

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE IN Leningrad

Transactions

Труды
вып. 32

vol. 32

06
778

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ ОКЕАН—АТМОСФЕРА

INVESTIGATIONS
ON THE OCEAN — ATMOSPHERE PROBLEM

Сборник 2

работ научно-исследовательского института взаимодействия океана
и атмосферы

issue 2

of the papers of the air sea interaction institute

24443

БИБЛИОТЕКА
Ленинградского
Гидрометеорологического
Института

ЛЕНИНГРАД
1970

Сборник содержит результаты исследований взаимодействия океана и атмосферы, выполняемых в Ленинградском гидрометеорологическом институте. Статьи посвящены формированию процессов в реальных океанах и морях, изменению метеорологических и гидрологических условий и их прогнозу. Некоторые статьи имеют теоретическое и методическое содержание.

Сборник рассчитан на широкий круг океанологов, метеорологов и геофизиков, а также на преподавателей, аспирантов и студентов.

Научный редактор **В. В. Тимонов**

Ответственный редактор *О. А. Алекин*

2—9—6

Труды Ленинградского Гидрометеорологического института
Исследования по проблеме океан — атмосфера

СБОРНИК 2

Работ научно-исследовательского института взаимодействия океана и атмосферы

Редактор *Б. И. Леонова*

М-13 525. Сдано в набор 21/V-1968 г. Подписано к печати 2/VII-1970 г. Формат бум. 70 × 108^{1/16}.
Бумага тип. № 3. Печ. л. 16. Уч.-изд. л. 19. Тираж 500. Заказ 2329. Цена 1 р. 84 к. Тем. план 1968 г.

Типография профессионально-технического училища № 4. Ленинград, 12-я Красноармейская ул., 27.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть первая. ФИЗИКА ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

Теория, эксперименты, методы расчета

	Стр.
<i>В. М. Радикевич.</i> Исследование некоторых характеристик взаимодействия пограничных слоев атмосферы и моря на основе новой теоретической модели	3
<i>А. С. Балуева, В. Н. Веретенников.</i> К теории нестационарных чисто дрейфовых течений в океане	16
<i>А. С. Балуева, В. Н. Веретенников.</i> К вопросу о расчете ветрового нагона	23
<i>В. А. Макаров.</i> О распространении длинной волны в канале переменной ширины	30
<i>Л. И. Борис.</i> О расчете внутренних приливных волн и связанных с ними течений в океане	33
<i>Б. А. Каган, А. В. Некрасов, Р. Э. Тамсалу.</i> Расчет приливных явлений в море с учетом горизонтального турбулентного трения	50
<i>А. В. Некрасов.</i> Использование соотношений между уровнем и его наклоном при анализе приливных колебаний	56
<i>А. Б. Мензин.</i> Об электрической аналоговой модели глубинной циркуляции	64

Формирование процессов в реальных океанах и морях

В. В. Тимонов . Очаги взаимодействия океана и атмосферы	69
<i>В. М. Радикевич.</i> Основные причины изменений сезонных величин турбулентного потока тепла и затрат тепла на испарение в Северной Атлантике	76
<i>И. П. Карпова.</i> К вопросу об устойчивости атмосферы над Северной Атлантикой	81
<i>Н. Л. Козутовский.</i> К обмену теплом и солями между верхним слоем и глубинными водами Северной Атлантики	85
<i>Б. И. Тюрков.</i> Расчетная схема изменений структуры деятельного слоя Охотского моря от сезона к сезону	94
<i>В. П. Хрол.</i> Метод расчета адвективных изменений толщины льда вдоль восточно-американского пути перемещения льдов	121

Изменение метеорологических и гидрологических условий, их прогноз

<i>Б. Б. Елекоев.</i> Об изменении длины планетарных волн при переходе от зональной циркуляции к меридиональной	138
<i>А. А. Гирс.</i> Учет развития макросиноптических процессов при изучении причин изменения фоновых характеристик гидросферы	145
<i>А. И. Савичев.</i> К вопросу о прогнозе барического поля над Северной Атлантикой в июле	169
<i>Е. И. Серяков, В. П. Карауловский.</i> Расчет вариаций месячных величин потерь тепла на испарение и теплообмена с атмосферой в Северной Атлантике	184
<i>Е. И. Серяков, А. И. Смирнова.</i> Связь составляющих теплового баланса Северной Атлантики с аномалиями температуры воды за характерные годы	193
<i>А. И. Смирнова.</i> Изменение теплосодержания деятельного слоя Северной Атлантики при разных типах атмосферной циркуляции	206
<i>И. П. Карпова.</i> О влиянии Исландского минимума атмосферного давления на течения Норвежского моря	221

Методы натурных исследований, приборы

<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> Применение искусственных спутников Земли для океанологических исследований	230
<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> О дешифрировании снимков льдов, полученных с метеорологических спутников Земли	239

Часть вторая. ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

<i>О. А. Алекин, Н. П. Моричева.</i> Расчет насыщенности карбонатом кальция воды Черного моря	250
---	-----

CONTENTS

Part first. PHYSICS OF THE OCEAN AND THE ATMOSPHERE

Theory, experiments, methods of calculation

	Pp.
<i>V. M. Radikevich.</i> Investigation of some characteristics of interaction between the atmosphere and sea boundary layers on the base of a new theoretical model	3
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov.</i> On the calculation of wind-induced surge	16
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov.</i> On the theory of non-stationary drift currents in the ocean	23
<i>V. A. Makarov.</i> On the propagation of a long wave in a channel with the variable cross-section	30
<i>L. I. Boris.</i> Calculation of internal waves and associated currents in the ocean	33
<i>B. A. Kagan, A. V. Nekrasov, R. E. Tamsalu.</i> Calculation of tidal phenomena in the sea taking into account the lateral turbulent friction	50
<i>A. V. Nekrasov.</i> Use of the relationships between the sea-level and its slope at the tidal oscillation analysis	56
<i>A. B. Menzin.</i> Electrical analogue model of the deep circulation	64

Formation of real ocean and sea processes

<i>V. V. Timonov</i> . Centers of ocean.—atmosphere interaction	69
<i>V. M. Radikevich.</i> Main causes of variations of seasonal values of turbulent heat flux and evaporation heat loss in the North Atlantic	76
<i>I. P. Karpova.</i> On the atmosphere stability over the North Atlantic	81
<i>N. L. Kogutovskv.</i> Heat and salt exchange between the upper and deep layers in the North Atlantic	85
<i>B. I. Tjuriakov.</i> Calculated pattern of the changes of the structure of the Okhotsk Sea from season to season	94
<i>V. P. Khrol.</i> Methods of calculation of the advective variation of the thickness of the ice along the East American ice travel path	121

Variation of meteorological and hydrological conditions and their forecast

<i>B. B. Etekoyev.</i> Change of the planetary waves length during the transition from the zonal to meridional circulation	138
<i>A. A. Girs.</i> Use of the data of the development of the macrosynoptic processes in studying causes of background hydrosphere characteristics variations	145
<i>A. I. Savichev.</i> The forecast of the atmosphere pressure field over the North Atlantic in July	169
<i>E. I. Seryakov, V. P. Karaulovsky.</i> Calculation of variations of the month values of evaporation heat loss and the sea—air heat exchange in the North Atlantic	184
<i>E. I. Seryakov, A. I. Smirnova.</i> Relation between heat balance components and water temperature anomalies for the characteristic years in the North Atlantic	193
<i>A. I. Smirnova.</i> Variation of the active layer heat content in the North Atlantic in various types of the atmospheric circulation	206
<i>I. P. Karpova.</i> Influence of the Icelandic depression on the currents of the Norwegian Sea	221

Methods of natural investigations. Apparatus

<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhzamer.</i> Use of satellites for oceanological investigations	230
<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhzamer.</i> Decoding of ice photographs made by means of meteorological satellites	239

Part second. CHEMICAL SEA-AIR INTERACTION

<i>O. A. Alekii, <i>N. P. Moricheva</i>.</i> Calculation of the saturation of calcium carbonate in the water of the Black Sea	250
---	-----

О ДЕШИФРИРОВАНИИ СНИМКОВ ЛЬДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.

Введение

Телевизионные снимки с искусственных спутников Земли дали возможность американским ученым получить сведения о ледовой обстановке [1]. Эти сведения показали удовлетворительное совпадение с данными аэросъемки и ледовой разведки, проведенных в тех же районах. Однако никаких сведений о том, как проводилось дешифрирование телевизионных снимков льдов США, в печать не поступало. Поэтому на кафедре океанологии Ленинградского гидрометеорологического института была начата работа по дешифрированию телевизионных снимков ледовой обстановки по материалам американских искусственных спутников Земли (ИСЗ) типа «Тайрос», «Нимбус» и «Эссо». Для объективного дешифрирования телевизионных снимков льдов с ИСЗ необходимо было на основании имеющихся материалов: телеснимков льдов, данных ледовой авиаразведки, аэросъемки и метеорологической обстановки разработать демаскирующие признаки льдов, которые облегчили бы в дальнейшем использование этих очень ценных материалов и дали бы возможность получить ледовую обстановку на морях с наименьшими ошибками. Кроме того, следовало бы выяснить, какие существуют трудности при дешифрировании и какие ледовые объекты вообще по этим снимкам дешифрируются.

Таким образом, основная задача настоящей работы заключалась в анализе ледовых материалов, полученных с искусственных спутников Земли и в разработке демаскирующих признаков для правильного дешифрирования ледовой обстановки по телевизионным снимкам.

Исходными материалами для анализа ледовой обстановки послужили:

1. Снимки спутников «Тайрос-II» в заливе Святого Лаврентия в марте—апреле 1961 г. Съемка производилась в м-бе 1 : 500 000 с разрешающей способностью 0,5 км в центре снимка [2].

2. Снимки спутника «Нимбус А» в районах Гренландии и Антарктики в м-бе 1 : 2 000 000, сняты в августе—сентябре 1964 г. Разрешающая способность в центре снимка 0,5 км [3].

3. Снимки спутника «Эссо-2» весной 1966 г. в м-бе 1 : 25 000 000 с разрешающей способностью телекамер порядка 1,8—2,0 км в центре снимка. (Данные снимки были любезно предоставлены авторам м-ром Д. Г. Джеймсом во время учебного семинара по интерпритации и использованию данных метеоспутников, проходившего в Москве в 1966 г.)

4. Материалы ледовых авиаразведок и аэросъемки льдов в заливе Св. Лаврентия, данные гидрометеорологических наблюдений в районах съемки, карты ледовых разведок в западном секторе Советской Арктики и бланковые географические карты.

Все имеющиеся в наличии снимки в количестве 56 были разделены на две основные группы: телевизионные снимки в м-бе от 1 : 500 000 до 1 : 2 000 000, дающие возможность дешифровать ледовые объекты более 0,5 км, и снимки в м-бе 1 : 25 000 000 с возможностью распознавания ледовых объектов величиной более 4 км, т. е. обширные ледяные поля и разводья.

Известно, что возможности дешифрирования любых объектов на местности, снятых на фото- или телеснимок, зависят от масштаба съемки, контрастности деталей местности и фотографического качества изображения. Предварительный анализ показал, что качество изображения телевизионных снимков ИСЗ довольно низкое, разрешающая способность, как правило, ниже теоретической и, кроме того, большой помехой при дешифрировании льдов являются облака, непостоянная яркость изображения одних и тех же форм льда и т. п. Все эти факторы безусловно ограничивают возможности распознавания ледовых объектов и поэтому, кроме основных демаскирующих признаков, в этом случае необходимо как можно шире использовать все косвенные признаки, которые дадут возможность значительно облегчить исследование ледовой обстановки по данным ИСЗ. Поэтому при разработке демаскирующих признаков ледовой обстановки в первую очередь необходимо было определить и исключить наличие облачности, выделить границу суши и знать гидрометеорологическую обстановку, предшествующую съемке. Только такие комплексные исследования, по нашему мнению, дают возможность правильно отдешифрировать телевизионные снимки льдов ИСЗ.

Демаскирующие признаки для дешифрирования снимков льдов ИСЗ

При исследовании телеснимков льдов все объекты, попавшие на снимки, были разделены на три группы: объекты суши, облачность и ледовые объекты. Определение объектов суши очень важно, во-первых, для нахождения границ льдов и, во-вторых, для географической привязки телевизионных снимков и нанесения ледовой обстановки на карту. Вторая группа объектов очень затрудняет дешифрирование льдов и поэтому только после выделения облачности можно приступить к дешифрированию ледовой обстановки. В связи с этим была сделана попытка определить демаскирующие признаки в зависимости от их фотографического качества, масштаба и разрешающей способности.

Дешифрирование объектов суши. Основными демаскирующими признаками любых объектов на снимке, как известно, являются размер, форма, контур, тон, тень и структура изображения. Контур изображения объектов земной поверхности на телевизионных снимках близки к контурам этих объектов на местности, особенно вблизи центра снимка. Для полярных районов эта идентичность с достаточной степенью точности соответствует изображению этих же объектов на географических картах полярной стереографической проекции того же масштаба. Поверхность суши в зависимости от рельефа суши, растительности и наличия снегового покрова имеет различную структуру изображения. Горные цепи благодаря сложной структуре изображения, большого разнообразия тонов и теней из-за различной освещенности элементов рельефа и наличия снега резко выделяются на общем фоне. Структура изображения равнинной местности более однотонна и дешифрируется

гораздо труднее. Однако наличие растительности создает на снимках некоторое разнообразие структуры, отличное от структуры льда.

На снимках м-ба 1:500 000 и 1:2 000 000 различаются реки, горные долины, отдельные хребты и озера размером от 1 до нескольких километров (рис. 1—2). Очертания береговой линии видны достаточно четко даже при наличии припая. Правда, в некоторых случаях равнинная местность, покрытая снегом, может сливаться с заснеженным припаем. При отсутствии припая хорошо различаются мысы, бухты, отдельные заливы и т. п. Поверхность суши без снега имеет тона от



Рис. 1. Телевизионная фотосхема из снимков спутника «Тайрос II» 22 марта 1962 г.

темно-серого до почти черного, поверхность суши, покрытая снегом — от белесого до темно-серого, в зависимости от толщины снежного покрова и рельефа. Для весеннего периода характерно наличие на суше темных пятен растаявшего снега.

На снимках м-ба 1:25 000 000 (рис. 3) определение очертаний береговой линии во многих случаях вызывает затруднения, например, архипелаги Шпицберген или Земля Франца Иосифа представляют со-

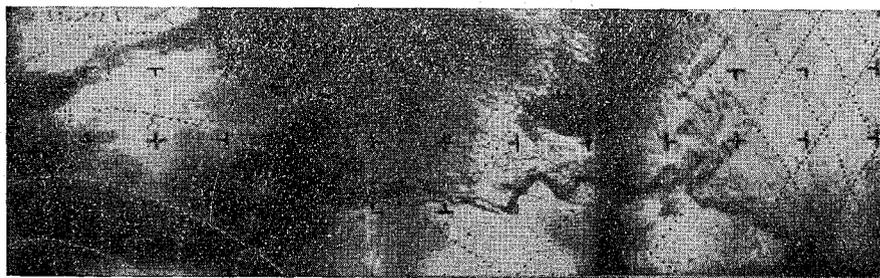


Рис. 2. Телевизионная фотосхема из снимков спутника «Нimbus А» 10 сентября 1964 г.

бой на зимних и весенних снимках не группу островов, а изображение в виде одного массива, контуры которого очерчены границами припая и четко оттенены темными тонами за припаями по льду (рис. 3).

Тон изображения архипелагов на снимках бело-белесоватый. В весеннее время в период таяния их тон изменяется от белого до темно-серого и поэтому с трудом отличается от тона чистой воды. При наличии невзломанного припая, который наблюдается на снимках в виде светлого ареала с четко выраженными границами, контуры архипелага и суши дешифрируются довольно легко.

Острова, покрытые ледниками, сохраняют светлый тон в течение всего года. После очищения ото льда проливов между островами их можно различить на снимках в виде отдельных, более светлых пятен на темном фоне чистой воды. Мелкие острова могут сливаться друг



Рис. 3. Телевизионная фотосхема из снимков спутника «Эссо-П» 22 марта 1966 г.

1 — Скандинавский п-в; 2 — Ботнический залив; 3 — Финский залив; 4 — Кольский п-в; 5 — Канн п-в; 6 — о-в Калгуев; 7 — о-в Новая Земля; 8 — Земля Франца-Иосифа; 9 — Шпицберген; 10 — Гренландия; 11 — кромка льда; 12 — полынья; 13 — массив сплошных льдов; 14 — заприпайная полынья в Карском море; 15 — полынья у острова Ушакова.

с другом и представлять собой единый массив, однако на снимках они будут изображены более темным тоном, чем отдельные большие острова.

Небольшие острова, до 30—40 км в диаметре, на снимках почти не заметны, но о их наличии можно судить по косвенным признакам. Например, по образованию в весеннее время кольцевых заприпайных

полюней, которые довольно легко различаются на снимках по более темному тону (рис. 3). Летом небольшие острова сливаются с окружающим фоном чистой воды и поэтому определить их положение на телевизионных снимках практически почти невозможно.

Изображение побережья Евразии на снимках весеннего периода сливаются с изображением припая, так как заснеженный лед и берег имеют одинаковый белый тон. При отсутствии льдов заснеженная суша четко выделяется на темном фоне воды. В летнее время при таянии снега контраст между сушей и морем делается незначительным и в ряде случаев влажную тундру трудно отличить от чистой воды.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы. При масштабе телевизионных снимков от 1:500 000 до 1:2 000 000 береговая черта всегда различима и может быть определена достаточно точно. При масштабе снимков порядка 1:25 000 000 вопрос о дешифрировании береговой черты очень часто вызывает серьезные затруднения. В этом случае, пользуясь тем обстоятельством, что снимок захватывает довольно большую площадь (порядка 4 млн. км²), на нем всегда имеются такие участки береговой линии, которые определяются довольно легко. Найдя несколько таких участков в различных частях снимков, можно с помощью географической карты в равноугольной проекции такого же масштаба, совместив имеющиеся контуры, дорисовать на снимке береговую черту.

Дешифрирование облачности. Одним из факторов, затрудняющим дешифрирование ледовой обстановки, является облачность, которая располагается на спутниковых снимках как отдельными очагами, так и обширными системами. Облачность на телевизионных снимках чаще всего имеет более светлый тон, чем лед. Границы облачности менее четкие, чем у льдов, носят расплывчатый характер и быстро изменяются в течение небольшого промежутка времени. На снимках облачность имеет вид светлых пятен, полос или зон с различной структурой рисунка в виде отдельных ячеек, гряд, завихрений, сплошной пелены и т. д. Тон и контраст изображения облачности зависит от ее плотности, высоты облачных образований, структуры, размера, типа и других характеристик. Над ледовыми районами довольно легко можно выделить мощные облачные системы благодаря их большой яркости структуры рисунка, смене тонов, особенно в тех случаях, когда облачность закрывает видимые на предыдущих снимках ледовые образования.

Облачность верхнего и среднего ярусов чаще всего просматривается в виде серой пелены или отдельных волокон и полос, через которые часто видны объекты, расположенные на поверхности моря и суши.

Перистые и тонкие слоистые облака довольно хорошо дешифрируются на фоне чистой воды. В ледовых районах они могут придавать ледяному покрову дополнительные оттенки, которые существенно изменяют картину распределения льдов. Такое же искажающее влияние оказывают на лед и тени облаков. Поэтому при дешифрировании ледовой обстановки следует особенно осторожно относиться к районам, расположенным вблизи мощных облачных систем с перистыми облаками.

Важным демаскирующим признаком облачности является быстрая смена облачной ситуации. Если на предыдущих снимках видна картина, резко отличающаяся от последующих в течение короткого периода времени (до 1—2 суток), то можно с уверенностью говорить о наличии в данном районе облачности.

Для снимков м-ба 1:500 000 и 1:2 000 000 (см. рис. 1 и 2) угловатые очертания отдельных ледяных полей резко отличаются от характерных для облаков закругленных ячеек и полос, идущих правильными рядами.

Кучевая облачность с разрывами легко дешифрируются по закрытой облаками береговой черте, а также по характерным рисункам этих кучевых образований. Для правильной оценки облачной ситуации при работе со снимками необходимо пользоваться альбомом эталонов облачных образований, синоптическими картами и картами распределения облачности. В наиболее сомнительных случаях отдельные снимки лучше вообще не дешифрировать, однако, практика дешифрирования телевизионных снимков ИСЗ показывает, что в большинстве случаев при большом навыке работы со снимками, облачность ледовых районов выделяется довольно легко.

Дешифрирование ледяного покрова на морях. Граница между кромкой льда и чистой водой различается по контрасту изображения этих объектов на снимке. Граница выражается отчетливо, если за кромкой располагаются серо-белые и паковые льды густотой свыше 5 баллов. При наличии молодых льдов или старых льдов, сплоченность менее 5 баллов, кромка льда становится расплывчатой, нерезкой и при ее определении возможны ошибки. Эти ошибки могут быть уменьшены, если для дешифрирования кромки воспользоваться снимками этого же района, сделанными ранее, где кромка видна более отчетливо. Тон льда за кромкой варьирует от темно-серого до серого.

Ледяной покров на снимках ИСЗ имеет ровно окрашенную однотонную поверхность (см. рис. 1—3) и обычно располагается однородными зонами различной сплоченности. Кромка льда и границы льда различной сплоченности, как правило, довольно ярко выражены и длительное время могут устойчиво сохранять свое положение и конфигурацию. Яркость и контраст каждой зоны зависит от возраста, сплоченности льдов, состояния ледовой поверхности и фотографического качества изображения.

На снимках м-ба 1 : 500 000—1 : 2 000 000 (см. рис. 1—2) при наличии серо-белых, белых и многолетних льдов густотой от 3 до 8 баллов можно различать отдельные льдины и разводья протяженностью свыше 0,6 км, а также трещины шириной более 0,2 км и длиной не менее 1 км.

Отдельные ледовые образования, видимые на снимках, имеют характерную конфигурацию в виде пятен с угловатыми очертаниями от светло-серого до белесого тонов. О присутствии мелкобитого и крупнобитого льда, а также молодых форм ледовых образований можно судить только по более темному тону изображения их на снимке.

Для телевизионных снимков льдов, имеющих хорошее качество изображения и полученных при высотах Солнца порядка 25—35°, при наличии незначительной дымки по тону можно выделить шесть зон льдов (см. табл. 1).

Таблица 1

Тон	Ледовые объекты
Темный	Чистая вода, первичные формы ледовых образований, ниласовые льды густотой до 6—7 баллов, очень разряженные мелкобитые и крупнобитые льды
Темно-серый	Ниласовые льды большой сплоченности, серый, серо-белый мелкобитый лед сплоченностью до 5 баллов
Серый	Серый серо-белый 6—8 баллов, белый и паковый лед, мелко-крупнобитый сплоченностью 3—5 баллов
Светло-серый	Серый, серо-белый лед густотой 9—10 баллов, белый и паковый лед мелкобитый густотой порядка 6—7 баллов
Белесый	Белый и паковые льды сплоченностью 8—9 баллов
Белый	Очень сплоченный белый паковый лед сильно заснеженный

При наличии льдов различных возрастных форм и сплоченности тон зон определяют преобладающие виды льдов. На снимках м-ба 1:25 000 000 (см. рис. 3) отдельные ледовые объекты почти не дешифрируются. Только в исключительных случаях иногда можно определять айсберги, большие ледяные поля и разводья. Изображение отдельных ледяных объектов на этих снимках как бы сливаются, создавая определенный тон, зависящий от сплоченности и возраста льда.

Анализ ледовых снимков спутника «Оссо-II», данные бюро погоды Великобритании и ААНИИ дали возможности различать по тону пять градаций ледовых зон и свести их в табл. 2.

Таблица 2

Тон	Ледовые объекты
Темный	Чистая вода, все первичные формы льдов, светлый нилас и серый лед небольшой сплоченности
Темно-серый	Светлый нилас и серый лед большой сплоченности, серо-белый, белый и паковый лед сплоченностью до 5 баллов
Серый и светло-серый	Светлый нилас и серый лед очень большой сплоченности, белый, паковый лед густотой до 6—7 баллов
Белесый	Серо-белый, белый, паковый лед густотой до 9—10 баллов
Белый	Малоподвижный сплошной лед, покрытый снегом, припай белого и пакового льдов

Как видно из табл. 2, дешифрирование льдов можно производить довольно грубо. Также необходимо отметить, что и такое приближенное разделение возрастных форм и густоты льда по тонам является весьма относительным из-за различного качества изображения на снимках. На снимках в зависимости от условий съемки, передачи изображения, фотолабораторией обработки одни и те же кадры могут иметь разные тона. Поэтому при дешифрировании следует о ледовых зонах судить относительно друг друга, так как разница тонов зон льда примерно сохраняется, а определив уверенно какую-либо зону на снимке, можно судить и о льдах, расположенных в других зонах, по изменению тона относительно принятого эталона.

При дешифрировании льдов по снимкам ИСЗ особое значение приобретают косвенные демаскирующие признаки. Например, о наличии некоторых форм льда при темном тоне изображения можно судить по отрицательной температуре воздуха, в летнее время при достаточных высоких температурах воздуха в отдельных морях сохраняются белые и паковые льды и т. п. Отсюда можно сделать вывод, что при дешифрировании необходимо хорошо изучить район съемки, его климатические особенности, ледовый режим, а также знать синоптические условия, в которых проходила съемка с ИСЗ. В табл. 3 приведены демаски-

Таблица 3

Объекты	Демаскирующие признаки		Косвенные признаки
	м-бы 1:500000—1:2000000	м-б 1:2500000	
Первичные формы льда: ледяные иглы, сало, шуга темный нилас	Тон темный, такой же, как у чистой воды. Демаскирующие признаки отсутствуют	Тон темный, такой же, как у чистой воды. Демаскирующие признаки отсутствуют	Наличие отриц. температуры воздуха за период предшеств. съемке

Объекты	Демаскирующие признаки		Косвенные признаки
	м-бы 1:500000—1:2000000	м-6 1:2500000	
Светлый нилас, се- рый лед	Мелкобитые льды, крупнобитые. Темный тон — малая сплоченность — до 5 баллов. Темно-серый тон — средняя сплоченность 6—8 баллов. Серый тон — сплоченность 9—10 баллов. Ледяные поля, серый тон — однородная структура, льдины имеют угловатый характер	Темный тон — небольшая сплоченность — менее 5 баллов. Темно-серый тон, средняя сплоченность. Светло-серый тон — большая сплоченность	Знание района, гидрометеорообстановка
Серо- белый, бе- лый лед	Мелкобитый, крупнобитый лед. Темно-серый тон — небольшая сплоченность до 5 баллов; серый тон — средняя сплоченность 8—9 баллов; светло-серый тон — большая сплоченность. Ледяные поля — светло-серый белесый тон, льдины округлые, хорошо видны крупные каналы и разводья	Темно-серый тон — небольшая сплоченность; светло-серый тон — средняя сплоченность; белый лед — очень сплоченный тон — очень сплоченный	Знание района, гидрометеорообстановка. В основном крупнобитый лед
Осенний, однолетний, многолет- ный лед	Крупные льдины от серого до белого тона. Густота 3—5 баллов — серый тон; густота 6—7 баллов — светло-серый; густота 8—10 баллов — белесый, очень большая сплоченность; заснеженные льды имеют белесый тон, видны неоднородности поверхности льдины. Льдины округлые, видны обширные разводья и каналы. Сильно заснеженные льдины имеют белый тон	Серый, светло-серый тон — льдины средней сплоченности; белесый тон — большая сплоченность, белый тон — очень сплоченный, заснеженный лед. Видны отдельные обширные поля белесого тона	В основном ледяные поля
Сморози	Рябоватый характер поверхности льдов	Демаскирующие признаки отсутствуют	Наличие заприпайных
Припай	Тон от серого до белого, в зависимости от возраста льдов и заснеженности	Тон от серого до белого в зависимости от возраста льдов и заснеженности	полюней. Несовпадение линий, отделяющих воду от суши с линией береговой черты
Разводья	Видны свыше 0,6—1 км в диаметре	Видны свыше 4 км в диаметре	

Объекты	Демаскирующие признаки		Косвенные признаки
	м-бы 1:500 000—1:200 000	м-б 1:25 000 000	
Торосы	Демаскирующие признаки отсутствуют	Демаскирующие признаки отсутствуют	Возраст льда определяет наличие торосов
Заснеженность	Сильно заснеженные льды имеют белый тон	Сильно заснеженные льды, светлее менее заснеженных	Синоптическая обстановка за предшествующий период
Разрушенность	Демаскирующие признаки отсутствуют	Демаскирующие признаки отсутствуют	Знание времени года, района и гидрометеобстановки

рующие признаки ледовых объектов, полученных по данным съемки с искусственных спутников Земли, «Тайрос-II», «Нimbus А» и «Эссо-II». Разработанные А. В. Проворкиным демаскирующие признаки ледо-

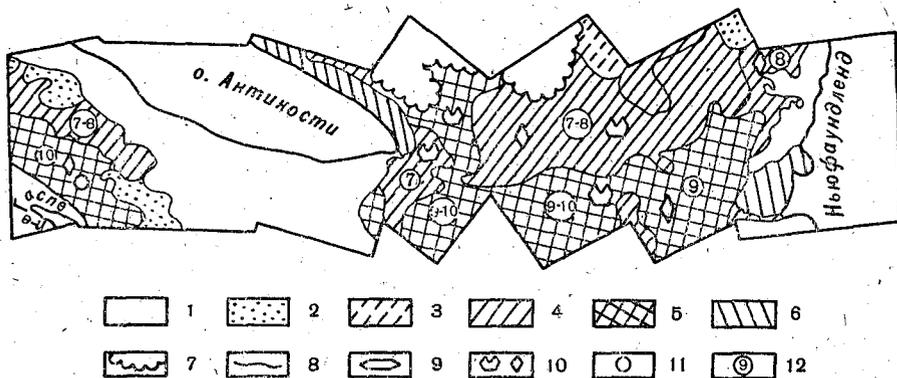


Рис. 4. Карта ледовой обстановки по данным снимков спутника «Тайрос II» за 22 марта 1961 г.

1 — чисто, первичные формы льда, разряженные льды; 2 — нилас до 10 баллов, битый лед, серый, серо-белый до 5 баллов; 3 — серый, серо-белый 6—8 баллов. Белый, паковый до 5 баллов; 4 — серый, серо-белый 9—10 баллов. Белый, паковый 6—7 баллов; 5 — белый, паковый очень сплоченный лед; 6 — припай; 7 — облачность; 8 — кромка, границы различных льдов; 9 — обширные ледяные поля; 10 — большие, малые ледяные поля; 11 — битый лед; 12 — балльность.

вых объектов позволили отдешифрировать телевизионные снимки льдов, заснятых ИСЗ «Тайрос-II», «Нimbus А» и «Эссо-II». В результате анализа данных ледовой обстановки, полученной по снимкам спутника «Тайрос-II» и других материалов, о которых указывалось выше, были составлены карты ледовой обстановки для районов съемки спутников (рис. 4—6). Нанесение на карты ледовой обстановки осуществлялось по береговому ориентирам с ошибкой порядка нескольких километров. Рас-

сматривая полученные карты, можно с уверенностью сказать, что ледовая обстановка нанесена на них достаточно подробно и позволяет использовать эти материалы не только для оперативных целей, но и для

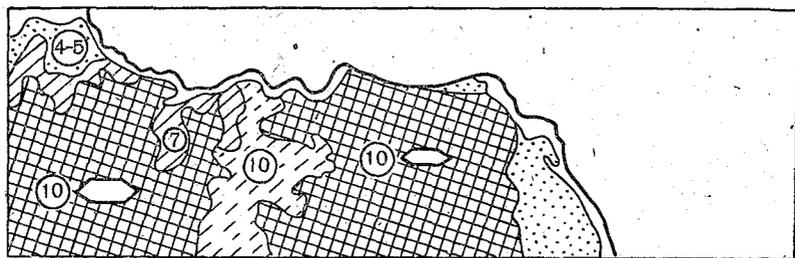


Рис. 5. Карта ледовой обстановки по данным спутника «Нimbus А» за 10 сентября 1964 г.

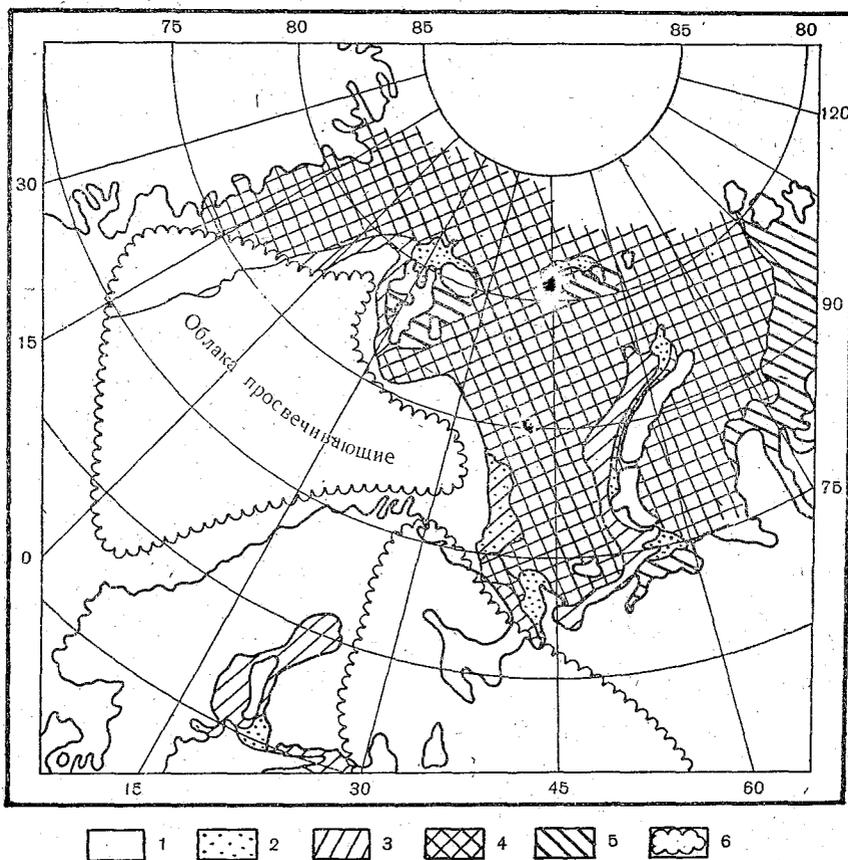


Рис. 6. Карта ледовой обстановки по данным спутника «Эсса II» 22 марта 1966 г.
 1 — чистая вода, первичные льды, лед небольшой сплоченности; 2 — нилас, серый 6—8 баллов, паковый до 5 баллов; 3 — нилас; серый, сплошной, белый, паковый 6—7 баллов; 4 — белый, паковый до 9—10 баллов; 5 — припай белого, пакового льда; 6 — облачность.

исследования ледового режима района съемки. Однако крупный масштаб снимка и небольшая полоса захвата (120 км) несколько ограничивают применение этой съемки для исследования ледового режима крупных водных объектов.

Обработка снимков с ИСЗ «Нимбус А» и составленные по ним карты ледовой обстановки для районов Арктики и Антарктики по своим подробностям очень похожи на ледовую карту, полученную по данным спутника «Тайрос-II», но в более мелком масштабе — 1 : 2 000 000. В связи с тем, что в нашем распоряжении имелись лишь снимки, анализ ледовой обстановки не уточнялся данными ледовых авиаразведок и аэросъемки льдов. Однако составленные карты ледовой обстановки дают типичную картину тяжелых льдов, характерных для районов Западной и Северной Гренландии и Антарктиды. Поэтому можно сделать заключение, что ледовая обстановка, полученная по данным спутника «Нимбус А», вполне соответствует характеру распределения льдов в районах съемки.

Анализ телевизионных снимков льдов в м-бе 1 : 2 500 000 со спутника «Эссо-II» и составленные по этим данным карты ледовой обстановки показывают, что несмотря на мелкий масштаб и низкую разрешающую способность, которая почти не позволяет судить о возрастных формах и сплоченности льда, полученные материалы представляют большую ценность. Знание положения кромки льда и зон различной сплоченности могут оказать большую помощь не только при ледовых исследованиях, но и для обеспечения навигации в Арктическом бассейне.

Выводы

1. Телевизионные снимки льдов и карты ледовой обстановки, составленные по данным искусственных спутников Земли, могут применяться как для оперативных, так и для научно-исследовательских целей при изучении ледовых режимов морей и океанов.

2. Полученные в настоящей работе демаскирующие признаки, безусловно, не являются окончательными и представляют собой лишь первый опыт по систематизации и дешифрирования льдов по данным ИСЗ.

3. Изображение льдов на телевизионных снимках, хотя и носит объективный характер, но дешифрирование таких снимков очень трудоемкое и требует не только хорошего знания ледового режима, исследуемого водного объекта, но также больших навыков и опыта как в ледовых разведках, так и в дешифрировании аэроснимков и льдов.

4. С помощью ледовых снимков с ИСЗ можно определять положение кромок льда, припая и больших полыней, а также айсбергов и наличие зон льда различной сплоченности.

5. Снимки со спутников не дают возможности дешифрировать начальные возрастные формы льда (шугу, сало, темный нилас и т. п.), а также тористость, разрушенность и заснеженность льдов.

6. Ледовые снимки спутника в м-бах от 1 : 500 000 до 1 : 2 000 000, кроме указанных в пункте 4 определений, позволяют дополнительно дешифрировать размер малых и больших ледяных полей, а по разнице в тонах — наличие сморозей отдельных видов льда.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Проворкин и Г. Рехтзамер. Применение искусственных спутников Земли для океанологических исследований. Настоящий сборник.
2. Ice photography from the Meteorological Satellites Tiros I and Tiros II. Meteorological Satellite Laboratory. Report 8. Washington D. S. March 1962.
3. R. W. Pophan, R. E. Samuelson. Polar Exploration with Nimbus Meteorological Satellite. Arctic, vol. 18, 1965, pp. 246—255.