

551.464.797.9(265 + 261)

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРОФИЛЛА *a* В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ТИХОГО И АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНОВ

Н. В. Мордасова

Исследование содержания хлорофилла в морских водах имеет большое значение при изучении фотосинтетических возможностей фитопланктона и его биомассы, а также первичной продукции отдельных районов.

В природе встречается несколько разновидностей хлорофилла: *a*, *b*, *c* и *d*. Исследованиями ряда авторов доказано, что основным аппаратом фотосинтеза, непосредственно принимающим участие в фотосинтетических окислительно-восстановительных реакциях, является хлорофилл *a* (1,3). Участие других форм весьма важное, но сводится к поглощению энергии света и передаче ее той основной системе реакций, где необходимо участие только хлорофилла *a*. Поэтому основная масса исследователей уделяет главное внимание изучению хлорофилла *a*.

Цель данной работы состояла в исследовании возможности построения карты распределения хлорофилла *a* в поверхностных водах Мирового океана для выявления некоторых закономерностей изменения его содержания в пространстве и во времени, для изучения продуктивности отдельных районов и для дальнейшего изучения неисследованных районов.

Поскольку в 1971 г. в тезисах Кильского симпозиума была опубликована карта распределения хлорофилла *a* в Индийском океане (Кгеу, 1971), мы остановились на изучении материалов о содержании хлорофилла только в Тихом и Атлантическом океанах.

В работе были использованы первичные материалы и отчеты экспедиций, имеющиеся в Мировом центре океанографических данных (МЦД).

Изучение содержания хлорофилла в водах Мирового океана было начато в середине 50-х годов в основном американскими учеными, исследовавшими различные районы Тихого, Индийского и Атлантического океанов. В 60-х годах в эту работу активно включились австралийские, японские, французские, канадские и другие ученые.

В северо-восточной части Тихого океана исследования вели в основном американские и канадские, а также колумбийские, мексиканские и японские суда, в южной части наиболее значительные исследования проведены австралийскими и французскими экспедициями.

Атлантический океан исследован гораздо хуже: проведены немногочисленные работы американскими, а также аргентинскими, бразильскими и немецкими (ГДР) исследователями.

Канадские ученые создали на 50° с. ш. и 145° з. д. исследовательскую станцию, где вели постоянные многолетние наблюдения за изменением содержания хлорофилла в течение суток, по сезонам, на разных глубинах. Они получили большой интересный материал об изме-

нении его содержания в пространстве и во времени во взаимосвязи с другими компонентами морской воды (растительным органическим углеродом, растительным протеином и др.).

В Тихом океане всего исследовано 111 квадратов Марсдена (около 5000 станций), в Атлантическом — 56 квадратов (около 500 станций). Материалы, имеющиеся в МЦД, показывают, что более чем для 50% всех квадратов имеются данные по хлорофиллу только для одного полугодия и около 40% — только для одного сезона. В Атлантическом океане почти нет квадратов, для которых были бы данные по хлорофиллу по всем сезонам; в Тихом океане число таких квадратов составляет около 16% в основном в прибрежных районах, что не дает представления об изменении содержания хлорофилла по сезонам.

На карте изученности содержания хлорофилла в Тихом и Атлантическом океанах (рис. 1) видно, что наиболее хорошо исследованы прибрежные и тропические районы этих океанов, почти совсем нет данных по районам Атлантического океана выше 50° с. ш. и ниже 30° ю. ш. В Тихом океане слабо изучены районы южнее 30° ю. ш.

Почти все исследования проведены спектрофотометрическим методом с различными модификациями отдельных его частей (Creitz, Richards, 1955; Richards, Thompson, 1952; Strickland, Parsons, 1960). В подавляющем большинстве исследовали только поверхностные воды, в редких случаях до глубины 100 м.

Кроме того, почти никто из исследователей не учитывал наличие в воде продукта распада хлорофилла — феофитина, что давало несколько завышенные данные, особенно по глубине. Только колумбийские и мексиканские ученые определяли наряду с хлорофиллом и феофитин, используя флуоресцентный метод анализа (Holm-Hanson, Logezzen и др., 1965). Однако они осуществляли эти определения в поверхностных водах, где содержание феофитина незначительно.

Собранные из первичных материалов данные, осредненные по 10-градусным квадратам Марсдена, позволили построить карту распределения хлорофилла *a* в Атлантическом и Тихом океанах. Так как данных по отдельным сезонам было очень немного, то карты были построены только для двух полугодий (с октября по март и с апреля по сентябрь) и по среднегодовым данным.

На рис. 2, *a*, *б* показано распределение хлорофилла *a* в поверхностном слое Тихого и Атлантического океанов для двух полугодий, на котором видно, что в Атлантическом океане наибольшее количество данных приходится на апрель — сентябрь, а в Тихом океане в северо-западной части отсутствуют данные с марта по октябрь, а в экваториальной и юго-западной части — с апреля по сентябрь.

На рис. 3 показано распределение хлорофилла *a* в Тихом и Атлантическом океанах по среднегодовым данным для поверхности.

Для сравнения содержания хлорофилла на поверхности со средневзвешенной концентрацией его в слое фотосинтеза было исследовано изменение концентрации хлорофилла с глубиной в тех случаях, где имелись данные. Для станций, взятых на различных широтах, были построены разрезы по глубине. Характерные эпюры распределения хлорофилла для различных широт показаны на рис. 4. Из рис. 4, *a* видно, что для широт 40—50° к северу и к югу от экватора максимум содержания хлорофилла находится около поверхности, а в приэкваториальной зоне (рис. 4, *б*) смещается до глубин около 50 м, что связано, по-видимому, с интенсивной солнечной радиацией в этом районе.

На основании имеющихся данных был рассчитан коэффициент взаимосвязи концентрации хлорофилла на поверхности со средней концентрацией его в слое 0—50 м. На рис. 5 показано изменение это-

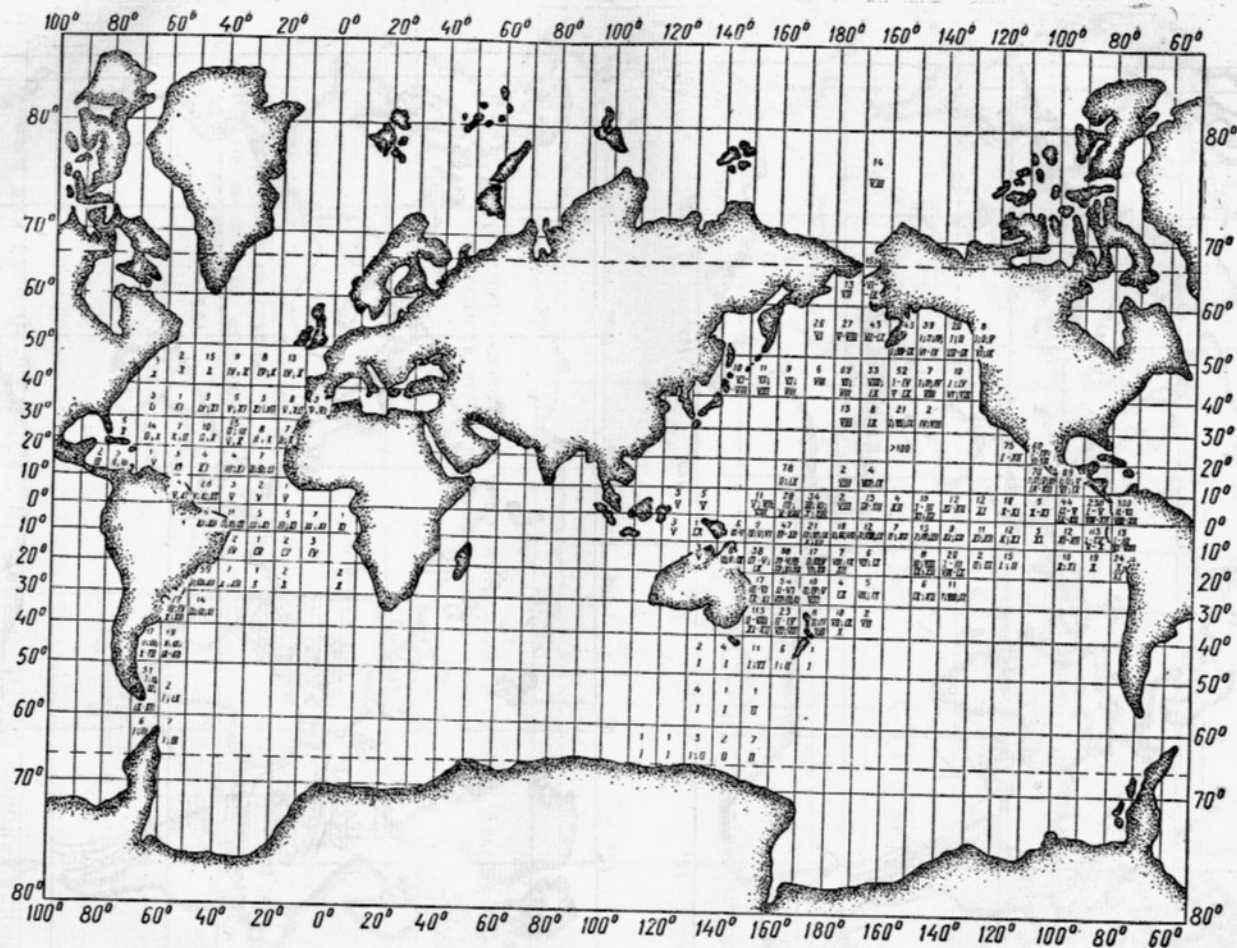


Рис. 1. Карта изученности содержания хлорофилла в Тихом и Атлантическом океанах.

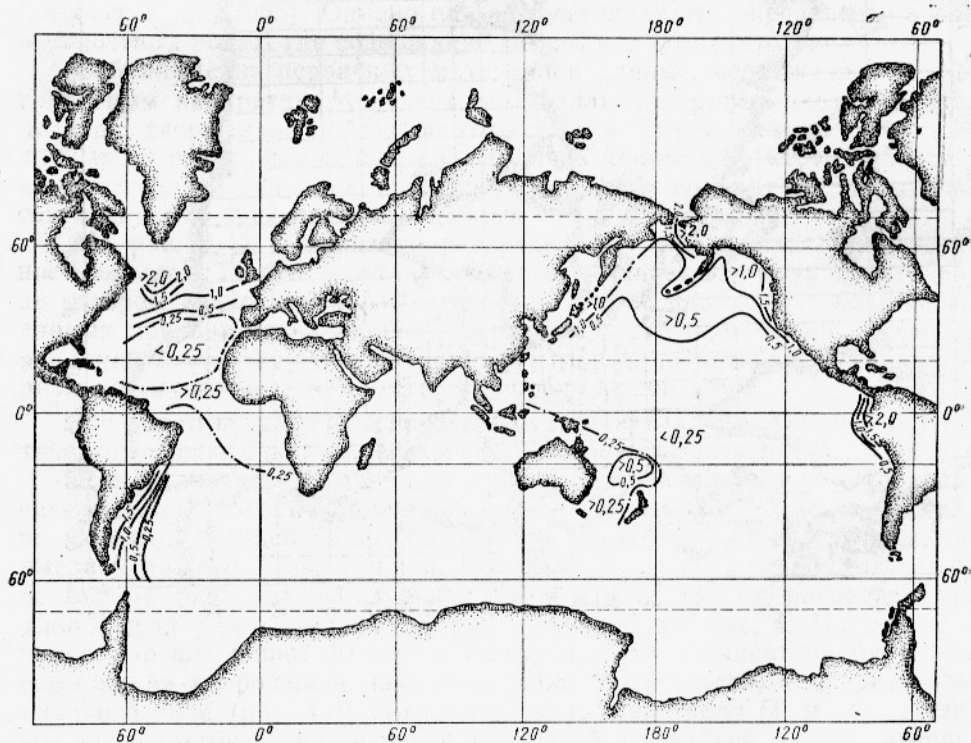
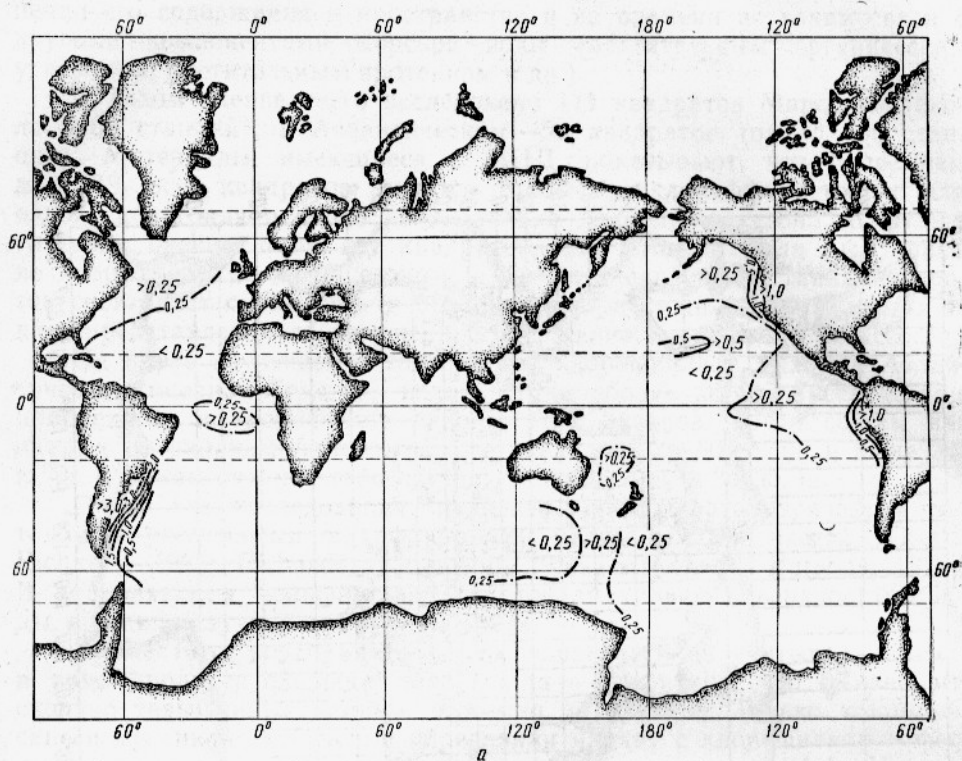


Рис. 2. Карта распределения хлорофилла *a* на поверхности в Тихом и Атлантическом океанах, мг/м³:
 а — в октябре — марте; б — в апреле — сентябре.

го коэффициента с изменением широты: для приэкваториальной зоны он равен примерно 1,35 и имеет здесь максимальное значение, к северу и к югу от экватора его значение постепенно снижается и достигает минимума у 40—50°, где он приблизительно равен единице.

С учетом этих коэффициентов была построена карта распределения хлорофилла в Тихом и Атлантическом океанах по средневзвешен-

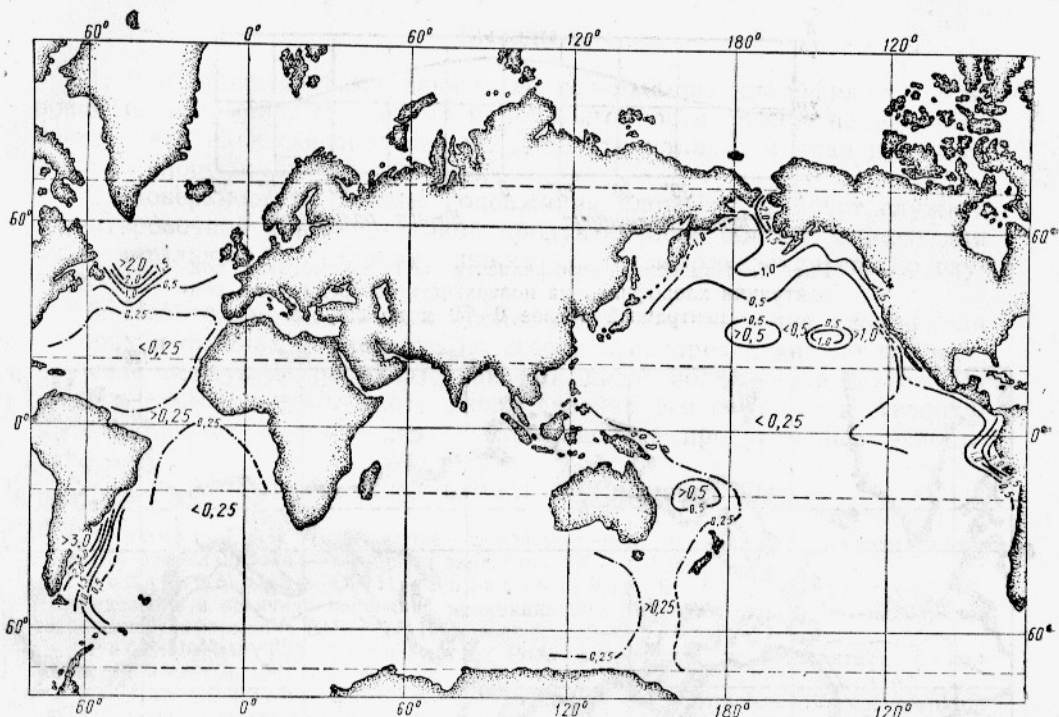
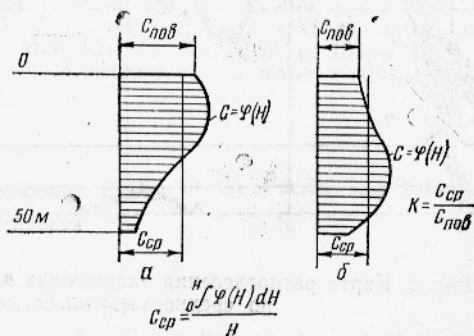


Рис. 3. Карта распределения хлорофилла *a* на поверхности в Тихом и Атлантическом океанах (в мг/м^3) по среднегодовым данным.

Рис. 4. Характерные эпюры распределения хлорофилла по глубине:

a — на широте 40—50° с. ш. и ю. ш.; *б* — на экваторе.



ным данным для слоя 0—50 м (рис. 6); данные весьма приближенные, так как для получения более точных данных необходимо провести детальное изучение изменения наличия хлорофилла с глубиной для разных сезонов, для разных широт.

Построенные карты распределения хлорофилла в Тихом и Атлантическом океанах по поверхностным данным и по средневзвешенным для слоя 0—50 м отличаются в основном только в приэкваториальных зонах.

Если сравнить распределение хлорофилла a с распределением первичной продукции в Мировом океане (Кобленц-Мишке и др., 1968), то видно, что как по хлорофиллу, так и по первичной продукции можно выделить наиболее продуктивные районы вдоль берегов Южной Америки в Атлантическом океане и берегов Северной и Южной Америки в Тихом океане. Здесь концентрация хлорофилла более 3 и 5

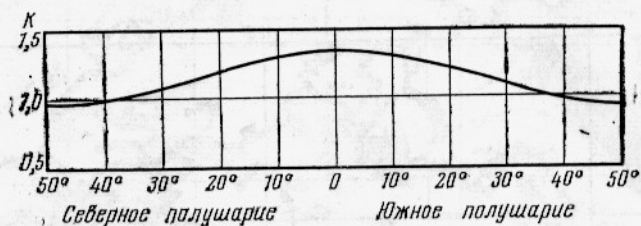


Рис. 5. Изменение коэффициента (K) взаимосвязи концентрации хлорофилла на поверхности со средней его концентрацией в слое 0–50 м по широте.

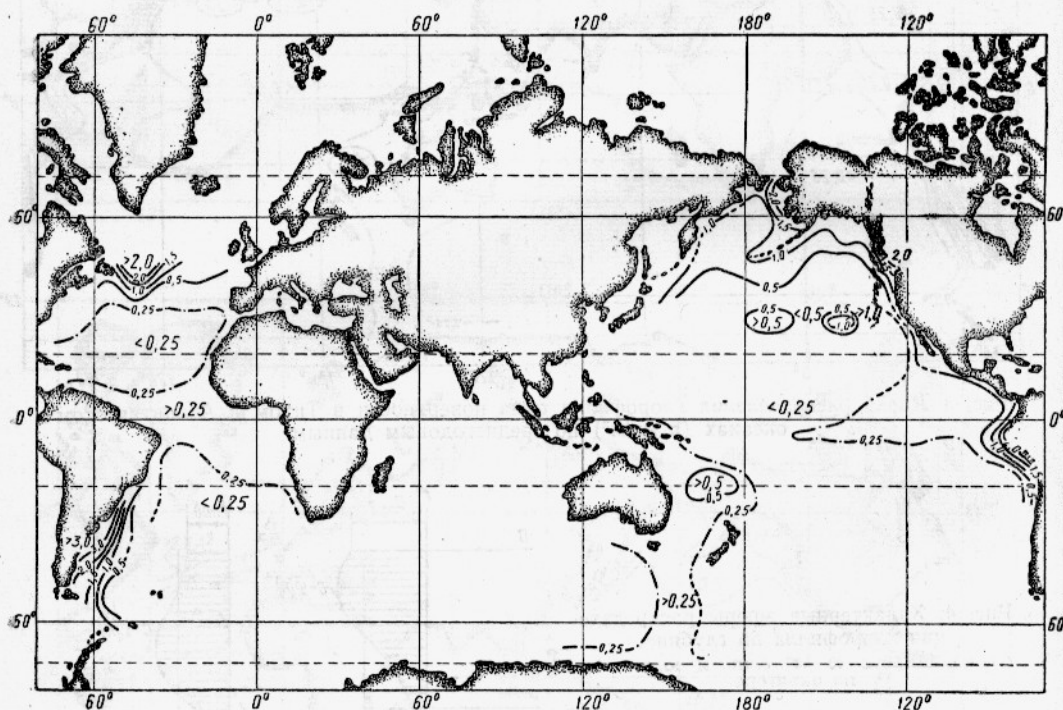


Рис. 6. Карта распределения хлорофилла a в Тихом и Атлантическом океанах (в мг/м^3) по средневзвешенным данным для слоя 0–50 м.

мг/м^3 соответственно, в то время как в открытом океане концентрация его менее $0,25 \text{ мг/м}^3$. Несколько более повышенным содержанием хлорофилла характеризуются некоторые экваториальные зоны обоих океанов.

Содержание хлорофилла, как и первичная продукция, в океане зависит от поступления биогенных веществ в фотосинтетическую зону. В открытом океане единственным источником их является подъем глубинных вод, поэтому можно выделить районы с более высоким содержанием хлорофилла: это экваториальная дивергенция, а также умеренные и экваториальные области.

Наиболее благоприятны для развития фитопланктона прибрежные районы, где по тем или иным причинам подъем вод преобладает над их опусканием. Таковы районы сгонных явлений и дивергенций течений. В Тихом океане они расположены у берегов Центральной и Южной Америки, в Атлантическом прилегают к юго-восточному побережью Южной Америки.

Выводы

1. В настоящее время данных по содержанию хлорофилла в Мировом океане мало. Некоторые районы его почти совсем не изучены; почти никто из исследователей не учитывал наличие в воде продукта распада хлорофилла — феофитина.

2. Поверхностные данные содержания хлорофилла могут служить ориентировочной характеристикой продуктивности района, однако для более детальных исследований нужно знать распределение его по глубине.

3. Необходимо дальнейшее более детальное изучение хлорофилла в морях и океанах (изменение по сезонам, распределение по глубине, изучение продуктов распада), так как даже построенная по весьма приближенным данным карта распределения его в Тихом и Атлантическом океанах позволяет выделить наиболее продуктивные районы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Винберг Г. Г. Содержание хлорофилла как показатель количественного развития фитопланктона. — «Вопросы экологии», 1957, т. 1, с. 15—18.

Кобленц-Мишке О. И., Волковинский В. В., Кабанова Ю. Г. Распределение и величина первичной продукции вод Мирового океана. — «Сб. научно-технической информации ВНИРО», 1968, вып. 5, с. 3—9.

Рабинович Ю., Говинджи. Роль хлорофилла в фотосинтезе. В кн.: Молекулы и клетки. 1967, вып. 2, с. 72—83.

Creitz C., Richards F. A. The estimation and characterization of plankton population by pigment analysis. J. Mar. Res. 14, 1955, p. 211—216.

Holm-Hansen O., Lorenzen C. J., Holmes R. W. and Strickland J. D. H. Fluorometric determination of chlorophyll. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 30, 1965, p. 3—15.

Krey J. Primary production in the Indian Ocean. Kiel. 31, 4, 1971, p. 29—32.

Richards F. A., Thompson T. G. The estimation and characterization of plankton population by pigment analyses. J. Mar. Res. 11. (2), 1952, p. 156—172.

Strickland J. D. H., Parsons T. R. A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 1960, 125.

On the distribution of chlorophyll a in the surface waters of the Pacific and Atlantic
N. V. Mordasova

SUMMARY

A possibility of compiling a chart showing the distribution of chlorophyll in the World Ocean is discussed. Semi-annual and mean annual charts of the distribution of chlorophyll "a" in the surface waters of the Pacific and Atlantic have been compiled using the data available in the World Oceanographic Data Centre. A lack of data on certain seasons and layers is noted. Some regularities of alterations in the chlorophyll content with depth are revealed in various latitudes. The chart compiled matches the map showing the distribution of primary production and indicates the most productive areas in the World Ocean.