

УДК 551.465

СОСТАВ И ОБИЛИЕ ФИТОПЛАНКТОНА БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЫ КАРСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ И ОСЕННИЙ ПЕРИОДЫ

Л.С. Житина, Л.В. Ильяш

(кафедра гидробиологии; e-mail: lgitina@mail.ru)

Видовой состав и обилие фитопланктона Байдарацкой губы Карского моря оценено в августе 2005 г., июле и сентябре—октябре 2007 г. Всего найдено 220 видов водорослей. В поверхностном слое пределы изменения биомассы фитопланктона составляли 1,5—15,4 мг С/м³ (среднее $5,7 \pm 3,0$ мг С/м³) в июле; 1,2—11,8 мг С/м³ (среднее $5,2 \pm 2,8$ мг С/м³) в августе; 4,4—22,6 мг С/м³ (среднее $12,8 \pm 5,6$ мг С/м³) в сентябре—октябре. В июле на разных станциях по биомассе доминировали динофлагелляты, диатомовые и золотистые водоросли. В августе практически на всех станциях преобладали динофлагелляты. Осенью на всей акватории губы преобладали диатомеи при доминировании *Paralia sulcata*.

Ключевые слова: фитопланктон, Байдарацкая губа, Карское море.

Изучение фитопланктона (ФП) Карского моря началось в начале прошлого века, интенсивность исследований значительно возросла в последнее десятилетие [1—4]. Это определяется чувствительностью арктических экосистем к климатическим изменениям [5] и возрастающей хозяйственной деятельностью на Карском шельфе. Однако сведения о ФП одного из крупнейших заливов Карского моря — Байдарацкой губы — крайне ограничены и относятся только к осеннему периоду [6, 7].

Байдарацкая губа расположена в юго-западной части моря между Югорским полуостровом и полуостровом Ямал. С 2002 г. на акватории губы начались работы по строительству подводного перехода магистрального газопровода “Бованенково—Ухта”. Такое воздействие на экосистему губы могло сказаться и на состоянии ФП.

В настоящей работе представлены данные по видовому составу и обилию фитопланктона Байдарацкой губы в летний и осенний сезоны 2005 г. и 2007 г. (в период строительства газопровода).

Материалы и методы исследования

Характеристика района исследования. Длина Байдарацкой губы около 180 км, ширина у входа 80 км, площадь водного зеркала около 11 тыс. км². Максимальная глубина у входа в губу не превышает 25 м. В залив впадает порядка 70 средних и малых рек. Максимум речного стока приходится на июнь—июль. С октября по июнь акватория губы покрыта льдом, соленость вод составляет 32—34 psu, температура близка к точке замерзания. В июне начинается таяние льдов, в первой половине июля около половины акватории губы еще покрыто льдами разной сплошности. Стратификация водного столба устанавливается в июне. Летом на участках акватории с глубинами более 10 м пикноклин располагается на глубине

10—13 м. Разрушение пикноклина происходит в октябре в результате интенсивного конвективного перемешивания. Температура поверхностных вод летом составляет 5—6°C (иногда воды прогреваются до 13°C), соленость 20—23 psu. Циркуляция вод в губе формируется под воздействием приливных, дрейфовых и плотностных течений. В силу открытости губы на ее акваторию часто проникают локализованные объемы вод из юго-западной части Карского моря [8].

Отбор и обработка проб фитопланктона. Пробы ФП были отобраны по акватории губы (рис. 1, 2) в августе (18.08.2005), июле (17—22.2007) и сентябре—октябре (28.09.07—4.10.2007). В периоды исследований в губе велись работы по прокладке подводного газопровода. Так, в 2005 г. у уральского берега проводились грунтозаборные работы, а также дам্পинг грунта. Разрез 1 был проложен по трассе прокладки нитей газопровода. В 2005 г. пробы отбирали только в поверхностном слое, а в 2007 г. — в поверхностном и придонном (глубина 7—23 м) слоях. Пробы воды объемом 1 л фиксировали нейтральным формалином и концентрировали отстойным методом. Численность водорослей определяли методом прямого счета в камере Ножотта. Объемы водорослей определяли методом подобия геометрических фигур [9]. Содержание углерода в клетках рассчитывали, используя аллометрические зависимости [10]. О типе питания водорослей судили на основе литературных данных [11].

Результаты

Всего было обнаружено 220 таксонов микроводорослей. По числу видов и разновидностей наиболее разнообразно представлены диатомовые водоросли (Bacillariophyta) — 59% от общего числа видов. Второе место по видовому богатству занимают дино-

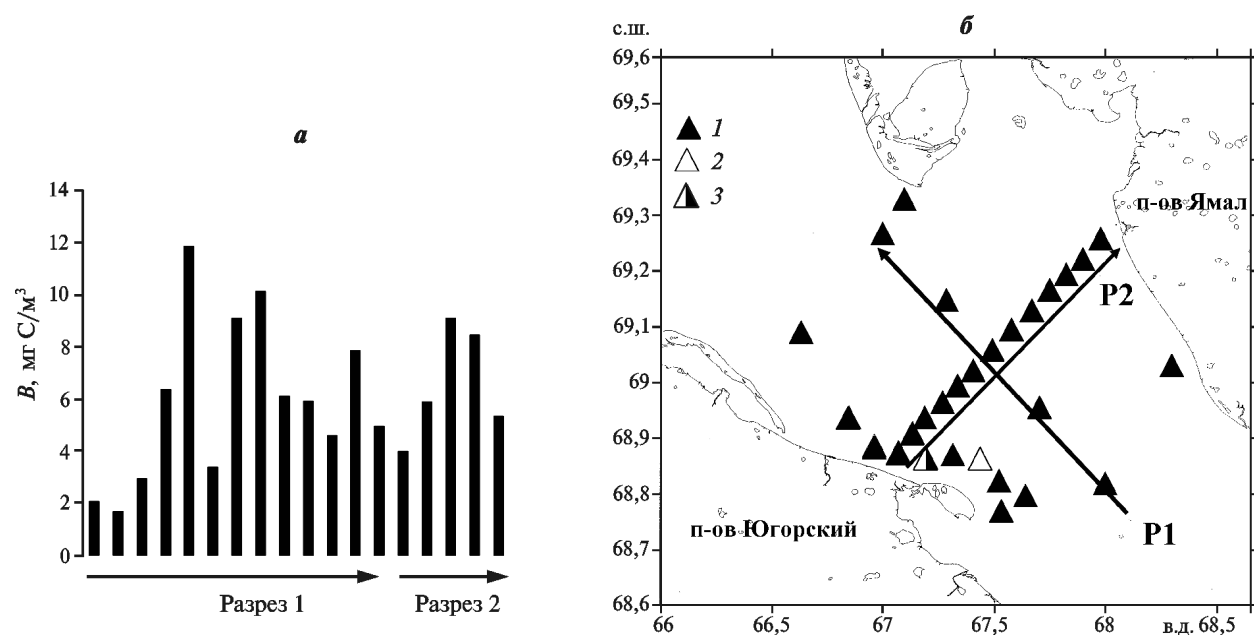


Рис. 1. Биомасса фитопланктона на разрезах 1 и 2 (а) и группы водорослей, дающие наибольший вклад в суммарную биомассу (б) в поверхностном слое в августе 2005 г. P1 — разрез 1, P2 — разрез 2, 1 — динофлагелляты, 2 — диатомовые, 3 — динофлагелляты и диатомовые

флагелляты (Dinzoa) — 21% от общего числа видов. Отмечены также Cyanobacteria и Chlorophyta (представленные преимущественно пресноводными формами), Euglenophyta, Chrysophyceae, Prasinophyceae, Dictyochophyceae, Cryptophyceae, Ebridea и неидентифицированные жгутиковые.

Наибольшее видовое богатство планктонной флоры (139 таксонов) отмечено в июле. В августе обнаружено 105 таксонов, а в октябре — 82 таксона. Прес-

новодные зеленые водоросли (виды родов *Scenedesmus*, *Tetrastrum*, *Ankistrodesmus*, *Pediastrum* и др.) и цианобактерии (виды родов *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Gloeocapsa* и др.) входили в состав планктона только летом. В планктоне присутствовало значительное число водорослей, чьим преимуществом является бентос, такие как *Amphora* spp., *Halamphora coffeaeformis*, *Cocconeis scutellum*, *C. placentula*, *Surirella ovalis*, *S. robusta*, *Navicula*

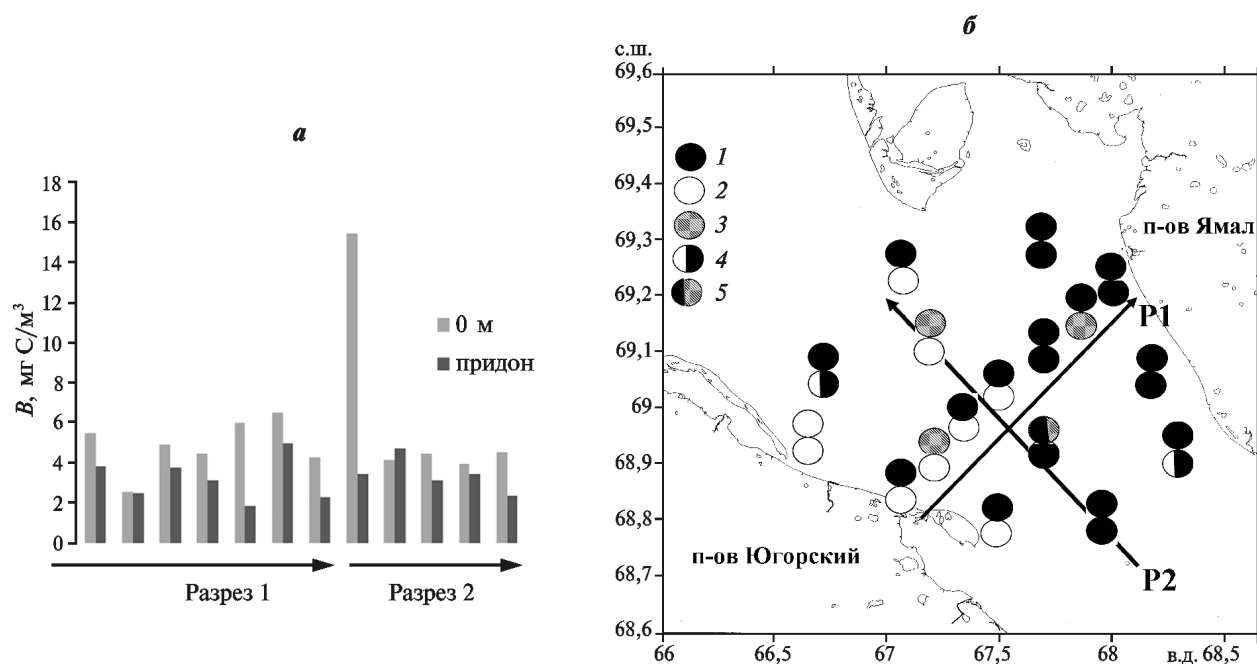


Рис. 2. Биомасса фитопланктона в поверхностном (0 м) и придонном (придон) слоях на разрезах 1 и 2 (а) и группы водорослей, дающие наибольший вклад в суммарную биомассу в поверхностном слое (верхний круг) и придонном слое (нижний круг) в июле 2007 г. (б). P1 — разрез 1, P2 — разрез 2, 1 — динофлагелляты, 2 — диатомовые, 3 — золотистые, 4 — динофлагелляты и диатомовые, 5 — динофлагелляты и золотистые

transitans var. *derasa*, *Paralia sulcata*, *Pinnularia quadratarea*, *Rhopalodia gibberula*, *Fallacia pygmaea* и др.

В составе ФП присутствовали не только фотоавтотрофные водоросли, но и миксотрофные и гетеротрофные, на ряде станций они были очень обильны. Среди миксотрофных форм наиболее многочисленными были золотистая водоросль *Dinobryon Balticum* и динофлагелляты *Scrippsiella trochoidea*, среди гетеротрофных — динофлагелляты *Protoperidinium brevipes*, *P. subinermis*, *P. pallidum* и золотистая водоросль *Calycomonas* sp.

В августе 2005 г. суммарная биомасса фитопланктона (B_c) в поверхностном слое исследованной акватории изменялась от 1,2 до 11,8 мг С/м³ (среднее $5,2 \pm 2,8$ мг С/м³). Наибольшая B_c отмечалась в центре разреза 1 (рис. 1, а). На станциях вдоль уральского берега диапазон изменений B_c составлял 1,2—10,0 мг С/м³. На большей части акватории вклад в B_c динофлагеллят был выше вклада диатомовых и других групп водорослей (рис. 2, б). В состав водорослей, дававших наибольший вклад в B_c на разных станциях, входили динофлагелляты *Scrippsiella trochoidea*, *Gonyaulax spinifera*, *Alexandrium ostenfeldii*, *Protoperidinium brevipes*, *P. subinermis*, *P. pallidum*, диатомея *Thalassionema nitzschioides* и цианобактерия *Oscillatoria lacustris*. Относительная биомасса гетеротрофных форм колебалась от 6% до 81%. Относительная биомасса гетеротрофных форм на разрезе 1 возрастала по направлению к ямальскому берегу, а на разрезе 2 — по направлению к открытому морю.

В июле 2007 г. B_c в поверхностном слое варьировала в пределах 1,5—15,4 мг С/м³ (среднее $5,7 \pm 3,0$ мг С/м³), а в придонном слое в пределах 1,1—9,8 мг С/м³ (среднее $3,7 \pm 2,0$ мг С/м³). На большинстве станций в поверхностном слое B_c была выше таковой в придонном слое (рис. 2, а). Интегральная биомасса в столбе воды под 1 м² варьировала от 20 до 179 мг С/м² (среднее 74 ± 37 мг С/м²). Вклад в B_c динофлагеллят был выше вклада диатомовых и других групп водорослей в поверхностном слое на большинстве станций (рис. 2, б). В придонном слое на многих станциях в западной части губы преобладали диатомовые. Отмечены также участки с преобладанием золотистых водорослей. На многих станциях группы водорослей, дававших наибольший вклад в B_c в поверхностном и придонном слоях, различались. В состав водорослей, дававших наибольший вклад в суммарную биомассу в поверхностном слое на разных станциях входили динофлагелляты *Gonyaulax grindleyi*, *Gymnodinium* spp., *Gyrodinium* spp., диатомея *Ceratoneis closterium* (синоним *Cylindrotheca closterium*), золотистые *Calycomonas* sp., *Dinobryon balticum*. В придонном слое наибольшую относительную биомассу имели динофлагелляты *Gymnodinium* spp., *Gyrodinium* spp., диатомея *Ceratoneis closterium*, *Rhizosolenia setigera* и золотистая водоросль *Dinobryon balticum*. На большинстве станций в поверхностном и придонном слоях доминировали разные виды водо-

рослей. Значительный вклад в B_c (на некоторых станциях до 90%) давали гетеротрофные формы.

В конце сентября — начале октября 2007 г. в поверхностном слое B_c варьировала в пределах 4,4—22,6 мг С/м³ (среднее $9,9 \pm 4,6$ мг С/м³). В придонном слое пределы варьирования B_c составили 3,3—23,1 мг С/м³ (среднее $12,8 \pm 5,6$ мг С/м³). На разных станциях в поверхностном слое B_c была выше или ниже таковой в придонном слое, либо величины B_c в слоях существенно не отличались (рис. 3). Интегральная биомасса в столбе воды под 1 м² варьировала от 45 до 434 мг С/м² (среднее 185 ± 101 мг С/м²). На всей акватории губы, как в поверхностном, так и в придонном слоях наибольший вклад в B_c давали диатомовые водоросли, среди которых преобладала *Paralia sulcata*. Относительная биомасса этой водоросли изменялась от 41 до 91%. Вклад гетеротрофных форм в B_c был незначительным.

Обобщая полученные результаты, можно заключить, что в ФП Байдарацкой губы по видовому богатству преобладают диатомовые водоросли, что характерно как для Карского моря в целом [12], так и для других арктических морей [13]. В июле и августе в планктоне присутствует довольно разнообразная пресноводная флора, в основном представители зеленых водорослей и цианобактерий. Осенью пресноводные водоросли практически не встречались. Такая динамика обусловлена тем, что максимум речного стока приходится на июнь—июль [8]. Существенный компонент ФП губы — водоросли, чьим преимущественным биотопом является бентос. Это, по-видимому, обусловлено как естественными причинами, такими как мелководность большей части акватории губы, ветровое и приливное перемешивание, так и антропогенным воздействием — грунтозаборными работами и дампингом грунта.

Средняя биомасса ФП поверхностного слоя в сентябре—октябре была достоверно выше таковой в июле 2007 г. и августе 2005 г. В шельфовых морях Арктики годовой максимум биомассы ФП достигается во время весеннего цветения, которое начинается еще подо льдом [14, 15]. Интенсивное развитие ФП весной ведет к практически полному исчерпанию биоген-

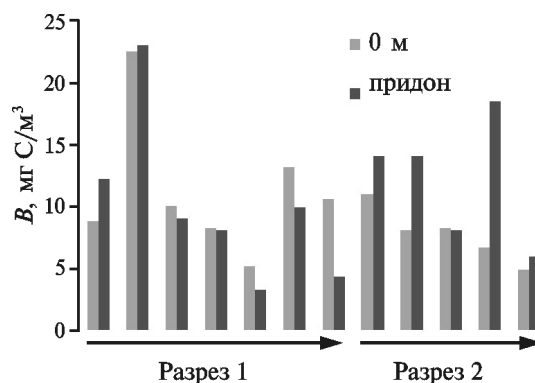


Рис. 3. Биомасса фитопланктона на разрезах 1 и 2 в поверхностном слое (0 м) и придонном (придон) слоях в сентябре—октябре 2007 г. Расположение разрезов, как на рис. 2, б

ных элементов в поверхностных слоях (до термоклина), что обуславливает прекращение роста ФП и снижение биомассы. В летний период жизнедеятельность ФП обеспечивается в основном регенерированными биогенными элементами и органическими ресурсами. Осенью при усилении ветрового перемешивания и начале льдообразования, приводящих к разрушению термоклина, возможно формирование осеннего цветения, которое, однако, по своим масштабам уступает весеннему. Есть все основания полагать, что сезонная динамика ФП в Байдарацкой губе соответствует таковой в других арктических морях. Данные по обилию ФП в Байдарацкой губе в весенний период отсутствуют. Таяние льда в губе начинается в июне, и, учитывая, что весеннее цветение в арктических морях начинается подо льдом и продолжается примерно две недели [5, 14, 15], можно полагать, что весеннее цветение в Байдарацкой губе приходится на июнь. К июлю в результате истощения биогенных элементов в слое над пикноклином биомасса снижается, в составе планктонных водорослей отмечается преобладание миксотрофных и гетеротрофных форм. Снижение биомассы ФП может быть также обусловлено прессом выедания [16]. К августу обилие ФП практически не изменяется, миксотрофные и гетеротрофные водоросли преобладают практически на всей акватории. Доминирование диатомей, отмеченное у уральского берега, было, по-видимому, обусловлено проводимыми здесь грунтозаборными работами. В конце сентября — начале октября в губе происходит усиление ветрового перемешивания и разрушение термоклина, что иниции-

рует возрастание биомассы (осенний пик) с доминированием диатомей.

Для сравнения с ранее опубликованными данными по обилию ФП Байдарацкой губы и Карского моря мы также рассчитали биомассу ФП в единицах сырого веса. В поверхностном слое биомасса варьировала в следующих пределах: в июле от 15 до 130 мг/м³ (среднее 51 ± 26 мг/м³), в августе от 13 до 114 мг/м³ (среднее 45 ± 25 мг/м³), в сентябре—октябре от 62 до 371 мг/м³ (среднее 157 ± 78 мг/м³). Биомасса ФП в сентябре—октябре 2007 г. оказалась выше таковой Байдарацкой губы в сентябре 1992 г. [6, 7] и выше биомассы ФП на прилегающей к губе акватории моря в сентябре—октябре 1945 г. [12]. Различия могут быть обусловлены как сезонной динамикой ФП, так и межгодовой вариабельностью обилия ФП. Значительная межгодовая вариабельность биомассы ФП была показана для ряда районов Карского моря [12]. Однако не следует также исключать и возможность влияния на ФП строительных работ, проводимых на акватории губы.

Сравнение с другими участками акватории Карского моря показывает, что обилие ФП Байдарацкой губы существенно ниже такового в соответствующие сезоны на Обь—Енисейском мелководье [1, 2], на некоторых участках в центральной части моря [12] и в прибрежных районах вдоль Таймырского полуострова [17].

Авторы выражают благодарность ЗАО “ИЭЦ Эко-нефтегаз” за предоставленные материалы, послужившие основой для настоящего исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаревич П.Р. Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем. М.: Наука, 2007. 223 с.
2. Суханова И.Н., Флинт М.В., Мошаров С.А., Сергеева В.М. Структура сообществ фитопланктона и первичная продукция в Обском эстуарии и на прилежащем Карском шельфе // *Океанология*. 2010. Т. 50. № 5. С. 785—800.
3. Deubel H., Engel M., Fetzner I., Gagev S., Hirche H.-J., Klages M., Larionov V., Lubin P., Lubina O., Nöthig E.-M., Okolodkov Y., Rachor E. The southern Kara Sea ecosystem: Phytoplankton, zooplankton and benthos communities influenced by river run-off // *Proc. Mar. Sci.* 2003. Vol. 6. P. 237—265.
4. Nöthig E.-M., Okolodkov Y., Larionov V.V., Makarevich P.R. Phytoplankton distribution in the inner Kara Sea: A comparison of three summer investigations // *Proc. Mar. Sci.* 2003. Vol. 6. P. 163—185.
5. Carmack E., Barber D., Christensen J., Macdonald R., Rudels B., Sakshaug E. Climate variability and physical forcing of the food webs and the carbon budget on panarctic shelves // *Prog. Oceanogr.* 2006. Vol. 71. P. 145—181.
6. Кузнецов Л.Л., Макаревич П.Р. Структурно-функциональные показатели микрофитоценозов // *Гидробиологические исследования Байдарацкой губы Карского моря в 1991—1992 гг.* Апатиты: КНЦ РАН, 1993. С. 18—25.
7. Кузнецов Л.Л., Байтаз О.Н., Макаревич П.Р. Структурно-функциональные показатели планктонного сообщества Байдарацкой губы по материалам осенних экспедиций 1991—1992 годов // *Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути)*. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. С. 88—95.
8. Природные условия Байдарацкой губы. Основные результаты исследований для строительства подводного перехода. М.: ГЕОС, 1997. 623 с.
9. Hillebrand H., Dürselen C.-D., Kirschtel D. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae // *J. Phycol.* 1999. Vol. 35. P. 403—424.
10. Menden-Deuer S., Lessard D.J. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms and other protist plankton // *Limnol. Oceanogr.* 2000. Vol. 45. P. 569—579.
11. Identifying of marine phytoplankton / Ed. C.R. Thomas. London: CR., 1997. 858 p.
12. Усачев П.И. Фитопланктон Карского моря // *Планктон Тихого океана*. М.: Наука. 1968. С. 6—27.
13. Poulin M., Daugbjerg N., Gradinger R., Ilyash L., Ratkova T., Quillfeldt von C. The pan-Arctic biodiversity of marine pelagic and sea-ice unicellular eukaryotes: a first-attempt assessment // *Marine Biodiversity*. 2011. Vol. 41. P. 13—28.
14. Ильяш Л.В., Житина Л.С., Федоров В.Д. Фитопланктон Белого моря. М.: Янус-К, 2003. 168 с.
15. Sakshaug E., Johnsen G., Kristiansen S., Quillfeldt von C.H., Rey F., Slagstad D., Thingstad F. Phytoplankton and

primary production // Ecosystem Barents Sea. Trondheim: Tapir Academic Press, 2009. P. 167—208.

16. *Hirche H.-J., Kosobokova K.N., Gaye-Haake B., Harms I., Meon B., Nöthig E.-M.* Structure and function of contemporary food webs on Arctic shelves: A panarctic comparison. The pelagic system of the Kara Sea — Communities and

components of carbon flow // Prog. Oceanogr. 2006. Vol. 71. P. 288—313.

17. *Кольцова Т.И., Ильяш Л.В.* Распределение фитопланктона Карского моря в прибрежье полуострова Таймыр в зависимости от гидрологических условий // Водные ресурсы. 1982. № 4. С. 158—165.

Поступила в редакцию
28.02.12

COMPOSITION AND ABUNDANCE OF PHYTOPLANKTON IN BAYDARATSKAY INLET OF THE KARA SEA IN SUMMER AND AUTUMN

L.S. Zhitina, L.V. Ilyash

The species composition and abundance of phytoplankton were determined in the Baydaratskaya Inlet (Kara Sea) in August 2005, July and September—October 2007. A total number of 220 species were found. In surface layer the algae abundance came to 1,5—15,4 mg C/m³ (mean $5,7 \pm 3,0$ mg C/m³) in July, 1,2—11,8 mg C/m³ (mean $5,2 \pm 2,8$ mg C/m³) in August, 4,4—22,6 mg C/m³ (mean $12,8 \pm 5,6$ mg C/m³) in September—October. Heterogeneous community was encountered in July with dominating on biomass of marine diatoms, dinoflagellates and chrysophycean at the different parts of inlet. Dinoflagellates dominated at all stations with almost no exception in August, diatoms dominated in autumn with the most abundant species *Paralia sulcata*.

Key words: *phytoplankton, Baydaratskay inlet, Kara Sea.*

Сведения об авторах

Житина Людмила Сергеевна — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-27-91; e-mail: lgitina@mail.ru

Ильяш Людмила Васильевна — докт. биол. наук, вед. науч. сотр. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-27-91; e-mail: ilyashl@mail.ru