

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Ботников В. Н. Нулевая поверхность и циркуляции вод в проливе Дрейка в летний период. — Проблемы Арктики и Антарктики, 1969, вып. 32, с. 5—13.

Давыдова Н. Г. Типы атмосферных процессов и соответствующие им поля ветра в океанических районах южного полушария. — Метеорологические исследования, 1966, № 11, с. 5—31.

Some features of water dynamics off Folkland Islands

MASLENNIKOV V. V., PARFENOVICH S. S.

SUMMARY

The surveys made on board R/V АКАДЕМИК КНИПОВИЧ in various hydrological seasons have indicated two independent branches of the Folkland current: West Folkland and East Folkland branches. It is ascertained that the temperature and salinity are different in the branches of the system. The flow of the East Folkland branch is extended in the period from winter to summer when the flow of the West Folkland branch is curtailed.

УДК 551.46:629.78

НЕКОТОРЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ (ПО МАТЕРИАЛАМ СОВЕТСКО-АМЕРИКАНСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА)

Г. П. Ванюшин, В. Л. Зубаревич, В. А. Мокрушин

В апреле—марте 1976 г. у берегов Северо-Западной Африки в районе, ограниченном координатами $17-24^\circ$ с. ш. и $16-22^\circ$ з. д., были проведены экспериментальные работы по изучению поверхностных вод океана с использованием средств космической техники. Этот эксперимент явился продолжением совместных советско-американских работ, начатых в 1973 г. у острова Ньюфаундленд (Богданов, Потайчук, Макклайн, Нордберг, 1976). Программа эксперимента предусматривала синхронные спутниковые и подспутниковые наблюдения. Работы проводились в три этапа: 23—25 марта, 10—12 апреля и 28—30 апреля 1976 г. Выполнялись дистанционное зондирование поверхности океана многоканальным сканирующим устройством, установленным на борту американского ИСЗ «Ландсат», и подспутниковые наблюдения с судов АтлантНИРО. Первые два этапа по причине большой облачности не дали удовлетворительных результатов космической съемки, поэтому обработке подверглись лишь данные последнего, третьего, этапа. Наблюдения с ИСЗ в четырех диапазонах спектра (0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,7—0,8 и 0,8—1,1 мкм) проводились с захватом участка поверхности 185 км. Космическая съемка была выполнена при высоте солнца 56° в 10 ч 49 мин — 10 ч 55 мин по местному времени 29 и 30 апреля. Судовые подспутниковые наблюдения включали определения глубины (в м), цвета (по шкале цветности Фореля-Уля), относительной прозрачности (в м, диск Секки), общей биомассы планктона для слоя 0—100 м (в $г/м^3$), температуры воды в поверхностном слое (в $^\circ C$), температуры воздуха, атмосферного давления, облачности, направления и скорости ветра, направления и высоты волн. Все разрезы (с 1-го по 13-й) выполнялись в широтном направлении с интервалом в среднем 10 мин градусной сетки. Интервал между станциями также составлял

около 10 мин (рис. 1). В наблюдениях, проведенных 29—30 апреля, участвовал научный состав следующих судов: СРТМ «Эстафета Октября», «Искра», «Бонито», «Фотон», «Выхма», НПС «Хронометр», СРТР «Образцово».

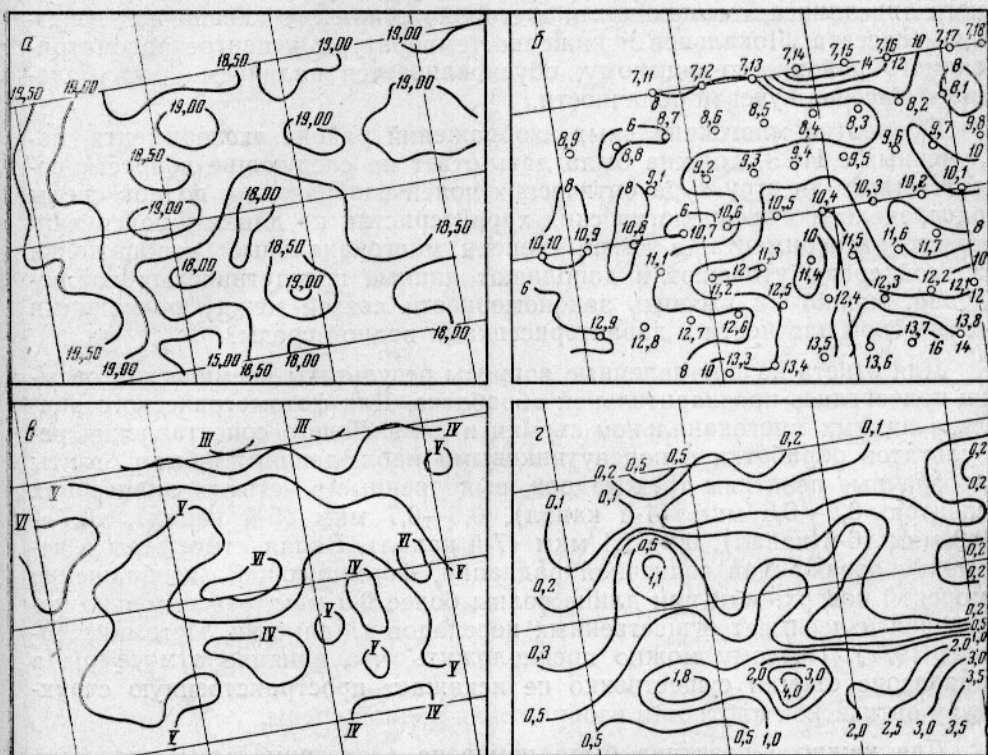


Рис. 1. Распределение океанологических характеристик в районе эксперимента:

а — температура (в °C); б — относительная прозрачность (в м) и схема расположения океанологических станций; в — цвет воды (по шкале цветности); г — биомасса планктона в слое 0—100 м (в г/м³).

Исследуемый район в весенне-летний период характеризуется близостью фронтального раздела между водами Канарского течения и северной ветви Экваториального противотечения, а также прибрежным апвеллингом (Богданов, 1959). Подъемом подповерхностных вод обусловлена высокая биологическая продуктивность, обеспечивающая благоприятные условия существования объектов промысла. Океанологические особенности и высокая продуктивность послужили основанием в выборе этого района для эксперимента.

Распределение океанологических характеристик и биомассы планктона 30 апреля 1976 г. на участке, ограниченном рамками одного кадра, представлено на рис. 1. Эти данные позволяют различить три типа поверхностных вод. На северной окраине полигона — голубая (III—IV), прозрачная (8—14 м), теплая (18,5—19,0°С), с малой биомассой планктона (менее 0,2 г/м³) вода. Воды южной периферии также голубые (IV) и прозрачные (10—16 м), но более холодные (18,0—18,5°С), с высокой биомассой планктона (1,0—4,8 г/м³). Располагающаяся на большей части полигона вода с промежуточными по температуре и биомассе значениями менее прозрачна (6—10 м), имеет зеленовато-голубой цвет (V—VI). Такое распределение океанологических характери-

стик дает основание предположить, что северная окраина полигона занята водами Канарского течения, южная — поднимающимися подповерхностными, а центральная часть — трансформированной в результате смешивания водой. Постепенное общее повышение температуры воды к западу, по всей вероятности, связано с прогревом вод прибрежного апвеллинга, смещающихся в сторону открытого океана под действием пассата. Локальное понижение температуры в центре рассматриваемого района, по-видимому, обуславливается наличием здесь большого массива кучевой облачности.

Обработка многоканальных изображений района эксперимента, полученных с ИСЗ, должна была дать ответ на следующие вопросы: соответствует ли структура оптических полей изображения водной среды распределению океанологических характеристик по данным подспутникового эксперимента, в какой степени многоканальные изображения водной среды уточняют и дополняют данные подспутниковых наблюдений, можно ли выявить закономерности связей между величинами оптической плотности и характеристиками водной среды?

Для ответа на поставленные вопросы результаты космической съемки подверглись предварительной обработке. Для фотометрического анализа данных многоканальной съемки и дальнейшего сопоставления результатов обработки с подспутниковыми наблюдениями были взяты прозрачные позитивы трех кадров, выполненные в четырех диапазонах спектра: 0,5—0,6 мкм (4-й канал), 0,6—0,7 мкм (5-й канал), 0,7—0,8 мкм (6-й канал), 0,8—1,1 мкм (7-й канал). Вклад атмосферы в величину отраженной солнечной радиации, формирующей изображение морской поверхности при длине волны более 0,5 мкм, относительно постоянен и не имеет существенных перепадов (Малкевич, Истомин, Ховис, 1977). Поэтому можно предположить, что влияние атмосферы в диапазоне съемки существенно не искажает пространственную структуру оптической плотности изображения водной среды.

Для каждого позитива была измерена (денситометром) плотность дискретной полутоновой шкалы (клин) и построены характеристические кривые, оказавшиеся практически идентичными, что позволило сравнивать оптические плотности изображения в каждом канале без их предварительного пересчета. Были также измерены плотности основы и вуали каждого позитива, поправки на которые были введены в измеренные значения величин осредненной оптической плотности изображений каждого участка морской поверхности, где была выполнена океанологическая станция. Размер фотометрируемого участка определялся на основании точности привязки судовых и спутниковых наблюдений. В дальнейшем все операции проводились с исправленными значениями плотности.

По вычисленным данным были составлены карты оптической плотности изображений района эксперимента для каждого спектрального канала (рис. 2). Карты в четвертом и пятом каналах корректировались по результатам обработки изображений многоканальной системой анализа изображений в реальном масштабе времени ИСИ-150 (рис. 3). Эта система обеспечивает запоминание исходных изображений и результатов обработки, позволяет вести одновременное преобразование нескольких изображений (до 8 каналов) по различным функциональным направлениям:

получение цветных составных изображений в ложных цветах;

квантование с равномерным и неравномерным шагом одноканального изображения на 8 уровней с цветовым кодированием каждого уровня квантования;

фотометрирование любой строки изображения;

математические операции над изображением: контрастирование, инвертирование (перевод изображения из позитива в негатив, и обратно), сложение, вычитание, взятие отношений и произведений двух каналов и др.

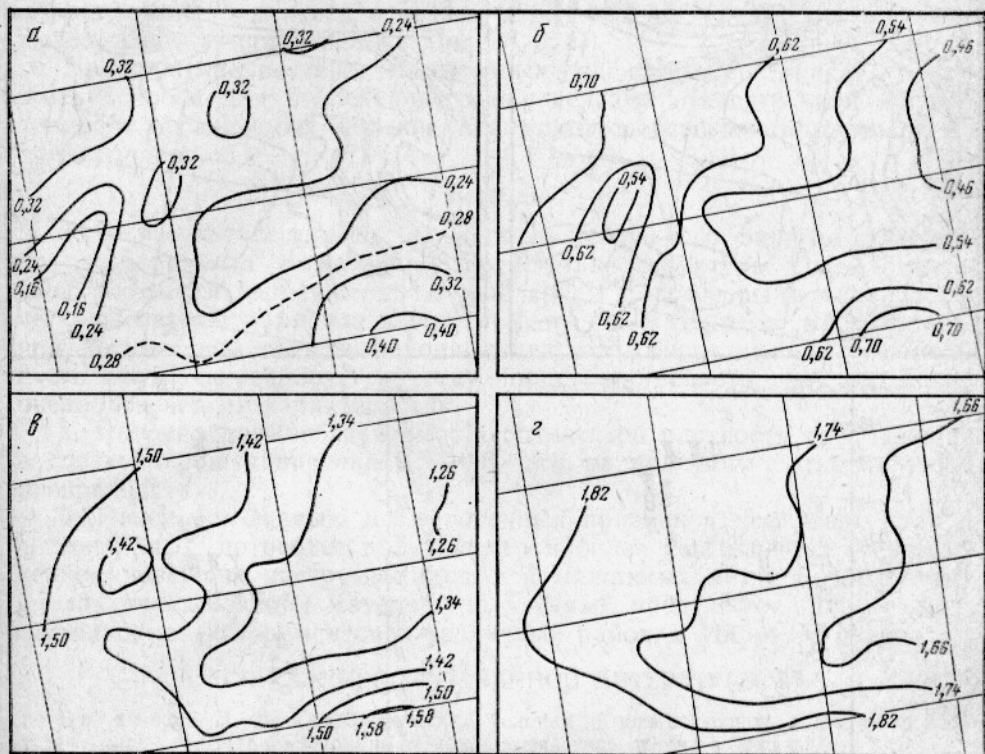


Рис. 2. Оптическая плотность космического изображения поверхности океана в разных каналах в районе эксперимента (некорректированная):

а — четвертый канал (0,5—0,6 мкм); б — пятый канал (0,6—0,7 мкм); в — шестой канал (0,7—0,8 мкм); г — седьмой канал (0,8—1,1 мкм).

Изображения в четвертом и пятом каналах как наиболее информативные подверглись квантованию на 8 уровней с равномерным шагом. По результатам обработки и были скорректированы карты распределения оптической плотности в этих каналах.

Сопоставление карт оптической плотности и океанологических параметров показало определенное сходство их пространственного распределения, указывающее на существование связи между ними. Особенно хорошо это сходство проявляется при сравнении океанологических полей с обработанными изображениями в четвертом и пятом каналах.

Предположение о существовании искомой связи дает возможность отождествить зону относительно малой оптической плотности на северной и западной перифериях рассматриваемого района с зоной раздела между водами Канарского течения и трансформированными «переходными» водами.

Сравнение карт оптической плотности в разных диапазонах спектра позволяет судить с определенной точностью о глубине залегания контрастных с окружающей средой объектов, размеры которых превышают разрешение на снимках, поскольку изображение в каждом канале строится излучением, исходящим в зависимости от длины волны из

слоя воды различной толщины (Кравцова, 1975). Сопоставление обработанного изображения в разных каналах указывает на заглубленность (около 5 м) верхней границы упомянутой ранее зоны относительно малой оптической плотности.

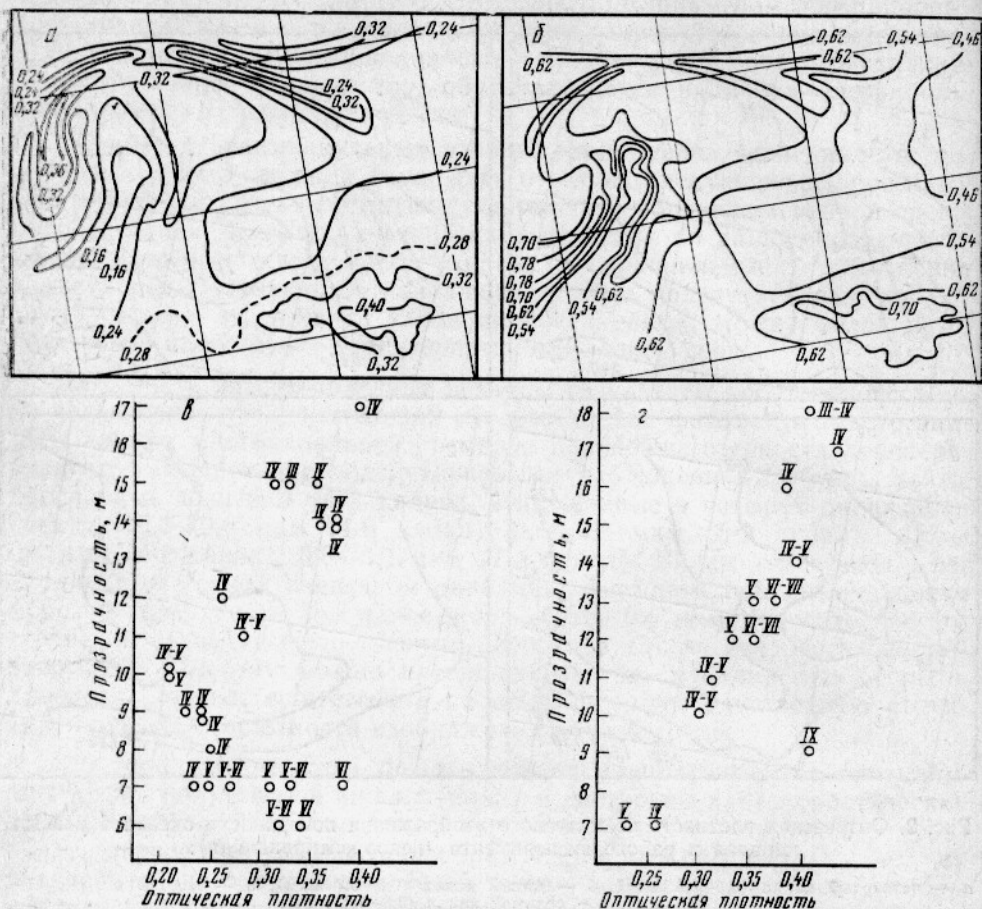


Рис. 3. Оптическая плотность космического изображения (корректированная, а — 4-й, б — 5-й каналы) и зависимость относительной прозрачности от оптической плотности:

в — при биомассе менее 0,2 г/м³; г — при биомассе более 0,8 г/м³.

Сравнение корректированных (см. рис. 3, а, б), и некорректированных (см. рис. 2, а, б) карт показывает схематичность и неполноту информации о структуре поля оптической плотности, полученной по изолированным точкам. В полной мере эти недостатки можно отнести и к картам распределения океанологических характеристик, традиционно строившимся по материалам наблюдений на отдельных станциях.

Таким образом, космическая информация, наиболее полно представляемая при ее обработке современными средствами, уже сейчас позволяет уточнять реальную площадную структуру некоторых параметров водной среды.

Наглядным примером существования прямой связи между фототонном и океанологическими параметрами могут служить результаты сопоставления величин оптической плотности с относительной прозрачностью воды и ее цветом. На рис. 3, в, г показана связь между величинами относительной прозрачности и оптической плотности в четвертом канале отдельно для станций с высоким (более 0,8 г/м³) и низким (менее 0,2 г/м³) содержанием общей биомассы планктона. Разделение по био-

массе планктона было сделано на основании известного факта о различных спектральных характеристиках высокопродуктивных и малопродуктивных вод (Малкевич, Истомин, Ховис, 1977; Федоров, Скляр, 1975).

Зависимость между оптической плотностью и относительной прозрачностью, хорошо выраженная при высокой биомассе (коэффициент корреляции 0,95 для вод с цветом от III—IV до VI—VII), становится менее заметной при низкой (см. рис. 3, в, г).

Продолжение изучения выявленных зависимостей может послужить основой для последующего определения относительной продуктивности исследуемых морских акваторий средствами дистанционного зондирования.

Выводы

1. В результате проведенного предварительного анализа материалов эксперимента установлено соответствие структуры полей оптической плотности изображения водной среды с некоторыми океанологическими параметрами. Из этого следует, что материалы многоканальной космической съемки района судовых наблюдений дают возможность получать реальную картину пространственного распределения океанологических характеристик.

2. Найдена прямая зависимость оптической плотности изображения в спектральном диапазоне 0,5—0,6 мкм от величины относительной прозрачности.

3. Поиск устойчивых дешифровочных признаков как общих, так и региональных, потребует дальнейшего и более тщательного (с применением новейших инструментальных и машинных методов обработки) анализа поступающих материалов, а также проведения новых подспутниковых экспериментов в различных районах Мирового океана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов Д. В. Гидрологические условия в юго-восточной части Северной Атлантики. — М.: Изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959. — 30 с.

Результаты совместного советско-американского эксперимента по изучению некоторых характеристик морской поверхности с помощью многоспектральных изображений. Экспресс-информация. Сер. Промысловая океанология [М. А. Богданов, С. И. Потайчук, Е. П. Макклайн, В. Нордберг]. — М.: ЦНИИТЭИРХ, 1976, вып. 5, с. 1—13.

Кравцова В. И. Применение многозональной съемки в географических исследованиях и тематическом картографировании. — В кн.: Исследования земных ресурсов космическими средствами. — М., 1975, ч. II, с. 66—93.

Малкевич М. С., Истомин Л. Г., Ховис В. О трансформации в атмосфере солнечной радиации, отраженной от океана. — Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана, 1977, т. 13, № 1, с. 21—34.

Федоров К. Н., Скляр В. Е. Перспективы исследования океана с помощью ИСЗ. — В кн.: Исследования земных ресурсов космическими средствами. М., 1975, ч. II, с. 42—57.

Some relationships of the value of optical density of space representation of aquatic environment and oceanographic conditions

VANYUSHIN G. P., ZUBAREVICH V. L., MOKRUSHIN V. A.

SUMMARY

The results of the joint analysis of multispectral photographs obtained by the satellite scheme LANDSAT and under-satellite observations made on board research vessels of the Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (AtlantNIRO) have indicated that the structure of fields of optical density in representation of aquatic environment corresponds to the distribution of oceanographic characteristics. A direct relationship between the optical density of representation in the spectral range of 0,5—0,6 μkm and the value of relative transparency is ascertained. The application of modern computation methods to space representation of aquatic environment promotes the transformation of multispectral representation in many functional aspects.