерманн, Барселот, Ялур, у м. Перез (Антарктический п-ов) и на разрезе через пролив Пенола от о. Уругвай до континента.



Б

Рис. 1 Район исследований: А - архипелаг Аргентинские о-ва; Б - район УАС Академик Вернадский
Fig. 1 Area of investigations: А - Argentine Islands Archipelago; В - scheme of studied station in the area of UAC Academic Vernadsky

средственной близости от УАС (ст. 1). На некоторых станциях весной и осенью 2002 г. пробы были собраны из придонного слоя (глубина 10 – 20 м). Отбор проб сопровождался измерением температуры воды.

В лабораторных условиях пробы сгущали с помощью воронки обратной фильтра-

ции [15] через нуклеопоровый фильтр с диаметром пор 1 – 1.1 мкм до объёма 20 – 120 мл и фиксировали глютаральдегидом с конечной концентрацией 2%. Дальнейшая обработка проб проводилась в ИнБИОМ НАНУ под световым микроскопом при увеличении $\times 120$, 240 и 480. Клетки наннопланктона (2 – 15 мкм) просчитывали на стекле в капле объёмом 0.01 мл, а микрофитопланктона (более 15 мкм) – в камере Наумана объёмом 0.2 – 0.8 мл. Учитывали количество растительных клеток, устанавливали видовую принадлежность, измеряли разме-

ры с последующим расчетом их объёмов [2, 13] и биомассы.

Результаты. Обработка проб фитопланктона за весь период наблюдений в 2002 – 2003 гг. позволила установить таксономическую принадлежность 126 видов и разновидностей микроводорослей, относящихся к 8 отделам. По количеству встреченных видов (92) доминировали диатомовые (*Bacillariophyta*). Значительно меньшим числом видов (21) представлены динофитовые (*Dinophyta*), остальные отделы включали от 1 до 3 видов (рис. 2).

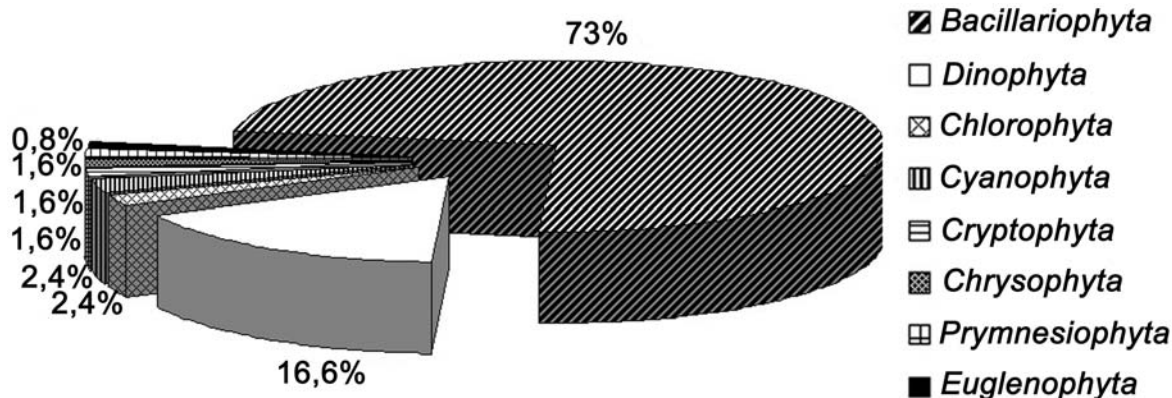


Рис. 2 Таксономическая структура (%) сообщества фитопланктона в водах у Аргентинских о-вов (2002 – 2003 гг.).

Fig. 2 Taxonomic structure (%) of phytoplankton community in water area of Argentine Islands (2002 – 2003)

Среди диатомовых наиболее разнообразны микроводоросли из родов *Chaetoceros* (12 видов), *Fragilariopsis* (8), *Asteromphalus* (6), *Coscinodiscus* (5 видов). Из динофитовых наибольшее число встреченных видов (6) относилось к роду *Prorocentrum*. Общее количество таксонов, главным образом диатомовых, в исследованных водах, по-видимому, значительно выше за счёт бентосных литоральных микроводорослей, которые в период приливов-отливов в результате взмучивания осадков и вертикальной циркуляции вод на мелководье заносятся в поверхностные слои. Некоторые из этих диатомовых, в основном Pennatae, определены только до рода (*Nitzschia*, *Licmophora*, *Navicula*, *Fragilaria*, *Cocconeis* и др.). Виды, типичные для открытых океанических вод,

встречались редко. Обычно видовой состав фитопланктона в пробах, отобранных на разных станциях в один и тот же период времени, был примерно одинаковым. Регулярные наблюдения за состоянием фитопланктона вблизи УАС (ст. 1) в течение года позволили проследить сезонную динамику количественного развития фитопланктона, проанализировать его размерную структуру, оценить вклад отдельных видов и групп микроводорослей в суммарную численность, биомассу, выявить доминирующие виды и сроки их наибольшего обилия.

С апреля до начала июля в районе УАС наблюдалось постепенное снижение величин численности фитопланктона от 146.9 до 0.1 млн. кл. и биомассы от 168.0 до 0.1 мг·м⁻³.

На долю наннопланктона (2 – 15 мкм) приходилось 58 – 97 % от общей численности, а в отдельных случаях и биомассы (42 – 88 %), когда в планктоне преобладали в основном мелкие флагеллаты и пенатные диатомовые. Биомасса же чаще всего складывалась за счёт крупных и средних по размерам диатомовых водорослей – *Corethron criophilum* Castr., *Odontella weissflogii* (Jan.) Grun., *Thalassiothrix antarctica* (Schim.) Karst., *Eucampia antarctica* (Castr.) Mangin, *Fragilariopsis* spp. Средний объём клеток варьировал от 149 до 2677 мкм³ в зависимости от количества в планктоне тех или иных видов микроводорослей и их размеров. Видовое разнообразие фитопланктона также снижалось от 25 видов в пробе в апреле до 3 – в начале июля.

Отмечены существенные различия (в 5 – 10 раз) количественных показателей развития фитопланктона, полученных с интервалом в три дня в начале апреля на близлежащих к УАС станциях (табл. 1). Увеличение произошло за счёт мелких жгутиковых (до 83 % суммарной численности), что, возможно, связано со структурой и динамикой вод на мелководье, сгонно-нагонными явлениями или локальным сбросом бытовых стоков, приводящих к обогащению воды биогенными элементами [4, 16, 17]. В конце апреля на входе в пролив Мик (ст. 2а) на фоне сравнительно низких (4.9 – 9.3 млн. кл., 8.7 – 30.8 мг·м⁻³) показателей развития фитопланктона были получены повышенные величины численности и биомассы (58.7 млн. кл., 585 мг·м⁻³). Только здесь обнаружены сравнительно крупные диатомовые (*Lioloma pacificum* (Cupp) Hasle, *Odontella aurita* (Lungbue) C.A. Agardh., *Proboscia inermis* (Castr) Jördan & Lidow.), большинство из которых находились на стадии деления. Возможно, что клетки указанных видов были занесены сюда течением из открытых вод моря Беллинсгаузена. Количество зоопланктонных организмов, встреченных в пробах фитопланктона на этой станции, было значительно выше по сравнению с окружающими. Аналогичная ситуация имела место в

марте 1998 г., когда в проливе Мик была зафиксирована суточная приливная волна с повышенными значениями температуры и солёности, но с пониженными концентрациями фосфатов и кремния [3].

Во второй половине июня и в начале июля, когда затухает вегетация микроводорослей, число клеток и их биомасса в планктоне были наименьшими (3.7 – 0.1 млн. кл., 4.4 – 0.1 мг·м⁻³). В целом, с апреля до июля воды исследованной акватории, включая и отдалённые от УАС, характеризовались очень низкими значениями численности и биомассы фитопланктона (в среднем 15.3 млн. кл., 16.1 мг·м⁻³), что соответствует олиготрофному уровню (табл. 1 – 2). Вероятно, это связано с тем, что летом и в начале осени 2002 г. здесь наблюдалась слабая динамика атмосферных процессов у поверхности воды с аномально низкой для региона температурой водной толщи [1].

В начале антарктической весны (сентябрь) в водах у о-вов Аргентинского архипелага фитопланктона было очень мало, а его видовой состав и количественные характеристики сходны с таковыми для конца июня. Однако в планктоне появились небольшие колонии очень мелкой (средний объём клеток 113 мкм³) водоросли *Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lagerh. Массовое развитие этого вида, вызвавшее «цветение» воды, наблюдалось с 8 по 20 октября на всей исследованной акватории, а особенно у о-вов Уругвай, Гротто, Галиндез и в проливе Мик. Фитопланктон достигал здесь очень высоких значений количественного развития (до 108 млрд. кл., 12,3 г·м⁻³). Интенсивность же развития *P. pouchetii* была различной. На станциях, расположенных в непосредственной близости у о. Гротто (ст. 1а, 2а и 8), количественные показатели в пробах, собранных в течение одного дня, различались в 10 – 25 раз. В районе УАС средние значения численности и биомассы фитопланктона в этот период достигали 55.9 млрд. кл. и 7.0 г·м⁻³ соответственно.

В целом для исследованной акватории

Табл. 1 Сезонная динамика количественного развития фитопланктона в районе УАС Академик Вернадский (2002-2003 гг.), 0 м:
 N - численность, млн. кл.; B - биомасса, мг·м⁻³; V – средний объём клеток, мкм³
 Table 1 Seasonal dynamics of quantitative development of phytoplankton in the region of UAS Academic Vernadsky (2002-2003), 0 m:
 N – abundance, mln.cells; B – biomass, mg·m⁻³; V – average cells volume, mkm³

Характеристики фитопланктона	Суммарный фито- планктон			Доля размерных групп, %				Доминирующие виды, группы и их вклад в суммарный фи- топланктон			
	N	B	V	N		B		N	%	B	%
				2-15 мкм	>15 мкм	2-15 мкм	>15 мкм				
Дата	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4.04.02	146.9	168.0	1134	94.0	6.0	10.0	90.0	Мелкие флагаелляты	83	<i>Odontella weissflogii</i>	56
								<i>Corethron criophilum</i>			18
7.04.02	15.7	36.8	2344	58.0	42.0	8.7	91.3	Мелкие флагаелляты	37	<i>C. criophilum</i>	30
								<i>Fragilariopsis</i> spp.	35	<i>Fragilariopsis</i> spp.	26
16.04.02	16.8	8.6	512	85.0	15.0	42.0	58.0	Мелкие флагаелляты	70	Мелкие флагаелляты	30
								<i>Fragilariopsis</i> spp.		<i>Fragilariopsis</i> spp.	25
27.04.02	4.8	8.7	1802	70.0	30.0	13.5	86.5	Мелкие флагаелляты	55	<i>C. criophilum</i>	50
23.05.02	13.5	36.2	2677	80.0	20.0	10.8	89.2	Мелкие флагаелляты	79	<i>Odontella aurita</i>	68
6.06.02	5.7	0.8	149	97.0	3.0	88.1	11.9	Мелкие флагаелляты	95	Мелкие флагаелляты	84
17.06.02	7.1	7.0	985	72.8	27.2	81.7	18.3	Мелкие флагаелляты	46	Pennatae	53
								Pennatae	45	<i>Thalassiotrix antarctica</i>	24
21.06.02	3.1	2.2	709	93.1	6.9	42.4	57.6	Мелкие флагаелляты	92	Мелкие флагаелляты	45
								<i>Pennatae</i>		<i>Pennatae</i>	21
25.06.02	1.4	4.4	3146	64.3	35.7	6.0	94.0	Мелкие флагаелляты	57	<i>Eucampia antarctica</i>	34
								<i>Fragilariopsis</i> spp.	23	<i>Thalassiotrix antarctica</i>	34
30.06.02	3.7	2.2	602	89.7	10.3	57.3	42.7	Мелкие флагаелляты	86	Мелкие флагаелляты	54
								<i>Pennatae</i>		<i>Pennatae</i>	64
4.07.02	0.1	0.1	1196	-	100.0	-	100.0	-	-	-	-
5.09.02	2.8	4.4	1571	53.6	46.4	10.9	89.1	Мелкие флагаелляты	46	<i>Asteromphalus</i> spp.	20
								<i>Fragilariopsis</i> spp.	26	<i>Pennatae</i>	64

Продолжение табл. 1

Table 1 (Contnd)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8.10.02	109062.6	13475.0	123	99.8	0.2	91.7	8.3	<i>Phaeocystis pouchetii</i>	99	<i>P. pouchetii</i>	91
20.10.02	955.7	533.0	558	97.8	2.2	34.2	65.8	<i>P. pouchetii</i>	87	<i>Charcotia irregularis</i>	25
										<i>Thalassiosira antarctica</i>	19
										<i>P. pouchetii</i>	17
										<i>O. weissflogii</i>	13
31.10.02	101.3	438.2	4326	83.0	17.0	8.1	91.9	<i>P. pouchetii</i>	25	<i>Coscinodiscus spp.</i>	53
								<i>Chaetoceros spp.</i>	50		
1.11.02	66.9	245.4	3665	87.0	13.0	5.5	94.5	<i>P. pouchetii</i>	50	<i>Coscinodiscus spp.</i>	43
								<i>Chaetoceros spp.</i>	25		
3.11.02	80.0	204.1	2552	71.7	28.3	8.0	92.0	Мелкие флагелляты	38	<i>Thalassiosira antarctica</i>	32
								<i>Chaetoceros spp.</i>	25	<i>O. weissflogii</i>	21
10.11.02	2166.8	3073.9	1418	2.1	97.9	0.2	99.8	<i>Fragilariopsis spp.</i>	91	<i>Fragilariopsis spp.</i>	90
22.11.02	95.1	241.5	2538	79.7	20.3	5.3	94.7	Мелкие флагелляты	68	<i>C. criophilum</i>	70
								<i>Fragilariopsis spp.</i>	24		
1.12.02	121.3	134.5	1108	89.6	10.4	15.8	84.2	Мелкие флагелляты	85	<i>C. criophilum</i>	61
10.12.02	33.8	43.8	1292	89.0	11.0	9.8	90.2	Мелкие флагелляты	74	<i>C. criophilum</i>	76
21.12.02	71.5	108.2	1512	63.9	36.1	8.3	91.7	Мелкие флагелляты	54	<i>C. criophilum</i>	64
22.12.02	154.2	240.9	1562	80.7	19.3	11.5	88.5	Мелкие флагелляты	75	<i>C. criophilum</i>	69
6.01.03	43.7	93.0	2128	51.9	48.1	14.7	85.3	Мелкие флагелляты	51	<i>C. criophilum</i>	59
								<i>Fragilariopsis spp.</i>	39		
15.01.03	1065.0	472.7	444	93.4	6.6	76.1	23.9	Мелкие флагелляты	56	<i>Cryptomonas sp.</i>	46
								<i>Cryptomonas sp.</i>	36	Мелкие флагелляты	29
25.01.03	139.0	109.4	788	87.0	13.0	38.0	62.0	Мелкие флагелляты	34	<i>C. criophilum</i>	37
								<i>Chaetoceros spp.</i>	39	Мелкие флагелляты	34
										<i>Fragilariopsis spp.</i>	17

Табл. 2 Количественные показатели обилия фитопланктона в водах у архипелага Аргентинские о-ва (2002-2003 гг.), 0 м:
 N – численность, млн. кл.; B – биомасса, мг м⁻³

Table 2 Quantitative abundance index of phytoplankton in the water of Archipelago Argentine Islands (2002-2003), 0 m:
 N – abundance, mln. Cells; B – biomass, mg m⁻³

№ ст., р-н отбора проб	Месяцы		апрель		май		июнь		сентябрь		октябрь		ноябрь		декабрь		январь		
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	
1-а	4.9	8.7	12.7	28.0							2026.8	555.9	1448.6	1649.7	88.7	56.0	11.9	12.1	
2			5.5	6.4															
2-а	58.7	585.0	4.8	3.8							54713.0	6877.3							
3-а			36.7	14.9															
4					1.5	0.7													
4-а											77674.5	9153.4							
5														96.2	173.1				
5-а							9.1	4.5											
7	9.3	30.8	18.1	20.5									104.4	140.0					
8							2.8	4.4			5005.8	824.0							
9							44.1	13.0											
10							22.1	14.3											
о. Петерманн	31.1	19.8															369836.0	122037.4	
пр. Люмьер	19.0	6.9																	
о. Барселот	9.2	4.7																	
пр. Стелла	29.0	17.0																	

октябрьские показатели составили 36.7 млрд. кл. и $4.8 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. На долю наннопланктона, главным образом *P. pouchetii*, приходилось 83 – 99.8% суммарной численности (рис. 3; табл. 1 – 2). К ноябрю вегетация *P. pouchetii* в основном закончилась, значительно увеличилась

прозрачность воды, но разрушенные колонии клеток этого вида встречались до конца ноября. Таким образом, можно считать, что завершилась I стадия сукцессии, когда в планктоне в больших количествах развивались очень мелкие клетки наннопланктона.

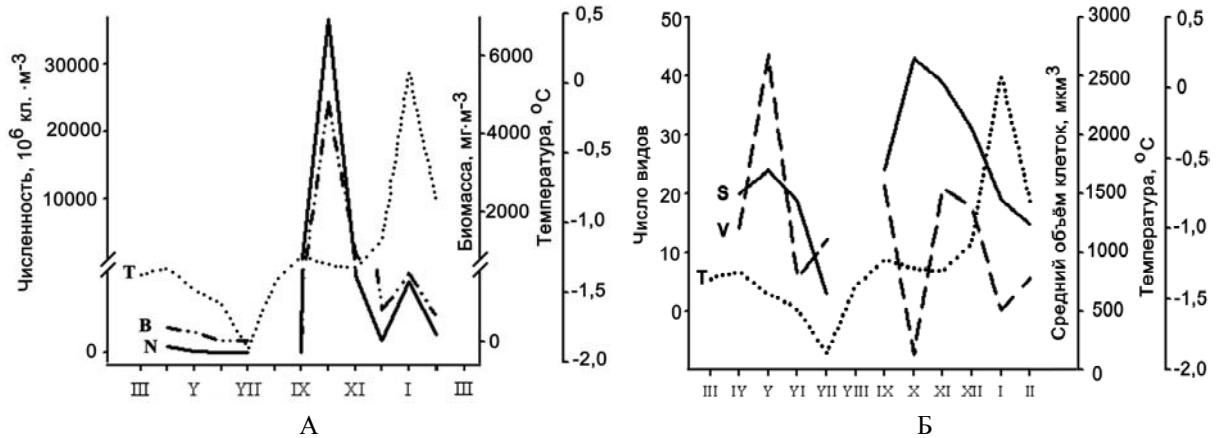


Рис. 3 Сезонная динамика численности (N), биомассы (B) – А; среднего объёма клеток (V), числа видов (S) фитопланктона – Б и температуры воды (Т) у поверхности в районе УАС (2002 – 2003 гг.)

Fig. 3 Seasonal dynamics of abundance (N), biomass (B) – А; average cells volume (V), species number (S) of phytoplankton – Б and water temperature (T) near the surface in the region of UAS (2002 – 2003)

После окончания вегетации *P. pouchetii* резко снизились показатели количественного развития всего фитопланктона, но увеличился средний объём клеток ($2500 - 4000 \text{ мкм}^3$). Биомасса создавалась за счёт крупных диатомовых из родов *Coscinodiscus*, *Odontella*, *Membraneis*, а также *Thalassiora antarctica* Comb., *Charcotia irregularis* M.Per. Если виды из рода *Fragilariopsis*, хотя и в незначительных количествах, но постоянно обнаруживались в планктоне с апреля, а *Achnanthes brevipes* Ag. появился в водах архипелага только в конце октября с повышением освещённости и температуры воды, то к середине ноября их суммарная численность и биомасса в поверхностном слое достигали $0.28 - 2.1$ млрд. кл. и $0.38 - 3.0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Следует отметить, что бентосный вид *A. brevipes* и представители рода *Fragilariopsis*, образующие длинные нитчатые колонии из 100 и более клеток, встречались не только в верхних слоях воды, но и в составе микрофитобентоса у дна на слоевищах красных, бурых и зе-

лёных макроводорослей [10]. Наиболее интенсивное развитие этих пенатных водорослей, которое продолжалось также около двух недель, наблюдали возле о-вов Индикатор и Галиндез (район УАС).

В конце ноября и в декабре в планктоне по-прежнему обнаруживались *Fragilariopsis* spp. и *A. brevipes*, но их численность и биомасса были значительно ниже. Так, в районе УАС эти показатели снизились почти в 20 раз (в среднем 95.2 млн. кл. и $153.7 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Однако на фоне общего спада количества фитопланктона наблюдалось увеличение численности очень крупной диатомеи (до $300 \times 10^3 \text{ мкм}^3$) *Corethron criophilum*, доля которой в суммарной биомассе фитопланктона в конце декабря составила 61 – 69% (табл. 1). Это может свидетельствовать о наступлении II стадии сукцессии.

В первой декаде января началась существенная перестройка фитоценоза, уменьшилось число встречаемых видов, понизились

количественные показатели (43.7 – 11.9 млн. кл. и 93.0 – 12.1 мг·м⁻³; ст. 1 и 1а). Основная масса клеток из родов *Fragilariopsis*, *Achnanthes* и особенно *C. criophilum* находились на стадии отмирания. Уже 12 января в водах у о. Петерманн было выявлено мощное «цветение» воды, вызванное сравнительно крупными флагеллятами (330 – 650 мкм³) из родов *Cryptomonas* (Cryptophyta) и *Pyramimonas* (Chlorophyta). Численность и биомасса этих микроводорослей в поверхностном слое воды достигали 300 млрд. кл., 120 г·м⁻³, а вместе с более мелкими жгутиковыми – 369 млрд. кл. и 122.0 г·м⁻³. Такие высокие показатели вегетации фитопланктона характерны для самых продуктивных вод Мирового океана. По-видимому, массовое развитие *Cryptomonas* sp. и *Pyramimonas* sp. свидетельствует о том, что фитопланктонное сообщество находилось на III стадии сукцессии. Следует отметить, что «волна цветения» воды продвигалась с севера на юг и достигла прибрежных вод о. Галиндез только через три дня, но здесь количественные показатели этих водорослей были значительно ниже (1 млрд. кл. и 350 мг·м⁻³). Массовое развитие *Cryptomonas* sp. и *Pyramimonas* sp. в водах архипелага продолжалось около 2 недель; к концу января количество и видовое разнообразие фитопланктона резко снизились (табл. 1; рис. 3). Можно предположить, что в феврале – начале марта будет наблюдаться очередная небольшая вспышка за счёт водорослей из родов *Gymnodinium*, *Amphidinium* и *Prorocentrum*, численность которых за весь период наблюдений оставалась низкой, но к концу января наметилась тенденция к увеличению их количества в планктоне.

На рис. 3 приведены осреднённые данные для апреля – декабря 2002 и января 2003 гг., характеризующие состояние фитоценоза в водах возле УАС, где отбор проб проводился наиболее часто. Для других, особенно отдалённых районов, регулярность сборов была ниже, но полученные результаты (табл. 2) соответствуют нашим представлениям о сезонной динамике

основных показателей развития фитопланктона в регионе. В мае и сентябре 2002 г. у о. Индикатор и Гротто пробы фитопланктона были отобраны, как в поверхностном, так и в придонном (10 – 20 м) слоях воды. Анализ полученных материалов показал, что в большинстве случаев численность, биомасса и видовое разнообразие фитопланктона у дна были в 1.5 – 2 раза выше, чем у поверхности. Это связано с тем, что в придонные слои, особенно во время отлива, попадают бентические диатомовые водоросли из родов *Fragilariopsis*, *Licmophora*, *Cocconeis*, *Fragilaria*, *Amphora* и др., которые и обнаруживались в пробах.

В конце марта – начале апреля 2005 г. были продолжены наблюдения за состоянием фитоценоза в водах архипелага. Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют, что видовое разнообразие и количественное развитие фитопланктона характерны для осеннего сезона, когда вегетация микроводорослей затухает. Величины суммарной численности варьировали от 0.9 до 68 млн. кл., а биомассы – от 6.4 до 62.1 мг·м⁻³ (в среднем 29.6 млн. кл. и 33.3 мг·м⁻³). От 44 до 92 % общего количества клеток приходилось на наннопланктон – сборную группу флагеллят, в которую были включены представители родов *Pyramimonas* и *Dunaliella* (Chlorophyta) со средним объёмом клеток 150 – 430 мкм³ и мелкие жгутиковые водоросли. Биомасса же складывалась за счёт довольно крупных диатомовых (*C. criophilum*) и зависела от их количества в планктоне. Видовой состав был достаточно однообразным для всей исследованной акватории. Было обнаружено 70 видов и внутривидовых таксонов, из которых многим более половины составляли диатомовые. По сравнению с 2002 г., число встреченных видов динофитовых и примнезиофитовых, главным образом кокколитофорид, возросло, а общий список дополнился ещё 31 таксоном.

Обсуждение. Сведений о систематическом составе фитопланктона прибрежных вод

Табл. 3 Численность (N), биомасса (B), средний объём клеток (V) и вклад отдельных видов в суммарный фитопланктон в водах у архипелага Аргентинские о-ва, 27 марта – 2 апреля 2005 г., 0 м

Table 3 Abundance (N), biomass (B), average cells volume (V) and contribution of selected species into total phytoplankton in the water of Archipelago Argentine Islands, March 27 – April 2, 2005, 0 m

№ ст., район отбора проб	Количественные характеристики			Суммарный фитопланктон			Доля фла- геллят		Доминирующие виды и их вклад (%) в суммарную биомассу
	N, млн.кл ^м - ³	B, мг ^м - ³	V, мкм ³	N, %	B, %				
1-а, 27.03.05	38.4	24.3	633	85.7	54.3	<i>Corethron criophilum</i>	18.1		
						<i>Prorocentrum</i> spp.	7.8		
1-а, 30.03.05	48.1	35.9	746	86.2	31.5	<i>C. criophilum</i>	54.9		
1	23.7	28.6	1206	87.3	22.7	<i>C. criophilum</i>	38.8		
						<i>Licmophora antarctica</i>	20.4		
2	9.4	23.8	2532	81.9	11.8	<i>C. criophilum</i>	72.0		
3	18.5	40.3	2179	69.7	12.7	<i>C. criophilum</i>	46.7		
						<i>Cocconeis</i> spp.	10.8		
4	26.8	19.3	720	92.2	36.3	<i>C. criophilum</i>	48.1		
4-а	48.9	44.5	910	89.6	21.3	<i>C. criophilum</i>	62.1		
5	13.6	24.6	1809	84.5	19.1	<i>C. criophilum</i>	72.3		
5-а	14.2	37.9	2669	67.6	11.6	<i>C. criophilum</i>	39.4		
						<i>Charcotia irregularis</i>	29.7		
7	63.5	33.2	523	92.9	44.3	<i>C. criophilum</i>	30.2		
8	41.7	24.9	597	89.9	34.1	<i>C. criophilum</i>	38.3		
						<i>Prorocentrum</i> spp.	16.0		
						<i>Protoperidinium</i> spp.	16.0		
9	37.8	62.1	1643	81.1	18.5	<i>C. criophilum</i>	69.8		
10	51.9	37.9	730	88.0	35.0	<i>C. criophilum</i>	44.7		
11	14.2	29.6	2085	73.9	15.5	<i>C. criophilum</i>	67.2		
о. Петерманн, центральная часть	12.5	19.7	1576	72.0	9.6	<i>C. criophilum</i>	79.2		
о. Петерманн, северная часть	0.9	6.4	7111	44.4	4.7	<i>C. criophilum</i>	83.8		
о. Петерманн, обратная сторона центральной части	7.5	15.9	2120	74.6	15.1	<i>C. criophilum</i>	64.6		
о. Барселот	17.8	57.1	3208	75.8	7.2	<i>C. criophilum</i>	74.2		
м. Перез	61.6	46.2	750	88.1	36.6	<i>Membraneis challengerii</i> ,	22.7		
						<i>Thalassiosira antarctica</i>	18.6		
						<i>C. criophilum</i>	18.6		
* пр. Пенола	25.5	51.0	2000	91.4	13.7	<i>C. criophilum</i>	77.4		
* пр. Пенола	51.4	53.4	1039	87.9	26.4	<i>C. criophilum</i>	58.8		
* пр. Пенола, у конти- нента	19.4	34.8	1794	87.6	19.5	<i>C. criophilum</i>	67.4		
* пр. Пенола	10.4	19.4	1868	70.2	18.5	<i>C. criophilum</i>	62.4		
о. Уругвай	13.1	32.9	2511	81.7	14.9	<i>C. criophilum</i>	66.9		

* Разрез через пролив Пенола: о. Уругвай – континент

у Аргентинские о-вов мало. В марте 1997 г. выявлено только 22 вида диатомовых [7], а осенью 1998 г., как и для аналогичного периода 2005 г., - 70 видов и разновидностей микроводорослей [14]. Нами за весь период наблюдений установлена таксономическая принадлежность 157 видов и разновидностей. Это весьма близко к данным о видовом разнообразии фитопланктона для шельфовой зоны Антарктического п-ова, Южных Шетландских о-вов, проливов Брансфилда, Дрейка, свободных ото льда вод моря Беллинсгаузена [8, 11, 17, 20]. По числу видов, как правило, доминировали диатомовые водоросли. По мере удаления от прибрежных районов количество бентических, ледовых и пресноводных микроводорослей закономерно уменьшалось, а число таксонов, характерных для открытых океанических вод, возрастало.

Представленные результаты показывают, что при круглогодичных наблюдениях за состоянием фитопланктона прибрежных вод архипелага Аргентинские о-ва, удалось выявить чёткую сезонную динамику его развития. Прослежено три пика вегетации фитопланктона, значительно различающихся по доминированию отдельных видов, групп и их количественному развитию. В середине антарктической весны (октябрь), когда наблюдается повышение освещённости, температуры воды, таяние льда, отмечен первый пик – мощное «цветение» воды, обусловленное очень мелкими колониальными примнезиевыми водорослями из рода *Phaeocystis*. В то же время фитопланктон был довольно разнообразен в видовом отношении за счёт диатомовых, но по численности клетки *P. pouchetii* составляли до 99,7 %, а по биомассе – 91,7 % от суммарных значений. В литературе имеются сведения об интенсивном развитии *Phaeocystis* spp. в октябре – ноябре в море Беллинсгаузена, в летний и в начале осеннего сезонов в северной части пролива Брансфилда, в проливе Герлаха и у северной оконечности Антарктического п-ова [8, 17, 20, 24-26]. Второй пик, значительно меньший по

количеству фитопланктона, наблюдался в середине ноября за счёт массовой вегетации диатомовых из рода *Fragilariopsis* и *Achnanthes brevipes*, а к концу ноября - и более крупной по размерам микроводоросли *Corethron criophilum*. Массовое развитие микроводорослей обычно продолжалось около двух недель, после чего численность клеток резко снижалась, наблюдалось их разрушение и отмирание. На доминирование по численности *Fragilariopsis* spp., а по биомассе *C. criophilum* в водах залива Адмиралтейства в позднее-весенний период указывалось и ранее [5]. Обычным *C. criophilum* был в планктоне у Аргентинских о-вов, западнее о. Анверс, в западной части пролива Брансфилда в летний и в начале осеннего сезонов [7, 8, 14, 20].

В середине января 2003 г. в водах у Аргентинских о-вов был выявлен третий пик в развитии фитопланктона за счёт сравнительно крупных флагеллят *Cryptomonas* sp. и *Pyramimonas* sp. и мелких жгутиковых водорослей. Массовое развитие этих микроводорослей отмечалось и ранее в шельфовой зоне у Антарктического п-ова, особенно в юго-западной части пролива Герлаха, у Южных Шетландских о-вов летом и в начале осени [9, 17, 24 – 26]. Выявленные нами три пика вегетации фитопланктона в прибрежных водах архипелага Аргентинские о-ва четко соответствуют I-III стадиям весенне-летней сукцессии, что подтверждает основные положения теории Р. Маргалефа [23].

В северных глубоководных районах и зонах, свободных от льдов в осенний сезон (апрель), при конвективном перемешивании слой максимальной устойчивости разрушается и в верхние слои поступает дополнительное количество питательных веществ, в результате чего наблюдается осенний пик численности фитопланктона [6, 12]. На мелководье у Аргентинских о-вов этого не происходит, так как выявленные концентрации биогенных элементов в верхних слоях не могут лимитировать развитие фитопланктона [1, 3, 4].

Главными факторами снижения уровня вегетации растительных клеток в антарктических водах осенью и зимой являются низкие уровни освещённости или её отсутствие, отрицательные температуры воды и физиологическое состояние фитоценоза. Так, с конца марта и до июля, а, вероятнее всего, и до сентября, в водах у Аргентинских о-вов, по нашим и полученным ранее данным [7, 14], наблюдается затухание вегетации фитопланктона, что подтверждается низкими количественными показателями, которые соответствуют олиготрофным водам. При этом отмечено резкое снижение числа встреченных видов микроводорослей, т.е. фитопланктонное сообщество находилось в состоянии осенне-зимней депрессии.

Как показали исследования, массовая вегетация тех или иных видов и групп водорослей продолжается обычно около двух недель. Поэтому только еженедельные сборы позволяют выявить вспышки в развитии отдельных видов и более чёткую сезонную изменчивость количества фитопланктона. При круглогодичных исследованиях состояния фитопланктона в заливе Адмиралтейства (Польская антарктическая станция Арцтковский) и расчёте среднемесячных величин численности диатомовых обнаруживались только два, а при еженедельных сборах – пять максимумов [5, 6].

Частые и регулярные сборы материала у о. Галиндез, где расположена УАС, позволяют выявить антропогенное влияние, связанное с её деятельностью. Имеющиеся сведения [7, 14] свидетельствуют о наличии тенденции к измельчанию клеток фитопланктона и увеличению их численности в придонном слое.

Выводы. 1. Исследования фитопланктона по материалам, собранным в период зимовки 2002 – 2003 и сезонной съёмки 2005 гг., позволили впервые для прибрежных вод Аргентинские о-вов проследить сезонную изменчивость количественного развития, видового и размерного состава фитопланктона, смену одних видов или групп водорослей другими. Ус-

тановлена таксономическая принадлежность 157 видов и разновидностей микроводорослей, более половины из которых – диатомовые. В планктоне обнаружены типичные представители прибрежной антарктической флоры, в том числе бентические, в основном, пенатные виды, и ледовые пресноводные микроводоросли. Океанические виды встречались при затоке в регион вод открытого океана. Наибольшее разнообразие фитопланктона отмечено в весенний и в начале летнего сезонов. 2. Наиболее высокие показатели обилия фитопланктона получены для весенне-летнего периода. Выявлены три максимума вегетации клеток: первый обусловлен массовым развитием в октябре мелких колониальных микроводорослей из рода *Phaeocystis*; второй, меньший по количественным показателям, в ноябре за счёт средних и сравнительно крупных по размерам клеток диатомовых из родов *Fragilariopsis*, *Achnanthes* и *Corethron*; третий пик, в середине января, вызван резким увеличением численности флагеллят из родов *Cryptomonas*, *Pyramimonas* и мелких жгутиковых водорослей. Выявлена смена доминирующих видов в соответствии с I-III стадиями сукцессии. 3. Численность фитопланктона во все сезоны складывалась за счёт нанопланктонных клеток, а биомасса, за исключением коротких периодов интенсивного развития золотистых водорослей и флагеллят, создавалась крупными диатомовыми, преимущественно *C. criophilum*. Отмечена вариабельность обилия фитопланктона в пределах исследованной акватории, тогда как его видовое разнообразие оставалось практически одинаковым, особенно антарктической осенью и в начале зимы. 4. Прибрежные воды Аргентинские о-вов по уровню количественного развития фитопланктона весной и летом являются мезотрофными, однако, в отдельные сравнительно короткие сроки (2 недели) общее обилие фитопланктона может достигать очень высоких показателей, характерных для продуктивных эвтрофных вод Мирового океана. Осенью и в

начале зимы, когда затухает вегетация растительного планктона, воды исследованной акватории относятся к олиготорфным.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Национального антарктического

научного центра Министерства образования и науки Украины. Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить весь состав 7-й и 10-й УАЭ за помощь.

1. Артамонов Ю.В., Романов А.С., Внуков Ю.Л. и др. Особенности гидрологической и гидрохимической структуры вод в районе архипелага Аргентинские острова в феврале-марте 2002 г. // Укр. антарк. журн. - 2003. - № 1. - С. 17 – 24.
2. Брянцева Ю.В. К методике расчета объемов клеток фитопланктона // Тр. Юж. НИИ морск. рыб. хоз. и океаногр. - 1996. - № 42. - С. 195 – 199.
3. Бондарь С. Б., Орлова И. Г. К вопросу об организации и отдельные результаты комплексного экологического мониторинга в районе антарктической станции Академик Вернадский // Бюлл. УАЦ. - 1998. - Вып. 2. - С. 160 – 170.
4. Доценко С.А., Рясинцева Н.И., Рязанова Л.Е. и др. Гидролого-гидрохимическая характеристика шхерного мелководья в районе Аргентинских островов // Бюлл. УАЦ. - 1997. - Вып. 1. - С. 141 – 148.
5. Зернова В.В. Фитопланктон Южного океана // М.: Море, 2005. – 208 с.
6. Зернова В.В., Доманов М.М. Сезонные изменения диатомового планктона в заливе Адмиралтейства (о-в Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова) // Антарктика. - М.: Наука, 1993. - Вып. 31. - С. 159-166.
7. Иванов А.И., Миничева Г.Г. Планктонные и бентосные водоросли района Украинской антарктической станции Академик Вернадский // Бюлл. УАЦ. - 1998. - Вып. 2. - С. 198-203.
8. Кузьменко Л.В. Фитопланктон западной части пролива Брансфилда // Укр. антарк. журн. - 2004. - № 2. - С. 125-137.
9. Макаэлян А.С., Георгиева Л.В., Сеничкина Л.Г. Структура фитопланктонных сообществ Атлантического сектора Антарктики // Пелагические экосистемы Южного океана. - М.: Наука, 1993. - С. 116-124.
10. Рябушко Л.И. Микроводоросли бентоса украинского сектора Антарктики // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – С. 129 – 146.
11. Семенова С.Н. Сукцессия фитоценоза некоторых районов Атлантической части Южного океана в январе – апреле 1981 г. // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана. - М.: ИОАН, 1985. - № 2 - С. 111 – 134.
12. Семенова С.Н., Федулов П.П. Сезонные сукцессии фитопланктона в различных модификациях антарктических вод в районе острова Буве // Антарктический криль в экосистемах промысловых районов. – Калининград: АтлантНИРО, 1990. – С. 129 – 146.
13. Сеничкина Л.Г. К методике вычисления объема клеток фитопланктона // Гидробиол. журн. - 1978. - № 5. - С. 102 – 105.
14. Серегин С.А., Брянцева Ю.В., Чмыр В.Д. Состояние микропланктонного сообщества (фито- и бактериопланктон) в осенний период на мелководье Аргентинских островов, Антарктика // Укр. антарк. журн. – 2003. - № 1. - С. 107 – 113.
15. Суханова И.Н. Концентрирование фитопланктона в пробе // Современные методы комплексной оценки распределения морского планктона. - М.: Наука, 1983. - С. 97 – 105.
16. Украинский В.В., Попов Ю.И., Ломакин П.Д. и др. Структура и изменчивость термохалинного поля и кинематических характеристик вод архипелага Аргентинские острова в марте 1998 г. // Бюлл. УАЦ. - 1998. - Вып. 2. - С. 96 – 101.
17. Bidigare R.R., Iriarte J.L., Kang S.-H. et al. Phytoplankton: quantitative and qualitative assessments. Found. Ecol. Res. west of the Antarctic peninsula // Antarc. Res. Ser. - 2001. - № 70. - P. 173-198.
18. Hart T.J. On the phytoplankton of the south-west Atlantic and the Bellingshausen sea, 1929-1931 // Discov. Rept. -1934. - № 8. - 268 p.
19. Hart T.J. Phytoplankton periodicity in Antarctic surface waters // Discov. Rept. – 1942. - № 21. - P. 261 – 356.
20. Koczyńska E.E., Ligowski R. Phytoplankton composition and biomass distribution in the southern Drake Passage, the Bransfield Strait and the adjacent waters of the Weddell Sea in December 1983-January 1984 (BIOMASS-FIBEX) // Pol. Polar. Res. - 1985. - № 6, № 1-2. - P. 65-77.
21. Koczyńska E.E. Annual study of phytoplankton in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica // Pol. Polar. Res. – 1996. - № 17, № 3-4. - P. 151 – 164.
22. Krebs W.M. Ecology and preservation of neretic marine diatoms // Univ. Cal., Los Angeles, 1970.- 217 p.

23. *Margalef R.* Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. Perspectives in marine biology // Los Angeles: Univ. Calif., 1958. - P. 323 – 349.
24. *Rodriguez J., Jiménez-Gomez F., Blanco J.M.* et al. Physical gradients and spatial variability of the size structure and composition of phytoplankton in the Gerlache Strait (Antarctica) // Deep.-Sea Res. Part II. - 2002. - 49. - P. 693 – 706.
25. *Rodriguez F., Varela M., Zapata M.* Phytoplankton assemblages in the Gerlache and Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) determined by light microscopy and CHEMTAX analysis of HPLC pigment data // Deep.-Sea Res. - Part II. - 2002. - 49. - P. 723 – 747.
26. *Varela M., Fernandez E., Serret P.* Size-fractionated phytoplankton biomass and primary production in the Gerlache and south Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) in Austral summer 1995-1996 // Deep.-Sea Res. - Part II. - 2002. - 49. - P. 749 – 768.

Поступила 17 ноября 2006 г.

После доработки 10 апреля 2007 г.

Сезонна мінливість кількісного розвитку фітопланктону у Аргентинських о-вів (Антарктика). Л. В. Кузьменко, С. М. Игнатъев. Приводяться результати дослідження кількісного розвитку фітопланктону для прибережних вод островів Аргентинського архіпелагу. Матеріали зібрані в 7-й УАЕ (зимівля 2002-2003 р.) і 10-й УАЕ (сезонні роботи 2005 р.). Вперше отримані зведення про сезонну динаміку кількісного розвитку, видовому різноманіттю фітопланктону, виділені домінуючі види, терміни їх масової вегетації і стадії сукцесії. У водах архіпелагу виявлено 126 видів і різновидів мікроводоростей, 73% з яких - діатомові, 16,6% - дінофітові. Дослідження, що проведені антарктичною осінню 2005 р., доповнили список видів ще на 31 таксон. Найбільш високі показники достатку фітопланктону отримані для весняно-літнього сезону, коли в жовтні спостерігається "цвітіння" води, що обумовлене дрібними клітинами з роду *Phaeocystis* (до $108 \cdot 10^9$ кл., $12,3 \text{ г м}^{-3}$). В листопаді – грудні домінували діатомові водорості родів *Fragilariopsis*, *Achnanthes* та *Corethron* ($2,2 \cdot 10^9$ кл., $3,2 \text{ г м}^{-3}$), а в січні у величезних кількостях (до $300 \cdot 10^9$ кл., 120 г м^{-3}) розвивалися мікроводорості з родів *Cryptomonas* та *Pyramimonas*. У цілому досліджені води за рівнем розвитку фітопланктону відносяться до мезотрофних, однак, в окремі порівняно короткі терміни (2 тижня) у весняно-літній сезон загальний достаток фітопланктону може досягати дуже високих показників, характерних для евтрофних вод Світового океану. Восени і на початку зими, коли затухає вегетація рослинного планктону, води Аргентинських о-вів є оліготрофними.

Ключові слова: фітопланктон, чисельність, біомаса, видовий склад, Аргентинські о-ви, Антарктика

Seasonal variability of the quantitative development of phytoplankton near Argentine Islands (Antarctica). L.V. Kuzmenko, S. M. Ignatyev. The results of studies of phytoplankton are presented for water near Archipelago Argentine Islands where the Ukrainian Antarctic station (UAS) Academic Vernadsky is situated. Water samples were collected in April-December 2002, January 2003 and March-April 2005. Abundance, biomass of phytoplankton, their seasonal dynamics, and species composition, dominating species, the terms of their blooming and succession of the whole phytoplankton community were studied first for the waters of the Archipelago. In 2002-2003, 126 species and interspecies taxons were found, with diatoms and dinophytes contributing 73% and 16,6%, respectively. 31 taxons were additionally found in 2005. The highest abundance and biomasses were observed during spring-summer period when a bloom of small cells of the genus *Phaeocystis* was registered (up to $108 \cdot 10^9$ cells, $12,3 \text{ g m}^{-3}$). Diatoms (the genera *Fragilariopsis*, *Achnanthes*, *Corethron*) dominated ($2,2 \cdot 10^9$ cells, $3,2 \text{ g m}^{-3}$) in November-December 2002 while in January 2003, the genera *Cryptomonas*, *Pyramimonas* were highly abundant (up to $300 \cdot 10^9$ cells, 120 g m^{-3}). The studied water areas can be defined as mesotrophic but for short time periods (not longer than 2 weeks) of phytoplankton bloom in spring and summer months, very high concentrations of microalgae were found, comparable with those in eutrophic waters of the World Ocean. In autumn and early winter when a depletion of phytoplankton vegetation is observed, the Archipelago waters become oligotrophic.

Key words: phytoplankton, abundance, biomass, species composition, Argentine Islands, Antarctic