

that the phytoplankton biomass in mid-water is developed on condition the depth of the optimum illumination layer is not less than one-tenth of the total mixed layer. The optimum conditions for the development are observed when the depths of the euphotic zone and optimum illumination layer become equal to a half and one-fifth of that of the homothermal layer, respectively. Based on variations in the ratios found throughout a year certain periods of possible intensive photosynthesis in various areas of the Sea of Scotia have been ascertained.

УДК 551.463.8(261.4)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗОНЕ КАНАРСКОГО ТЕЧЕНИЯ

Б. Н. Варечкин

Исследования по определению взвесей в водах Канарского района, начатые сравнительно недавно, позволили получить ограниченные данные о содержании и составе взвешенных веществ. Взвесь, как правило, собирали на отдельных станциях или на небольших участках акватории с поверхности во время перехода судна. По этим материалам, количество взвеси в водах Канарского района, собранной методом ультрафильтрации, в различное время года колебалось от 0,5 до 5,6 мг/л (Кленова, 1962; Гордеев, 1963; Свиренко, 1970; Богданов, 1974; Лисицын, 1974; Лисицын и др., 1975; Kullenberg, 1974).

В настоящей статье приводятся новые данные о содержании взвеси и ее распределении в открытых водах Атлантического океана у берегов Северо-Западной Африки. Сбор проб взвешенных веществ был выполнен Т. А. Хачатуровой во время тринадцатого рейса НПС «Академик Книпович» (июль—сентябрь 1974 г.). Взвесь собирали на 69 станциях, кроме того, на банках Дасия и Сен была проведена микросъемка (по 10 станций на каждой банке) и сделаны суточные станции. Всего отобрано 611 проб, из них 102 пробы — с поверхности (рис. 1).

Пробы воды с поверхности отбирали пластмассовым ведром с носа судна, а с глубины — батометром объемом 5 л. Взвесь отделялась путем фильтрации воды через мембранные фильтры № 3 (диаметр пор 0,7 мк), предварительно обработанные и взвешенные по общепринятой методике (Лисицын, 1956). Для определения содержания взвеси фильтры высушивали до постоянной массы (при температуре не выше 50°С) и взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,1 мг.

Известно, что в исследуемом районе принос обломочного материала в прибрежные воды с прилегающих областей материка крайне ограничен и меняется в течение года. За исключением рек на самом северном участке Марокко, остальные реки не имеют постоянного водостока. Пересыхая летом, они лишь в период дождей осенью и зимой, а также во время таяния снега в Атласских горах выносят некоторое количество терригенных частиц во взвешенном состоянии. Эти частицы разносятся течением вдоль берега, обогащая взвесью прибрежные воды. Кроме того, минеральные компоненты взвеси поступают в результате волновой абразии берегов. Часто наблюдаемая в Канарском районе сильная зыбь создает у берегов мощный прибой, усиливающий процессы абразии и, следовательно, увеличивающий количество минеральной части взвеси в шельфовых водах. Эоловый вынос материала из пустынных районов Северо-Западной Африки является, по-видимому, основным постоянным источником поставки минеральных взвешенных частиц как в прибрежную, так и в открытую часть океана. Это подтверждается результатами последних работ американских ученых по определению состава и соотношения глинистых минералов во взвеси и

исследуемого района у мыса Кап-Блан. Образующийся здесь в августе подвижный океанический фронт, разделяющий южные и северные атлантические центральные водные массы, имеет протяженность более

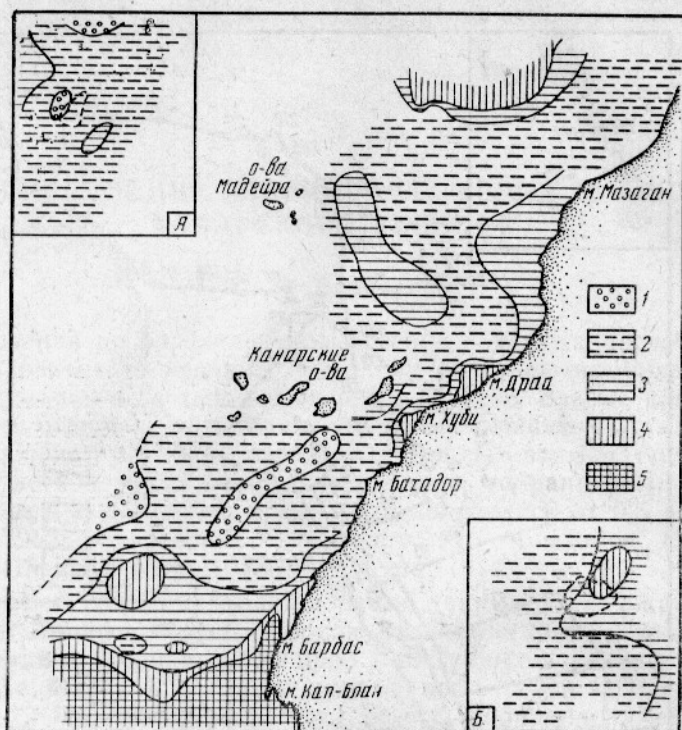


Рис. 2. Карта распределения взвеси в поверхностном слое (в мг/л):

А — в районе банки Сен; Б — в районе банки Дасия; 1 — $< 1,0$; 2 — $1,0-1,5$; 3 — $1,5-2,0$; 4 — $2,0-3,0$; 5 — $> 3,0$.

300 миль к западу от берега. Он хорошо выражен как по данным гидрологических и гидрохимических наблюдений, так и по данным о величине концентрации и характеру распределения взвеси. Содержание взвеси в пределах фронтальной зоны изменялось от 3,0 до 6,2 мг/л, а среднее содержание составляло 4,4 мг/л. На север от зоны раздела двух водных масс количество взвеси резко уменьшалось и колебания по всему остальному району составляли от 0,7 до 2,7 мг/л при среднем содержании 1,5 мг/л. Таким образом, в пределах фронтальной зоны отмечены резкие горизонтальные градиенты содержания взвеси.

Вдоль всего побережья Северо-Западной Африки и вблизи Канарских островов количество взвешенного вещества несколько увеличивалось в результате поставки терригенного материала с суши и абразии берегов.

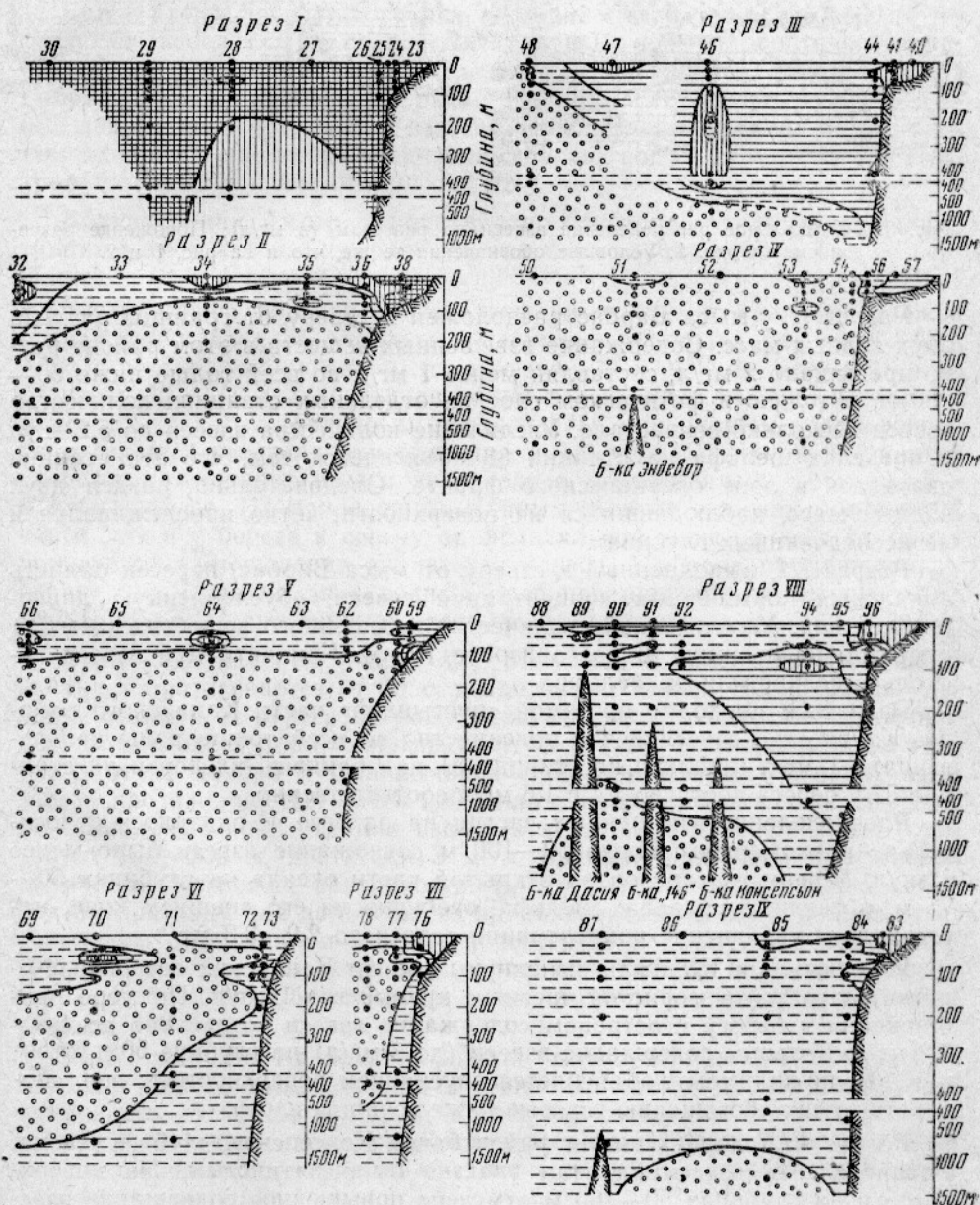
Подъемом глубинных вод, приводящим к бурному развитию фитопланктона, а следовательно, и к увеличению общего количества взвеси на фоне относительно равномерного распределения, объясняется формирование областей повышенных концентраций, отмеченных вблизи берега на широтах мысов Хуби и Драа, а также в открытой части океана к северу и югу от Канарских островов.

Пятно минимального содержания взвеси на поверхности, обнаруженное к югу от Канарских островов, совпадает с областью опускания вод (Мратов, 1971).

В северной части района в зоне банки Ампер и к востоку от нее количество взвеси возрастало до 2,0—2,5 мг/л, что определяется более благоприятными условиями для развития здесь фитопланктона.

Вертикальное распределение взвеси. Для анализа вертикального распределения взвеси рассмотрены данные разрезов, перпендикулярных (I—X) и параллельных (XI—XIV) побережью (рис. 3).

Разрез I проведен в пределах фронтальной зоны. Концентрация взвеси повсеместно до глубины 400 м превышала 2 мг/л. Особенно богаты взвесью воды шельфа у мыса Кап-Блан. На станциях 27 и 28 в открытой части океана хорошо виден подъем относительно бедных взвесью глубинных вод.



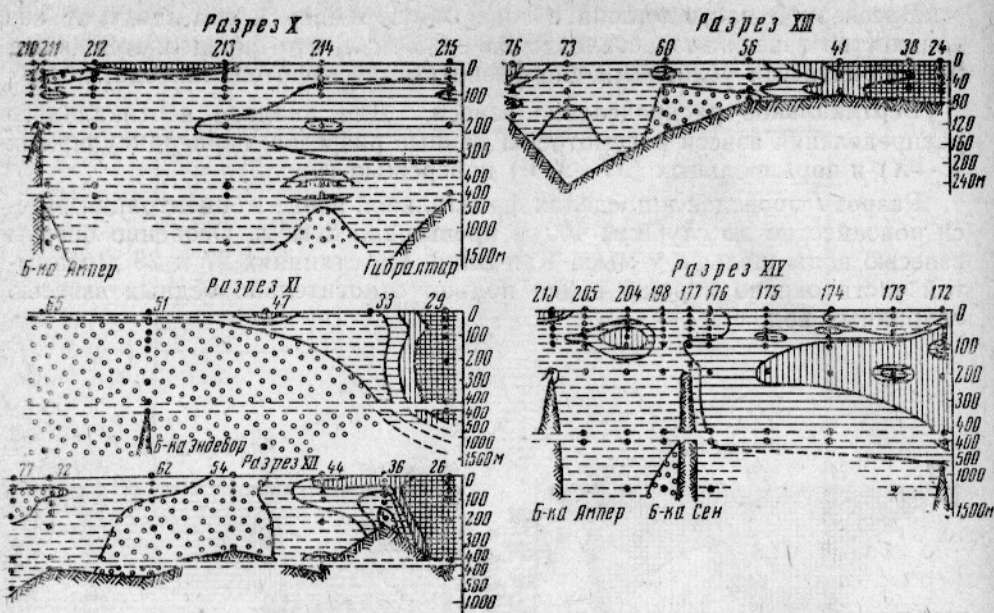


Рис. 3. Вертикальное распределение взвеси по разрезам (в мг/л): Положение разрезов см. на рис. 1. Условные обозначения те же, что и на рис. 1 и 2.

Разрез *II* у мыса Барбас расположен к северу от границы раздела двух водных масс. Содержание взвешенных веществ в этом районе редко превышало 2 мг/л, составляя менее 1 мг/л во всей толще ниже 50—250 м, и только в фотическом слое на отдельных станциях количество взвеси несколько возрастало. Увеличение количества взвеси до 5,2 мг/л в пределах шельфа на станции 38 объясняется тем, что эта станция оказалась в зоне океанического фронта. Следовательно, раздел двух водных масс, наблюдавшийся на поверхности, четко прослеживался и на исследованных глубинах.

Разрез *III*, выполненный к северу от мыса Барбас, пересек область локальных повышенных концентраций взвеси, обусловленную дивергенцией вод. Максимальное количество взвешенного вещества (3 мг/л) отмечено на станции 46 на горизонте 100 м. Концентрации взвеси несколько возрастали на шельфе.

Разрез *IV* проходил по самой «пустынной» части Канарского района. Количество взвеси почти повсеместно во всей толще воды не превышало 1 мг/л и только на станции 51 над банкой Эндевор и на станции 57 у берега достигло 1,4 и 1,6 мг/л соответственно.

Распределение взвешенных частиц на разрезе *V* оказалось относительно равномерным. Ниже 50—100 м содержание взвеси было менее 1 мг/л. В верхних горизонтах открытой части океана на глубинах 50—75 м, а также в пределах шельфа, особенно на его внешнем крае, наблюдалось увеличение концентрации взвеси до 2,9—3,3 мг/л.

Разрезы *VI* и *VII* были выполнены вблизи Канарских островов. Количество взвеси в мористой части не превышало 1 мг/л. По мере приближения к берегу и островам содержание взвеси возрастало до 1,6—2,2 мг/л. Большое содержание взвеси (до 3 мг/л) на глубине 50 м (станция 70), по-видимому, объясняется опусканием поверхностных вод, способствующих обогащению взвесью нижележащих слоев.

Разрез *VIII* характеризует район банок Консепсьон, «146» и Дасия. Распределение взвеси на этом участке было пятнистым. На поверхности и на глубинах 50—100 м отмечено повышенное содержание взвеси.

шенных частиц, на горизонте 25 м концентрация взвеси снижалась до 1 мг/л и менее. Над шельфом и материковым склоном отмечалось некоторое увеличение содержания взвеси.

Количество взвеси на разрезе IX повсеместно, от поверхности до глубины 1200 м, не превышало 1,5 мг/л, лишь на шельфе увеличивалось до 2 мг/л и более.

Самый северный разрез X охватывает зону от Гибралтара до банки Ампер. Вертикальное распределение взвеси здесь неравномерно. К западу от пролива Гибралтар на расстоянии 200 миль на глубинах 50—300 м протягивался «язык» повышенного содержания взвеси, обусловленный, видимо, проникновением вод Средиземного моря, обогащенных взвешенными частицами. Пятно повышенной концентрации взвеси с максимумом до 2,3 мг/л на глубине 400 м обнаружено непосредственно вблизи Гибралтара.

Еще в 1948 г. шведские ученые на судне «Альбатрос» и в 1960 г. английская экспедиция на судне «Дискавери II» при гидрооптических исследованиях наблюдали поток средиземноморских вод, выходящий из Гибралтара в Атлантический океан (Jerlov, 1953; Лисицын, 1974). Новые данные о распределении взвесей, очевидно, служат еще одним подтверждением воздействия средиземноморских вод на структуру вод Центрально-Восточной Атлантики.

Вблизи банки Ампер зафиксировано некоторое увеличение концентрации взвеси как на поверхности, так и на глубине 200 м над ее вершиной.

Вертикальное распределение взвешенных частиц вдоль побережья в пределах подводной окраины материка показано на разрезах XII и XIII, а в открытом океане — на разрезах XI и XIV. В северной части разрезов XI, XII и XIII концентрации взвешенных частиц составляют менее 1,0—1,5 мг/л. Только на разрезе XIII, проходящем у побережья, на отдельных участках они превышали 1,5 мг/л. В южной части этих разрезов содержание взвеси значительно увеличивалось, составив 5—6 мг/л и более. Из приведенных данных следует, что как в мористой части, так и у берега к северу от фронтальной зоны на всех глубинах происходило уменьшение количества взвеси. По мере приближения к берегу зона раздела двух водных масс перемещалась к северу, отражая ВСВ—3ЮЗ простирающие океанического фронта.

Субмеридиональный разрез XIV относится к более открытой части океана и протягивается от 30° с. ш. до банки Ампер. Несмотря на удаление станций от берега на расстояние 300 миль, содержание взвешенных частиц здесь достаточно высокое. В южной части разреза на глубинах от 25 до 500 м был выявлен слой повышенных концентраций взвеси протяженностью почти 250 миль в направлении с юга на север. Максимальные концентрации взвеси в этом слое, отмеченные на горизонтах 100—200 м, достигали 3 мг/л, превышая на всем протяжении количество взвеси на поверхности. Банка Сен, представляющая собой как бы преграду для дальнейшего проникновения на север водных масс с высоким содержанием взвеси, способствует подъему этих вод и обогащению взвесью поверхностных горизонтов. Между банками Ампер и Сен наблюдалось «облако» мути с максимумом взвеси 2,9 мг/л на горизонте 100 м.

На 30 станциях Канарского района были отобраны пробы взвеси на глубине 1200 м. Концентрация взвешенных частиц на этом горизонте изменялась от 0,5 до 1,3 мг/л, в среднем составляя 0,9 мг/л. Только вокруг Канарских островов и, очевидно, в самой южной части района в зоне океанического фронта среднее содержание взвеси превышало 1 мг/л.

С помощью микросъемок, проведенных на банках Дасия и Сен, выявлены некоторые особенности в распределении взвешенных веществ (см. рис. 2, А и Б). Поток водных масс, подходящий к банке Дасия с севера, а к банке Сен с юго-востока в соответствии с теорией М. Уда и М. Ишино (Uda, Jshino, 1958), приводил к подъему вод с «наветренной» и «подветренной» сторон этих банок. Вследствие локальных дивергенций, по-видимому, создавались благоприятные условия для развития фитопланктона, что в свою очередь приводило к увеличению концентрации взвеси.

На банке Дасия максимальное содержание взвеси как на поверхности, так и на глубине наблюдалось с «наветренной» стороны, достигая наибольшего значения 4,1 мг/л на станции 134, расположенной над ее северным склоном. Увеличение взвеси до 2,4 мг/л было отмечено и с противоположной стороны банки Дасия на станции 138. Интересно, что над самой вершинной частью банки на станции 89 обнаружено минимальное количество взвеси — 0,8 мг/л.

Распределение взвешенных веществ на банке Сен несколько иное. Наибольшее количество взвеси — 3,1 мг/л — наблюдалось в пределах склона на станции 182 с северо-западной «подветренной» стороны. С «наветренной» стороны незначительное увеличение взвеси отмечено лишь на некотором расстоянии от банки. Это хорошо согласуется с гидрологическими наблюдениями, по данным которых подъем глубинных вод происходил не по склону банки, а южнее и поднятые водные массы затем подходили уже к ее вершине.

Кроме того, в зависимости от глубины банок слой максимальных концентраций взвеси находился на различной глубине: в районе банки Дасия — 50—100 м, банки Сен — 50—200 м.

Отбор взвеси, проводившийся в течение суток через 4 ч в районах банок Дасия и Сен, выявил изменения ее концентрации на отдельных горизонтах во времени. Самые большие суточные колебания по содержанию взвеси, отмеченные на глубине 100 м, составляли 0,9 мг/л. Слой наиболее стабильных значений взвешенного вещества, в пределах которого колебания содержания взвеси равнялись 0,2 мг/л, наблюдался лишь у банки Дасия на глубине 50—75 м.

Выводы

1. Количество и распределение взвешенного вещества в зоне Канарского течения зависит в основном от гидрологического режима района и доставки эолового материала с материка. Максимальные концентрации взвеси обнаружены в пределах океанического фронта и в местах подъема глубинных вод как в открытой части океана, так и у берега.

2. Вблизи побережья в шельфовых водах отмечается некоторое увеличение количества взвеси, отражающее известную связь распределения взвеси с циркуляцией зональности.

3. Наибольшие концентрации взвеси приурочены, как правило, к верхнему слою (до 100 м). С глубиной количество взвешенных частиц обычно уменьшается. В местах опускания вод максимум взвеси отмечается не на поверхности, а на глубине — в слое скачка плотности.

4. Содержание и распределение взвеси над банками неоднородно. Максимальные концентрации взвеси наблюдаются над склонами банок с «наветренной» и «подветренной» сторон.

5. Суточные наблюдения свидетельствуют о значительных колебаниях количества взвеси на различных горизонтах во времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов Ю. А. Взвесь в морской воде. — В кн.: Гидрофизические и гидрооптические исследования в Атлантическом и Тихом океанах. М., 1974, с. 242—258.

Гордеев Е. Н. Количественное распределение взвеси в поверхностном слое воды в восточной части Атлантического океана. — ДАН СССР, 1963, т. 149, № 1, с. 181—184.

Кленова М. В. Взвешенные вещества в Атлантическом океане как индикатор строения водной толщи. — Труды Института океанологии АН СССР, 1962, т. 56, с. 123—129.

Мратов К. Я. Зоны поднятия и опускания вод Атлантического океана у Западной Африки. — Океанологические исследования, 1971, № 21, с. 97—106.

Лисицын А. П. Методика изучения взвеси с геологическими целями. — Труды Института океанологии АН СССР, 1956, т. 19, с. 204—231.

Лисицын А. П. Осадкообразование в океанах (количественное распределение осадочного материала). — М.: Наука, 1974. — с. 438.

Взвешенные вещества в водах Атлантического океана/[Лисицын А. П., Богданов Ю. А., Емельянов Е. М. и др.]. — В кн.: Осадконакопление в Атлантическом океане. Океанологические исследования. Калининград, 1975, с. 5—199.

Свиренко И. П. Количественное распределение водной взвеси в Атлантическом океане (по данным 2-го рейса РТМ «Белогорск»). — Океанология, 1970, т. 10, № 3, с. 474—478.

Behairy A. K., Chester R., Griffiths A. Y., Johnson L. R., Stoner J. H. The clay mineralogy of particulate material from some surface seawaters of the Eastern Atlantic Ocean. — Mar. Geol., 1975, vol. 18, p. M 45—M 56.

Chester R., Elderfield H., Griffin J. J., Johnson L. R., Padgham R. C. Eolian dust along the eastern margins of the Atlantic Ocean. Mar. Geol. 1972, vol. 13, p. 91—105.

Jerlov N. G. Particle distribution in the ocean. Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition 1947—48, Physics and chemistry, 1953, vol. 3, No. 3, Göteborg, p. 73—97.

Kullenberg G. The distribution of particulate matter in a northwest African coastal upwelling area. Suspended solids in the water. New York—London, 1974, p. 195—202.

Schemainda, Nehring R. D., Schulz S. Ozeanologische Untersuchungen zum Produktionspotential der nordwestafrikanischen Wasserauftriebsregion 1970—1973. Geod. und Geophys. Veröff. 1975, B. IV, No. 16, 85 s.

Uda M., Ishino M. Enrichment pattern resulting from eddy systems in relation to fishing grounds. J. Tokyo Univer. of Fish., 1958, vol. 44, No. 1—2, p. 105—129.

The distribution of suspended matter in the Canary current zone

VARECHKIN B. N.

SUMMARY

The results of the measurements of suspended substances in water and determination of their distribution pattern in the Canary current zone are presented. Samples were collected from the surface and deep layers by means of plastic bathometers and then ultrafiltrated. The heaviest concentrations of suspended matter were observed within the oceanic front area and upwelling in the open and inshore waters. The maximum concentration of suspended matter was found in the upper layer. The diurnal observations show that the content of suspended matter in various layers is subject to wide fluctuations with time.

УДК 551.462.6(261.5)

ЛАНДШАФТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ПОДВОДНЫХ ГОРАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ

В. В. Федоров, В. В. Бадулин, И. В. Данилов, И. П. Зарихин

Мелкомасштабная пространственная изменчивость является характерной чертой подводного ландшафта. Изучение ее имеет практическую важность, поскольку одной из форм пространственной изменчивости