

З.И.ГУРЬЕВА, К.М.ПЕТРОВ, В.В.ШАРКОВ



АЭРОФОТОМЕТОДЫ
ГЕОЛОГО-
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ
ВНУТРЕННЕГО ШЕЛЬФА
И БЕРЕГОВ МОРЕЙ

MINISTRY OF GEOLOGY OF USSR UNIT „AEROGEOLOGY“
Laboratory of Aeromethods

Z.I. GUR'EVA, K.M. PETROV, V.V. SHARKOV

**GEOLOGICAL
AND GEOMORPHOLOGICAL
PHOTOINTERPRETATION
OF INNER SHELF
AND SEA COASTS**

COLLECTION OF ANNOTATED AIRPHOTOES

„NEDRA“ PUBLISHERS
Leningrad Department
1976

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР НПО „АЭРОГЕОЛОГИЯ“
Лаборатория аэрометодов

З.И. ГУРЬЕВА, К.М. ПЕТРОВ, В.В. ШАРКОВ



**АЭРОФОТОМЕТОДЫ
ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ
ВНУТРЕННЕГО ШЕЛЬФА
И БЕРЕГОВ МОРЕЙ**

АТЛАС АННОТИРОВАННЫХ АЭРОФОТОСНИМКОВ

ЛЕНИНГРАД „НЕДРА“

**Ленинградское
отделение**
1976

Гурьева З. И., Петров К. М., Шарков В. В. Аэрофотометоды геолого-геоморфологического исследования внутреннего шельфа и берегов морей. Атлас аннотированных аэрофотоснимков. Л., «Недра», 1976. 227 с. (М-во геологии СССР. Науч.-произв. объединение «Аэрогеология». Лаб. аэрометодов).

Атлас состоит из аэрофотоснимков, полученных в процессе специальных морских аэрофотосъемок Лабораторией аэрометодов, а также наземных и подводных фотографий и пояснительного текста. При его составлении использован опыт работы в прибрежных акваториях Каспийского, Азовского, Черного морей и некоторых участков дальневосточных морей. Освещены методы полевого дешифрирования аэрофотоснимков, рассмотрены особенности ландшафтной структуры морских мелководий с целью выявления взаимосвязей геологического строения с другими компонентами природы и их геологического значения. Описаны признаки дешифрирования вещественного состава и стратиграфического положения горных пород, элементов геологической структуры дна морских мелководий, анализируются особенности аэрофотоизображения берегов и подводного рельефа.

Атлас рассчитан на широкий круг специалистов: геологов, геоморфологов, физико-географов, гидробиологов, океанологов, гидрографов, деятельность которых связана с изучением и использованием природных ресурсов морских бассейнов; он может служить также справочным и учебным пособием.

Табл. 4, ил. 407, список лит. 31 назв.

Gur'eva Z. I., Petrov K. M., Sharkov V. V. Geological and geomorphological photointerpretation of inner shelf and sea coasts. Collection of annotated airphotos. Leningrad. «Nedra» publishers. 1976. 227 p.

The collection presents material obtained by airphotographical methods over the coastal waters of Caspian Sea, Black Sea, Sea of Azov and some parts of Far East seas. Ways of field interpretation of airshots are discussed: decoding of matter composition and stratigraphical placing of rocks, as well as of geological structure elements of inner shelf bottom. Peculiarities of shore and bottom presentation on airshots are analyzed.

4 tables, 407 illustrations, 31 references.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Актуальной проблемой современной геологии и географии является изучение природных ресурсов шельфов, и в частности морских мелководий. Трудность работы даже в прибрежных наиболее мелководных районах моря объясняется наличием слоя воды, препятствующего (несмотря на современные успехи развития техники подводных исследований) наблюдению подводных объектов; естественно, затрудняется выяснение общих закономерностей строения морского дна, распространения по дну отдельных объектов и природных территориальных комплексов.

Лабораторией аэрометодов выполнены исследования по разработке технических средств и определению природных условий морской аэрофотосъемки, а также составлена методика дешифрирования материалов аэрофотосъемки для целей геолого-геоморфологического и ландшафтного изучения дна морских мелководий. Методические результаты этих работ изложены в книгах «Применение аэрометодов для геологических исследований морского дна» [22], «Применение аэрометодов для исследования моря» [23], «Геолого-геоморфологическое изучение морских мелководий и берегов по материалам аэрофотосъемки» [6], а также в ряде статей [7, 10—12, 14, 15, 24—31 и др.].

Настоящий атлас является тематическим обобщением опыта работ по дешифрированию материалов аэрофотосъемки береговой зоны моря в виде аннотированных аэрофотографий, наземных и подводных фотоснимков берегов, морского дна и т. д. В его основу легли главным образом материалы,

собранные в процессе многолетних исследований морской группы Лаборатории аэрометодов на Каспийском, Черном, Азовском, Японском и Охотском морях. Кроме того, использованы отдельные аэрофотоснимки, полученные Лабораторией аэрометодов по другим акваториям. Основное назначение атласа — в наглядной форме продемонстрировать возможности выявления по аэрофотоизображениям вещественного состава и стратиграфического положения горных пород, элементов геологической структуры, особенностей берегов и рельефа дна мелководий в природных условиях различных морей СССР. В атласе кратко рассмотрены технические средства и природные условия морской аэрофотосъемки, методы полевого дешифрирования аэрофотоснимков. Показаны особенности аэрофотоизображения предметов и явлений в толще воды, на ее поверхности и в атмосфере, маскирующих изображение дна на аэрофотоснимках или являющихся косвенными дешифровочными признаками геологического строения и нефтегазоносности мелководий. Особенности ландшафтной структуры морских мелководий используются в качестве индикаторов геологического строения морского дна.

Атлас состоит из аэрофотоснимков, полученных в процессе специальных морских аэрофотосъемок Лаборатории аэрометодов, а также разнообразных дополнительных иллюстраций: наземных и подводных фотографий, карт, таблиц. Все иллюстрации оригинальны, за исключением единичных наземных фотографий, авторство которых оговорено в тексте.

Работа по составлению атласа выполнялась под научным руководством В. В. Шаркова. Кроме основных, указанных на титульном листе, авторами раздела «Преобразование аэрофотографических изображений к виду, удобному для дешифрирования» являются Ю. В. Углева и В. Ф. Номоконова, раздела «Изучение трещиноватости» — Е. И. Кильдюшевский. По материалам Ю. Д. Шарикова составлен раздел «Аэрофотометоды изучения морского волнения и поверхностных течений».

Материалы атласа могут быть полезны для геологов, чья деятельность не связана с работами на море. В частности, геологи, занимающиеся составлением палеогеографических карт, найдут в нем материалы по современному осадконакоплению и строению дна морских мелководий, учет которых необходим при палеогеографических реконструкциях; геологи, занимающиеся поисками россыпных полезных ископаемых, могут познакомиться с современными условиями формирования морских аккумулятивных форм, которые служат поисковыми критериями.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МОРСКОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКЕ

Летно-съемочные, фотографические и фотограмметрические процессы при аэрофотосъемке морского дна подробно рассмотрены в методических руководствах [6, 22, 23]. Ограничимся краткими сведениями.

Съемку ведут аэрофотоаппаратами (АФА) с углом зрения около 80° , что при формате кадра 18×18 см соответствует фокусному расстоянию $f = 140$ мм. Применяют высокочувствительные контрастные аэроплёнки, сенсibilизированные к зеленой части спектра. Этим требованиям удовлетворяет изохроматическая аэроплёнка АС-1. Используется желтый светофильтр ЖС-12, а при съемке с высоты более 1000—1200 м — светофильтр ЖС-18. Иное значение имеют поляризационные светофильтры: с их помощью полностью или частично гасится изображение солнечных бликов на поверхности моря.

На цветных аэрофотоснимках и цветных отпечатках со спектральнозональной пленки появляется важный дополнительный критерий для дешифрирования морского дна — цвет: на цветных снимках приближенный к естественной наблюдаемой в воздухе окраске объектов, на спектральнозональных искаженный (условный) в соответствии с особенностями аэроплёнок данного типа. Лимитирующим фактором цветопередачи подводной морской ситуации на аэрофотоснимках является толща воды, играющая роль сине-зеленого светофильтра, плотность которого возрастает с глубиной. Красочное изображение, приближающееся к естественному, получается только до глубины первых метров; глубже изображение на цветной аэроплёнке формируется как монохроматическое колебанием одного (синего или зеленого) цвета. По существу, такое изображение уже не дает заметных преимуществ по сравнению с черно-белым. Однако использование высокочувствительных цветных аэроплёнок привлекает тем, что на них мы имеем дополнитель-

ный дешифровочный признак (цвет) для прибрежной полосы суши и морских мелководий до глубины 3—5 м. Вместе с тем они сохраняют способность передавать изображение (монохроматическое) дна до максимальных глубин, доступных современным аэроплёнкам.

Достоинства спектральнозональной аэроплёнки могут быть использованы главным образом при аэрофотосъемке литоральной зоны (осушки); у отмелей берегов ряда морей она достигает многих километров в ширину. В таких местах во время отлива применение спектральнозональной пленки предпочтительно. Она дает богатую информацию об участках дна, сложенных различными грунтами, о микро-рельефе, увлажненности, растительном покрове и т. п.

Для изучения морского дна применяются материалы плановых аэрофотосъемок (рис. 1). В практике дешифрирования плановый аэрофотоснимок принимается за план отображенного на нем участка морского дна. Узкая полоса мелководий и приглубого берега снимается маршрутом перекрывающихся снимков (маршрутная съемка); обширные акватории — несколькими прямолинейными параллельными перекрывающимися маршрутами (площадная съемка, рис. 2).

При изучении прибрежных участков суши целесообразно проводить перспективную аэрофотосъемку для составления панорамных схем побережья. Анализ этих материалов, особенно для высоких береговых обрывов, позволяет выявлять такие детали геологического строения, которые не изображаются на плановых снимках (рис. 3).

Плановые аэрофотоснимки (контактные отпечатки) являются исходным документом для дешифрирования. Пара перекрывающихся снимков позволяет вести стереоскопическое наблюдение объектов на берегу и под водой до глубины 5—10 м. Отдельные снимки используются для решения

экспериментальных задач, в качестве иллюстраций и т. п. Во время полевого дешифрирования (морских работ) желательна использование материалов маршрутных или площадных аэрофотосъемок (фотосхем), захватывающих кромку суши с береговыми ориентирами. Это облегчает определение местоположения в море, поиск подводных объектов и выход судна в точку, заранее намеченную для работ.

Простые фотосхемы изготавливаются путем монтажа контактных отпечатков и дают единое изображение значительных площадей морского дна. В силу влияния некоторых искажений, свойственных аэроснимкам, и ошибок монтажа фотосхемы не соответствуют полностью плану местности. Однако практика применения фотосхем при исследовании дна морских мелководий показывает, что их точность обычно вполне удовлетворяет требованиям проводимых работ. Это значит, что фотосхемы можно принимать за план местности и использовать в качестве основы для ориентирования, привязки к местности и при специальных видах картирования. Фотопланы и уточненные фотосхемы дна морских мелководий, несмотря на свою высокую точность, имеют ограниченное применение. Это объясняется, с одной стороны, дороговизной и трудностью, а иногда невозможностью их составления на море; с другой — отсутствием целостности, поскольку, как уже говорилось, точность более дешевых и простых в изготовлении фотосхем удовлетворяет требованиям проводимых исследований.

Вспомогательным материалом являются уменьшенные репродукции наклеенных монтажей (рис. 2, б). Они используются для оценки качества произведенной аэрофотосъемки и выяснения общей ситуации на акватории (до изготовления фотосхем), по ним определяют положение отдельных снимков относительно друг друга или каких-либо ориентиров.

Масштаб аэрофотосъемки должен определяться с учетом возможностей оптического и фотографического увеличения аэрофотоснимков. Известно, что на аэрофотоснимках относительно мелкого масштаба детали геологического строения или тонкие особенности структуры ландшафта могут быть рассмотрены с помощью лупы или стереофотограмметрических приборов. Фотографическое увеличение с аэронегатива позволяет получать крупномасштабную основу, удобную для рисовки контуров и графического оформления результатов дешифрирования. Вопросы проведения мелкомасштабных съемок мелководий и использования их материалов для целей геологического дешифрирования, выявления

полезных ископаемых и других ресурсов морского дна весьма перспективны, но еще недостаточно разработаны.

Аэрофотоснимки масштабов 1:5000 — 1:10 000 благодаря возможности их увеличения наилучшим образом подходят для разработки дешифровочных признаков. На них опознаются и могут быть выделены графически мелкие детали геологического строения и структуры подводных ландшафтов: удается рассмотреть скульптурные формы микро-рельефа, слоистость обнажающейся на дне толщи осадочных пород, трещиноватость, отдельные пятна и куртины подводной растительности. Размер деталей, которые можно увидеть, в значительной степени определяется глубиной моря. Известно, что в силу уменьшения контраста и ухудшения резкости изображения морского дна на аэрофотоснимках не фиксируются объекты менее 2—3 м. Увеличение масштаба съемки не дает в этом отношении заметных преимуществ. Например, используя увеличение исходного аэрофотоизображения масштаба 1:5000, мы получаем для глубин свыше 5 м примерно ту же информацию, что и с изображения, снятого в масштабе 1:3000.

Дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:25 000 с использованием увеличения показывает, что они из-за недостаточной разрешающей способности аэронегативов неизбежно утрачивают ряд мелких деталей, которые мы различаем на снимках масштабов 1:5000 — 1:10 000. Так, на увеличенных снимках не видны мелкие скульптурные формы рельефа, отдельные слои пород, мелкие трещины. Минимальный размер видимых объектов возрастает до 5—10 м. Вместе с тем общий объем информации принципиально не уступает информативной емкости более крупномасштабных снимков (рис. 4).

С уменьшением масштаба аэрофотоснимков происходит генерализация мелких деталей изображения, увеличивается обзорность. В результате облегчается оконтуривание площадей, занятых различными геологическими образованиями, выделение крупных линеаментов и т. д. Основные геологические границы, выделяемые при дешифрировании аэрофотоснимков масштабов 1:5000 — 1:10 000, легко проводятся на снимках масштабов 1:15 000 — 1:25 000. По-видимому, последние еще далеки от предела уменьшения масштаба изображения, пригодного для геологического картирования морских мелководий. Масштаб аэрофотоснимков, используемых для картирования, может быть мельче, чем масштаб снимков, применяемых для разработки дешифровочных признаков.

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОФОТОМЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ДНА МОРСКИХ МЕЛКОВОДИЙ

Природные условия вносят существенные ограничения в аэросъемочный процесс и возможность использования материалов аэросъемки для геологического дешифрирования морского дна. К основным природным факторам, контролирующим применение аэрофотометодов изучения морского дна, относятся: гидрометеорологический режим, размеры шельфа, его геолого-структурное строение и характер подводных ландшафтов.

Главная особенность аэрофотосъемки морского дна состоит в том, что отраженные солнечные лучи, формирующие изображение, прежде чем попасть в объектив аэрофотоаппарата, должны дважды пройти сквозь толщу воздуха и воды. Водная толща ослабляет яркость, контрастность и четкость подводных объектов. Ее неблагоприятное влияние усиливается при ухудшении прозрачности и увеличении глубины моря: чем скорее нарастают глу-

бины и чем хуже прозрачность, тем меньше глубина и ширина мелководий, доступная аэрофотосъемке. Эмпирически установлено, что в среднем глубины, охватываемые съемкой, несколько превышают прозрачность моря, измеренную с борта судна стандартным белым диском. Влияние толщи воды на качество изображения имеет выраженный спектральный ход: наибольший контраст и четкость изображения достигаются в зеленой части спектра. Солнечные блики на поверхности моря, отображаясь на снимках, маскируют изображение дна мелководий. Площадь, закрытая бликами, зависит от интенсивности волнения и высоты Солнца над горизонтом. Аэрофотосъемку рекомендуется проводить при стоянии Солнца над горизонтом от 55 до 15° и волнении моря не более 2—3 баллов.

Таким образом, метеорологический и гидрологический режимы акваторий, их сезонный ход в значительной степени контролируют возможности аэрофотосъемки. Обстановка благоприятна, когда погода ясная, видимость хорошая, поверхность моря спокойная и чистая (свободная ото льда, пленок нефти и др.), прозрачность воды высокая. Для большинства морей СССР условия аэрофотосъемки лучше летом. На дальневосточных морях с муссонным климатом лучший сезон летне-осенний, на южных он растянут с мая по сентябрь, на северных ограничен одним месяцем.

Ширина, глубина и площадь внутреннего шельфа — основные параметры, которые следует учитывать при планировании аэрофотосъемки морского дна. Мелководья, ограниченные 20-метровой изобатой, представляют наиболее доступную изучению область внутреннего шельфа. Именно с оценки их размеров должно начинаться планирование морских аэрофотосъемочных работ.

Влияние геолого-структурного строения морского дна на характер подводных ландшафтов, условия аэрофотосъемки и геологической дешифрируемости особенно сильно на шельфах, испытывающих интенсивные дифференцированные движения. С отрицательными погружающимися и положительными поднимающимися структурами связано формирование двух главных ландшафтных типов внутреннего шельфа: аккумулятивного и абразионного.

Подводные ландшафты аккумулятивного типа тяготеют к структурам регионального погружения — синклиниям, крупным синклиналям, грабенообразным понижениям. Значение аэрофотосъемки определяется здесь возможностью получать изображение разнообразных береговых аккумулятивных форм рельефа, восстанавливать по ним историю формирования берегов, изучать процессы современного рельефообразования. При аэрофотосъемке верхней части подводных склонов аккумулятивного типа четко получают системы подводных береговых валов, песчаные волны и т. п. Специфичный пестрый фоторисунок дают заросли морских трав на песчано-илистых и илистых грунтах. Материалы аэрофотосъемки позволяют изучать динамику аккумулятивного процесса (направление и интенсивность потоков наносов), выявлять участки береговой зоны, перспективные на формирование россыпных месторождений полезных ископаемых.

К неблагоприятным факторам аэрофотосъемки подводных ландшафтов аккумулятивного типа относится обычно низкая прозрачность воды. Ухудшение прозрачности объясняется легкой взму-

чиваемостью рыхлых осадков. Кроме того, к участкам регионального погружения, раскрывающимся в сторону моря, часто приурочены устья рек, твердый сток которых обуславливает постоянное или временное снижение прозрачности. Другим неблагоприятным фактором являются слабые морфологические отличия аккумулятивных природно-территориальных комплексов: морское дно представляет собой монотонную равнину, простирающуюся на многие километры; также однообразно его аэрофотоизображение. Отсутствие четкого рисунка, контрастных деталей затрудняет дешифрирование подводных ландшафтов аккумулятивного типа.

Подводные ландшафты абразионного типа тяготеют к структурам регионального поднятия — антиклиналям, антиклинальным зонам, поднимающимся блокам. Хорошая обнаженность древних дислоцированных пород обеспечивает получение аэрофотоизображений, содержащих богатую информацию о геологическом строении дна. Анализ аэрофотоснимков позволяет установить наличие и проследить распространение на дне выходов горных пород различного вещественного состава и возраста; измерить элементы залегания пластов; определить размеры складок, их форму и взаимоотношения между собой; получить сведения о дизъюнктивных нарушениях и трещиноватости горных пород; выявить угловые и стратиграфические несогласия; определить мощности пластов или комплексов пород, образующих определенные стратиграфические подразделения; установить наличие тех или иных морфологических и генетических типов рельефа, являющихся индикаторами геолого-структурных особенностей дна.

Абразионно-аккумулятивный тип ландшафтов морских мелководий широко распространен. Здесь природные комплексы, связанные с абразией, обнажением коренных пород и формированием скульптурного рельефа, сочетаются с природными комплексами, образованными скоплением рыхлых осадков различного состава и генезиса, слагающих разнообразные аккумулятивные формы рельефа или выровненные пространства дна. Аэрофотоизображение абразионно-аккумулятивных ландшафтов отличается пестрым сложным фоторисунком, отображающим как геолого-структурное строение дна, так и современные процессы литодинамики и аккумуляции осадков.

От соотношения основных тектонических линий и направления берега зависят существенные черты подводных ландшафтов, что влияет на результаты их аэрофотосъемки и геологического дешифрирования. Подводные склоны продольных берегов характеризуются приглубостью. Подводные склоны поперечных берегов отличаются сложным строением: тектоническое поднятие простирающихся в море антиклинальных структур обуславливает формирование обширных абразионных равнин, детали строения которых связаны прежде всего с дифференцированным тектоническим развитием положительных и отрицательных структур низших порядков. Локальные тектонические формы, расположенные на морском дне, находят выражение в сложной мозаичной структуре морфологического строения подводных ландшафтов.

Особый тип образуют нейтральные берега, развитые в районах с неясно выраженным простирающим структурных элементов. Различаются два

подтипа: 1) берега, выработанные в горизонтально-залегающих осадочных породах, характерные для обрамления платформ (северо-запад Черного моря, восток Каспийского, северные моря); 2) берега, выработанные в изверженных породах в районе древнего и современного вулканизма, характерные для обрамления некоторых участков гор Сихотэ-Алинь и шельфа Командорских и Курильских островов. Условия аэрофотосъемки и геологической дешифрируемости подводного склона нейтральных берегов весьма разнообразны. Общей является трудность дешифрирования элементов тектонического строения и литолого-стратиграфических комплексов.

Большое влияние на геологическую дешифрируемость оказывают литолого-петрографические, текстурные особенности пород и формы их залегания. От них зависит своеобразие подводного рельефа, размещение донных биоценозов и современных осадков. В итоге это определяет морфологию подводных геоконструкций и рисунок их изображения на аэрофотоснимках. По перспективам дешифрирования выделяются три группы: а) слоистые осадочные породы — наибольшие возможности; б) эффузивно-осадочные, эффузивные и интрузивные — средние возможности; в) неслоистые осадочные и метаморфические — наименьшие возможности.

Более подробно природные условия аэрофотосъемки и особенности геологической дешифрируемости морских мелководий рассмотрены на примере Каспийского моря.

Гидрометеорологический режим (рис. 5)*. Наибольшая облачность наблюдается зимой, наименьшая летом; весной она больше, чем осенью. Число ясных дней летом в северной части 7—16 в месяц, в средней и южной части — 6—19. Летом туманы редки во всех районах моря. Вся северная часть моря (севернее параллели 45°) ежегодно покрывается льдом. Лед появляется в конце ноября и исчезает в начале апреля. Наиболее спокойно море в период с апреля по август, когда повторяемость слабых волнений (высоты волн менее 1,25 м) достигает 78%. В это же время, особенно с июня по август,

наиболее низка повторяемость штормов. Прозрачность в береговой зоне от 2 до 5 м; в исключительных случаях в Среднем и Южном Каспии достигает 10—15 м; в северной части моря (севернее Махачкалы) — меньше 2 м. Оптимальное время съемки с середины мая по середину сентября.

Площадь мелководий. Каспийское море принадлежит к числу морей, где широко развиты прибрежные мелководья, что определяет высокую перспективность применения аэрофотометодов изучения морского дна. На рис. 6 показана площадь мелководий Каспийского моря в пределах государственных границ СССР**. В первом блоке I приводятся данные по трапециям морской карты, имеющим размеры по широте и долготе 2°30' × 2°30'. Площадь указывается в сотнях квадратных километров по двум ступеням глубин: 0—20 и 20—50 м. Во втором блоке II площадь мелководий суммируется по широте; в третьем блоке III — по долготе; в четвертом IV указана площадь мелководий первой 147 940 и второй 52 230 км² ступеней, а также общая площадь мелководий (0—50 м) у советских берегов 200 170 км².

Подводные ландшафты. В качестве рабочей гипотезы принимается положение о предопределенности распространения подводных ландшафтов аккумулятивного и абразионного типов знаком новейших тектонических движений (рис. 7). В береговой зоне областей поднятия следует ожидать появления подводных ландшафтов абразионного и абразионно-аккумулятивного типов. У продольных берегов подводный склон приглубый; полоса, доступная аэрофотосъемке, узкая. У поперечных берегов, как правило, происходит значительное расширение мелководий, в связи с чем эти участки наиболее перспективны в геологоструктурном отношении на постановку геологосъемочных работ на основе аэрофотометодов. В береговой зоне областей опускания следует ожидать появления подводных ландшафтов аккумулятивного типа. Материалы аэрофотосъемки здесь, как правило, не содержат информации о геологии дочетвертичных пород. Особый интерес они представляют с точки зрения изучения процессов литодинамики осадков, формирования аккумулятивных тел и связанных с ними россыпей.

Более подробную информацию об особенностях аэрофотозображения и геологической дешифрируемости морских мелководий содержат ландшафтные карты отдельных природных районов (рис. 8). К району Апшеронского архипелага, например, принадлежит подводный склон поперечного берега (абразионная платформа), приуроченный к подводному продолжению мегантиклинория Большого Кавказа. Здесь формируется подводный ландшафт абразионно-аккумулятивного типа, характеризующийся сочетанием природных территориальных комплексов, развитых на месте размыва дна и выходов коренных пород, а также природных комплексов, образованных в результате аккумуляции современных наносов.

АЭРОФОТОМЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ

картина поверхности моря, отображенная на снимке, позволяет увидеть перестройку волнения в зависимости от профиля подводного берегового склона и контура береговой линии, описать особенности подхода и разрушения волн у отмелого и приглубого берега, явления рефракции и дифракции волн и т. д. (рис. 9).

Для изучения морского волнения могут быть использованы как одиночные аэрофотоснимки, так и снимки, полученные путем применения стереофотосъемки. По первым из них получают плановые параметры волн, по вторым — полный рельеф взволнованной поверхности моря. Методика изучения ветрового волнения по аэрофотоснимкам подробно изложена в специальной литературе [23 и др.].

Измерение плановых параметров волн непосредственно по аэрофотоснимкам является наиболее

простым и доступным. Однако его применение возможно лишь в том случае, когда на аэрофотоснимке бывают достаточно хорошо выражены отдельные волны каждой измеряемой системы. В этом случае измерения отдельных волн выполняются непосредственно по аэроснимку на выбранных профилях с помощью линейки или измерителя (рис. 10). При использовании мелкомасштабного снимка измерение производится с помощью измерительной лупы или измерительного микроскопа. Такой прием удается применить далеко не всегда, поэтому чаще выполняется специальная подготовка аэрофотоснимков для измерений, заключающаяся в упрощении сложного изображения взволнованной поверхности моря, или применяются способы, позволяющие сразу же получить некоторые средние характеристики волн. Упрощением, например, является разделение волн на отдельные системы или уничтожение на аэроснимке неинтересующих исследователя изображений мелких волн и т. п.

Из существующих приемов разделения волн на системы наиболее целесообразным является оптический путь с использованием цилиндрической линзы, имеющей две оси симметрии. Действие цилиндрической линзы заключается в том, что она вызывает размывание изображения в одном направлении. При этом элементы изображения на аэрофотоснимке, имеющие небольшую протяженность в направлении размывания, теряют контраст. Поэтому, когда при вращении линзы направление размывания изображения не совпадает с направлением гребней волн, изображение становится нечетким и практически исчезает. Когда же направление размывания совпадает с направлением гребней волн, их изображение делается более отчетливым (рис. 11).

К методам, позволяющим сразу же с целого аэронегатива получить средние характеристики волн, относится дифракционный способ обработки одиночных аэроснимков морского волнения, дающий возможность с помощью специального и сравнительно простого прибора наблюдать изображение дифракционной картины, создаваемой аэроснимком, который в данном случае рассматривается как естественная дифракционная решетка. Анализ дифракционной картины дает возможность получить все параметры этой решетки, т. е. все плановые характеристики взволнованной водной поверхности. Так, например, дифракционным способом можно определить параметры волн независимо для отдельных систем и даже для мелких волн, всегда существующих на поверхности более крупных основных волн (рис. 12).

Для определения скорости волн используется пара перекрывающихся снимков. По этим снимкам находят разность отстояний идентичных волн от одних и тех же неподвижных объектов. Эта разность отстояний, умноженная на знаменатель масштаба съемки, равна пути, пройденному волной за период времени между двумя экспозициями. Разделив величину найденного отрезка пути на интервал времени между экспозициями, получим скорость распространения волн. В качестве неподвижных объектов в этом случае могут использоваться береговые предметы, буи, различные искусственные сооружения, в открытом море — пятна окрашенной воды, создаваемые путем сброса с самолета перед аэрофотосъемкой поплавков с красителем.

Для определения высотных характеристик волн используется воздушная стереофотосъемка морского волнения, предусматривающая синхронную аэрофотосъемку поверхности моря двумя аэрофотоаппаратами. Имеются два варианта методики воздушной стереофотосъемки волнения: с одного и двух самолетов. В первом варианте аэрофотоаппараты устанавливаются в крыльях самолета и работают синхронно от одного командного прибора. Этот вариант более простой, однако небольшая длина базиса фотографирования разрешает вести съемку только в крупном масштабе с небольших высот полета. Во втором варианте аэрофотоаппараты устанавливаются на разных самолетах, а синхронность фотографирования обеспечивается применением специального радиосинхронизатора. При использовании двух самолетов аэрофотосъемка может выполняться в любом заданном масштабе.

Обработка материалов воздушной стереофотосъемки позволяет получить как полный рельеф взволнованной поверхности моря в горизонталях, так и отдельные высоты волн и профили. Обработка материалов выполняется на обычных стереофотограмметрических приборах. Для построения профилей создан профилограф.

Если рассматривать волны как один из основных факторов динамики берегов, особый интерес представляют сведения об их энергии. Для расчета энергии волн выведена простая формула

$$E = (h^2/8) L \gamma,$$

где E — энергия; γ — плотность воды; h — высота волны; L — длина волны.

Как было отмечено выше, длина волны сравнительно просто определяется по аэрофотоснимкам. Высота волн может быть установлена с помощью воздушной стереофотосъемки.

На основе корреляционных зависимостей между параметрами волнения и глубиной производится оценка глубин в береговой зоне. Известно, что глубина воздействия волн на дно H связана с длиной волны L зависимостью

$$H = L/2.$$

Положение глубины воздействия начиная с волнения 2—3 балла может быть отдешифрировано на аэрофотоснимках по ряду признаков. Так, начиная с изобаты h_1 меняются параметры волн, возникает рефракция волн; у аккумулятивных берегов зона мелководий взмучивается и глубина воздействия хорошо видна на аэрофотоснимках как граница мутной и более чистой воды; при глубинах, приблизительно равных высоте волны, происходит опрокидывание гребней, разрушение волн и перестройка их в волны меньших параметров (полосы бурунов у отмелого берега хорошо изображаются на аэрофотоснимках).

Измерение поверхностных течений. Наиболее просто скорость и направление течения определяются с помощью одиночных поплавков, в том случае если на аэроснимке можно получить, по крайней мере, два неподвижных ориентира (берег, буи, искусственные сооружения на море и т. п.). Тогда с самолета вблизи ориентиров разбрасываются небольшие поплавки, начиненные специальным красителем (уранином), и дважды фотографируются

* Характеристика составлена Р. И. Голоудным.

** Расчеты выполнены картометрической лабораторией географического факультета Ленинградского университета.

через некоторый интервал времени Δt . Опознавая на аэроснимках по пятнам красителя положение поплавков, наносят с использованием неподвижных ориентиров на один из снимков оба их положения, а затем, зная масштаб снимка, измеряют графически направление и путь L , пройденный поплавком. После этого скорость течения w определяется по формуле

$$w = L/\Delta t.$$

Такие измерения возможны только в непосредственной близости от неподвижных ориентиров (рис. 13).

Другой способ измерения поверхностных течений заключается в использовании донных индикаторов. Сущность его заключается в следующем. С самолета в море сбрасывается устройство — донный индикатор, который, погрузившись на дно, освобождает последовательно через заданный ин-

тервал времени Δt два поплавка с красителем, которые всплывают на поверхность моря, а затем с одинаковой скоростью дрейфуют под воздействием течения. Вскоре после выброса второго поплавка с самолета производят фотосъемку, получая на одном аэрофотоснимке изображения обоих поплавков. Измерив на снимке расстояние между поплавками l и определив по показаниям радиовысотомера высоту фотографирования H , находят масштаб снимка $1:m = f_k:H$ и путь $L = lm$, пройденный первым поплавком, а затем вычисляют скорость течения по вышеприведенной формуле.

Азимут вектора течения определяется двумя путями: по измеренному путевому курсу самолета и с использованием изображения на аэроснимке тени самолета. В последнем случае на аэроснимке прочерчивается направление на Солнце, проходящее через изображение тени самолета и главную точку снимка, а азимут Солнца находится с помощью таблиц (по времени фотографирования и широте местности).

РАЗРАБОТКА ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ

Различают предметное и логическое дешифрирование. Первое выполняется путем сравнительного анализа аэрофотоизображений с объектами в натуре: по форме, размеру, тону, рисунку и структуре изображения опознаются и характеризуются объекты, непосредственно изобразившиеся на аэрофотоснимках. Второе основано на использовании закономерных взаимосвязей и взаимозависимостей компонентов ландшафта. Через опознавание и характеристику объектов, непосредственно изобразившихся на аэрофотоснимках, логическим путем (методом дедукции) делают заключение о наличии и свойствах объектов и явлений, непосредственно на аэрофотоснимках не отобразившихся, но связанных с первыми закономерными связями (ландшафтный метод дешифрирования). Ландшафтный метод дешифрирования заключается в анализе взаимосвязей между компонентами ландшафта, разработке на их основе дешифровочных признаков и использовании этих данных для геологического дешифрирования [2, 4, 6, 19, 21, 22].

Ландшафтный метод дешифрирования аэрофотоснимков морского дна базируется на следующих предпосылках: 1) аэрофотоснимки несут не избирательное, а совокупное отображение компонентов природы, составляющих природные территориальные комплексы; 2) наблюдается сложная дифференциация ландшафтной оболочки, в том числе дна морских мелководий, на природно-территориальные комплексы разного порядка; 3) главные структурные особенности аэрофотоизображения крупного и среднего масштабов обусловлены внутриландшафтными морфологическими единицами; 4) разные типы природно-территориальных комплексов обладают характерной структурой, т. е. определенным набором компонентов и закономерностями их взаимодействия; 5) от ландшафтной структуры морского дна, от формы проявления взаимосвязей в тоновых и геометрических особенностях аэрофотоизображения зависит характер ландшафтных индикаторов и дешифровочных признаков геологического строения морского дна.

Опыт показал, что наиболее продуктивно дешифрирование аэрофотоснимков дна морских мелководий в том случае, если к интерпретации аэрофотоизображений подходят не аналитически, исходя из индикаторных способностей отдельных компонентов природы, а синтетически, основываясь на индикаторных способностях подводных географических комплексов в целом. Характеристики последних служат комплексными дешифровочными признаками. При дешифрировании аэрофотоснимков дна морских мелководий масштабов 1:5000—1:10000 целесообразно использовать в качестве комплексных дешифровочных признаков описания подводных морфологических комплексов, относящихся к рангу подводных фаций и урочищ. Существует закономерная связь определенных типов и форм подводного рельефа, петрографических особенностей коренных пород, геолого-структурного строения, современных морских геологических фаций и группировок донных биоценозов с подводными фациями и урочищами разных типов; сведения об отдельных физико-географических компонентах и явлениях могут быть получены в результате специальной интерпретации опознанных на аэрофотоснимках подводных морфологических комплексов-индикаторов.

До выезда в поле на фотосхемах разграничиваются основные типы рисунков и создается предварительная контурная основа фоторисунков морского дна. Затем в поле в каждом типе рисунка закладываются ключевые участки, на которых изучают соответствующие данному рисунку структурные особенности подводного ландшафта. Аэрофотоизображение морского дна на ключевом участке принимается за эталон. Полученные характеристики используются для установления дешифровочных признаков. В камеральный этап с помощью аэрофотографических эталонов и разработанных на их примере дешифровочных признаков осуществляется поконтурное дешифрирование однотипных аэрофотоизображений всего исследуемого района. Для проверки результатов экстраполяции организуются

дополнительные полевые исследования с выборочным посещением выделенных контуров. При разработке дешифровочных признаков геолого-геоморфологических объектов, отличающихся индивидуальными особенностями строения и аэрофотоизображения, необходим индивидуальный подход: обязательно посещение каждого контура, каждого объекта в натуре.

Работы организуются методом обследования ключевых участков и заложения ландшафтных профилей. Ключевой участок намечается по материа-

лам аэрофотосъемки масштабов 1:5000—10000 и отдельных увеличенных снимков масштаба 1:1000 и крупнее. Его площадь охватывает один или ряд сопряженных подводных морфологических комплексов. Рисунок аэрофотоизображения подвергается детальному поконтурному дешифрированию, в ходе которого разрабатываются дешифровочные признаки. Для соблюдения единообразия и определенного порядка в наблюдениях рекомендуется описание ключевого участка вести по программе, записанной в бланковой форме (см. ниже).

БЛАНК ПОЛЕВОЙ АННОТАЦИИ К АЭРОФОТОИЗОБРАЖЕНИЮ МОРСКОГО МЕЛКОВОДЬЯ

„ _____ “ _____ 19 _____ г

Станция № _____

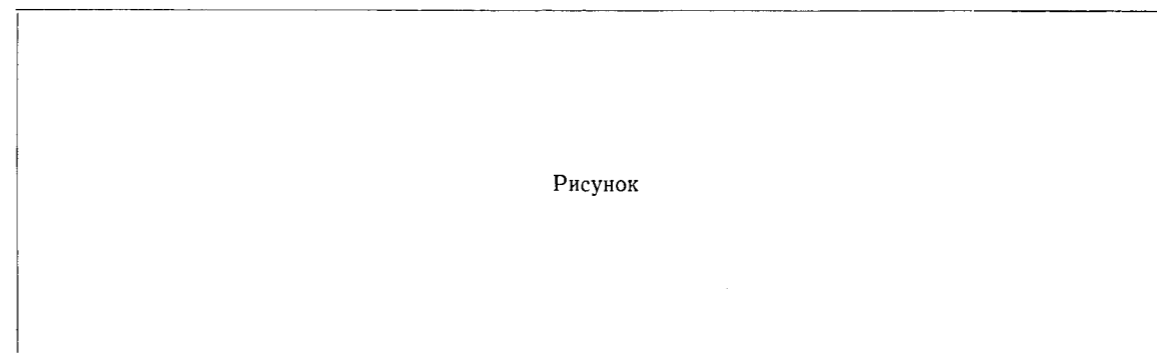
Профиль № _____

Географическое положение _____

Название природного комплекса, особенности аэрофотоизображения _____

Рельеф _____

(мезо-, микро-, генезис, морфометрия)



Рисунок

(профиль)

Глубина _____

(положение в профиле: часть склона, вершина, подножье)

Коренные породы _____

(литологические особенности, текстура,

трещиноватость, мощность пластов, возраст, элементы залегания)

Образец № _____

Современные отложения _____

(механический состав, генезис, мощность)

Образец № _____

Гидрологические условия _____

(гидродинамика, температура, соленость)

Фитоценоз _____

(состав, структура)

Биомасса _____

(г/м²)

Общее проективное покрытие _____

(%)

Образец № _____

Таблица 1

Интерпретация ландшафтного профиля (см. рис. 15)

Элементы интерпретации	Прибрежная абразионно-скульптурная терраса, лежащая в пределах литоральной зоны (осушка)		
	Пляж (т. 1)	Внутренняя часть (т. 2)	Средняя часть (т. 3)
Фации-доминанты	Щебнисто-галечный пляж	Мозаика фаций зарослей зостеры и фаций щебнистого дна с покровом водорослей	Фации щебнистого дна и скульптурных поверхностей бенча с разреженным покровом известковых водорослей
Особенности аэрофотоизображения	Кайма пляжа изображается узкой полосой белого тона в надводной и светло-серого в подводной частях	Фрагментарный пятнистый покров зостеры изображается мелкопятнистым зернистым рисунком, где темные детали соответствуют куртинам зостеры, а светлые — щебнистым участкам с разреженным покровом водорослей	На аэрофотоснимке этому участку профиля соответствует большая часть изображения прибрежной террасы, характеризующаяся светло-серым тоном; простирающиеся пластов коренных пород угадывается по легкой полосчатости рисунка, ориентированной вдоль берега; темные детали изображения в виде зерен, мелких пятен соответствуют куртинам филлоспадикса
Коренные породы	Выходы коренных пород отсутствуют	Обнажение дислоцированной слоистой толщи, представленной переслаиванием алевролитов и песчаников холмской свиты; интенсивная трещиноватость и воздействие абразии ведут к разрушению пород на плитки щебня и глыбы	
Современные осадки	Щебень, галька, дресва, гравий, песок; преобладающий размер частиц 1—5 см	Состав осадков сохраняется (см. т. 1); тонкий покров мощностью до 5 см; редкие обнажения коренных пород	Тонкий, сильнопросвечивающий покров щебня; отдельности плоской, призматической формы размером 3, 5, 10 см; небольшая примесь мелкозернистой фракции, единичные раковины моллюсков; поверхность субстрата светлая, серовато-зеленовато-оливкового цвета, почти лишенная наилка
Рельеф	Терраса (+5 м) спускается к морю щебнисто-галечным пляжем	Выровненная абразионно-скульптурная поверхность, перекрытая маломощным слоем современных осадков (бенч)	
Растительность	Отсутствует	Сочетание (пятна) зостеры (20%) с агломерацией видов водорослей на щебне	Разреженный покров известковых водорослей с единичными куртинами филлоспадикса

Таблица 2

Условные обозначения к ландшафтной карте ключевого участка и их специальная интерпретация (см. рис. 17)

Природные комплексы	Номер условного знака на карте (рис. 17)	Специальная интерпретация		
		Глубина	Грунт	Рельеф морского дна
Береговая линия, фации надводной и подводной частей пляжа	1	От +3 до 0 м	Пляж сложен плохо сортированной смесью щебня, гальки, дресвы, гравия, песка; мощность осадков убывает от 2—3 м в верхней части до нескольких сантиметров при переходе в поверхность прибрежной абразионно-скульптурной террасы	Пляж опускается к морю от бровки надводной террасы высотой около +5 м; его ширина не превышает 10—15 м

Прибрежная абразионно-скульптурная терраса, лежащая в пределах литоральной зоны (осушка)	Подводный береговой абразионно-скульптурный склон, лежащий в пределах верхней сублиторали (т. 5).
Доминируют фации скульптурных поверхностей бенча с разреженным покровом известковых водорослей	Чередование фаций вершин гряд с зарослями ламинарии, фаций склонов и межгрядовых понижений, местами заполненных глыбами, с покровом известковых водорослей
На аэрофотоснимке этому участку профиля соответствует большая часть изображения прибрежной террасы, характеризующаяся светло-серым тоном; простирающиеся пластов коренных пород угадывается по легкой полосчатости рисунка, ориентированной вдоль берега; темные детали изображения в виде зерен, мелких пятен соответствуют куртинам филлоспадикса	Заросли ламинарии на вершинах гряд изображаются интенсивным черным тоном в виде крупных пятен и полос, ориентированных по простиранию гряд; склоны гряд и межгрядовые понижения с покровом известковых водорослей — светлым тоном
Обнажение дислоцированной слоистой толщи, представленной переслаиванием алевролитов и песчаников холмской свиты; интенсивная трещиноватость и воздействие абразии ведут к разрушению пород на плитки щебня и глыбы	
Щебень и глыбы, скапливающиеся преимущественно в понижениях микрорельефа, покрывают 5—10% площади; здесь же наблюдаются значительные скопления морских ежей, визуально просматривающиеся с борта шлюпки в виде темных полос; по-видимому, они способствуют тоновому контрасту и формированию полосчатого рисунка аэрофотоизображения	Отдельные глыбы, местами скопления глыб в межгрядовых понижениях; размер отдельностей 20, 30, 40 см
Выровненная абразионно-скульптурная поверхность, перекрытая маломощным слоем современных осадков (бенч); грядовый микрорельеф с относительной высотой неровностей 5 и шириной 15—20 см	Кузстообразные гряды на месте дислоцированной, слоистой толщи; гряды представляют собой отпрепарированные пачки пластов с пологим склоном, соответствующим плоскости падения; относительная высота гряд 1—1,5 м
Разреженный покров известковых водорослей в сочетании с единичными куртинами филлоспадикса и ламинарии	На вершинах гряд заросли ламинарии; под ее плотным покровом подлесок почти не развит, за исключением накипных известковых корковых водорослей на поверхности каменистого субстрата; на склонах и в межгрядовых понижениях пахиартхрон — корковые. Пограничные гряды, обросшие ламинарией, по мористому склону на глубине 2—3 м окаймлены сообществом, в котором доминируют разнообразные виды красных водорослей

Продолжение табл. 2

Природные комплексы	Номер условного знака на карте (рис. 17)	Специальная интерпретация		
		Глубина	Грунт	Рельеф морского дна
I. Подурочище — прибрежная абразионно-скульптурная терраса, лежащая в пределах литоральной зоны (осушка):	2	Изменчива в связи с приливами; амплитуда последних 0,4—0,5 м; во время полной воды и сильных нагонных ветров глубина над террасой может быть еще больше, но, по-видимому, не больше 1 м; благодаря выровненному рельефу террасы распределение глубин равномерное без опасных ям и рифов	Преобладает твердый — переслаивание алевролитов и песчаников; распространены маломощный (не более 10 см) покров рыхлых осадков; преобладает щебень, ближе к берегу — плохо сортированная смесь осадков, характерная для отложения пляжа	Осушка представляет собой плоскую поверхность, выработанную абразией в толще коренных пород, местами перекрытую маломощным слоем рыхлых осадков
Мозаика фаций зарослей зостеры и фаций щебнистого дна с покровом водорослей	3	Специфический рисунок фотоизображения позволяет уверенно дешифровать границы осушки	Плохо сортированная смесь осадков; под куртинами зостеры преобладает песок, в просветах — ще-	Выровненный

Природные комплексы	Номер условного знака на карте (рис. 17)	Специальная интерпретация		
		Глубина	Грунт	Рельеф морского дна
<p>фации щебнистого дна и скульптурных поверхностей бенча с разреженным покровом известковых водорослей</p> <p>фации зарослей филлоспадикса на щебне в сочетании со скульптурными поверхностями</p>	4		<p>бень; мощность отложенный 3—4 см; заросли морской травы zostеры высотой 0,5 м достигают сомкнутости 100%</p>	<p>Выровненный. Ближе к мористому краю развит скульптурный грядовый микрорельеф с относительной высотой неровностей 5—10 см</p>
	5		<p>Твердый; маломощный просвечивающий покров щебня размером 5—10 см, отдельные глыбы 20—30 см</p>	
<p>II. Подурочище — подводный береговой абразионно-скульптурный склон, выработанный в дислоцированной слоистой толще пород</p>	6	От 0 до 15 м у мористой рамки планшета	<p>Преобладает твердый — дислоцированная слоистая толща, представленная переслаиванием алевритов и песчаников холмской свиты; преобладающее падение пород от берега (азимут падения 265°), углы падения крутые (30—40°); небольшое количество грубообломочного материала (продуктов абразии: щебня, гальки, валунов, глыб) скапливается в понижениях рельефа между гряд</p>	<p>Средний уклон дна 1°50'; рельеф пересеченный, скульптурный; характерной формой являются куэстообразные гряды, представляющие собой отпрепарированные пакки пластов с пологим склоном, соответствующим плоскости падения</p>
<p>Верхний этаж сублиторали: комплекс фаций пограничных гряд (рифов)</p>	7	0—2 м	<p>Твердый; заросли крупной бурой водоросли ламинарии на вершинах гряд; длина ее слоевищ, достигает нескольких метров, сомкнутость зарослей 100%</p>	<p>В верхней части подводного склона, у внешней границы прибрежной террасы, расположена серия гряд (рифов); их вершины лежат около нуля глубин, относительная высота 1,5—2,0 м; опасности, связанные с прибрежными рифами, дешифрируются по рисунку, обусловленному зарослями ламинарии</p>
<p>фации верхней части подводного склона</p>	8	2—5 м; зона наиболее активного воздействия волн на дно	<p>Твердый; глыбы и щебень в понижениях; разреженный покров куртин морской травы — филлоспадикса и мелких водорослей</p>	<p>Средний уклон дна 1°30'; относительно выровненный скульптурный рельеф (высота гряд 0,5—1 м)</p>
<p>Средний этаж сублиторали: фации средней части подводного склона</p>	9	5—15 м; зона менее активного воздействия волн на дно	<p>Тот же; растительность представлена разреженным покровом мелких водорослей</p>	<p>Уклон дна увеличивается до 2°40'; рельеф скульптурно-грядовый; относительная высота неровностей 2—3 м</p>
<p>III. Подурочище — подводный береговой абразионно-скульптурный склон, отличающийся грядово-глыбовым рельефом на месте интенсивных дизъюнктивных нарушений</p>	10	От 0 до 15 м у мористой рамки планшета	<p>Свойства грунта соответствуют характеристике, данной II подурочищу; несколько большее развитие получают глыбы и щебень, распространенные в межгрядовых понижениях, на дне расщелин и желобообразных понижений</p>	<p>Наряду со скульптурно-грядовым рельефом развиты отрицательные линейные формы в виде расщелин, желобообразных понижений на месте расширенных абразией дизъюнктивных нарушений и трещин. Они разбивают породы на ряд блоков и</p>

Природные комплексы	Номер условного знака на карте (рис. 17)	Специальная интерпретация		
		Глубина	Грунт	Рельеф морского дна
<p>Тектогенные фации с плохо выраженной дифференциацией по глубинам:</p> <p>фации расщелин, расширенных абразией, приуроченных к дизъюнктивным нарушениям и трещинам</p> <p>фации желобообразных тектонических понижений, обусловленных дизъюнктивными нарушениями</p>	11	До 10—15 м	<p>Стенки расщелин сложены коренными породами, дно заполнено щебнем и глыбами</p>	<p>глыб прямоугольной, призматической, треугольной формы; факт интенсивной трещиноватости имеет важное значение при инженерно-геологической характеристике участка</p>

Чтобы наглядно графически отобразить пространственное сопряжение основных компонентов географических комплексов, связать их с особенностями изображения на аэрофотоснимках, закладываются ландшафтные профили. Их основу составляют батиметрические профили (как правило, их направление совпадает с нормалью к береговой линии, вкрест изобат). Различными условными знаками на них изображаются: геолого-структурное строение, фации современных морских отложений, донные биоценозы. Вертикальными линиями, разделяющими линию профиля на серию отрезков, показываются границы подводных морфологических комплексов. Ландшафтные профили проводятся так, чтобы пересечь то или иное изображение в направлении типичных смен характерных рисунков аэрофотоизображения (рис. 14). Описания природных особенностей морского дна и связанного с ними аэрофотоизображения разворачивается в интерпретационной таблице, прилагаемой к профилю (рис. 15, табл. 1).

Аэрофотоизображения ключевых участков и разработанные на их основе дешифровочные признаки оформляются в виде аэрофотографических эталонов (рис. 16). Составляется ландшафтная карта, содержащая синтез сведений о природе ключевого участка (рис. 17). Ее аналитическая интерпретация позволяет получить информацию об отдельных компонентах природы (табл. 2).

Перед аэрофотографическим эталонированием стоит задача отобразить наиболее существенные черты структуры подводных ландшафтов, являющейся индикатором геолого-геоморфологического строения морского дна. Аннотации к эталонам, раскрывающие дешифровочные признаки, включают словесное описание объектов и особенностей их фотоизображения, дополнительные иллюстрации в виде схем поконтурного дешифрирования, профи-

лей, графиков, подводных фотографий и т. п. Следует учитывать многоцелевую направленность аэрофотографических эталонов: один и тот же эталон может использоваться для характеристики и особенностей фотоизображения грунтов, и форм подводного рельефа, и геологического строения, и донных биоценозов.

Элементарными эталонами служат вырезки из аэрофотоснимков, характеризующие изображения подводных морфологических комплексов или четко выделяющихся физико-географических компонентов и изученные на ключевых участках. Они систематизируются в виде тематических таблиц и могут располагаться в порядке, отражающем классификационные подразделения подводных морфологических единиц литолого-стратиграфических комплексов, типов и форм подводного рельефа, современных морских геологических фаций, группировок бентоса и т. п.

Важное значение аэрофотографических эталонов состоит в том, что с их помощью может осуществляться камеральное и полевое дешифрирование материалов аэрофотосъемки, в том числе новых акваторий, методом экстраполяции дешифровочных признаков.

Под экстраполяцией понимается дешифрирование аэрофотоснимков непосещенных акваторий с помощью аэрофотографических эталонов и разработанных на их примере дешифровочных признаков. Экстраполяция дешифровочных признаков основана на типологических свойствах подводных географических комплексов. Возможны три вида экстраполяции (по Б. В. Виноградову).

1. Внутриконтурная экстраполяция осуществляется в пределах одного контура аэрофотоизображения. Размер ключевого участка меньше площади всего контура. Ареал экстраполяции ограничи-

баются площадью одного природно-территориального комплекса.

2. Внутриландшафтная экстраполяция осуществляется путем переноса дешифровочных признаков с изученного контура на контуры однотипных аэрофотоизображений, расположенных в разных местах. Для этого выбирается один наиболее характерный контур, в пределах которого закладывается ключевой участок и разрабатываются дешифровочные признаки. Экстраполяция производится преимущественно по контурам однотипных подводных уро-

чиц. Ареал экстраполяции ограничивается границами одного подводного ландшафта.

3. Межландшафтная экстраполяция проводится путем изучения ландшафтов-аналогов и переноса установленных дешифровочных признаков на территории непосещенных ландшафтов, однотипных с изученными. Ареал межландшафтной экстраполяции связан с рубежами физико-географического районирования. Достоверность экстраполяции тем выше, чем ближе в классификационной системе и в сетке районирования лежат ландшафты-аналоги.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АЭРОФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ К ВИДУ, УДОБНОМУ ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

На аэрофотоснимках фиксируются не только объекты, выявлением которых занимается тот или иной вид специального дешифрирования, но и все многообразие компонентов географического ландшафта, создающего фон, на котором иногда теряются элементы изображения, несущие полезную информацию. Контрастность изображений изучаемых объектов бывает значительно меньшей по сравнению с контрастностью изображения объектов фона. Дешифрирование аэрофотоизображений морского дна осложняется еще и тем, что интенсивность освещенности его поверхности зависит от глубины моря.

Различные методы преобразования аэрофотоизображений позволяют ослабить изображение объектов фона и усилить изображение изучаемых объектов, произвести обобщение контуров, выделить объекты, имеющие одинаковое простираие, и т. д. С помощью комплексного использования методов преобразования представляется возможным произвести кодирование фотоизображений объектов разных классов и тем самым частично автоматизировать как процесс дешифрирования, так и получение различных количественных характеристик, отображенных в фотографических моделях объектов.

Методика фотографической фильтрации аэрофотоснимков предусматривает использование трех основных методов: 1) маскирования, 2) эквиденситного и 3) растрового.

1. Метод маскирования основан на применении фильтра-маски при печати с исходного аэрофотонегатива. Такой фильтр представляет собой резкое или нерезкое позитивное изображение исходного негатива на прозрачной основе. Путем контактной печати с негатива, совмещенного с маской (фильтром), получают преобразованное изображение с уменьшенным общим и увеличенным местным контрастом. Это позволяет улучшить проработку изображений мелких деталей на глубине.

Подчеркивание контуров, а также ритмических особенностей фоторисунка достигается методами усиления. К их числу относится метод сложения оптических плотностей со сдвигом негатива и позитива, в результате чего возникает «псевдорельефное» изображение.

2. Эквиденситный метод предусматривает выделение участков изображения разной оптической плотности. Это может быть достигнуто, например, путем использования эффекта Сабатье. Эффектом Сабатье называют обращение изображения, кото-

рое наступает после вторичной равномерной засветки фотографического слоя, ранее проэкспонированного и проявленного, но неотфиксированного. Иными словами, если проэкспонированный и проявленный, но неотфиксированный фотослой подвергнуть вторичной равномерной засветке, а затем вновь проявить и отфиксировать, наступает обращение, т. е. возникает позитивное изображение. Путем подбора 1-й и 2-й экспозиций и условий 1-го и 2-го проявления с помощью эффекта Сабатье можно получить не полное обращение изображения, а выделить некоторый интервал оптической плотности — эквиденситу. Эквиденсита в форме линии или области характеризует геометрическое место равных почернений в преобразованном изображении.

Имеются и другие технологические варианты эквиденситного преобразования изображений, обеспечивающие получение с одного и того же исходного изображения эквиденсит, передающих разные интервалы оптической плотности.

Следующим этапом преобразования изображений является кодирование эквиденсит условными знаками или цветом.

При контактной печати раstra той или иной структуры (линейного, точечного и т. п.) с эквиденситным (силуэтным) изображением можно получить своеобразную карту-схему, на которой разными условными знаками показаны различные природные объекты, отличающиеся друг от друга характером фотоизображения.

Наилучшие результаты достигаются при кодировании эквиденситных изображений условным цветом. Такие изображения поддаются дешифрированию значительно легче, чем черно-белые.

3. Растровый метод предусматривает проекционное оптическое сопряжение пространственно разделенного исходного аэрофотонегатива (с выделенными контурами) и, например, линейного полупрозрачного раstra. Такое сопряжение образует оптическую систему, которая эквивалентна действию цилиндрической оптики. При вращении раstra происходит структурное преобразование пучка лучей, проходящих через негатив и растр, в результате чего удается получить различия в яркости для разнонаправленных геометрических элементов исходного негатива. Этот эффект может быть зафиксирован на светочувствительной пленке в виде преобразованного изображения с выделенными линейными элементами исходного изображе-

ния, которые были перпендикулярны к линейатуре раstra.

Наряду с фотографическими методами преобразования изображений в последнее время интенсивно развиваются оптические и электронные методы преобразований с применением вычислительной техники. Это определяет пути дальнейших исследований в области преобразования изображений, которое является лишь одним из этапов решения общей проблемы автоматизации дешифрирования аэроснимков.

Ниже рассматривается применение комплекса методов фотографической фильтрации аэрофотоизображений морского дна при геологическом дешифрировании.

Улучшение визуального восприятия аэрофотоизображений. Методы фотографической фильтрации позволяют преобразовать исходное аэрофото-

Полевое дешифрирование аэрофотоснимков позволяет получать достоверную информацию о природе, распространении и взаимоотношениях объектов и явлений на морском дне. Это необходимый этап работ как при общенаучном изучении и картировании морского дна, так и при поисках минеральных полезных ископаемых и иных природных ресурсов на внутреннем шельфе морей. В процессе полевого дешифрирования разрабатываются дешифровочные признаки, проверяются результаты камерального (предварительного) дешифрирования, собираются образцы и другой фактический материал для комплексной характеристики природы изучаемой акватории.

Полевое дешифрирование материалов аэрофото съемки морского дна объединяет широкий комплекс экспедиционных исследований, включающий аэровизуальные наблюдения, работы на берегу и в море. В процессе аэровизуальных наблюдений знакомятся с общим строением прибрежных участков дна и суши: отмечают участки дна с выходами коренных пород, характер их залегания и нарушений, описывают различные формы абразионного и аккумулятивного рельефа, фиксируют заросли подводной растительности и т. п. Эти данные в последующем используются при планировании морских работ. Цель работ на берегу — уточнение или изучение нормального литолого-стратиграфического разреза, знакомство с геолого-структурными, геоморфологическими и ландшафтными особенностями района, а также выработка признаков дешифрирования природных объектов, отобразившихся на снимках прибрежной части суши. Особое внимание при этом обращается на фоторисунки тех горизонтов и свит горных пород, которые прослеживаются с суши в море.

При проведении морских работ на акваториях, где дно получило интегральное тоновое без специфического рисунка аэрофотоизображение, создается равномерная сеть профилей и расположенных на них станций. Профили чаще всего закладываются перпендикулярно к береговой линии в виде ряда

изображение таким образом, чтобы на преобразованном изображении облегчалось дешифрирование элементов геологического строения, слабо выраженных на исходном снимке (рис. 18).

Выделение изображений объектов с однородными фотометрическими и геометрическими свойствами. Используя комплекс методов фотографической фильтрации аэрофотоизображений, можно выделять элементы структуры подводного ландшафта, однородные по фотометрическим и геометрическим свойствам (рис. 19—22).

Картирование. Группировка и кодирование условными знаками однородных по фотометрическим или геометрическим свойствам элементов структуры подводных ландшафтов позволяет получать карты-схемы, представляющие практический интерес при решении специальных задач геологического дешифрирования (рис. 23).

ПОЛЕВОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ (техника морских работ)

параллельных маршрутов. Станции на профилях приурочивают к определенным глубинам: например, при глубинах до 10—20 м через каждые 2 м; при глубинах от 10—20 до 30—40 м через 5 м; при монотонном рельефе дна их делают через равные расстояния 200—300 м. Вообще расстояния между точками и параллельными маршрутами задаются в зависимости от масштаба и детальности работ. При этом могут быть приняты протяженность маршрутов и количество точек наблюдений, рекомендуемые при геологосъемочных работах соответствующие масштабы на суше. Например, при съемке в масштабе 1:50 000 в районе со сложным геологическим строением на 1 км² рекомендуется протяженность маршрута 2,4 км и 4—5 точек наблюдений. Аналогичной организации морских работ придерживаются, если материалы аэрофотосъемки вообще отсутствуют.

Преимущества аэрофотометода проявляются при наличии фоторисунков, отображающих разнообразную ландшафтную структуру внутреннего шельфа. Работы ведутся целенаправленно. Поскольку в процессе предварительного дешифрирования может быть выявлено простираие горных пород, маршруты планируются не перпендикулярно к береговой линии, а вкрест простираия пород и основных структурных элементов дна. Наличие фоторисунков позволяет сгущать или разрежать частоту маршрутов или станций на маршрутах, а также закладывать станции между профилями. В ходе морских работ, осуществляемых с борта судна, применяются методы морской геофизики.

РАБОТА С БОРТА СУДНА

Определение в море. Определение местоположения на профиле или на станции — важнейшее условие работ, проводимых в море. Не менее важно бывает при изучении морского дна точно выйти в заранее выбранную по фотосхеме или морской

карте точку. Успешное изучение морского дна возможно лишь в том случае, если при полевых исследованиях местоположение всех станций наблюдений и линий профилей точно определено и нанесено на морскую карту и фотосхему. Определение местоположения корабля в море по видимым ориентирам производится способами прямой или обратной засечек.

При прокладке точек на фотосхеме следует учитывать ошибки как самого монтажа, так и аэрофотоискажений, совокупность которых может привести к значительным неточностям. Для точного выхода корабля на определенный рисунок аэрофотоизображения производится его наводка с самолета. При отсутствии ориентиров место корабля в море определяется путем счисления по курсу и расстоянию, измеренному лагом или вычисленному по известной скорости корабля. Метод счисления дает не очень высокую точность определения, так как течения, ветер и волнение сносят судно с курса и делают его скорость непостоянной. Высокую точность определения скорости судна дает автономная звуковая доплеровская система «Сонар». Она работает на принципе измерения доплеровского смещения звукового сигнала (двух пар лучей) при его отражении от дна моря. Ошибка при глубине до 200 м составляет 0,5%.

Большие успехи достигнуты в развитии электронных навигационных систем, в том числе систем спутниковой навигации. Точность определения колеблется от ± 1000 до ± 1 м, причем удаление от берега не имеет значения. Электронно-навигационные системы, сочлененные с координатором и курсопрокладчиком, позволяют автоматически вести судно по курсу. Однако их использование при работе на малокаботажных судах ограничено, так как последние обычно лишены соответствующего оборудования. Широкое применение при работах на внутреннем шельфе могут найти легкие радиогеодезические системы, например станция «Чайка» (гидрографического предприятия Министерства морского флота СССР), представляющая собой малогабаритную фазовую систему, работающую в варианте радиолога. Она состоит из задающей судовой и двух отражающих береговых станций. Точность определения не ниже 5 м.

Сбор образцов механическими пробоотборниками. При работе с борта судна основными орудиями, с помощью которых образцы достаются со дна, являются грунтовые трубки, дночерпатели, драги и тралы. Специальная установка, смонтированная на экспедиционном судне, позволяет производить колонковое бурение в море.

Механические пробоотборники опускаются на дно на лебедках различного типа. Работа с тяжелыми грунтовыми трубками, большими дночерпателями, драгами и тралами массой в несколько сотен килограммов, ведется с особых механических лебедок (траловых и др.). При работах на мягких илистых грунтах используются грунтовые трубки; для сбора твердых и грубых грунтов (гальки, гравия, иногда песка) большинство трубок непригодны или малоприспособлены. Такие грунты собираются дночерпателями. Для получения проб с каменистого дна применяются драги.

Образцы грунта, приносимые трубками и имеющие вид колонок, позволяют судить не только

о самом поверхностном слое морского дна, но и о более глубоких слоях. В отличие от грунтовых трубок дночерпатели захватывают только пробу поверхностных слоев грунта, часто доставляя ее в перемешанном виде. При этом они приносят грунт с гораздо большей площади дна, чем грунтовые трубки. Добываемые дночерпателями пробы обычно велики по объему и могут содержать крупные гальки и валуны, которые трубками никогда не берутся. Поэтому для получения более полного представления о характере грунта в тех случаях, когда это необходимо, приходится на одной и той же станции работать и трубками, и дночерпателями.

Существует большое разнообразие конструкций грунтовых трубок и дночерпателей, отличающихся друг от друга принципом работы, устройством, массой и размерами.

ПОДВОДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Непосредственный осмотр и описание дна, сбор образцов, фотографирование под водой имеют первостепенное значение при полевом дешифрировании аэрофотоснимков внутреннего шельфа. Подводные исследования, проводимые самими научными сотрудниками, дают наиболее ценный и достоверный фактический материал. Организация работ предусматривает выбор соответствующего типа водолазного снаряжения, комплектацию необходимого оборудования, приборов и инструментов. Подводное телевидение позволяет сократить число водолазных спусков; автономные телевизионные установки дают возможность осматривать дно на больших глубинах.

Работа в водолазном снаряжении. Подводные исследования обеспечиваются как простейшими приспособлениями для ныряния (маска, ласты, дыхательная трубка), так и специальным водолазным снаряжением. Известны четыре типа последнего: вентилируемое, автономное на кислороде и сжатом воздухе, шланговый аппарат ШАП-40. Как показывает практика, наиболее удобными и экономичными типами водолазного снаряжения для целей дешифрирования аэрофотоснимков морского дна являются автономные легководолазные аппараты на сжатом воздухе (акваланги) и шланговый аппарат ШАП-40.

Образцы каменного материала отбираются под водой с помощью геологического молотка. Молоток под водой теряет часть веса, поэтому желательно пользоваться кувалдой или колуном. Пластичные породы (глины) режутся ножом. Рыхлый материал берется совком или руками. В случае необходимости лопатой копаются шурфы. Образцы животных и растений со дна берутся с определенной площади. Последняя (от 1×1 м² и менее) ограничивается линейкой или специальными мерными вилками и рамками. Обрастания срезаются ножом или скребком.

Образцы складываются в мешочки. На мешочках из белой ткани под водой можно делать надписи или ставить номера простым карандашом. Эти пометки помогают на борту судна разобраться в порядке и местах взятия проб. Для удобства переноски многочисленных мешочков с образцами и мелких предметов используется сумка. Для записей и зарисовок служит пластинка белой пластмассы

размером 20×10 см. Записи ведутся простым мягким карандашом. Чтобы карандаш лучше ложился на пластмассу, поверхность пластинки предварительно зачищается мелкой наждачной шкуркой. Для удобства масштабных зарисовок на одной стороне пластинки наносится (выцарапывается) сантиметровая сетка. Карандаш с пластинки хорошо стирается обычной резинкой.

Линейные размеры небольших объектов снимаются водолазной линейкой; значительные расстояния измеряются мерным шнуром. Азимут и угол падения пластов коренных пород измеряют с помощью горного компаса, заключенного в водонепроницаемый бокс. Используется простейшая конструкция: ящичек, в котором находится компас, закрывается крышкой из прозрачной пластмассы. Следует обратить внимание на раскраску стрелки компаса. Синий (север) и красный (юг) цвета непригодны, так как на большой глубине и тот и другой смотрятся как черный. Удобнее всего черная (север) и белая (юг) раскраска стрелок. Во избежание искажений в отчетах при изготовлении бокса необходимо проследить, чтобы его стенки были параллельны плоскостям корпуса компаса.

Водолаз может записать рассказ о своих наблюдениях на магнитофон. Для этого используются портативные модели диктофона. Запись ведется или непосредственно под водой, или передается по телефонному кабелю на борт судна.

Подводное фотографирование — это необходимая часть подводных исследований и вместе с тем самостоятельный метод изучения природы морского дна. Подводные фотографии документируют и иллюстрируют наблюдения водолаза; благодаря им в спокойной обстановке, в камеральных условиях, можно неоднократно возвращаться к анализу сфотографированных объектов. Подводная стереофото съемка морского дна позволяет производить точные измерения подводных объектов средствами фотограмметрической техники. К сожалению, площади дна, доступные подводной фотосъемке, ограничены немногими метрами в силу неблагоприятного влияния толщи воды.

Для подводных съемок рекомендуются заключенные в специальные боксы пленочные малоформатные камеры типа «Зенит», «Старт» с зеркальным видоискателем, являющимся одновременно дальномером; у этих камер отсутствует параллакс, а фокусировка и диафрагмирование находятся под полным контролем фотографа.

Необходимо, чтобы фотоаппарат, предназначенный для съемки под водой, имел короткофокусный объектив с достаточно большим углом зрения. Чем шире угол зрения объектива, тем большая площадь дна попадает в его поле, тем, следовательно, больше фотограф может приблизиться к снимаемому объекту, тем меньше между объективом и объектом будет слой воды, а следовательно, тем отчетливее и контрастнее будет изображение. Короткофокусные широкоугольные объективы удобны для подводного фотографирования еще и потому, что они обладают большой глубиной резкости даже при полностью открытой диафрагме.

Подводные сюжеты имеют небольшой контраст, поэтому снимать следует на контрастных пленках. На больших глубинах, где освещенность плохая, требуются пленки высокой чувствительности. Применение высокочувствительных пленок выгодно еще

и потому, что позволяет уменьшать отверстие диафрагмы, благодаря чему увеличивается глубина резкости и, следовательно, у подводного фотографа меньше забот с наведением на фокус. Поглощение водой длинноволновой части спектра и рассеяние коротковолновой (под водой господствует зеленоватое-синее освещение) подсказывает выбор пленок, сенсibilизированных к средней части спектра. Наилучшей в этом отношении является черно-белая пленка РФ-3, используемая в рентгеноскопии, она к тому же контрастна, высококонтрастна и относительно мелкозерниста. На небольшой глубине (до 5 м) при хорошей освещенности и прозрачности, когда специфика подводных условий выражена еще не очень сильно, можно фотографировать на панхроматическую и цветную пленки. Для устранения водяной дымки, вызванной рассеянием света в воде, при съемке объектов, расположенных на удалении более 2—3 м, рекомендуются светофильтры ЖС-12 и ЖС-18.

Автоматические подводные фотоаппараты применяются главным образом при изучении больших глубин. Однако это не исключает их использования при изучении морских мелководий. Различают камеры контактного действия, экспонирующие кадр в момент касания дна, и буксируемые аппараты. Последние пригодны при съемке на выровненных участках: большой запас пленки, ее автоматическое перематывание, электронные лампы-вспышки обеспечивают съемку профилей дна на протяжении многих километров.

Подводное телевидение. В ряде случаев, например при контроле материалов камерального дешифрирования, непосредственный осмотр дна может быть заменен анализом его изображения на экране телевизора. В неблагоприятных условиях (большая глубина, холодная вода и т. п.), когда водолазные спуски затруднены или вообще невозможны, подводное телевидение остается одним из немногих способов осмотра дна на значительных площадях практически неограниченно долгое время. Отечественной промышленностью выпускается телевизионная установка марки АПТ-2П, предназначенная для наблюдения за подводными объектами на глубинах до 100 м (рис. 24).

Основное назначение подводной телевизионной установки — осмотр дна на контрольных станциях. Однако, начиная работы в новом районе, необходимо накопить опыт по опознанию и характеристике подводных объектов по их телевизионному изображению. Работы при этом проводятся на ключевых участках, характеризующихся наличием тех или иных типичных объектов. Передачи ведутся водолазом-оператором. Сотрудники, оставшиеся на борту судна, следят за изображением на экране телевизора, фотографируют его, опознают и описывают по нему различные подводные объекты. Движения водолаза направляются командами, передаваемыми с борта судна; в то же время водолаз ведет передачу на борт корабля, соотносясь с особенностями природы дна, наблюдаемыми непосредственно под водой. Телевизионные наблюдения корректируются данными подводных исследований и увязываются с характером изображения определенных объектов на аэрофотоснимке. Фотографии типичных подводных объектов, сделанные с экрана телевизора, принимаются за эталоны телевизионного изображения (рис. 25, 26).

Следует оговориться, что непосредственное визуальное восприятие телевизионного изображения подводных объектов дает несравненно больше, чем анализ фотографий, полученных с экрана телевизора, поэтому фотографические эталоны телевизионного изображения подводных объектов имеют ограниченное применение. Наиболее совершенный способ — видеозапись подводных телевизионных передач и их повторный просмотр в камеральных условиях совместно с водолазом-оператором.

При работе на контрольных станциях батисфера с передающей телевизионной камерой опускается на дно автономно без водолаза. Расстояние до дна зависит от прозрачности воды и желаемого масштаба изображения; как правило, оно колеблется от нескольких десятков сантиметров до 2—3 м. Опознавание и характеристика подводных объектов на контрольных станциях осуществляются по телевизионному изображению на основе опыта, накопленного при изучении ключевых участков. Данные телевизионных наблюдений на контрольных станциях дополняются взятием образцов со дна механическими орудиями. В благоприятных условиях передача ведется буксируемой камерой. Известны примеры непрерывных телевизионных профилей дна длиной до 80 км.

МЕТОДЫ МОРСКОЙ ГЕОФИЗИКИ

Геофизические методы морских исследований (сейсмоакустика, гравиметрия, магнитометрия, радиометрия, электроразведка) основаны на регистрации физических полей земной коры, как естественных, так и искусственно возбужденных. Они широко используются для выявления и картирования геолого-структурного строения морского дна, геофизических аномалий, с которыми могут быть связаны полезные ископаемые. К методам морской геофизики, которые обязательно входят в комплекс работ по полемому дешифрированию аэрофотоснимков дна морских мелководий, относится применение техники гидро- и сейсмоакустики: эхолота, геолокатора, сонарных систем бокового обзора.

Эхолотирование. Для экспедиционных работ в береговой зоне моря рекомендуется использовать переносные промерные эхолоты-самописцы типа ПЭЛ-2 и ПЭЛ-3. Благодаря портативности они устанавливаются на любых плавучих средствах: от экспедиционных судов до шлюпок.

Разнообразные формы подводного рельефа, различные по очертанию в профиле, получают специфическую запись на регистрограммах эхолота (рис. 27). С помощью эхолота можно установить распространение в береговой зоне моря скульптурных форм рельефа, образованных в результате преобразования устойчивых к разрушению горных пород; форм аккумулятивного рельефа, образованных под воздействием активных гидродинамических процессов; площадей аккумулятивного выравнивания с плоским рельефом. На эхограммах отображаются такие своеобразные геоморфологические объекты, как конусы и кратеры подводных грязевых вулканов, подводные каньоны; с помощью эхолота могут быть обнаружены затопленные субаэральные формы рельефа: уступы террас, береговые валы, речные долины. Характер подводного рельефа, отображенный на эхограммах, является важным при-

знаком, облегчающим дешифрирование аэрофотоснимков морского дна.

При выборе места и направления эхолотных профилей руководствуются в основном анализом материалов аэрофотосъемки дна морских мелководий; профили должны пересекать все характерные фоторисунки. Для планирования эхолотных промеров используются также крупномасштабные морские карты; главное направление эхолотных профилей выбирается вкrest простирающихся изобат (перпендикулярно к берегу). Для изучения морфологии подводных долин или скульптурных гряд, отходящих от берега под углом, близким к прямому, эхолотные профили проводят параллельно берегу. При изучении отдельных форм рельефа, расположенных вдали от берега изолированно на морском дне (например, различных банок), рекомендуется многократное их пересечение эхолотными профилями под разными румбами.

Работы на акватории могут координироваться с помощью радиолокационной станции РЛС относительно буй в уголковыми отражателями, установленного в центре участка. Место буйа определяется и наносится на карту или фотосхему. РЛС позволяет обнаружить буй с отражателем 50×50 см, расположенными на высоте 5 м, на расстоянии до 6 миль и достаточно надежно определить место судна относительно такого буйа. Средняя квадратическая погрешность определения места судна по заякоренному бую с помощью РЛС характеризуется величиной порядка ±0,1 мили. При эхолотной съемке с помощью РЛС рекомендуется спиральное, расходящееся расположение галсов с периодическим определением места судна и одним или двумя контрольными галсами, заканчивающимися выходом на буй. Спиральные галсы имеют то преимущество, что при сравнительно небольшой затрате времени позволяют получить систему взаимно перпендикулярных профилей дна, значительно облегчающих выявление особенностей подводного рельефа.

Разработаны кодовые устройства, обеспечивающие одновременно с графической записью профиля регистрацию информации в цифровой форме, удобной для ввода в ЭВМ. Это дает возможность перейти от визуального изучения эхограмм к их машинной обработке, составлению цифровых моделей дна и количественной характеристике подводного рельефа.

Определение грунтов с помощью эхолота. Сущность метода заключается в наблюдении за характером эхоимпульсов по электроннолучевому осциллографу; последний используется в виде самостоятельной приставки к эхолоту.

Эхолот излучает импульсы примерно постоянной длительности и формы. Если этот ультразвуковой импульс принять непосредственно на вибратор-приемник, то на экране осциллографа получится импульс приблизительно постоянной амплитуды и длительности. При отражении же от грунта форма, амплитуда и длительность принятого ультразвукового импульса и, следовательно, изображение на экране осциллографа будут изменяться в зависимости от характера грунта. Имея набор эталонных изображений эхоимпульсов на экране осциллографа, предварительно проверенных взятием проб грунта, можно с некоторым приближением судить

о характере грунтов по изображению эхоимпульсов на экране осциллографа путем сличения получаемых изображений с эталонными.

Например, экспериментальные работы, проведенные С. А. Бузо [5], позволили выделить следующие типы эталонных изображений: 1) многопиковые приблизительно одной амплитуды — неровное дно, сложенное скальным грунтом; 2) многопиковые разной амплитуды — маломощный слой вязких илистых грунтов на подстилающих скальных грунтах; 3) однопиковые больших амплитуд, но сжатые по оси времени — песчаные или гравелистые грунты; 4) однопиковые малых амплитуд, растянутые по оси времени, — вязкие илистые грунты. Достоверность определения типа грунта с помощью осциллографа, подключенного к эхолоту, по данным С. А. Бузо [5], составляет 94%.

В США запатентован эхолот с оптическим устройством, обеспечивающим информацию в виде трехцветных (красно-зелено-синих) графиков. В предлагаемом устройстве принятые отраженные от дна сигналы через дискриминатор с полосовыми фильтрами преобразуются в последовательность импульсов, соответствующих разным частотам. Эти импульсы воздействуют на импульсные лампы, свет от которых распределяется по цвету специальной зеркальной системой и поступает затем на цветную фотобумагу, укрепленную на барабане фоторегистратора. Работа оптического регистратора синхронизирована с работой приемно-излучающего тракта эхолота. В конечном счете, о характере грунтов можно судить по цвету графика, рисуемого эхолотом.

Геолокация. В ходе эхолотных промеров было обращено внимание на то, что в некоторых случаях звуковой импульс проникал в грунт и по характеру записи иногда удавалось судить о стратификации осадков, их мощности и погребенном рельефе. Эффект звукового зондирования геологического строения морского дна послужил основой для создания аппаратуры и разработки метода звуковой геолокации. Существуют геолокаторы различных классов, отличающиеся по глубинности и разрешающей способности. Используется широкий диапазон рабочих частот от верхних звуковых до инфразвуковых (сейсмических) колебаний. Геолокаторы, работающие на высокочастотных импульсах, обладают высоким разрешением, но низкой глубинностью по породам; источники инфразвуковых колебаний дают низкие разрешения и большую глубинность.

Геолокаторные профили-разрезы позволяют с высокой эффективностью решать задачи геологического изучения морского дна, получать данные об элементах залегания пластов, о наличии дизъюнктивных нарушений, угловых несогласий, судить о мощности современных отложений и их стратификации, выявлять формы погребенного рельефа и т. д. Особенно большое значение этот метод имеет для выявления геолого-структурного строения дна, антиклинальных и синклиналиных перегибов и их соотношений (рис. 28). При полевом дешифрировании аэрофотоснимков геолокация позволяет правильно расшифровать изобразившиеся на снимках складки; установить возрастную последовательность стратиграфических подразделений, отражающихся на аэрофотоснимках разными фоторисунками, и тем самым признаки их дешифрирования.

Принцип действия геолокатора состоит в излучении звуковых сигналов высокой интенсивности; частично импульсы отражаются от поверхности дна, а частично проникают в горные породы, слагающие дно, где также отражаются от границ, разделяющих породы с различными акустическими жесткостями; отраженные импульсы, попадая в приемник, преобразуются и регистрируются самописцем. Метод звуковой геолокации позволяет получать непрерывный акустический разрез морского дна по породам до глубин (в зависимости от типа геолокатора) от первых десятков до сотен и даже тысячи метров (рис. 29). Дальнейшее совершенствование аппаратуры направлено на увеличение глубинности ее действия при сохранении высокой разрешающей способности записи. Регистрация информации в цифровой форме и ее обработка на ЭВМ позволяет фильтровать помехи, выделять слабые по сравнению с уровнем помех сигналы, составлять объемные модели геолого-структурного строения морского дна.

Нормальная работа геолокатора зависит от ряда природных факторов, к числу которых относятся поглощающие свойства пород и мощностей напластований, углы падения пластов, коэффициенты отражения на границах раздела, а также ряд специфических факторов (кавитация, шумы моря, волнение, скорость судна и др.).

При выборе мест и направлений геолокаторных профилей большое значение имеют данные предварительного геологического дешифрирования аэрофотоснимков дна морских мелководий, позволяющие выявить подводные геологические структуры, простирающиеся пород и т. п. С помощью аэрофотоснимков геолокаторные профили проводятся более целесообразно: вкrest простирающихся пород, поперек геологических структур. На закрытых акваториях геолокаторные профили намечаются по морским крупномасштабным картам: вкrest простирающихся изобат, перпендикулярно к берегу и через места с отличительными глубинами (подводные возвышенности и впадины). При обследовании изолированных участков, расположенных вдали от берега, можно применять методику проведения галсов, рекомендованную выше для эхолотной съемки в аналогичных условиях.

Сонарные системы бокового обзора. За рубежом при изучении и картировании морского дна успешно применяется сонарная аппаратура, позволяющая получать изображение, которое с некоторыми оговорками можно признать подобным изображению дна на плановых аэрофотоснимках. Важное достоинство сонарной съемки состоит в получении изображения дна при значительно большей глубине, чем при аэрофотосъемке. Современные модели сонаров с боковым обзором дают изображение дна при глубине моря до нескольких сотен метров; ширина полосы, охватываемая съемкой по одну сторону от курса судна, около 700 м.

Материалы сонарной съемки применяются при изучении геологической структуры морского дна в местах выходов материнских пород. Они необходимы при быстрой рекогносцировке с целью выбора мест под различные инженерные сооружения (при строительстве буровых платформ, эстакад, прокладке трубопроводов и т. п.). Сонарная съемка позволяет оконтуривать фации различных по лито-

логии современных морских осадков (илы, пески, гравийно-галечниковые отложения). На континентальном шельфе США, например, с помощью сонара были закартированы такие мелкие объекты, как песчаная рябь с валиками высотой 10 см и расстоянием между их гребешками около 0,5 м, а также различные литологические типы донных осадков и места выходов горных пород.

Принцип действия сонарных систем бокового обзора состоит в следующем. Звуковые сигналы испускаются излучателями по обе стороны от «рыбины», буксируемой за судном; звуковые волны «освещают» на дне две трапецеидальные площадки; отражаясь от дна, эхо-сигнал попадает в приемник и регистрируется в графической форме на ленте самописца. В результате площадной съемки дна с помощью сонара с боковым сканированием можно получить изображение обширных пространств морского дна, подобное фотосхеме площадной аэрофотосъемки (рис. 30, 31).

Широкому внедрению сонаров с боковым обзором в практику морских геологических работ противостоит ряд недостатков существующего оборудования. Принятая ныне графическая форма записи изображения морского дна с помощью самописцев обычного типа, применяемых в некоторых прецизионных эхолотах, содержит большие планиметрические искажения. Дополнительные помехи в записи возникают из-за того, что направленный в воду

звуковой сигнал возвращается не только в виде одиночного отражения; он может отражаться от предметов в толще воды, а при определенных условиях и от поверхности моря; иногда обратные сигналы вообще не фиксируются приемниками. Известны следующие причины этого явления: дно моря имеет уклон от судна или находится в зоне звуковой тени; звуковой сигнал поглощается пузырьками воздуха в воде, может быть потерян в результате преломления и отклонения в сторону от приемника.

Исследования по дальнейшему усовершенствованию техники сонарной съемки ведутся. Разрабатываются новые модели приборов с большей глубиной и шириной охвата полосы дна. Созданы системы, в которых наряду с плановым изображением получается геолокаторный профиль-разрез морского дна. Запись эхо-сигнала в цифровой форме позволяет использовать ЭВМ для обработки данных с последующей автоматизацией процесса построения карт морского дна.

Сонарные системы бокового обзора могут оказать существенную помощь при геолого-геоморфологическом изучении и картировании морских площадей. Особенно следует отметить значение сонарной съемки для проверки данных анализа материалов аэрофотосъемки, экстраполированных на те участки моря, для которых невозможно получить аэрофотографические изображения.

ПРЕДМЕТЫ И ЯВЛЕНИЯ В ТОЛЩЕ ВОДЫ, НА ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ И В АТМОСФЕРЕ

Предметы и явления, находящиеся или возникающие в толще воды, на ее поверхности и в атмосфере. Это делается по типичным признакам дешифрирования или путем сравнения аэрофотоснимков одного и того же участка моря, полученных в разное время.

Предметы и явления, свойственные толще воды, поверхности моря и атмосфере, под действием ветра, волн и течений быстро меняют свое местоположение и конфигурацию, в то время как подводные объекты морского дна, как правило, изменяются и перемещаются чрезвычайно медленно, что и устанавливается путем повторного фотографирования одних и тех же участков морского дна. Однако к повторному фотографированию приходится прибегать сравнительно редко, так как исследуемые предметы и явления в большинстве случаев также опознаются на аэрофотоснимках по характерным признакам дешифрирования.

На аэроснимках наряду с объектами морского дна отображаются следующие предметы и явления: волны, блики (отражение прямых солнечных лучей зеркальной поверхностью воды или склонами воли), барашки, разбивающиеся валы зыби, волны, образующие прибой и буруны, ветровые полосы, полосы скоплений поверхностно-активного вещества, полосы пены, мутной воды, плавающая растительность, массовое скопление планктона, пленки нефти, продукты выбросов подводных грязевых вулканов, выходы газов, тени от облаков и облака, следы, оставляемые на поверхности моря идущими судами и т. п.

Внешний облик поверхности моря часто определяется наличием поверхностно-активных пленок, связанных с присутствием в воде маслянистых веществ. Последние попадают на поверхность моря в результате загрязнения воды нефтью, смазочными веществами, жировыми веществами, оставляемыми позади косяков рыб, зоо-, а иногда и фитопланктоном и т. д.

Поверхностно-активные пленки вызывают гашение волн, в связи с чем при волнении на участках распространения этих пленок на аэрофотоснимках отсутствуют изображения солнечных бликов. В результате поверхность моря приобретает различные узоры, отражающие особенности распространения поверхностно-активных пленок. Например, эти узоры фиксируются на аэрофотоснимках в виде «ветровых полос» (рис. 43), когда на фоне пестрого изображения, характерного для взволнованной поверхности моря, покрытой бликами, наблюдаются полосы темного тона, соответствующие участкам гладкой поверхности воды, что обусловлено гасящим действием поверхностно-активных пленок, вытянутых под влиянием ветра в виде полос неправильных очертаний.

При достаточном сильных ветрах в поверхностных слоях моря возникают своеобразные течения, получившие название лангмюровских вихрей. По

данным И. Лангмюра и других исследователей [13]; ветер создает своеобразные течения, совпадающие с его направлением и ориентированные перпендикулярно или под некоторыми углами к фронту волн. Экспериментальные работы свидетельствуют, что в таких течениях частицы воды участвуют одновременно в поступательном и вращательном движениях, причем в расположенных рядом вихрях водные частицы описывают спирали по часовой стрелке и против (рис. 40).

Таким образом, в поверхностном слое воды наблюдаются спиралеобразные вихри с горизонтальной осью, параллельной направлению ветра, при этом происходит чередование вихрей с противоположными направлениями движения водных частиц, т. е. в одних вихрях частицы движутся в сторону дна, а в расположенных рядом — от дна к поверхности моря (рис. 40). Следовательно, при наличии лангмюровских вихрей в местах погружения частиц воды ко дну и встречи смежных вихрей, имеющих противоположные направления вращения, на поверхности моря происходит скопление плавающих предметов и веществ, например поверхностно-активных пленок (рис. 41), пены (рис. 42) и т. д. в виде узких вытянутых по направлению ветра полос. Эти полосы отчетливо изображаются и уверенно опознаются на аэрофотоснимках.

ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МОРЯ

Береговая зона моря образует особую структурную единицу ландшафтной оболочки, ограниченную естественными рубежами от ландшафтов суши и морских глубин. К ней относится узкая полоска суши, испытывающая воздействие прибоев, «земноводная» часть прибрежий, лежащая в интервале приливно-отливных вод, а также морское дно ниже нуля глубин в пределах внутренней части шельфа. За ее нижнюю границу принимается предел интенсивного воздействия волн на дно и подводная освещенность, обеспечивающая (при прочих благоприятных условиях) развитие пышного подводного растительного покрова. Своеобразие береговой зоны моря обуславливается ее положением на стыке основных природных сфер Земли — это арена взаимодействия процессов, протекающих на суше, в атмосфере, в толще морских вод и на дне. Береговая зона моря представляет собой целостную природную систему, образованную сочетанием взаимосвязанных компонентов: горных пород и современных морских осадков с присущими им формами рельефа, омывающих дно водных масс с их гидрологическими особенностями, группировок организмов, ведущих донный образ жизни; существенное значение имеют антропогенные факторы (хозяйственная деятельность человека).

Подводный ландшафт (физико-географический район) — это акватория, характеризующаяся общим планом геологического строения, определенными закономерностями формирования подводного рельефа и образования современных морских геологических фаций, однородностью гидрометеорологического режима (гидроклимата), своеобразием состава и распределения донных биоценозов. Под-

водные ландшафты отличаются единством зональных, аazonальных и вертикальных характеристик. Их акватория не пересекается границами регионов более высокого ранга. В сложном комплексе условий, определяющих своеобразие ландшафтов морских мелководий, выделяется шесть наиболее значимых: 1) географическое положение, 2) геологическое строение и рельеф, 3) характер связи с открытым морем (океаном) и положение в общей системе гидрологической циркуляции, 4) природные особенности бассейнов рек, питающих море, 5) характер водного баланса водоемов с затрудненным водообменом, 6) геологическое прошлое.

Мы подчеркиваем относительную однородность подводных ландшафтов, чтобы выделить их из ряда регионов высшего таксономического ранга. Вместе с тем контрасты внутри ландшафта могут быть столь значительны, что общая характеристика его природы без учета местных условий оказывается слишком схематичной. Дальнейшее расчленение ландшафта означает переход к морфологическим комплексам. Установлено, что подводным ландшафтам свойственна сложная внутренняя физико-географическая дифференциация. Последняя объясняется уже не закономерностями первого порядка (зональным, вертикальным и аazonальным делением), а связана с действием разнообразных местных условий. Эта дифференциация, как бы второго порядка, получила название внутриландшафтной или морфологической. Там, где природные условия сохраняют однородность на обширных пространствах морского дна, морфологическая структура подводных ландшафтов плохо выражена. В резкой морфологической дифференциации находят выра-

жение разнообразные аномалии (геологические, геоморфологические, гидрологические, бентосные), образующие в совокупности ландшафтные анома-

лии береговой зоны моря. Факторы морфологической дифференциации подводных ландшафтов береговой зоны моря отображены в табл. 3.

Таблица 3

Факторы морфологической дифференциации подводных ландшафтов береговой зоны моря

Местоположение	Звено		
	литогенное	гидрогенное	биогенное
Высота над нулем глубин, глубина Место на контуре извилистой береговой линии Удаленность от берега Форма микрорельефа; элемент формы мезорельефа (вершина, склон, подножье); относительная высота, экспозиция и крутизна склона	Выходы коренных пород: петрографический состав, текстура, трещиноватость, устойчивость к разрушению, особенности подводного выветривания Современные осадки: механический и минералогический состав, литодинамика, мощность, стратификация, особенности гипергенеза.	Энергетика: поток солнечной энергии, его распределение в зависимости от глубины, экспозиции и крутизны склона; температура Гидродинамика: приливы — отливы, прибой, волнение, течения Гидрохимия: соленость, растворенные газы, активная реакция (рН) Плодородие: биогенные и органические вещества, микроэлементы.	Растения, беспозвоночные; микроскопические животные и растения, микроорганизмы: видовой состав, доминирующие популяции; жизненные формы; вертикальное и горизонтальное сложение ценозов (ярусность, синузальность)

Ландшафтные аномалии и связанные с ними подводные морфологические комплексы должны привлечь внимание различных специалистов как индикаторы, указывающие на следы прошлых палеогеографических обстановок и особенности современных эндогенных и экзогенных физико-географических процессов. Метод специальной интерпретации морфологической структуры подводных ландшафтов может способствовать выявлению погрешностей геологических структур, установлению закономерностей концентрации россыпных месторождений полезных ископаемых. Применение к анализу морфологической структуры подводных ландшафтов экологической концепции дает ценный материал для познания закономерностей распределения биоценозов и обнаружения промысловых скоплений донных организмов.

Внутриландшафтные морфологические единицы обуславливают главные структурные особенности аэрофотоизображения береговой зоны моря. Содержащийся в описании подводных природно-территориальных комплексов анализ коррелятивных рядов используется в качестве косвенных и комплексных дешифровочных признаков при изучении геологического строения морского дна по аэрофотоснимкам (ландшафтный метод дешифрирования).

Подводные морфологические комплексы обладают ярко выраженными типическими свойствами. В сходных условиях даже за пределами одного ландшафта образуются территориально разобщенные, но в целом сходные виды морфологических единиц. Этим определяется в основном типологический подход к их изучению. Классификация сводит огромное разнообразие конкретных геоконструкций к определенному числу типологических группировок, что облегчает их изучение и разработку рекомендаций по использованию. Классификационные системы подводных морфологических комплексов кладутся в основу легенды крупномасштабных ландшафтных карт.

Внутренний шельф (береговая зона моря) отличается исключительным разнообразием и динамизмом морфологической структуры. Внешний шельф, как правило, характеризуется сравнительно слабой морфологической дифференциацией (разнообразие морфологических геоконструкций здесь меньше, а их размеры больше, чем в береговой зоне).

Сравнимость морфологической структуры подводных ландшафтов обеспечивается выделением следующих обязательных единиц: 1) морфологических комплексов горизонтального расчленения — фаций урочищ; 2) морфологических комплексов вертикального расчленения — зон, этажей. Существуют еще дополнительные категории морфологической дифференциации — это факультативные единицы (свойственные одним ландшафтам, они отсутствуют в других).

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ

Морфологическая дифференциация береговой зоны в горизонтальном направлении происходит под влиянием местных изменений комплекса природных компонентов: литогенной основы, микрогидроклимата, донных биоценозов. Существенное значение имеют особенности местоположения на контуре извилистой береговой линии или на пересеченном профиле дна. Основными единицами горизонтального расчленения береговой зоны являются подводные фации и урочища.

Фация является наименьшим элементарным подводным природно-территориальным комплексом. Она занимает одну форму микрорельефа или один элемент формы мезорельефа, расположена в определенном интервале глубин, сложена одной литологической разностью современных осадков или приурочена к однородным по петрографическим свойствам выходам коренных пород, характеризуется

одинаковым гидрологическим режимом, занята одним биоценозом. Структура подводных фаций весьма динамична, что обуславливает их быстрые смены в пространстве и времени.

Внутренняя структура фаций осложняется образованиями, которые, следуя предложению Б. В. Полюнова, мы называем предельными структурными элементами. Их размеры колеблются от нескольких сантиметров до первых метров; они могут быть связаны с грядками, отпрепарированными в результате абразии тонкослойной пачки пластов, мозаичностью в распределении горизонтальных синузид бентоса, знаками ряби на песчаном дне и т. д. Пестрая картина морфологической дифференциации береговой зоны моря может быть представлена мозаикой или рядами фаций.

Подводная фация на аэрофотоснимке получает изображение, обладающее однородным фоторисунком. Детали изображения соответствуют предельным структурным элементам. Закономерности формирования аэрофотоизображения (фото модели) фации иллюстрируются блок-схемой взаимодействия природных компонентов и процессов (рис. 53).

Урочище — старое русское слово; оно толкуется как наиболее примечательный, чем-либо выдающийся природный участок с хорошо выраженными границами. В ландшафтоведении «урочище» принято как специальный термин. Мы используем его для обозначения участков дна, связанных с мезоформами рельефа, одинаковых по происхождению и составу слагающих пород, развитых в сходных условиях микрогидроклимата, населенных особыми жизненными формами донных организмов, образующих специфичные биоценозы.

Подводное урочище — четко обособленная морфологическая единица с хорошо выраженными физиономическими особенностями. Подводные урочища определяют общие региональные особенности рисунка аэрофотоизображения береговой зоны моря. Общая картина морфологического строения, переданная составом и распределением подводных урочищ, является ключом к выявлению основных ландшафтных аномалий. Формирование подводных урочищ происходит под решающим влиянием седиментационных процессов. Различаются участки абразии и аккумуляции.

На месте абразии, где вскрываются коренные породы, своеобразие урочищ определяется особенностями дочетвертичной геологии: элементами тектоники, в том числе новейшей, вещественным составом материнских пород, характером их залегания. Они контролируют высоту клифа, крутизну подводного откоса, местные изгибы берега, морфометрию скульптурного рельефа. Границы подводных урочищ абразионного типа совпадают с геологическими телами и тектоническими формами, выраженными в рельефе дна.

Особенности подводных урочищ в местах аккумуляции определяются их литологией, стратификацией и мощностью отложений. Особые условия наблюдаются на участках активной литодинамики. Здесь формируется пересеченный аккумулятивный рельеф, где состав осадков закономерно связан с его формами. В спокойной гидродинамической обстановке на участках устойчивого осадконакопления происходит аккумулятивное выравнивание дна, формирование монотонного плоского рельефа. Под-

водные урочища выделяются здесь по литологическим признакам, а также по своеобразию донных биоценозов. Особого внимания заслуживают подводные урочища, выделяемые в местах резких изменений мощностей осадков; им сопутствует изменение комплекса литологических признаков. Такие аномалии, как правило, можно интерпретировать как выражение в ландшафте погрешностей геологических структур, испытывающих унаследованное неотектоническое развитие.

Подводные урочища в зависимости от степени генетической однородности могут быть простыми и сложными. Первые обладают однородной литогенной основой и общим планом геоморфологического строения; их внутренняя структура организована по принципу фашиальных рядов. Вторые — гетерогенны, им присуща мозаичная фашиальная структура.

Особенности подводных урочищ рассмотрены на примере одного из ландшафтов береговой зоны Черного моря. Для характеристики его морфологической структуры приводятся составные аэрофотографические эталоны (рис. 54), ландшафтный профиль (рис. 55), ландшафтная карта (рис. 56), серия фотографий, иллюстрирующих облик подводных урочищ (рис. 57).

Приведем краткие характеристики четырех типов подводных урочищ, свойственных береговой зоне Черного моря в пределах рассматриваемого подводного ландшафта.

Урочища подводных береговых валов. Береговые валы являются характерной формой рельефа верхней части подводного склона данного ландшафта. Они формируются на глубине до 4—6 м в зоне разрушения волн в условиях насыщенного вдольберегового потока наносов в довольно узких пределах состава осадков и уклонов дна. В. П. Зенкович [9] отмечает как общую закономерность, что береговые валы всегда сложены песком, причем средняя крупность частиц редко составляет более 0,5 мм и почти никогда не бывает менее 0,1 мм; уклоны дна колеблются в пределах от 0,02 до 0,005. Донные биоценозы на вершинах валов ввиду подвижности субстрата бедные, образованы закапывающимися в грунт моллюсками (*Donax juliana*) и подвижными формами (раками-отшельниками — *Diogenes pugilator*).

Подводные береговые валы получают характерное изображение на аэрофотоснимках в виде серии широких светлых и темных полос, где светлый тон соответствует вершинам валов, а темный — межваловым понижениям.

Урочища песчаных равнин. Выровненные сложенные песком пространства морского дна распространены в зоне воздействия волнового поля. Они образовались в результате переработки мощной толщи рыхлых отложений, заполняющих крупный тектонический прогиб. В верхней части подводного склона песчаная равнина переходит в урочище береговых валов; с увеличением глубины (за пределами береговой зоны) — в урочище илистых равнин неволнового поля. Обогащение песчаных осадков алевритовой и пелитовой фракциями происходит с увеличением глубины и затуханием волновых процессов; одновременно, так как эти условия благоприятны для жизнедеятельности особого комплекса моллюсков, осадки обогащаются автохтонным ракушечным материалом. Господствуют биоценозы *Venus gallina* + *Spisula (Macra) subtruncata*; *Venus gallina* + *Meretrix rudis*.

Внешний облик урочища песчаных равнин характеризуется однообразным строением, лишенным яркими морфологическими особенностями. Соответственно оно получает монотонное аэрофотоизображение, лишенное контрастных деталей. Чистые песчаные отложения на глубине до 3—5 м дают светло-серый тон, по мере увеличения глубины и заиливания тон изображения переходит в более темный, постепенно сливающийся с изображением толщи воды.

Заметим, что в рассматриваемом ландшафте в пределах участка, изображенного на карте, подводный склон осложнен растущей антиклинальной складкой, на месте которой урочище песчаной равнины замещается иными типами подводных урочищ.

Урочища скал и камней. Обнажения плотносцементированных пород (скалы), скопления крупных глыб и валунов (камни) представляют один из наиболее интересных и сложных типов природно-территориальных комплексов береговой зоны моря. Они развиваются на абрадируемых участках дна, закономерно приуроченных к структурам, испытывающим унаследованное тектоническое поднятие. В результате размытия древние породы обнажаются и подвергаются скульптурной препарировке. Морфометрические особенности абразионно-скульптурных форм обуславливаются составом и структурно-текстурными особенностями скальных пород, характером их залегания, элементами складчатой и разрывной тектоники и т. п. В рассматриваемом ландшафте образование урочища связано с осложняющей строение подводного склона антиклинальной складкой. Здесь на глубинах от 5 до 15 м развит мощный пласт древнечетвертичных литифицированных ракушечников и конгломератов, залегающих горизонтально в виде щита на более древних дислоцированных породах. Трещины отдельности разбивают пласт на крупные глыбы, являющиеся характерным элементом скульптурного рельефа данного урочища. В понижениях скапливаются рыхлые отложения, представленные плохо сортированной смесью целой и битой ракушки, гальки, гравия и песка. Каменистый грунт является благоприятным субстратом для развития биоценозов обрастающих. Здесь господствуют заросли водорослей *Cystoseira barbata*.

Четкий контрастный рисунок аэрофотоизображения урочища скал и камней определяется сочетанием скульптурных форм, обросших водорослями (темные детали), и понижений, где скапливаются современные рыхлые осадки (светлые детали). В данном случае крупное неправильных очертаний темное тело банки четко дешифрируется на аэрофотоснимках на фоне более светлых участков дна, принадлежащих урочищу полей ракушки.

Урочище полей ракушки. В своем распространении поля ракушки в рассматриваемом ландшафте сопряжены с урочищем скал и камней и в конечном счете предопределены осложняющей строение подводного склона антиклинальной складкой. В условиях ограниченного поступления обломочного терригенного осадочного материала раковины моллюсков после отмирания осыпаются со скал, разносятся по дну и образуют на глубине 10—15 м покров биогенных осадков, в которых господствуют раковины и продукты их измельчения. В данном случае для состава танатоценоза характерны крупные створки устриц (*Ostrea taurica*) и мидий (*Mytilus galoprovincialis*). Дно ровное, местами осложнено положительными аккумулятивными формами, созданными под воздействием волн. Дополнительным источником раковинного материала служат местные биоценозы, господствующую роль в которых играют двустворчатые моллюски *Gouldia minima*, *Divaricella divaricata*, *Pecten ponticus*, *Paphia (Tapes) sp.*, *Venus gallina* и др. С увеличением глубины осадки все более заиливаются, возрастает продуктивность автохтонных биоценозов. За пределами береговой зоны моря урочище полей ракушки переходит в урочище илито-ракушечных равнин неволевого поля.

Изображение чистых ракушечных грунтов на аэрофотоснимках характеризуется ровным светлым тоном, по мере увеличения глубины тон изображения темнеет. Положительные формы аккумулятивного рельефа, осложняющие поверхность ракушечных полей, получают изображение, рисунок которого связан с особенностями этих форм. При картировании трудно передать все детали структуры сложных урочищ, однако при дешифрировании роль каждого элементарного геоконтекста должна быть раскрыта возможно полно.

По своему участию в строении ландшафта урочища делятся на основные (доминантные) и второстепенные (субдоминантные). Среди второстепенных бывают характерные урочища, наличие которых естественно вытекает из природы данного ландшафта, и аномальные, индицирующие следы прошлых палеогеографических обстановок, обусловленные местными отклонениями современных эндогенных и экзогенных физико-географических процессов.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ

Вертикальная физико-географическая дифференциация морских мелководий отражает высоту воздействия прибоя, ритмику приливно-отливных

явлений, ослабление волнения и угасание подводной освещенности с глубиной. Под контролем названных факторов находятся процессы подводного выветривания и рельефообразования, седиментации и гипергенеза, а также вся совокупность экологических условий, определяющих распределение донных биоценозов. Батиметрический профиль является основой сопряженного ряда географических комплексов. Закономерной смене с глубиной подвержены и фации, и урочища, и ландшафты. Главными единицами вертикального расчленения морских мелководий являются зона и этаж.

Под влиянием ряда факторов на мелководьях возникает асимметрия глубинной дифференциации. Различаются инсоляционную асимметрию, зависящую от прозрачности воды и подводной освещенности; приливную — от высоты и ритма приливов; волновую — от силы и высоты прибоя и глубины воздействия волн на дно; гидрологическую — от стратификации морских вод. Таким образом, границы одноименных вертикальных единиц даже в пределах одного ландшафта могут смещаться.

Зона. Морские мелководья делятся по вертикали на четыре зоны: супралитораль, литораль, сублитораль и элитораль. Эти зоны совпадают с вертикальными зонами распределения бентоса. Отметим таксономическое непостоянство рассматриваемой категории единиц. Строго говоря, вертикальные зоны являются единицами не морфологической, а региональной дифференциации. Не зоны выделяются внутри ландшафтов, а целые ландшафты уместаются внутри вертикальных зон. Это правило справедливо для сублиторали и элиторали. Однако самые верхние «земноводные» зоны сравнительно редко представляют собой арену формирования особых супралиторальных и литоральных ландшафтов. Рассматривая вертикальную дифференциацию морских мелководий со сближенными границами верхних зон, следует в качестве региональных единиц брать только две: 1) береговую зону моря (внутренний шельф) и 2) элиторальную зону (внешний шельф). В этом случае супралитораль, литораль и сублитораль будут морфологическими единицами вертикального расчленения подводных ландшафтов, относящихся к береговой зоне моря. Это положение можно изобразить в виде схемы (табл. 4).

Таблица 4

Схема вертикального расчленения подводных ландшафтов	
Региональные единицы	Морфологические единицы
Береговая зона (внутренний шельф)	Супралитораль Этажи Ступени
	Литораль Этажи Ступени
	Сублитораль Этажи Ступени
Элиторальная зона (внешний шельф)	Этажи Ступени

Этажи выделяются внутри зон. В супралиторали они отражают высоту воздействия прибоя; в литорали — ритмы прилива и отлива; в сублиторали и элиторали — ослабление воздействия волн на дно, угасание подводной освещенности. Иногда внутри этажей на основании различий донных биоценозов, современных морских геологических фаций и т. п. выделяются *ступени* (факультативная единица).

Морфологические единицы вертикального расчленения подводных ландшафтов рассмотрены на примере одного из ландшафтов береговой зоны о. Сахалина (Японское море). Смена подводных территориальных комплексов, изменения характера аэрофотоизображения, происходящие с глубиной по профилю берегового склона абразионного типа (пояса скал), иллюстрируются аэрофотографическим и ландшафтными профилями (рис. 58).

Пояс скал — подводный склон абразионного типа — представляет собой характерный элемент рассматриваемого ландшафта. Он выработан в толще коренных пород среднемиоценового возраста, представленной флишеобразным переслаиванием дислоцированных пластов туфогенных песчаников, алевролитов и аргиллитов. По мере удаления от берега и увеличения глубины происходит закономерная смена природно-территориальных комплексов подводного склона, на основании чего выделяются единицы его вертикального расчленения: зоны, этажи. Вертикальная дифференциация находит наиболее яркое отображение в особенностях распределения донных биоценозов и в первую очередь подводной растительности.

Литоральная зона. В ее пределах лежит выровненная поверхность примыкающей к берегу скульптурной террасы. Амплитуда приливов-отливов 0,4—0,5 м. Из-за незначительной высоты приливов дифференциация литоральной зоны по этажам плохо выражена. Наблюдается горизонтальная смена фаций от внутренней, защищенной от волн части террасы, к ее внешнему, открытому прибюю краю.

В прибрежной части террасы, где распространен мощный слой песчаных отложений, господствуют сообщества *Zostera marina*, в них вкраплены сообщества *Sargassum kjellmanianum*, приуроченные к каменистым грунтам. В средней части террасы на щебнисто-глыбовых отложениях и обнаженном бенче распространены разреженные низкорослые сообщества, в которых попеременно господствуют водоросли *Chondria dasyphylla*, *Sphaerotrichia dissessa* и др. Влияние волн открытого моря вызывает появление разнообразных красных водорослей, которые, однако, никогда не встречаются здесь в большом количестве.

В мористой части террасы развиты сообщества *Phyllos-*

padix iwatensis. Сообщества *Corallina pilylifera* образуют «тротуары» на сглаженных скульптурных поверхностях бенча. В качестве обычной примеси в растительных сообществах распространены различные виды багряных и бурых водорослей. Из животных характерными компонентами биоценозов прибрежной террасы являются креветки (*Pandalus latirostris*), обитающие в зарослях морской травы; на камнях и скалах, обнажающихся во время отлива, в массе селятся мелкие брюхоногие моллюски (*Littorina*) и усоногие раки (*Chtamalus*); на поверхности террасы многочисленны морские ежи (*Strongylocentrotus droebachiensis*), звезды (*Patiria pectinifera*) и др.

Сублиторальная зона. За серией гряд, расположенных вдоль мористого края прибрежной террасы, наблюдается перегиб профиля и быстрое увеличение глубин над скульптурно-грядовым склоном, который простирается до глубины 30—40 м. В его пределах выделяется три этажа сублиторальной зоны: верхний, средний и нижний.

Верхний этаж (от 0 до 3—5 м). На глубине нескольких десятков сантиметров на вершинах гряд, окаймляющих прибрежную террасу, в условиях сильной прибойности развиты почти чистые заросли ламинарии с обедненным подлеском красных водорослей, а также сообщества *Laminaria japonica* + *Alaria praelonga* — *Pachyarthron cretaceum* (корковые водоросли). В более спокойных местах, на глубине 3—5 м, распространены пышные заросли крупных бурых и красных водорослей: сообщества *Laminaria japonica* + *Cystoseira crassipes* — Rhodophyta — *Pachyarthron cretaceum* — корковые водоросли. Местами растительный покров характеризуется мозаичным строением: основной фон образует сообщество *Pachyarthron cretaceum* — корковые водоросли, в него краплены пятна до нескольких метров в поперечнике крупных бурых водорослей и филлоспадикса, разреженный покров создают красные водоросли. Зообентос в виду неблагоприятного воздействия сильного прибоя плохо развит.

Средний этаж (от 5—6 до 10—15 м) характеризуется распространением двух типов подводных растительных сообществ: *Pachyarthron cretaceum* — корковые водоросли; *Odonthalia corymbifera* — *Pachyarthron cretaceum* — корковые водоросли. Сообщества первого типа занимают господствующее положение на подводном склоне, для них характерна примесь в виде отдельных экземпляров крупных бурых водорослей, растущих на расстоянии нескольких метров друг от друга. Из животных характерными компонентами биоценозов среднего этажа сублиторали являются морские ежи (*Strongylocentrotus droebachiensis*, *S. nudus*), звезды (*Patiria pectinifera*, *Asteria amurensis* и др.), двустворчатый моллюск (*Chlamys swifitii*) и др.

Нижний этаж (от 15—20 до 30—40 м) характеризуется разреженным покровом водорослей с крупными слоевищами: *Agarum cribrosum*, *Desmarestia viridis*, *Turnerella mertensiana* и др; хорошо развита синузия корковых водорослей. Господствующую роль в сложении донных биоценозов играют разнообразные жизненные формы беспозвоночных животных: прикрепленные формы (моллюски, губки, гидроида), сидячие полихеты, усоногие раки, асцидии, актинии, малоподвижные сидячие формы (морские огурцы), сверлящие формы, внедряющиеся в горные породы (моллюски), активные подвижные формы (крабы, раки-отшельники, креветки, морские звезды и ежи, брюхоногие моллюски и др.).

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Все горные породы, принимающие участие в строении морского дна, могут быть подразделены на две крупные группы: современные осадки и древние (коренные) породы.

СОВРЕМЕННЫЕ МОРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Современные морские осадки, если исключить некоторые образования (например, корку современной цементации), обычно редко наблюдающиеся в морях нашей страны, как правило, представлены породами малоуплотненными, не подвергшимися диагенезу и цементации. Они имеют нормальное

ненарушенное залегание и слагают аккумулятивные формы подводного рельефа, которые обычно соответствуют формам, возникшим в процессе аккумуляции осадков и только несколько измененным гидродинамическими процессами. По характеру форм подводного рельефа и осложняющих их своеобразных и характерных микроформ, обусловленных главным образом гидродинамическими процессами и гидробиологической обстановкой, можно судить как о вещественном составе отложений, так и об их генезисе (рис. 59—81).

Песчано-илистые отложения, обычно слагающие выровненные участки или заполняющие понижения микрорельефа морского дна, хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках по зарослям морской травы *Zostera nana* (рис. 59—61).

Песчаные и ракушечно-песчаные отложения, являющиеся подвижными, как правило, лишены зарослей морской травы и изображаются обычно светлым фототонном. На поверхности их часто видны знаки ряби, песчаные волны, валы, возникающие под действием гидродинамических процессов (рис. 61—63, 66).

Иногда на аэрофотоснимках морского дна, преимущественно крупного масштаба, находят отражение валунно-глыбовые отложения (рис. 69, 70).

На дне южных морей СССР, кроме рыхлых морских осадков, ограниченное распространение имеет своеобразная современная литифицированная порода (корка современной цементации), образующаяся в зоне течений при пересыщении воды CaCO_3 (рис. 73, 75—77). Литифицированные современные осадки представляют собой плотную породу, состоящую из зерен песка, оолитов и гальки, сцементированных известковистым цементом. Как правило, мощность корки цементации варьирует от нескольких (5—7 см) до десятков сантиметров. Местами наблюдается несколько слоев литифицированных образований, разделенных рыхлыми осадками. Дно, покрытое коркой цементации, обычно представляет собой выровненную поверхность, нередко перекрытую маломощным слоем илистого песка и битой ракуши или полностью лишенную покрова рыхлых осадков. На корке цементации иногда наблюдаются разреженные заросли морской травы *Zostera nana*, приуроченные к участкам случайного скопления песчано-илистого материала или к трещинам, заполненным илами. Свободные от осадков поверхности обрастают водорослями *Cladophora* и покрываются щетками прикрепляющихся моллюсков (например, *Mytilaster lineatus*). Иногда на основном слое корки цементации беспорядочно разбросаны в виде нашлепок отдельные изолированные плитки литифицированной породы.

На некоторых морях определенную роль в современном осадконакоплении играет грязевулканическая деятельность. В частности, среди отложений, имеющих распространение на подводном склоне Каспийского моря, особое место занимают продукты выбросов грязевых вулканов, получившие название «сопочной брекчии». Сопочная брекчия выражена своеобразной кластической породой, состоящей из увлажненной глинистой массы с включениями остроугольных обломков и крупных глыб твердых пород различного возраста. На аэрофотоснимках находит отражение главным образом сопочная брекчия, извергавшаяся в четвертичный пе-

риод, и особенно материал выбросов грязевых вулканов, действующих в настоящее время.

Благодаря преимущественно глинистому составу отложений, на подводном склоне обычно развиты продукты перемыва и перетолжения сопочной брекчии. Они представлены вымытыми из сопочной брекчии слабоокатанными обломками и глыбами различных твердых пород, иногда хаотически разбросанными по морскому дну, но чаще располагающимися в виде концентрических полос, хорошо изображающихся на аэрофотоснимках (рис. 78—81). Сопочная брекчия, лишенная большого количества обломков и глыб твердых пород, образует ровные участки морского дна и на аэрофотоснимках имеет монотонное серое фотоизображение.

При анализе аэрофотоснимков хорошо опознаются следующие типы современных морских осадков: илы и песчано-илистые отложения, ракушечно-песчаные, песчаные, гравийно-галечные, галечные, галечно-валунные, валунно-глыбовые, литифицированные (корка современной цементации), а также современные продукты выбросов грязевых вулканов (рис. 59—81).

ДРЕВНИЕ (КОРЕННЫЕ) ПОРОДЫ, ОБНАЖАЮЩИЕСЯ НА МОРСКОМ ДНЕ

Вещественный состав горных пород, степень их цементации и характер цемента, интенсивность дислокации, различные структурные и текстурные особенности, трещиноватость и т. д. в сочетании с гидродинамическими процессами обуславливают определенную моделировку рельефа и микрорельефа горных пород, обнажающихся на морском дне. Кроме того, гидродинамические процессы определяют аккумуляцию тех или иных современных осадков в понижениях рельефа, образованного выходами коренных пород. Все это создает различные условия для произрастания подводной растительности и обитания фауны бентоса. В результате различные типы горных пород, развитых на морском дне, характеризуются определенным, свойственным только им внешним обликом, который и находит отображение на аэрофотоснимках (рис. 82—133).

Так как разновозрастные горные породы, как правило, отличаются друг от друга вещественным составом, структурными особенностями, степенью диагенеза или метаморфизма, то в процессе дешифрирования аэрофотоснимков представляется возможным установить наличие и распространение на морском дне разновозрастных горизонтов, свит, толщ и т. д. в стратиграфической последовательности (рис. 122—125).

Наиболее хорошо на аэрофотоснимках дешифрируются различные осадочные и эффузивно-осадочные слоистые толщи как горизонтально- или слабодислоцированные, так и интенсивно смятые в мелкие и сложные складки. Кроме того, на аэрофотоснимках морского дна также находят отражение метаморфические породы и интрузивные образования.

Возможность выявления по аэрофотоснимкам вещественного состава горных пород, обнажающихся на морском дне, и определение их относительного геологического возраста нами будет показана в основном на примерах осадочных и вулкано-

генно-осадочных пород (рис. 82—125, 132, 133), которые являлись непосредственными объектами изучения. Акватории с распространением изверженных и метаморфических горных пород на морском дне при специальных аэрофотосъемочных работах на морях СССР были объектами съемки только в единичных случаях, в связи с чем приведенные аэрофотоизображения этих пород не отражают в полной мере их специфические черты.

Горизонтально- или пологозалегающие горные породы, обнажающиеся на морском дне, как правило, дешифрируются по микрорельефу, различающемуся для пород разного вещественного состава. В частности, в качестве одного из примеров дешифрирования горизонтальнозалегающих пород можно привести аэрофотоизображение конгломератов молодого возраста (рис. 82), разбитых сложной системой трещин на крупные глыбы (рис. 83). По наличию глыб, хорошо отображающихся на аэрофотоснимках как выше, так и ниже уровня воды, эти конгломераты безошибочно опознаются в пределах областей их распространения.

Преимущественно глинистые толщи, как правило, на морском дне образуют понижения или выровненные поверхности и перекрываются современными морскими осадками, поэтому их фотоизображение удается получить только в исключительных случаях. В связи с этим они дешифрируются по косвенным признакам. Если преимущественно глинистые дислоцированные породы содержат отдельные редкие, но довольно мощные пласты или пачки пластов твердых пород, образующих на морском дне асимметричные подводные или надводные гряды, преимущественно глинистые толщи дешифрируются по фотоизображению этих гряд, поскольку наиболее благоприятные условия для преобразования крепких пластов создаются в тех случаях, когда они включены в глинистые породы (рис. 85, 90).

Толщи переслаивания глин, песков, песчаников, мергелей, известняков, туффитов и т. п. образуют на морском дне структурно-грядовый рельеф и на аэрофотоснимках изображаются полосчатым рисунком. Характер полосчатости фоторисунка зависит от текстурных и структурных свойств пород, особенностей переслаивания, мощности отдельных прослоев, слагающих ту или иную свиту, особенностей залегания, степени дислоцированности пород и т. д.

Ниже будут приведены некоторые примеры, показывающие возможности дешифрирования по аэрофотоснимкам определенных типов осадочных и эффузивно-осадочных пород, обнажающихся в пределах мелководных акваторий Каспийского и Черного морей, а также морей, омывающих о. Сахалин (рис. 82—121).

В ряде случаев по аэрофотоизображениям удается выделить комплексы пород, располагающихся в стратиграфической последовательности, и даже составить литолого-стратиграфическую колонку из аэрофотоснимков (точнее их фрагментов), фоторисунки которых отражают те или иные стратиграфические подразделения нормального стратиграфического разреза изучаемых районов.

В качестве примера приведены материалы по акватории Приапшеронского района Каспийского

моря. Здесь на обширных площадях дна подводного склона обнажается продуктивная толща среднего плиоцена, а также подстилающие и перекрывающие ее отложения и современные осадки.

Продуктивная толща представлена ритмичночередующимися преимущественно песчаными и преимущественно глинистыми свитами. Первые состоят из пластов песчаников, переслаивающихся с более редкими пластами глин и слабосцементированных песков. Преимущественно глинистые свиты сложены глинами с подчиненными пластами песков и песчаников. Ритмичное строение продуктивной толщи отражается в ритмичном расположении аэрофотоизображений (рис. 123), при этом аэрофотоизображение каждой из свит отличается характерными особенностями фоторисунка, шириной выхода на морском дне, связанной с изменением их истинных мощностей и т. д. В результате по аэрофотоснимкам представилось возможным отдешифрировать весь комплекс свит продуктивной толщи от сураханской до калинской свиты включительно (рис. 122—124), обнажающихся на морском дне, а в целом для Приапшеронского района Каспийского моря составить колонку наиболее характерных аэрофотоизображений свит, располагающихся в стратиграфической последовательности (рис. 125).

При геологических исследованиях мелководий и, в частности, при изучении вещественного состава и стратиграфического положения пород необходимо внедрять инструментальное дешифрирование. Это позволяет получать численные характеристики фотоизображений определенных комплексов пород, статистическая обработка которых дает возможность установить закономерности их распределения в пределах определенных фоторисунков. Следовательно, количественный анализ может оказать существенную помощь при выработке признаков дешифрирования пород различных свит литолого-стратиграфического разреза.

Одним из видов инструментального дешифрирования аэрофотоснимков является микрофотометрирование [3, 24, 31], предусматривающее получение ряда численных фотометрических характеристик аэрофотографических изображений, которые могут быть приняты в качестве объективных дешифровочных признаков при изучении вещественного состава и стратиграфического положения пород. Иногда только по характеру самой регистраграммы можно уверенно говорить об изменении вещественного состава пород, слагающих различные свиты (рис. 132).

В некоторых случаях микрофотометрические характеристики позволяют отличать не только отдельные свиты и подсвиты, но и расчленять свиты. Такие экспериментальные исследования, например, были выполнены* для одной из подсвит среднего миоцена, обнажающейся на подводном склоне западного побережья о. Сахалина. В пределах этой подсвиты, имеющей на протяжении нескольких десятков километров одинаковые элементы залегания и представленной переслаиванием пластов туфогенных песчаников, алевролитов, аргиллитов, был выделен маркирующий горизонт, разделяющий подсвиту на две части (верхнюю и нижнюю), мало отличающиеся при визуальном анализе друг от друга мощностями отдельных пластов и характером их

* Микрофотометрирование произведено Ю. В. Углевым.

переслаивания. Микрофотометрирование было выполнено по двум профилям данного разреза выше маркирующего горизонта и по одному профилю ниже последнего (рис. 133), проложенным на местности через 9 км друг от друга. В результате обработки регистрограмм, на которых фиксируется изменение оптических плотностей фотонизображения на негативах, для каждого профиля был получен ряд численных значений ширины структурных элементов фотонизображения k , т. е. ширины полос фотонизображения, как правило, соответствующей горизонтальной мощности отдельных пластов. Для характеристики изменчивости значения k (горизонтальной мощности пластов) использована величина σ_k^2 — дисперсия (показатель рассеяния), выражающая среднее квадратическое отклонение горизонтальных мощностей пластов от их среднего значения. Для количественного выражения относительной изменчивости значений k в пределах фотометрируемого участка фотонизображения использован коэффициент вариации V , который определяется как отношение среднего квадратического отклонения отдельных значений ряда σ_k^2 к среднему арифметическому этого же ряда и выражается в процентах.

Как видно на рис. 133, значения количественных характеристик k , σ_k^2 , V , полученных на профилях *I* и *II*, пересекающих верхнюю часть подсвиты, сходны между собой и значительно отличаются от характеристик по профилю *III*, приуроченному к нижней части подсвиты. Так, в пределах

нижней части подсвиты (профиль *III*) наблюдается уменьшение средних значений ширины структурных элементов, что свидетельствует об уменьшении средней мощности отдельных пластов почти в 2 раза. Величина дисперсии также уменьшается почти в 2 раза, а коэффициент вариации на этом участке наоборот имеет большое значение по сравнению с профилями *I* и *II*. Все это свидетельствует о том, что нижняя часть данной подсвиты характеризуется более равномерным и тонким переслаиванием сравнительно маломощных пластов, мало отличающихся друг от друга по мощности. Для верхней части подсвиты характерно появление в разрезе более мощных пластов, по-видимому, песчанников.

Приведенный пример свидетельствует о том, что фотометрические измерения фотонизображений немой слоистой толщи, сохраняющей на протяжении значительных расстояний по простиранию идентичные условия залегания, дают возможность получать исходные статистические данные для характеристики отдельных частей зафиксированного на аэрофотоснимках разреза. Дальнейшее развитие этого метода позволит производить корреляцию разрозненных в пространстве обнажений немых слоистых толщ, наращивать разрезы методом, применяемым в настоящее время при изучении ледниковых глин. Фотометрические измерения могут оказать помощь при установлении видимых и истинных мощностей изучаемых по аэрофотоснимкам выходов на дне слоистых осадочных толщ.

ЭЛЕМЕНТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Хорошая обнаженность древних дислоцированных пород разнообразного вещественного состава на значительных площадях морского дна позволяет получить довольно четкое фотонизображение, при дешифрировании которого можно определить: элементы залегания горных пород, стратиграфические и угловые несогласия, горизонтальные и истинные мощности отдельных горизонтов, наличие разрывных нарушений, характер пликвативной тектоники, проявление грязевого вулканизма, отдельные элементы складок и даже целые складчатые структуры, их взаимные соотношения и т. п. Все это дает возможность по аэрофотоснимкам получить общее представление о геологической структуре изучаемого участка морского дна (рис. 134—205).

ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Благодаря различному вещественному составу пород, предопределяющему характер фоторисунков, на аэроснимках четко изображаются отдельные толщи, свиты, горизонты и даже пласты. Так как морское дно в пределах внутреннего шельфа практически можно считать плоским, то изображение отдельных пластов на аэрофотоснимках отражает истинное их простирание. * Поскольку ориентировка аэрофотоснимков относительно стран света

известна, то простирание пластов измеряется транспортиром или компасом непосредственно на аэрофотоснимке.

Если на морском дне обнажается комплекс разновозрастных пород и известны признаки их дешифрирования, то по взаимному положению фоторисунков можно определить и азимут падения пород (рис. 134), т. е. пласты будут падать в ту сторону, в которую наблюдается смена древних пород более молодыми (за исключением случаев опрокинутого залегания). При наличии на морском дне хорошо выраженных асимметричных гряд, пологий склон которых соответствует падению пластов, угол падения пород можно измерять фотометрическим путем, при условии четкой видимости стереомодели. Угол падения пород грубо можно определить по соотношению горизонтальных и истинных мощностей горизонтов, свит или пластов, обнажающихся на морском дне и четко изобразившихся на аэрофотоснимках, если известна истинная мощность пород и установлено, что она существенно не меняется в данном районе. Горизонтальная мощность измеряется на аэрофотоснимках. Угол падения в таких случаях определяется графическим путем или вычисляется по формуле.

Данные об элементах залегания пород на морском дне могут быть получены путем измерений их простирания, а также азимутов и углов падения

в прибрежных частях материка, на островах и отдельных надводных камнях и путем прослеживания по аэрофотоснимкам простирания отдельных пластов с берега в море. Непосредственно элементы залегания горных пород, обнажающихся на морском дне, определяются при водолазных спусках с помощью обычного горного компаса, приспособленного для работы под водой (рис. 135).

В тех случаях, когда породы на морском дне образуют четко выраженные куэстоподобные гряды (рис. 136), пологий склон которых соответствует плоскости падения пластов, данные об азимутах и углах падения пород можно получить по эхолотограммам (рис. 137). Установив простирание пород по аэрофотоснимкам и зная направление эхолотного профиля, а также горизонтальный и вертикальный масштабы эхолотограммы, нетрудно определить азимут и угол падения пород. Элементы залегания пород в некоторых случаях фиксируются непосредственно на эхограммах геолокатора (рис. 138). Если известно направление геолокаторного профиля и вертикальный и горизонтальный масштабы эхограмм, можно вычислить азимут и угол падения пород.

Данные об элементах залегания пластов горных пород можно получить и по перспективным снимкам клифов абразионных берегов, сложенных дислоцированными образованиями (рис. 139).

Наиболее уверенно азимут и угол падения на морском дне устанавливаются в результате совместного дешифрирования перспективных аэрофотоснимков берегов, плановых аэрофотоснимков морского дна и прилегающих площадей суши, анализа эхолотограмм и эхограмм геолокатора, непосредственных замеров как на морском дне, так и на подводных грядах, камнях и прилегающих участках суши.

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ НЕСОГЛАСИЯ

По плановым и перспективным аэрофотоснимкам иногда можно установить наличие стратиграфических несогласий, т. е. существование перерыва в осадконакоплении, что фиксируется по отсутствию аэрофотонизображений тех или иных комплексов пород (свит, горизонтов, толщ) нормального стратиграфического разреза.

Наиболее резко несогласное залегание проявляется и фиксируется на аэрофотоснимках между древними дислоцированными породами и полого-или горизонтальнозалегающими четвертичными и современными отложениями (рис. 140—142). Несогласное залегание пород (особенно современных морских осадков на древних дислоцированных отложениях) может быть установлено на основании анализа эхограмм геолокатора (рис. 143).

ИСТИННЫЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ МОЩНОСТИ

По аэрофотоснимкам представляется возможным определять истинные, горизонтальные и видимые мощности пород, обнажающихся на морском дне. Как известно, горизонтальная мощность пород зависит от истинной мощности и угла падения пластов. При постоянной истинной мощности чем

больше угол падения, тем меньше горизонтальная мощность.

В связи с этим аэрофотоизображение одной и той же слоистой пачки пород (комплекса пород, свиты, толщи) при крутых углах падения характеризуется относительно узкими полосами, в то время как при уменьшении углов падения ширина полос аэрофоторисунка значительно увеличивается (рис. 144).

В тех случаях, когда комплекс пород представлен резко отличающимися по вещественному составу и текстурным особенностям горизонтами или свитами, имеющими специфическое фотонизображение и хорошо выраженные границы, горизонтальная мощность измеряется непосредственно на аэрофотоснимках. Если известен угол падения пород, то истинную мощность можно получить графически или по формуле. При составлении геологических карт морского дна с использованием материалов аэрофотосъемки иногда возникают трудности проведения геологических границ между разновозрастными комплексами пород, близкими по вещественному составу, а поэтому отображающимися на снимках сходными фоторисунками без резко выраженных границ. В таком случае, если известны углы падения и истинные мощности этих комплексов пород (горизонтов, свит, толщ и т. п.), можно установить их горизонтальные мощности и на основании этого наметить границы между ними. Анализ аэрофотоснимков иногда позволяет установить изменение горизонтальных или истинных мощностей пород, слагающих морское дно (рис. 145).

РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ

На аэрофотоснимках морского дна четко фиксируются как мелкие поперечные, так и крупные продольные и диагональные нарушения, флексуобразные изгибы пластов и т. д. Основными признаками разрывных нарушений на аэрофотоснимках являются: наличие прямых или плавноизгибающихся линий, вдоль которых наблюдаются загиб пластов и смещение различных частей одного и того же фоторисунка, соответствующего породе определенного вещественного состава и возраста; соприкосновение фоторисунков, отражающих различные породы; резкий обрыв фоторисунков древних дислоцированных пород и замена их фотонизображением современных морских грунтов, а также находящие отображение на аэрофотоснимках резкие угловые несогласия, гофрированность и мелкая перемятость и перебитость породы (рис. 146—154).

В некоторых случаях разрывные нарушения отчетливо фиксируются по наличию на морском дне глубоких расщелин или желобообразных понижений, обычно заполненных истыми отложениями и изображающихся на аэрофотоснимках полосами однородного серого тона, пересекающими рисунок, характерный для древних дислоцированных пород (рис. 155, 156, 163). Иногда вблизи таких разрывных нарушений наблюдается интенсивная трещиноватость пород (рис. 156, 163).

Вдоль крупных региональных нарушений породы с различным простиранием разделены часто полосой современных осадков, приуроченной к тектонической зоне дробления, в пределах которой породы интенсивно подвергаются размыву под дей-

* Плановые аэрофотоснимки имеют ряд искажений, обусловленных наклоном оси аэрофотоаппарата в момент фотографирования, но этими искажениями в подавляющем большинстве случаев при геологическом изучении морского дна можно пренебречь.

ствием гидродинамических процессов. В результате здесь возникают относительно пониженные участки морского дна, заполняющиеся современными отложениями и изображающиеся на аэрофотоснимках в виде сравнительно широкой полосы однородного серого тона, по обе стороны от которой наблюдается разное простирание пластов коренных пород (рис. 157).

В пределах газонефтеносных акваторий иногда наличие разрывных нарушений на морском дне фиксируется благодаря интенсивным выходам газов вдоль определенных линий, четко изображающихся на аэрофотоснимках (рис. 158).

Непосредственно на аэрофотоснимках легко определяется направление дизъюнктивных нарушений как относительно простирания пластов (продольные, диагональные, поперечные), так и относительно стран света (рис. 146—148, 150, 151, 154, 155, 157 и др.).

Кроме того, на основании установленных признаков дешифрирования пород различного литологического состава и геологического возраста по фотоизображению можно определить какая часть разорванной складки опущена, а какая поднята, так как видимое горизонтальное смещение пластов при поднятом крыла происходит в сторону их падения. В опущенном крыле более молодые пласты будут в контакте с более древними пластами приподнятого крыла.

В случае нормального поперечного сброса, определив угол падения пород одним из ранее рассмотренных способов и измерив величину горизонтального смещения пластов непосредственно на аэрофотоснимке, представляется возможным высчитать и амплитуду вертикального смещения крыльев сброса вдоль линии дизъюнктивного нарушения.

Дизъюнктивные нарушения, которые не нашли отображения на аэрофотоснимках морского дна из-за покрова современных осадков, могут быть установлены с помощью анализа эхограмм геолокатора (рис. 160).

ТРЕЩИНОВАТОСТЬ

Кроме крупных разрывных нарушений на аэрофотоснимках морского дна часто хорошо видна трещиноватость горных пород (трещины первого порядка длиной от десятков до сотен метров). Трещины изображаются в виде сетки прямых, реже

изогнутых линий, пересекающих без признаков смещения пласты или пачки пород. На морском дне они обычно имеют вид линейных углублений или расщелин, в которых, как правило, аккумулируются современные морские отложения (рис. 161). Благодаря этому трещины четко выделяются на аэрофотоснимках в виде линейных элементов, резко отличающихся изменением фототона (рис. 162, 163 и др.).

Трещины в горных породах распределяются неравномерно, образуя зоны повышенной или пониженной трещиноватости, что связано с действием многих геологических факторов. Изучение трещиноватости может дать определенные результаты как для оценки этих факторов, так и непосредственно для поисков некоторых полезных ископаемых.

Аэрофотоснимки морского дна позволяют составлять детальные схемы дешифрирования трещин и карты плотностей трещиноватости (рис. 164, 165) не только для отдельных участков, но и для больших территорий. Дешифрирование трещиноватости по аэрофотоснимкам и ручная обработка схем дешифрирования являются весьма трудоемкими процессами, поэтому здесь рационально применять различные способы автоматизации, в частности комплекс методов фотографической фильтрации (рис. 18—22, 166).

ЭЛЕМЕНТЫ СКЛАДОВ

Обнаженность коренных пород на значительных площадях морского дна дает возможность получить исключительно выразительные и четкие фотоизображения отдельных элементов складчатых структур и даже целых складок. Однако чтобы установить характер складчатости (антиклиналь, синклинали, опрокинутые складки, пологая складчатость, изоклинали, складки и т. п.), необходимо знать признаки дешифрирования вещественного состава, возраст горных пород и элементы их залегания. На аэрофотоснимках морского дна и прибрежных участков суши хорошо фиксируются периклинали, центриклинали, крылья и своды складок, диапировые купола, седла, структурные террасы и структурные выступы, мелкая перемятость и перебитость пород в ядрах крутых или опрокинутых складок, мелкая вторичная складчатость, осложняющая крупные структуры, оползневая складчатость и т. п. (рис. 167—205).

РЕЛЬЕФ

Рельеф дна морских мелководий, как и рельеф суши, формируется в результате взаимодействия эндогенных факторов, главным образом тектонических движений (неотектонических и современных), и экзогенных, в основном гидродинамических процессов. На участках регионального или локального тектонического поднятия вследствие направленного уменьшения глубин моря, когда поверхность дна попадает в зону деятельности волн и течений, механическое воздействие гидродинамических процессов усиливается. В результате этого разрушается дно (абразия) и вскрываются древние коренные породы. Такие участки характеризуются преоблада-

нием рельефа. Скульптурно-абразионные формы рельефа здесь, как правило, отсутствуют.

В зависимости от соотношения темпов тектонических движений, интенсивности гидродинамических процессов, денудации и сноса обломочного материала с суши наблюдаются различные сочетания абразионных и аккумулятивных форм рельефа. Например, значительное поступление на дно терригенного материала вызывает расход волновой энергии на перемещение наносов, что нередко приводит к ослаблению абразии даже на тектонически поднимающихся участках и формированию наряду с абразионными аккумулятивных форм рельефа.

Высокие скульптурно-абразионные подводные гряды предопределяют возникновение волновой тени, в результате чего за ними создается более спокойная гидродинамическая обстановка, соответствующая аккумуляции наносов и формированию донных аккумулятивных форм рельефа. Образование последних нередко определяется также выпадением осадков из потока донных наносов, емкость которого уменьшается из-за препятствий на его пути, а также уменьшения живой силы потока по тем или иным причинам (поступления с суши терригенного материала, ослабления течений и т. д.).

Применение материалов аэрофотосъемки значительно повышает эффективность изучения и картирования рельефа морского дна. Путем дешифрирования аэрофотоснимков можно выявить наличие различных генетических типов рельефа, установить зависимость последнего от геолого-структурных особенностей, от проявления новейших тектонических движений и особенностей гидродинамической обстановки.

Аэрофотоснимки позволяют проследить и закартировать региональное распространение изучаемых типов рельефа и выявить их взаимозависимость. Анализ и сравнение аэрофотоизображений одних и тех же подводных геоморфологических объектов, заснятых в разное время, дают возможность установить изменение форм подводного рельефа за строго определенный промежуток времени (между повторными съемками) и получить данные о скорости этих изменений. Фотограмметрические измерения и материалы полевого дешифрирования аэрофотоснимков дают подробные количественные характеристики рельефа дна морских мелководий.

Ниже приведены некоторые примеры дешифрирования материалов аэрофотосъемки при изучении подводных форм рельефа.

АККУМУЛЯТИВНЫЙ РЕЛЬЕФ

Аккумулятивные формы подводного склона формируются на участках с более или менее значительным запасом терригенного и биогенного материала. На тектонически поднимающихся участках аккумулятивные формы наблюдаются совместно с абразионно-скульптурными.

Образование этих форм рельефа в береговой зоне моря протекает под действием волн и течений, вызывающих перемещение кластического материала поперек или вдоль берега. В чистом виде эти два типа движения наблюдаются крайне редко, поэтому фактически следует говорить о преобладании либо поперечного, либо вдольберегового перемещения наносов.

Подводные аккумулятивные формы рельефа опознаются на аэрофотоснимках по характерным признакам дешифрирования: морфологическим, вещественному составу отложений, их слагающих, подводной растительности и т. п.

В отличие от абразионного рельефа подводные аккумулятивные формы характеризуются рядом специфических особенностей. Их поверхность совпадает с поверхностью геологических тел, т. е., как правило, морфологические особенности аккумулятивного рельефа формируются в процессе аккумуляции отложений, их слагающих. В связи с этим характерные морфографические особенности аккумулятивных форм рельефа позволяют судить и об условиях их образования. В противоположность этому в условиях абразионного рельефа поверхность дна срезает геологические тела под разными углами. Указанные особенности аккумулятивных и абразионных форм рельефа легко опознаются на аэрофотоснимках, что облегчает их изучение и составление геоморфологических карт.

Аккумулятивные формы морского дна обычно отличаются мягкими очертаниями и относительно пологими склонами без резко выраженных перегибов, а также характерным микрорельефом, осложняющим основные формы (см. рис. 232). Аккумулятивные микроформы наблюдаются как на площадях сплошного распространения рыхлых отложений, так и в понижениях между абразионно-структурными формами рельефа дна. Благодаря значительной подвижности рыхлого материала, слагающего аккумулятивные формы рельефа, на площадях их распространения подводная растительность часто отсутствует (см. рис. 227 и др.). На участках с более спокойной гидродинамической обстановкой растительность представлена видами, характерными для рыхлых грунтов (морскими травами). Вещественный состав отложений и подводная растительность нередко имеют устойчивые признаки дешифрирования, в связи с чем легко читаются на аэрофотоснимках.

Генезис некоторых аккумулятивных форм, хорошо изобразившихся на аэрофотоснимках морского дна, остается невыясненным. Тем не менее мы считаем целесообразным поместить аэрофотоснимки с их изображениями в данной работе, поскольку это поможет обратить внимание исследователей на необходимость выяснения условий их формирования.

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ, ФОРМИРУЮЩИЕСЯ В ОСНОВНОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЛН

Подводные валы и микроформы, их осложняющие. В настоящее время еще нет общепризнанного мнения о происхождении и динамике подводных валов. Предполагается, что последние формируются при участии многих факторов (забурунивания волн, приводящего к ослаблению волновой энергии, экскавации осадков падающим гребнем разрушающихся волн, течениями вдоль ложбин и донными противотечениями и т. д.), среди которых все же ведущими являются волновые процессы, формирующие профиль равновесия дна и приводящие к массовому перемещению донного материала к берегу.

Материалы аэрофотосъемки позволяют устанавливать количество подводных валов, развитых на том или ином участке морского дна, наличие систем валов разной ориентировки, их очертания в плане, характер микроформ, осложняющих как валы, так и межваловые понижения и т. п. (рис. 206—212).

Сравнение аэрофотоизображений подводных валов одного и того же участка береговой зоны по материалам повторных аэрофотосъемок свидетельствует, что в целом подводные валы устойчиво сохраняются, несмотря на сезонные изменения гидродинамических процессов. На материалах съемок, выполненных через несколько лет, сохраняется общий характер зоны валов, их количество. Изменяются главным образом микроформы, осложняющие валы и межваловые ложбины.*

Песчаные волны образуются только на очень отмелом дне (уклон $0,005^\circ$ и меньше). Они представлены, как и подводные валы, песчаными грядами, прослеживающимися на значительных расстояниях. От типичных подводных валов отличаются: 1) одинаковыми высотами гряд (до 0,5 м); 2) симметричными пологими склонами; 3) расположением на одинаковых расстояниях друг от друга; 4) обычно состоят из серии в 10 рядов и более, тогда как типичные подводные валы наблюдаются в количестве 2—3 и редко до 6. Предполагается, что песчаные волны формируются в результате ритмичных и симметричных колебаний воды в широкой зоне мелководья, когда волновой нагон интерферирует с противотечением примерно равной силы.

Песчаные волны хорошо изображаются на аэрофотоснимках отмелых аккумулятивных берегов (рис. 213—215).

Подводные пересыпи отгораживают от моря устья заливов и бухт. Пересыпи свидетельствуют о преобладании поперечного перемещения материала при условии существования устойчивых вдольбереговых потоков наносов, поставляющих рыхлый материал. На аэрофотоснимках можно установить форму пересыпи в плане и измерить ее длину и ширину (см. рис. 216, 217).

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ, СОЗДАНИЕ ВОЛНЕНИЯМИ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕЧЕНИЯМИ

При наличии течений и волн различных направлений примерно с одинаковой повторяемостью и равными параметрами создаются сложные аккумулятивные формы, нередко перекрещивающиеся друг с другом. Аэрофотоснимки позволяют выявлять морфологические особенности этих форм (рис. 218—224). Морские течения в пределах мелководий несомненно играют значительную рельефообразующую роль, хотя аккумулятивные формы, связанные с ними, почти всегда испытывают то или иное воздействие волновых процессов.

Формы аккумулятивного рельефа, сформированные при активном участии течений, хорошо изображаются и опознаются на аэрофотоснимках. Иногда

по ориентировке таких форм можно определить преобладающее направление течений на той или иной акватории (рис. 225—227).

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА БАНОК ОТКРЫТОГО МОРЯ

Банки, расположенные далеко от берега, как правило, приурочены к растущим антиклинальным структурам или затопленным формам континентального рельефа. Они обычно характеризуются абразионно-скульптурным рельефом, тем не менее в их пределах нередко на значительных площадях распространены рыхлые осадки, которые бывают приурочены, например, к опущенным крыльям надвигающихся сбросов или к антиклиналям, испытывающим относительно слабые поднятия. При значительном запасе рыхлых отложений на банках воздействие волн и течений на дно обуславливает формирование ряда аккумулятивных форм рельефа: своеобразных подводных валов, псевдобарханов, подводных баров и т. д. (рис. 228—231), которые располагаются далеко от береговых линий бассейна.

АБРАЗИОННО-СКУЛЬПТУРНЫЙ РЕЛЬЕФ

Абразионно-скульптурный рельеф дна морских мелководий обычно приурочен к областям или участкам, испытывающим новейшие тектонические поднятия как региональные, так и локальные. В условиях дислоцированной толщи, состоящей из пород разной устойчивости к разрушению, при тектонических поднятиях под действием абразии обычно пласты или пачки пластов сцементированных пород препарируются в виде гряд, разделенных понижениями, приуроченными к легко разрушающимся породам. При региональных тектонических поднятиях абразионно-скульптурный рельеф может быть приурочен как к антиклинальным (чаще), так и к синклиналим (реже) структурам; при локальных — только к антиклинальным складкам. Этот тип рельефа формируется в результате интенсивного воздействия на дно гидродинамических процессов и выноса абрадируемого материала (рис. 233—236).

На подводном склоне абразионных берегов при их отступлении пласты, жилы или включения наиболее прочных пород часто препарируются абразией в виде отдельных скал — абразионных останцов, получивших название кекуров. Кекуры часто образованы известняками, песчаниками, изверженными породами. Они иногда наблюдаются далеко в море и могут служить указанием на величину отступления берега в процессе абразии (рис. 237, 238).

В пределах газонефтеносных площадей существенным элементом рельефа морского дна являются подводные и надводные конусы грязевых вулканов и поля сопочной брекчии (рис. 239—242).

При изучении грязевулканического рельефа акваторий большое значение имеет повторная аэрофотосъемка, позволяющая констатировать появле-

ние островов на месте ранее существовавших подводных банок, а также выявлять изменения очертаний и размеров этих островов, происшедшие в течение короткого промежутка времени, как в результате периодических извержений грязевых вулканов, так и вследствие воздействия гидродинамических процессов (рис. 241, 242). В некоторых случаях по аэрофотоснимкам повторных съемок можно количественно оценить интенсивность размыва временно существующих грязевулканических островов и даже

подсчитать общий объем выброшенного во время извержения материала.

Следует отметить, что материалы повторной аэрофотосъемки дают большой эффект не только при изучении таких сильно изменчивых форм рельефа, как грязевулканические, но и позволяют устанавливать изменение ландшафтов морского дна выровненных подводных равнин (рис. 243), песчаных островов (рис. 244), песчано-ракушечных кос (рис. 245) и др.

БЕРЕГА

Морские берега отличаются исключительным разнообразием морфологических особенностей, которые определяются совместными действиями многих берегоформирующих факторов. К числу последних относятся положительные и отрицательные тектонические движения, их форма и интенсивность проявления, вещественный состав пород, слагающих береговую зону моря, исходный уклон подводного склона, направление и параметры волн и течений, эвстатические колебания уровня бассейнов, количество поступающего на подводный склон терригенного и биогенного материала, жизнедеятельность организмов и т. д. Однако среди многообразия береговых форм рельефа выделяются два основных типа берега — абразионный и аккумулятивный, а также многочисленные промежуточные между ними типы.

Абразионные берега характеризуются наличием бенча и клифа, сложенных древними дислоцированными (скальными) породами, и имеют тенденцию развития по абразионному профилю. Аккумулятивные береговые формы (пляжи, косы, наволоки, пересыпи, переймы и т. д.) имеют подчиненное значение, хотя иногда и могут достигать значительных размеров.

Аккумулятивные берега сложены молодыми рыхлыми отложениями. Здесь преобладают процессы аккумуляции морских осадков, в связи с чем бенч и клифы, как и выходы на дневную поверхность (скальных) древних дислоцированных пород, отсутствуют. Берега развиваются по аккумулятивному профилю равновесия.

Переходные берега отличаются промежуточными чертами между типично абразионными и аккумулятивными берегами. Они могут иметь широкие пляжи при наличии бенча и отмершие клифы при отсутствии выходов древних дислоцированных (скальных) пород на подводном склоне. Отличаются весьма большим разнообразием.

Эти основные типы берегов выделяются всеми исследователями, хотя единое представление о их формировании отсутствует.

В. П. Зенковичем [9] достоверно установлено, что аккумулятивный берег формируется в условиях отмелого (пологого) подводного склона с большим

запасом рыхлых отложений; абразионный — в условиях приглубого (крутого) склона с незначительным запасом наносов. Соответственно промежуточные берега образуются в переходных условиях. Объясняется это тем, что на отмелях и приглубых берегах по-разному происходит работа волн. На отмелях берегах, характеризующихся большой шириной подводного склона и часто значительной мощностью рыхлых отложений, подходящие к берегу волны большую часть кинетической энергии теряют на трение о дно и перемещение рыхлого материала. К береговой линии они подходят уже с растроченной энергией и поэтому не в состоянии размывать берег и удалять материал за пределы подводного склона. При значительной крутизне подводного склона ширина прибрежного мелководья небольшая, и поэтому волны расходуют незначительное количество энергии на трение о дно, вследствие чего они интенсивно воздействуют на берег, разрушая горные породы, слагающие как берег, так и дно. Возникающий при этом обломочный материал интенсивно истирается и под действием придонного противотечения и составляющей силы тяжести (скатывающей для крупных обломков) удаляется за пределы подводного склона.

Авторы настоящей работы считают, что исходные уклоны дна и запасы рыхлых отложений в основном предопределяются новейшими и современными тектоническими движениями, контролирующими направление воздействия экзогенных, в том числе и гидродинамических, процессов [25, 26].*

Действительно, на тектонически погружающихся участках глубины моря над подводным склоном направленно увеличиваются, профиль дна (без учета осадконакопления) занимает положение ниже теоретического, что определяет обстановку, благоприятную для аккумуляции отложений. Осадконакопление вызывает выравнивание поверхности дна и создает благоприятные условия для формирования аккумулятивного берега.

В случае погружения, некомпенсированного осадконакоплением, на большей части подводного склона происходит аккумуляция осадков и выравнивание его поверхности при одновременном увеличении глубин. Последнее предопределяет подход

* Следует отметить, что сравнивались материалы съемок, выполненных в летние периоды. Возможно, в зимние штормовые сезоны происходит более существенная перестройка подводных валов, а в летние периоды они восстанавливаются.

волн к береговой линии с нерастроченной энергией, вызывающей размыв берега.* Однако в отличие от абразионных берегов формирующийся откос (уступ) на таких берегах бывает сложен молодыми осадками, а бенч, клиф и выходы коренных пород отсутствуют.

На тектонически поднимающихся участках глубины направленно уменьшаются, профиль дна занимает положение выше теоретического, что предопределяет более энергичное воздействие гидродинамических процессов на дно, разрушение коренных пород, усиленное истирание обломочного и удаление рыхлого материала. В сферу воздействия волн попадают все новые участки дна, в том числе и с исходными крутыми склонами. Создаются условия, благоприятные для формирования абразионных берегов. В результате возникают бенчи и клифы (абразионные площадки и уступы), сложенные древними сцементированными породами. Унаследованные тектонические поднятия вызывают образование лестниц абразионных и абразионно-аккумулятивных террас.

Эвстатические колебания уровня бассейнов накладываются на тектонические движения, но в целом не изменяют направления процессов, поскольку при трансгрессиях на тектонически погружающихся участках затопляются выровненные поверхности, предопределяющие образование отмелей берегов со значительным запасом рыхлых отложений, а на тектонически поднимающихся берегах обычно подтопляется пересеченный рельеф с частыми обнажениями коренных пород и крутыми исходными склонами.

На тектонически погружающихся участках в результате регрессии моря берег остается отмелым с большим запасом рыхлых осадков, поскольку до этого здесь преобладали процессы аккумуляции и выравнивания. На тектонически поднимающихся берегах процесс воздействия волн на дно активизируется, что приводит к усилению абразионных процессов.

В зависимости от темпа дифференцированных тектонических движений, амплитуды и скоростей эвстатических колебаний уровней бассейнов, количества поступающего на дно обломочного, органогенного и хемогенного материала, параметров и направления волн и т. д. между крайними типами берегов (аккумулятивным и абразионным) могут наблюдаться многочисленные берега промежуточных типов.

В настоящей работе не представляется возможным охарактеризовать все существующие морфологические и генетические типы берегов и их элементы в связи с отсутствием соответствующих материалов и общепризнанной классификации берегов.

В соответствии с вышеизложенными представлениями авторов, приводятся примеры по использованию материалов аэрофотосъемки при изучении абразионных тектонически поднимающихся и аккумулятивных тектонически погружающихся берегов.** Представлены аэрофотоснимки, характеризующие наиболее типичные абразионные и аккумуля-

тивные берега и их морфографические особенности, зависящие от направления тектонических движений, эвстатических колебаний уровня бассейна, вещественного состава слагающих их горных пород, геологической структуры, гравитационных явлений, условий аккумуляции морских осадков и т. д.

АБРАЗИОННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИ ПОДНИМАЮЩИЕСЯ БЕРЕГА

Тектонически поднимающиеся берега отличаются резким преобладанием процессов абразии над аккумуляцией. Вследствие этого они характеризуются абразионным типом берега: активным или отмершим клифом, сложенным коренными породами, наличием на подводном склоне абразионной террасы (бенча), многочисленными выходами коренных пород в прибрежной части суши и морского дна. Признаками унаследованных тектонических поднятий являются также приподнятые бенчи, лестницы абразионных и абразионно-аккумулятивных террас (рис. 246—249), V-образные, иногда висячие долины небольших речек и ручьев, волноприбойные знаки, приподнятые выше уровня современного воздействия на берег волн, оползневые явления и т. п. Одним из признаков современного тектонического поднятия берега является увеличение высоты древних береговых валов, часто присутствующих и на абразионных берегах, в сторону суши. В ходе поднятия нарастание берега осуществляется за счет последовательного приращения береговых валов; при этом к моменту формирования молодого вала более древний будет уже поднят на некоторую высоту, величина которой определяется скоростью поднятия и фактором времени. Следует, однако, иметь в виду, что аналогичная картина может возникнуть и в результате регрессии бассейна.

Формирование абразионных тектонически поднимающихся берегов протекает на фоне эвстатических колебаний уровней бассейнов. На аэрофотоснимках по характерным особенностям абразионных берегов могут быть установлены признаки эвстатических трансгрессий и регрессий.

В процессе поднятия прибрежного участка суши формируется эрозионный резко пересеченный рельеф. В результате трансгрессии моря на таких участках побережья затопляются все понижения и формируется ингрессионный тип берега. Это является достоверным признаком недавних и современных тектонических поднятий данного прибрежного участка суши, происходящих на фоне эвстатического повышения (трансгрессии) уровня бассейна. Возникающие при этом крутые уклоны подводного склона и незначительное количество рыхлого материала предопределяют развитие берега по абразионному типу.

Приведенные аэрофотоснимки (рис. 250—253) получены на участках, для которых эвстатическое поднятие уровня бассейна доказано футшточными наблюдениями.

Абразионные берега, сформированные в результате тектонических поднятий, протекающих на фоне эвстатических регрессий бассейнов, характеризуются выходами древних пород как в прибрежной части суши, так и на подводном склоне, наличием отмерших клифов и поднятыми бенчами. Следует иметь в виду, что эти признаки могут наблюдаться и при стационарном положении уровня бассейна, но на участках побережья, испытывающих интенсивные восходящие тектонические движения.

Приведенные аэрофотоснимки (рис. 254—258) засняты на участках побережья, тектоническое поднятие которых доказано изучением высотного положения приподнятых береговых линий, а регрессия бассейна установлена футшточными измерениями.

Общее строение абразионных берегов и характер мезо- и микроформ рельефа побережий во многом зависят от вещественного состава горных пород и геологической структуры.

Дислоцированные слоистые осадочные породы, состоящие из пластов различной сопротивляемости к денудации и абразии, обычно обуславливают формирование резко пересеченного мезо- и микро-рельефа. В этих условиях на подводном склоне, как правило, наблюдается грядовый бенч. В приурезовой полосе суши развит ребристый обнаженный бенч, поверхность которого в той или иной степени перекрыта рыхлым материалом (валунами, галькой, гравием, песком, ракушей). Клифы отличаются наличием карнизов или ребристым характером (рис. 259—261).

Берега, сложенные однородными глинами или аргиллитами, в которых относительно быстро вырабатывается профиль равновесия подводного склона, часто отличаются сглаженными формами рельефа, нередко задернованы растительностью (рис. 268, 269).

Карбонатные породы, как правило, определяют формирование высоких часто отвесных уступов с навалами глыб у их основания. Характер таких уступов разнообразится в зависимости от структурных и текстурных особенностей известняков, их залегания и т. д. (рис. 264—268). Обнаженные бенчи абразионных берегов, сложенных известняками, часто характеризуются различными карстово-корразионными микроформами рельефа в виде котлов, ячей, борозд, широкое развитие которых происходит в зоне заплеска волн (рис. 269—273). Подобные формы, обнаруженные вне зоны современного воздействия волн, могут свидетельствовать о тектоническом поднятии данного участка побережья или регрессии бассейна, вызванной эвстатическими причинами.

Изверженные породы, характеризующиеся своеобразными отдельностями, при относительно однородном составе и одинаково большой устойчивости к разрушению обычно определяют формирование монолитных неприступных отвесных клифов, часто уходящих под воду на большую глубину, микро-рельеф которых зависит от текстурных особенностей пород (рис. 274—279). Для таких берегов характерны волноприбойные ниши, развалы крупных глыб и т. п.

Абразионно-структурные берега наблюдаются на тех побережьях, где денудация и абразия вскрывают древние, часто дислоцированные горные породы. Наличие последних является достоверным признаком новейших и современных тектонических

поднятий, поскольку в противном случае как на суше, так и на подводном склоне преобладали бы процессы аккумуляции и древние породы были бы перекрыты рыхлыми молодыми отложениями. Очертания береговых линий, строение бенчей и клифов таких берегов определяются геолого-структурными особенностями побережья и вещественным составом пород.

Среди абразионно-структурных берегов выделяются продольные, поперечные, диагональные и нейтральные берега.

Береговая линия продольных берегов располагается параллельно простиранию дислоцированных горных пород. Строение клифов, бенчей и различных осложняющих их микроформ зависит от вещественного состава пород, азимута и угла падения пластов. Продольные абразионные берега могут быть подразделены на берега с падением горных пород в сторону суши и берега с падением пород в сторону моря.

Продольные абразионно-структурные берега с падением пород в сторону суши, если они сложены слоистой осадочной толщей с пластами различной устойчивости к разрушению, характеризуются грядовыми бенчами, узкими пляжами или обнаженными бенчами и высокими часто отвесными клифами. Клифы отличаются наличием карнизов, в виде задранных вверх козырьков, образованных устойчивыми к разрушению пластами горных пород (песчаников, известняков, плотных мергелей и т. д.) (рис. 280—286).

Одной из наиболее характерных особенностей абразионных продольных берегов с падением пород в сторону моря является часто наблюдаемое совпадение клифов с напластованием пластов горных пород. Это встречается почти во всех случаях, когда пласты имеют крутые или средние углы падения. При пологом падении пород, состоящих из пластов разной податливости к разрушению, клифы характеризуются нависающими козырьками, образованными устойчивыми к разрушению породами, а в основании таких клифов нередко можно видеть волноприбойные ниши. Пляжи и обнаженные бенчи у активных продольных абразионных берегов с падением пород в сторону моря, как правило, узкие, а в случае очень крутого падения пластов нередко совсем отсутствуют, клифы продолжают непосредственно под уровень моря на значительные глубины (рис. 287—289).

Характер бенчей продольных берегов изменяется от направления падения пластов горных пород, углов их падения и вещественного состава пород. К участкам дна, сложенным слоистыми осадочными породами с пластами различного вещественного состава, а следовательно, и разной устойчивости, как правило, приурочен грядовый бенч с грядами, имеющими куэстовое строение. Пологие склоны гряд бенча обычно совпадают с плоскостями напластования пород. Например, при крутом падении пластов в сторону суши склон куэстовых гряд, обращенный к берегу, широкий и совпадает с направлением падения пород; противоположный склон гряд, соответствующий торцам пластов, узкий, более крутой или отвесный. Высота гряд колеблется от 0,15—0,25, вблизи уреза воды и до 1,5—3,0 м, а иногда и более на мористом крае бенча. Межгрядовые понижения заполнены ракушей, галькой, валунами. Грядовый бенч прослежи-

* В. П. Зенкович [9] считает, что процесс разрушения берега, сложенного рыхлыми отложениями, качественно отличен от того, который происходит при абразии коренных (скальных) пород. В связи с этим он предлагает разрушение берегов, сложенных рыхлыми отложениями, называть размывом, а аналоги клифа на таких берегах — откосами.

** Все приведенные примеры независимо от взглядов исследователей на роль тектоники в формировании берегов могут представлять интерес при изучении последних.

ваются до глубин моря 20—25, а в отдельных случаях до 30—40 м и более. При пологом падении пластов (до 5—7°) на подводном склоне наблюдаются выровненные абразионные поверхности с отдельными останцами, сложенными устойчивыми к разрушению породами (рис. 290—294).

Обнаженные бенчи — участки, расположенные выше уровня моря, а во время штормов находящиеся под воздействием прибоя, — также меняют свой характер в зависимости от состава и углов падения пород (рис. 295—298).

Поперечные и диагональные берега отличаются от продольных строением клифов, обнаженных бенчей и бенчей. Клифы и обнаженные бенчи, сложенные толщей переслаивания пород разного вещественного состава, характеризуются ребристым строением. Подводные бенчи поперечных и диагональных берегов в противоположность бенчам продольных берегов, отличаются изменчивостью ширины и зазубренным морским краем (рис. 299—306).

Термин «нейтральные берега» впервые применил Ф. Рихтгофен для берегов в областях высоких плато и глыбовых гор; Д. Джонсон относит к нейтральным дельтовые берега, берега в пределах аллювиальных и задровых равнин, коралловых рифов, сбросовые берега и т. д. Объединение под этим названием резко отличных генетических типов берегов вряд ли целесообразно. В настоящей работе название «нейтральный берег» предлагается сохранить для структурных абразионных берегов, выработанных в горизонтальнолежащих или интрузивных горных породах, что близко подходит к этому термину, в понимании Ф. Рихтгофена (рис. 307—309).

На абразионных тектонически поднимающихся берегах с крутыми и даже отвесными склонами часто возникают оползневые явления. Берега, осложненные оползнями, характеризуются специфическими особенностями. В результате анализа аэрофотоснимков можно установить не только наличие оползневых явлений на берегу и подводном склоне, но и определить тип оползня, его форму, размеры, детали строения, иногда генезис, относительный возраст, геолого-структурные особенности, предопределившие перемещение крупных блоков пород вниз по склону, и т. д. (рис. 310—325).

Абразионные берега в области грязевулканических проявлений характеризуются своеобразными особенностями, которые отражаются на аэрофотоснимках. Если береговая линия пересекает грязевые вулканы, то к последним, как правило, приурочены мысы полукруглых очертаний, повторяющих в плане очертания грязевулканических конусов. Берег на таких участках имеет абразионный характер с наличием высоких клифов, выработанных в сопочной брекчии. Перед абразионными уступами таких берегов, а также на подводном склоне обычно наблюдаются скопления крупных глыб или слабоокатанных валунов, образующиеся в результате препарировки последних гидродинамическими процессами из общей глинистой массы сопочной брекчии. Вымытые из сопочной брекчии глыбы гасят энергию волн, в связи с чем возникают мысы полукруглой формы.

Иногда очертания береговой линии осложняются потоками сопочной брекчии, возникающими при извержениях грязевых вулканов, кратеры которых

располагаются на некотором удалении от береговой линии. Доходя до берега, такие потоки образуют мысы.

Для областей грязевого вулканизма характерно наличие большого количества островов, представляющих собой остатки конусов древних грязевых вулканов. Берега этих островов со стороны воздействия на них волн подвергаются интенсивному размыву и носят абразионный характер. С подветренной стороны таких островов формируются косы — стрелки, как правило, сложенные продуктами размыва грязевых вулканов и биогенным материалом (рис. 240, 326—331).

На абразионных тектонически поднимающихся берегах наблюдаются односклонные прислоненные пляжи, представляющие собой скопление рыхлого материала, сформированного прибойным потоком волн у подножия клифов. Обычно пляжи этого типа узкие и сопровождаются хорошо выраженными бенчами, ограничивающими подводную часть аккумулятивного тела со стороны моря. Нередко отложения клифа обнаженным бенчем, а среди рыхлого материала выступают отдельные выходы коренных пород. Внешний облик пляжа во многом зависит от материала, его образующего. Выделяют пляжи валунно-глыбовые, валунные, галечные, гравийно-галечные, гравийно-песчаные, песчаные и пляжи, сложенные биогенным материалом (рис. 332—337).

Для активных абразионных берегов характерны навалы глыб вдоль береговых линий. Они образуются вследствие денудационного разрушения клифов и гравитационного оползания глыб с прилегающих к морю участков суши, а также в результате препарировки волнами глыб и щебня, состоящих из пород того же петрографического состава, что и клиф. Если же навалы глыб возникли за счет гравитационного перемещения или грязевулканических и оползневых процессов, обломочный материал часто характеризуется весьма разнообразным петрографическим составом, отличающимся от петрографического состава пород, слагающих клиф. Под действием волн часть глыб и более мелких обломков окатывается, превращаясь в валуны и гальку. Ширина полосы глыбовых навалов иногда достигает 20—25, но чаще равна 10—15 м. Размер глыб колеблется от нескольких десятков сантиметров до 5—10 м в поперечнике. У берегов, осложненных оползнями или грязевыми вулканами, навалы глыб распространены также и на подводном склоне, местами на удалении от береговой линии до 0,5—1,0 км (рис. 338—341).

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИ ПОГРУЖАЮЩИЕСЯ БЕРЕГА

Тектонически погружающиеся берега характеризуются преобладанием процессов аккумуляции и поэтому сложены преимущественно молодыми ненарушенными рыхлыми отложениями значительной мощности. В их пределах, как правило, отсутствуют выходы коренных пород. Динамический профиль приближается к теоретическому предельному профилю равновесия. Резкое преобладание аккумулятивных процессов приводит к относительному выравниванию рельефа побережья. В связи с этим при трансгрессиях и регрессиях затопляются или

освобождаются от воды выровненные поверхности, что предопределяет преобладание слабоизрезанных береговых линий. Значительная изрезанность береговых линий аккумулятивных берегов при трансгрессиях наблюдается в случае подтопления эоловых форм рельефа, речных долин, дельтовых участков побережья крупных рек, обычно приуроченных к тектонически погружающимся берегам, и т. п. (рис. 342—367).

На тектонически погружающихся аккумулятивных берегах наблюдаются преимущественно положительные (трансгрессивные) перемещения береговых линий. При тектонических погружениях, компенсированных осадконакоплением, положительные перемещения береговой линии могут отсутствовать, а при избыточном поступлении осадков даже наблюдается нарастание суши. Отрицательные (регрессивные) смещения береговой линии на этом же типе берегов наблюдаются в тех случаях, когда темп эвстатической регрессии превосходит темп тектонического погружения.

Выровненные аккумулятивные берега формируются на тектонически погружающихся участках в условиях компенсации последних осадконакоплением или же при эвстатических регрессиях бассейнов, темп которых превосходит темп тектонических погружений. В первом случае преобладание процессов аккумуляции предопределяет обилие рыхлого материала и относительное выравнивание поверхности подводного склона. В этой обстановке формируется относительно отмелый берег с профилем дна, приближающимся к предельному профилю равновесия, что приводит к образованию аккумулятивного берега с более или менее прямолинейной береговой линией. Первичная выровненность поверхности дна и значительная мощность рыхлых отложений на тектонически погружающихся участках при регрессиях бассейнов вызывает формирование малорасчлененной береговой линии с первичными аккумулятивными берегами (рис. 348—354).

Для некоторых участков аккумулятивных берегов характерны пляжевые фестоны, которые возникают на галечных, ракушечных и песчаных пляжах под действием волн, подходящих преимущественно по нормали к береговой линии. Они выражены в виде мелких серповидных бухт, разделенных остроконечными или округлыми мысами. Средние размеры фестонов между оконечностями мысов обычно составляют 8—12 м, но иногда увеличиваются до 30 м и более. Высота мисообразных повышений над бухтами чаще всего не превышает 1 м. Фестоны образуются как в фазы размыва пляжей во время волнения, так и при нарастании последнего. Фестоны могут возникнуть в период одного шторма, хотя и существуют относительно продолжительное время (рис. 355, 356).

Песчаные берега с широкими пляжами часто осложнены эоловыми образованиями типа береговых дюн, барханов, кучугур и более мелких форм (холмик-косичек). Одним из необходимых условий образования прибрежных эоловых форм рельефа является наличие преобладающих с моря ветров, в том числе береговых бризов. Кроме того, необходим широкий песчаный пляж с регулярным поступлением песков с подводного склона, где должен существовать поток вдольбереговых наносов, доставляющий материал для поперечного перемещения зерен песка к берегу (рис. 357—361).

Дельты крупных рек, как правило, приурочены к тектонически погружающимся участкам побережий. Дельтовые берега, развивающиеся как на фоне трансгрессий, так и на фоне регрессий, обычно сильно изрезаны (рис. 362—367).

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЯ

Аккумулятивные формы рельефа прибрежной зоны моря наблюдаются как на абразионных, так и на аккумулятивных берегах. Они формируются в основном волнами и сопровождаются их течениями. В их строении принимают участие продукты абразии коренных пород, слагающих берег и подводный склон, аллювиальный материал рек, выпадающих в бассейн, твердые остатки морских организмов и хемогенные продукты (например, оолиты). Часть аккумулятивных береговых форм возникает из первичных скоплений рыхлого материала субаэрального происхождения.

Волны и сопровождающие их течения вызывают поперечное и вдольбереговое перемещение наносов, чаще проявляющееся в виде комбинации этих двух видов движения рыхлого материала. Продольное перемещение совершается как в зоне действия прибоя, так и по дну вдоль изобат на различных глубинах. Образование прибрежных аккумулятивных форм происходит в тех местах, где перемещение наносов замедляется или совсем прекращается. В. П. Зенкович [8, 9] различает пять морфологических типов аккумулятивных форм прибрежной зоны моря:

- 1) примкнувшие, непосредственно прилегающие к коренному берегу своей тыловой стороной;
- 2) свободные, выдвинутые от берега в акваторию залива или открытого моря на расстояние, превышающее ширину примыкающего к берегу основания формы;
- 3) замыкающие, отделяющие какое-либо пространство наносной полосой, оба конца которой соединены с сушей и островом или с двумя островами;
- 4) окаймляющие, представляющие собой наносную полосу, выдвинутую от основного берега, и соединенную с ним двумя концами так, что образуется лагуна;
- 5) отчлененные, не соединенные с коренным берегом.

Примкнувшие береговые аккумулятивные формы непосредственно прилегают к коренному берегу своими тыловыми сторонами. Эти формы могут образоваться как за счет преимущественного поперечного, так и вдольберегового перемещения наносов. К ним относятся аккумулятивные террасы, выступы, наволоки, формы заполнения входящего угла (рис. 368—373).

К свободным береговым аккумулятивным формам относятся разнообразные косы, стрелки и наволоки, выдвинутые в сторону открытой акватории на расстояние, превышающее ширину примыкающего к берегу основания. Косы и стрелки позволяют достоверно судить о направлении перемещения донного и берегового материала, поскольку их нарастание происходит у конца, выдвинутого в открытый бассейн. Следовательно, результирующее направление перемещения материала идет от про-

ксимального конца (основания) к дистальному концу аккумулятивного тела (рис. 374—379).

Замыкающие формы рельефа формируются при преобладании поперечного перемещения наносов к берегу в условиях ориентировки волновой равнодействующей по нормали к береговой линии или в зоне внешней блокировки участка берега островом, отмелью. В первом случае формируются пересыпи, береговые бары, перегораживающие заливы, во втором — различные переиры — томболо (рис. 380—385).

Аккумулятивные формы, оба конца которых соединены с коренным берегом (окаймляющие), имеют разнообразные и причудливые очертания и, как правило, отчленяют от моря обширные лагунные озера (рис. 386—389). При двустороннем питании образуются симметричные скобковидные косы, а при одностороннем — асимметричные петлевидные. Последние возникают у ровных берегов при падении энергии волнового поля в условиях постепенного истощения потока наносов во времени. Это вызывает замедление выдвижения форм в сторону моря, и местные волны, подходящие к берегу по нормали, предопределяют отклонение оконечностей кос в сторону берега [9].

Отчлененные аккумулятивные формы береговой зоны формируются при поперечном перемещении наносов, а также в результате отмирания кос, стрелок и т. д. (рис. 390—392).

МОРФОЛОГИЯ УСТЬЕВ МАЛЫХ РЕК

В отличие от крупных рек, имеющих, как правило, значительный объем твердого стока, в устьевых частях малых рек отсутствуют настоящие дель-

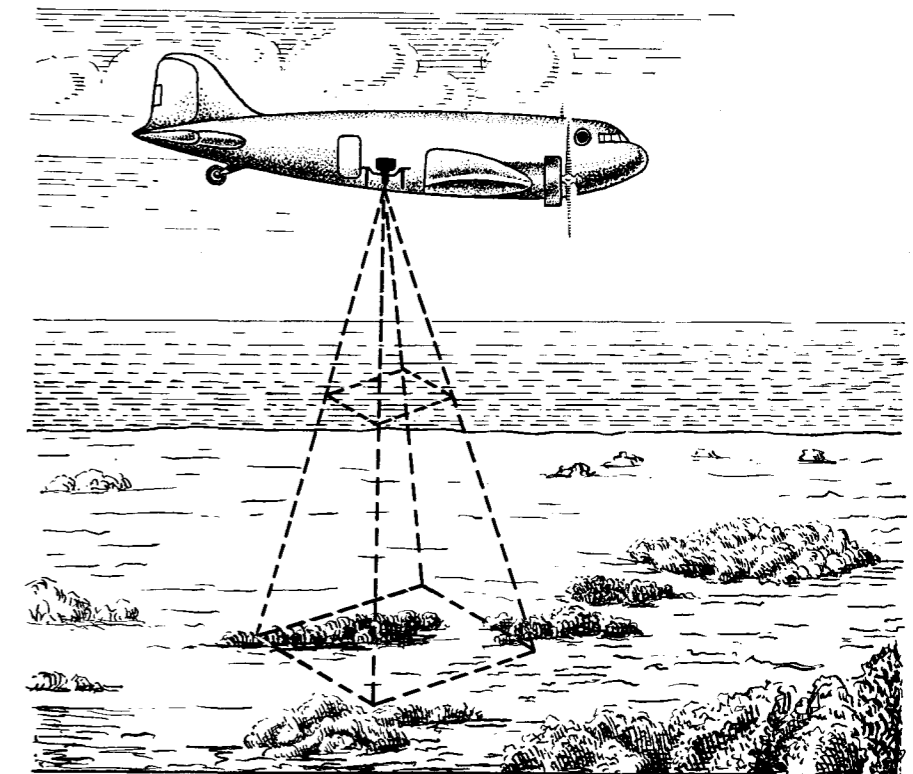
товые образования. В зависимости от количества твердого стока, механического состава выносимого аллювиального материала, параметров и направления господствующих волнений морфология приустьевых участков берега может значительно меняться. Твердый сток рек по-разному влияет на эволюцию контуров береговой линии. При твердом стоке, представленном пелитовым материалом, реки могут почти совсем не оказывать влияния на морские берега. При выносе малыми реками аллювия более грубого механического состава энергия морских волн в значительной степени расходуется на перемещение наносов, в связи с чем на абразионных берегах в устьевых частях таких рек отступление клифов происходит медленнее, чем на соседних участках, что ведет к формированию выдающихся в море мысов или же к нарастанию берега и образованию различных аккумулятивных форм. Морфология последних в значительной степени определяется потоками вдольбереговых наносов, которые часто испытывают торможение, вызываемое сохранением струйного течения рек в приустьевых мелководных участках моря, и расходом волновой энергии на перемещение поступающего в бассейн аллювиального материала. Нарастание волноприбойных кос, формирующихся в основном за счет вдольберегового потока наносов, как правило, заставляет отклоняться русла рек в направлении результирующего перемещения потока наносов (рис. 393—403).

На узких пересыпях или песчаных островах при нагонах воды и сильном волнении часто возникают ложбины прорыва, обычно приуроченные к наиболее пониженным участкам пересыпей и островов. Рыхлый материал, выносимый через эти ложбины, аккумулируется в их устьях, создавая своеобразные дельты — конусы выноса (рис. 404—407).

	Рис.
Материалы аэрофотосъемки	1—4
Природные условия аэрофотосъемки и особенности геологической дешифрируемости морских мелководий (на примере Каспийского моря)	5—8
Аэрометоды изучения морского волнения и поверхностных течений	9—13
Разработка дешифровочных признаков	14—17
Применение комплекса методов фотографической фильтрации аэрофотоизображений морского дна при геологическом дешифрировании	18—23
Полевое дешифрирование аэрофотоснимков	24—31
Подводное телевидение	24—26
Эхолотирование и геолокация	27—29
Сонарные системы бокового обзора	30—31
Предметы и явления в толще воды, на ее поверхности и в атмосфере	32—52
Морфология подводных ландшафтов береговой зоны моря	53—58
Вещественный состав и стратиграфическое положение горных пород	59—133
Современные морские отложения	59—81
Признаки дешифрирования некоторых типов осадочных и эффузивно-осадочных пород	82—125
Признаки дешифрирования некоторых типов метаморфизованных и интрузивных пород	126—131
Примеры инструментального дешифрирования аэрофотоснимков при изучении вещественного состава и стратиграфического положения горных пород	132—133
Элементы геологической структуры	134—205
Элементы залегания горных пород	134—139
Стратиграфические несогласия	140—143
Истинные и горизонтальные мощности	144—145
Разрывные нарушения	146—160
Трещиноватость	161—166
Элементы складок	167—205
Периклинали антиклиналей	167—172
Центриклинали синклиналей	173—180
Крылья антиклиналей и синклиналей	181—185
Сводовые части антиклиналей	186—192
Складчатые структуры и характер сочленения между ними	193—199
Складчатость высоких порядков, осложняющая крупные структуры	200—205

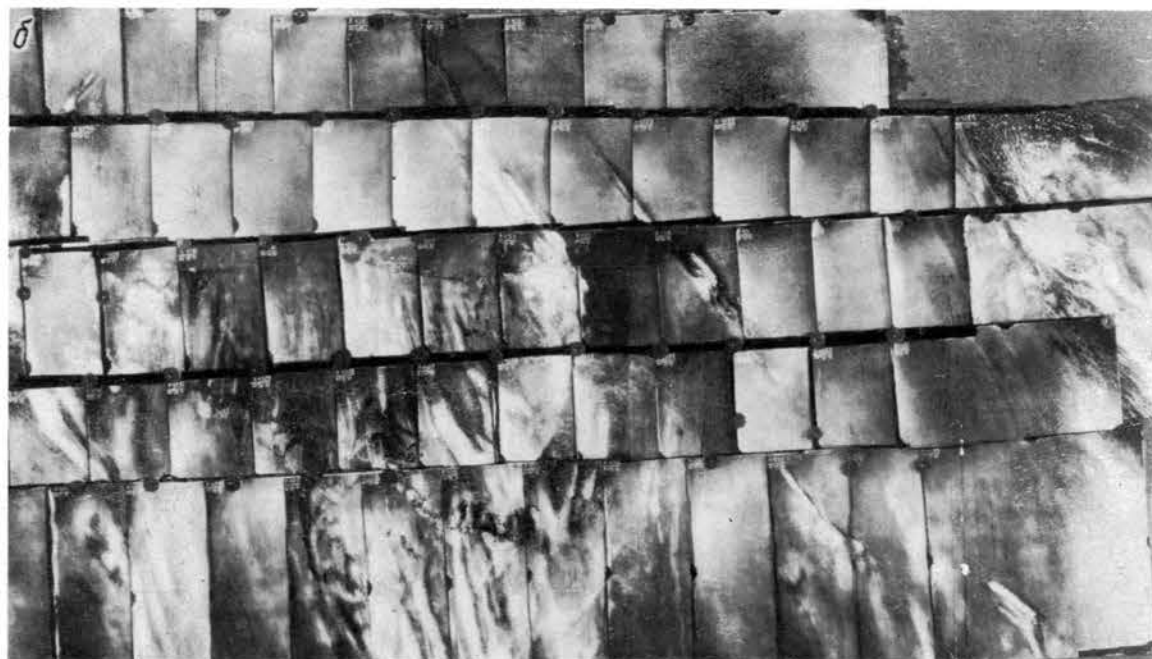
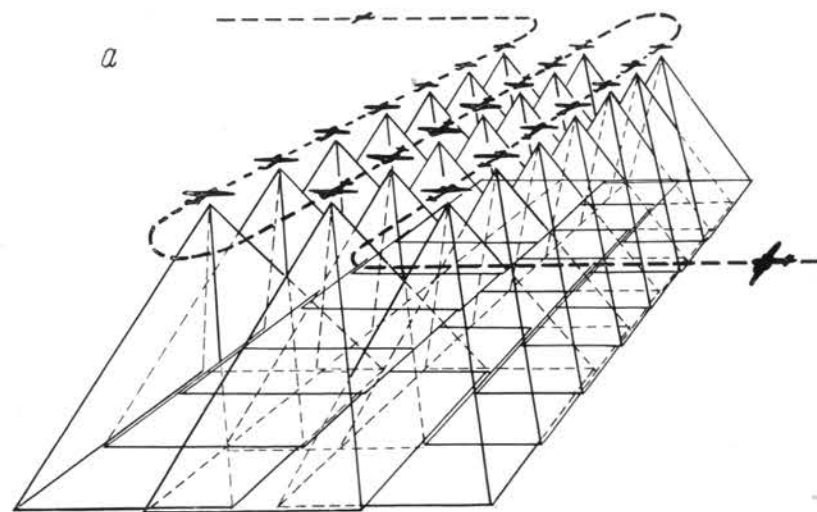
	Рис.
Рельеф	206—245
Аккумулятивный рельеф	206—232
Аккумулятивные формы, формирующиеся в основном под действием волн	206—217
Аккумулятивные формы, созданные волнениями различных направлений и течениями	218—227
Аккумулятивные формы рельефа банок открытого моря	228—232
Абразионно-скульптурный рельеф	233—240
Примеры изучения динамики рельефа морского дна и островов с помощью повторной аэрофотосъемки	241—245
Берега	246—407
Абразионные тектонически поднимающиеся берега	246—341
Признаки тектонически поднимающихся берегов	246—249
Абразионные берега, сформированные в результате восходящих тектонических движений, протекающих на фоне современных трансгрессий бассейнов	250—253
Абразионные берега, сформированные в результате восходящих тектонических поднятий, протекающих на фоне современных регрессий бассейнов	254—258
Влияние вещественного состава горных пород на характер абразионных берегов	259—279
Абразионно-структурные берега	280—309
Оползневые берега	310—325
Берега, осложненные грязевыми вулканами	326—331
Пляжи абразионных берегов	332—337
Развалы глыб у абразионных берегов	338—341
Аккумулятивные тектонически погружающиеся берега	342—392
Признаки трансгрессий и регрессий	342—346
Выровненные аккумулятивные берега	347—356
Аккумулятивные берега, осложненные эоловыми формами рельефа	357—361
Дельтовые берега	362—367
Аккумулятивные формы береговой зоны моря	368—392
Морфология устьев малых рек	393—407

1
Схема плановой аэрофотосъемки морского дна.



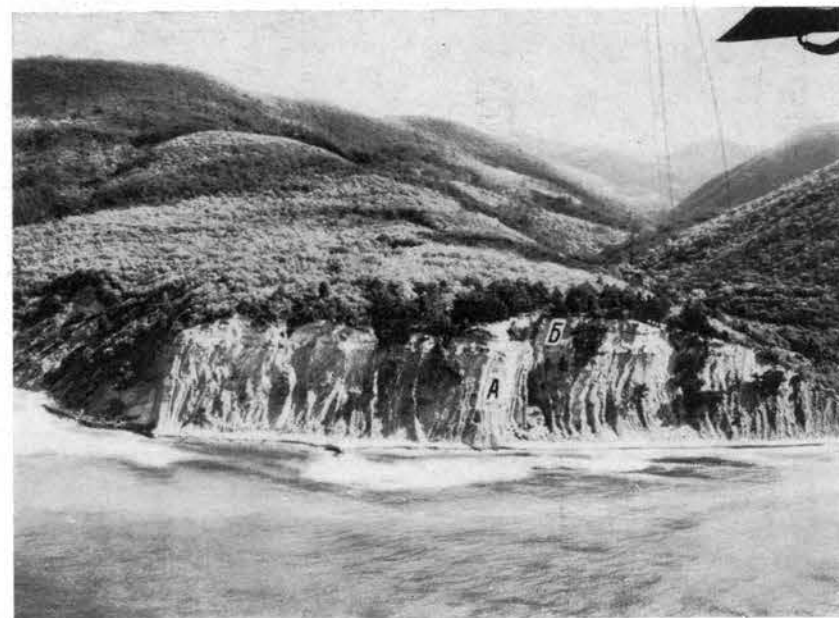
2

Схема площадной аэрофотосъемки (а) и репродукция накладки монтажа (б).



3

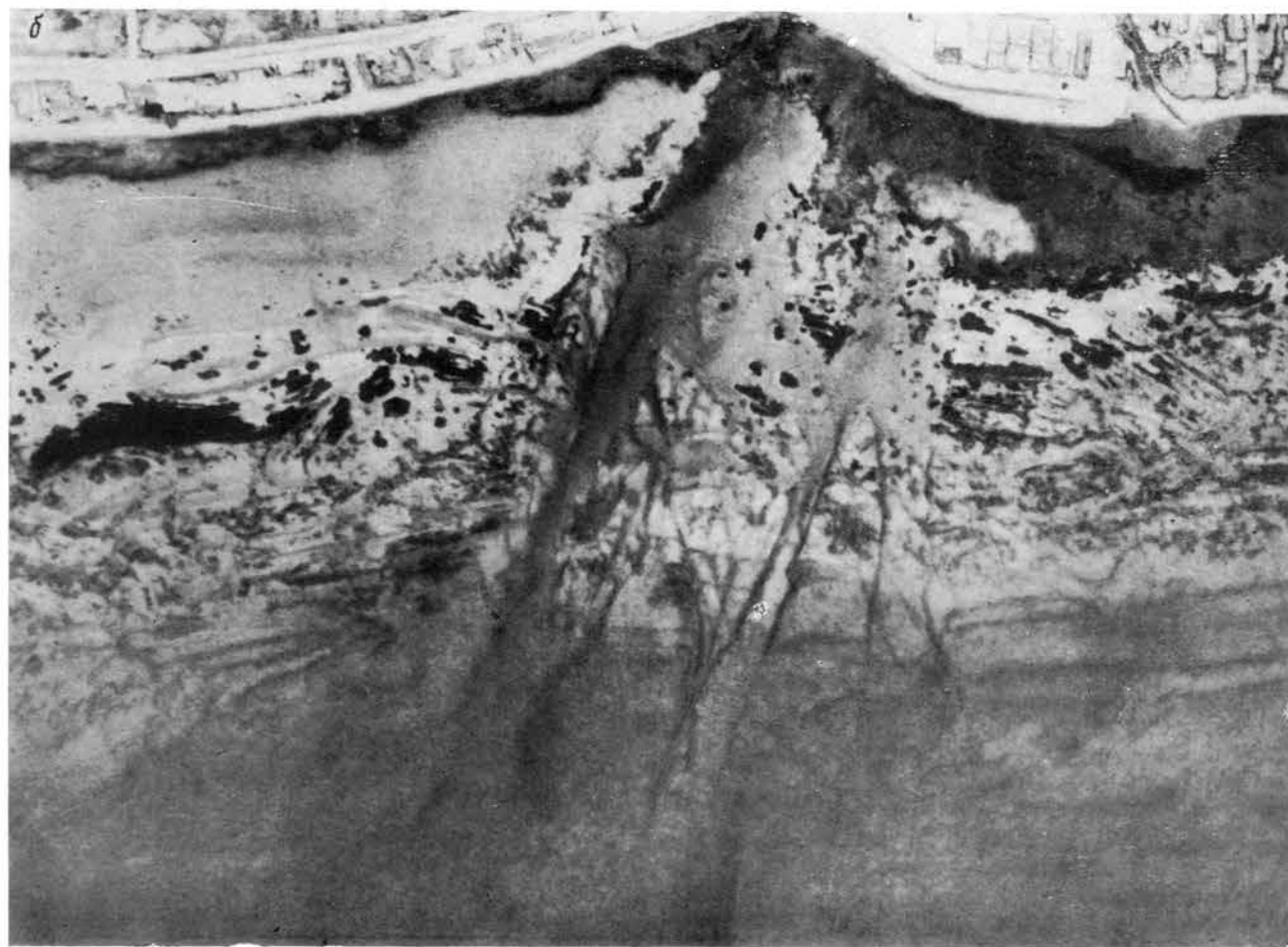
Перспективный аэрофотоснимок. В береговом обрыве хорошо видны почти вертикально стоящие пласты флишевых отложений (А), на них несогласно горизонтально залегают четвертичные отложения морской террасы (Б).



4

Фрагмент мелкомасштабного аэрофотоснимка (а) и его трехкратное фотографическое увеличение (б).

Сравнение увеличенного снимка с крупномасштабным контактным отпечатком (см. рис. 16) показывает, что информативная емкость первого достаточно для геологического дешифрирования. Применение мелкомасштабной аэрофотосъемки существенно повышает эффективность исследований, так как позволяет сократить объем летносъёмочных и фотограмметрических работ.

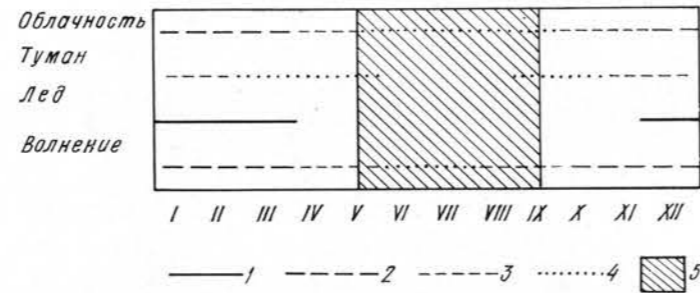


ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕШИФРИРУЕМОСТИ МОРСКИХ МЕЛКОВОДИЙ (НА ПРИМЕРЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ)

5

Зависимость условий аэрофото­съемки от основных гидрометеоро­логических факторов.

1 — фактор, полностью исключающий аэрофото­съемку морского дна; вероятность неблагоприятного воздей­ствия фактора на аэрофото­съемку: 2 — значительная, 3 — умеренная, 4 — слабая (отсутствие штрихов озна­чает благоприятную обстановку); 5 — оптимальное для аэрофото­съемки время года. На Каспийском море лед, препятствующий проведению аэрофото­съемки, образуется севернее параллели 45°.

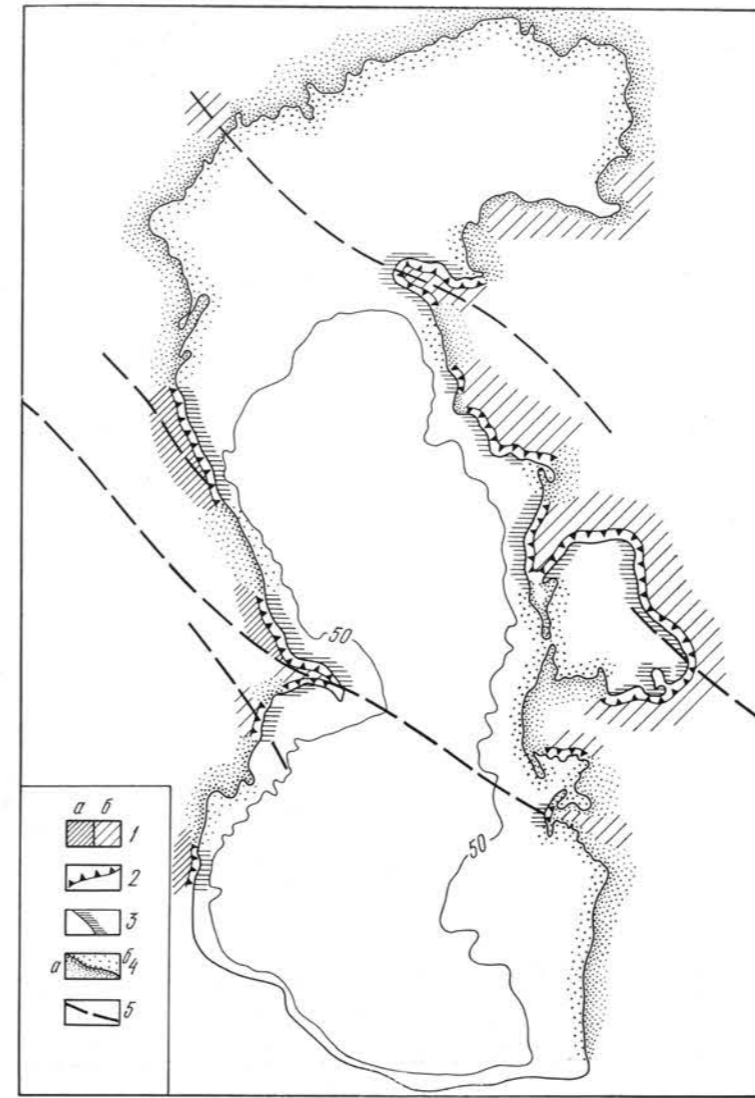


6

Площадь мелководий Каспийского моря.

Объяснения см. в тексте.

λ	45°	47°30'	50°	52°30'	55°					
φ						I	II			
47°30'	0-20	5 ₁	0-20	213 ₇	0-20	355 ₇	0-20	79 ₅	0-20	654 ₀
	Σ	5 ₁	Σ	213 ₇	Σ	355 ₇	Σ	79 ₅	Σ	654 ₀
45°	0-20	45 ₃	0-20	203 ₂	0-20	78 ₅	0-20	3 ₀	0-20	330 ₀
			20-50	184 ₄	20-50	61 ₉	20-50	1 ₀	20-50	247 ₃
	Σ	45 ₃	Σ	387 ₆	Σ	140 ₄	Σ	4 ₀	Σ	577 ₃
42°30'			0-20	32 ₁	0-20	27 ₂	0-20	201 ₆	0-20	260 ₉
			20-50	30 ₉	20-50	68 ₇	20-50	25 ₃	20-50	124 ₅
			Σ	63 ₀	Σ	95 ₅	Σ	228 ₉	Σ	385 ₄
40°			0-20	37 ₇	0-20	46 ₂	0-20	180 ₉	0-20	218 ₆
			20-50	17 ₇	20-50	46 ₂	20-50	78 ₂	20-50	142 ₁
			Σ	55 ₄	Σ	46 ₂	Σ	259 ₁	Σ	360 ₇
37°30'					0-20	15 ₉	0-20	15 ₉		
					20-50	8 ₄	20-50	8 ₄		
					Σ	24 ₃	Σ	24 ₃		
35°						III	IV			
	0-20	50 ₄	0-20	486 ₇	0-20	461 ₄	0-20	480 ₉	0-20	1479 ₄
			20-50	233 ₀	20-50	176 ₄	20-50	112 ₉	20-55	522 ₃
	Σ	50 ₄	Σ	719 ₇	Σ	637 ₈	Σ	593 ₈	Σ	2001 ₇



7

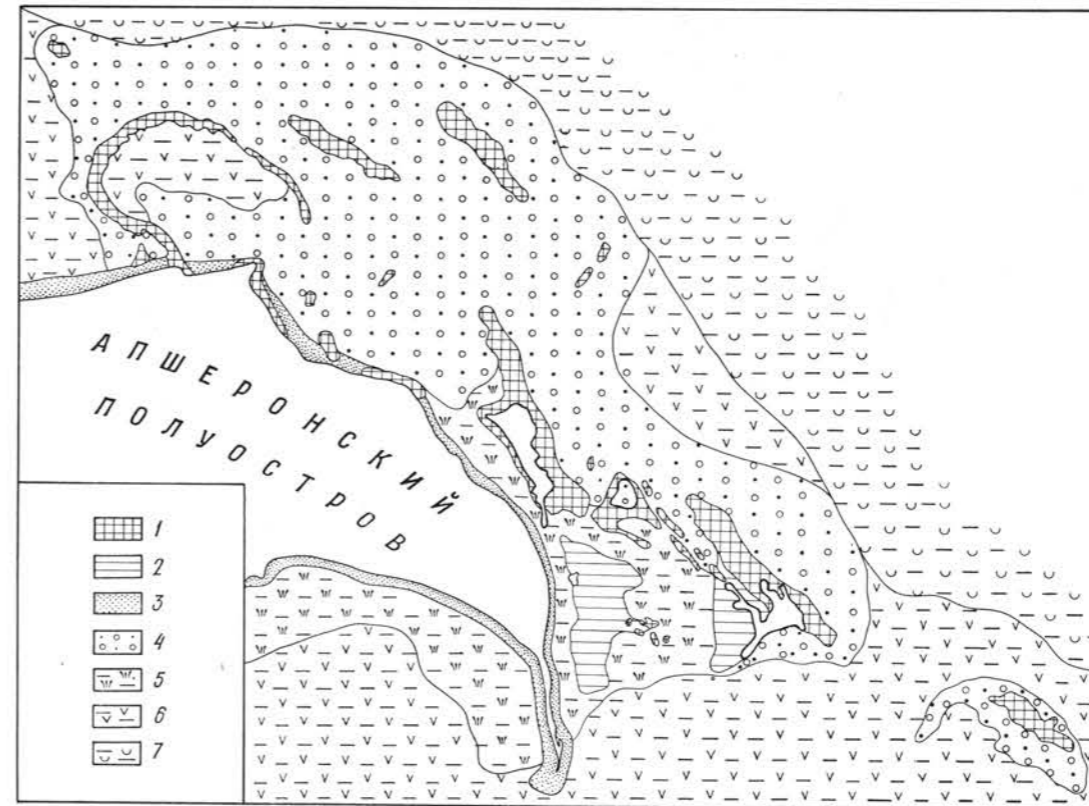
Карта-схема распространения под­водных ландшафтов абразионного и аккумулятивного типов.

1 — участки тектонического поднятия (а — интенсивного, б — замедлен­ного); 2 — абразионные берега, вы­работанные в коренных породах; 3 — подводные ландшафты абразионного и абразионно-аккумулятивного типов; 4 — участки тектонического погруже­ния; им сопутствуют аккумулятивные берега (а) и подводные ландшафты (б) аккумулятивного типа, сложен­ные мощной толщей молодых рых­лых осадков; 5 — главные структур­ные линии.

8

Схематическая ландшафтная карта акватории Апшеронского архипелага.

Подводные природные территориаль­ные комплексы: 1—5 — определяю­щие особенности аэрофотоизображе­ния морского дна, по их рисунку осуществляется дешифрирование геологического строения подводного склона (1 — скалы и камни, 2 — рав­нины, покрытые коркой современных литифицированных отложений, 3 — береговые валы, 4 — поля ракуши, 5 — заросли морских трав и харовых водорослей на илистых грунтах); 6, 7 — не получающие специфичного аэрофотоизображения, геологическое дешифрирование морского дна за­труднено (6 — илистые равнины с *Dreissena edule*, 7 — илистые рав­нины с *Dreissena rostriformis*).



АЭРОМЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ

9

Изменение характера волнения вблизи острова в зависимости от рельефа дна.

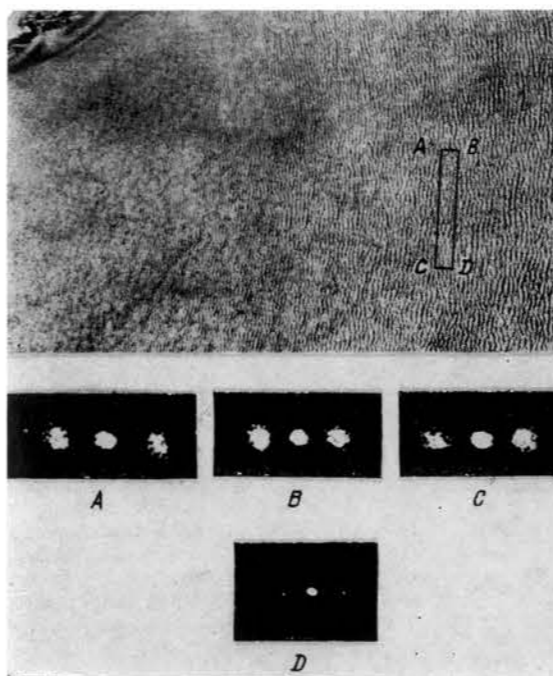
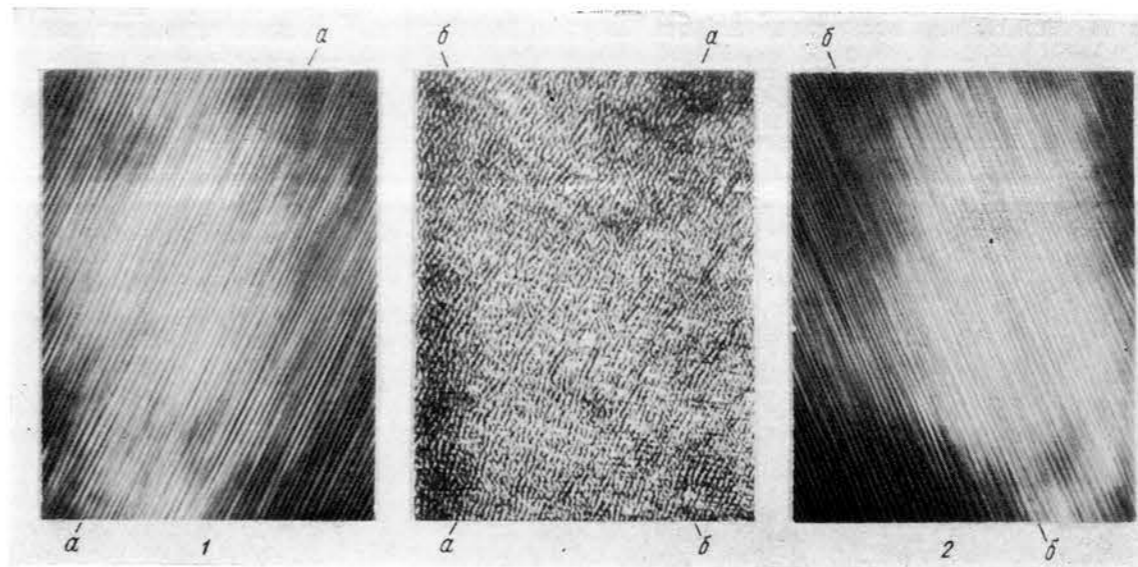
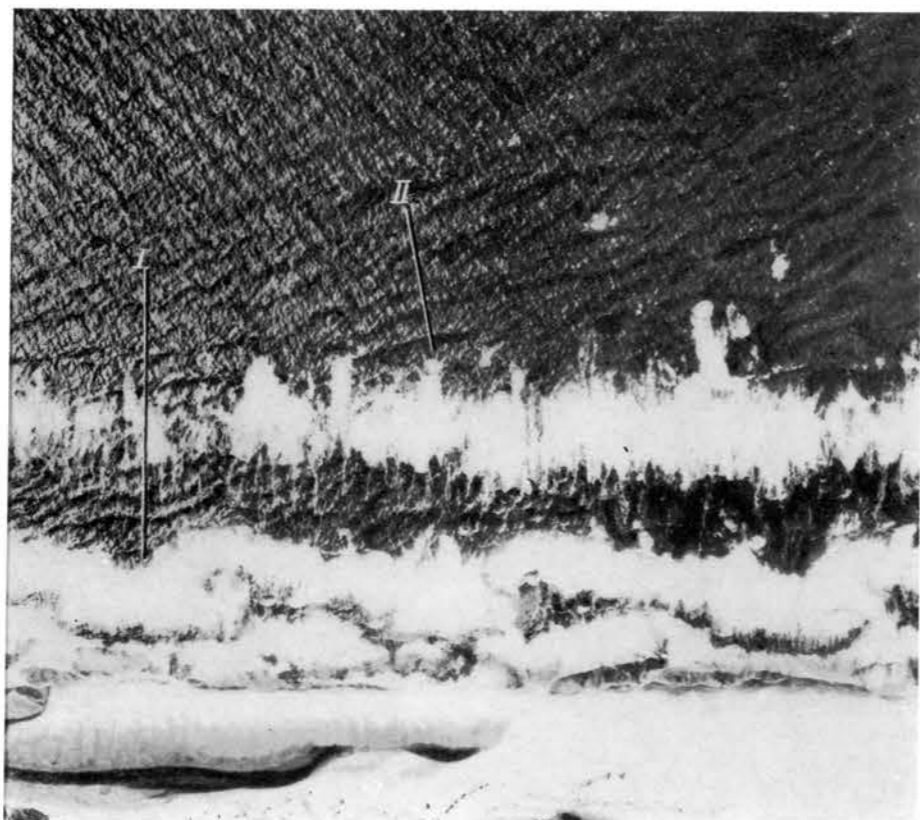
Резкое различие глубин у противоположных берегов острова определяет характер волнения. У юго-западной стороны, где подводный склон пологий и глубины небольшие, наблюдается резкий изгиб фронта волн (рефракция), вызванный торможением о дно мелководья, в то же время у приглубого берега с северо-восточной стороны характер волнения остается почти без изменения.



10

Взволнованная поверхность моря у песчаного аккумулятивного берега.

Зона бурунов коррелируется с подводными береговыми валами. Штормовая обстановка вызвана ветрами северо-западных румбов (с моря), скорость которых составляла 12—16 м/сек. Измерения элементов волн производились простейшими способами по профилям I и II с использованием транспорта и масштабной линейки. Азимут распространения волн 235°. Длина волны по профилю I, м: 40, 34, 35, 35, 37, 29, 26, 19, 21 (средняя — 31); по профилю II, м: 34, 30, 35, 29, 39, 27 (средняя — 32).



11

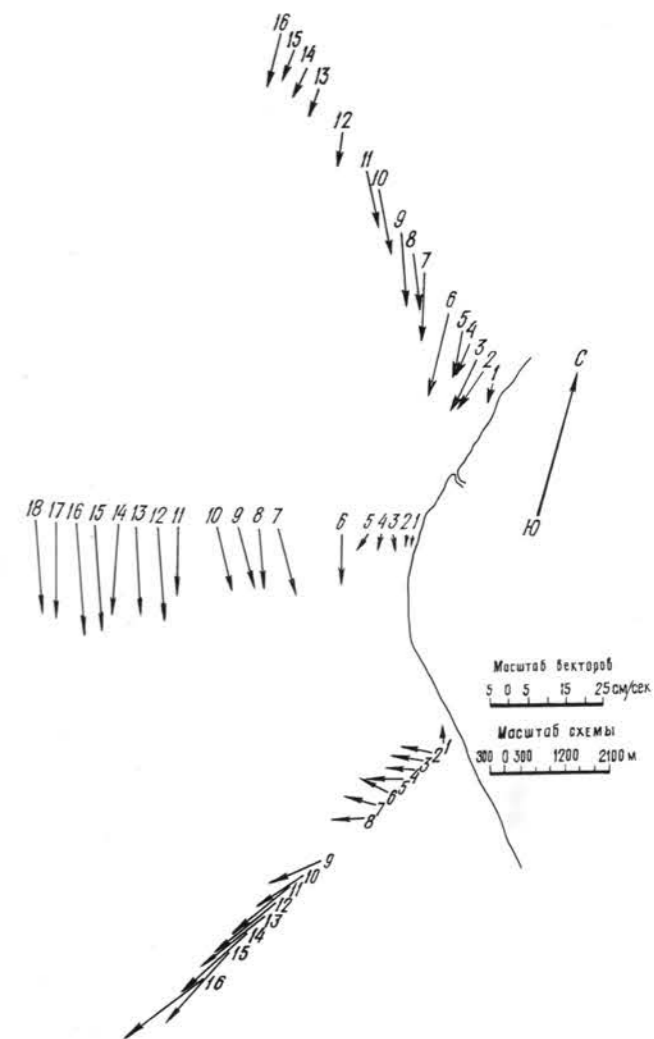
Выделение двух систем волн с исходного аэрофотоснимка (в центре) с помощью цилиндрической линзы.

1 — система волн с гребнями, параллельными линии *aa*; 2 — то же, линии *bb*.

12

Анализ дифракционной картины морского волнения, дающий среднюю длину преобладающих волн.

a — левая половина снимка, средняя длина волн 2,4 м; *b* — правая половина снимка, 3,3 м; *в* — полный снимок, 2,7 м (эта величина в пределах ошибки определения совпадает со среднеарифметическим из величин, найденных для правой и левой половин снимка); *г* — выделенный участок *ABCD*.



13

Картограмма векторов течений, составленная по материалам аэрофото съемки и отображающая сложную картину течений у мыса.

В момент съемки на северном участке течение направлено к югу, на южном, у берегов, — к северу, а на удалении 2—2,5 км от берега оно пово-

рачивает на юг. У оконечности мыса течение вблизи берега неустойчиво по направлению: на расстоянии 1—1,5 км поворачивает к югу. Таким образом, на удалении 1—2 км от берега течение с севера и юга направлено к оконечности мыса навстречу друг другу, а за пределами этой полосы оно следует в южном направлении.

РАЗРАБОТКА ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ

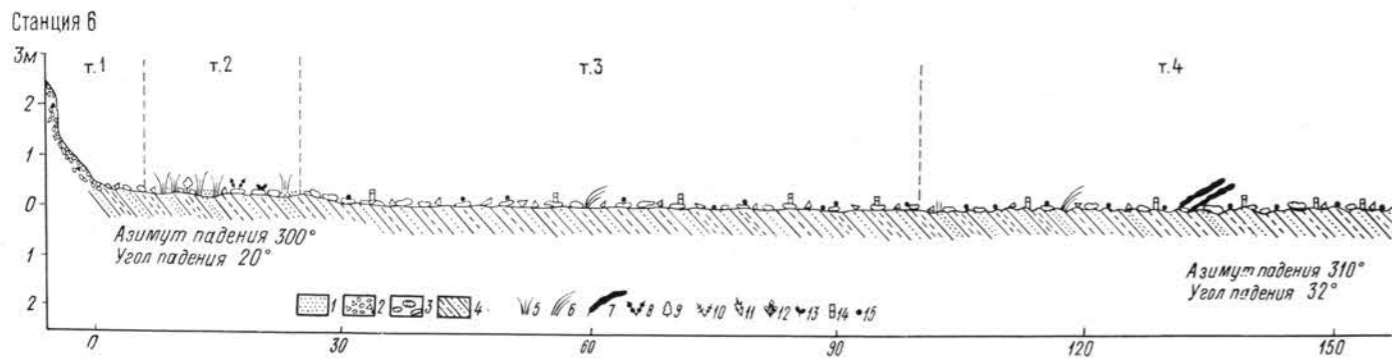
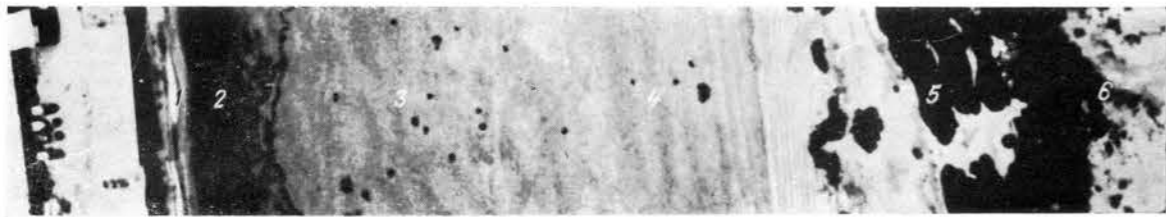
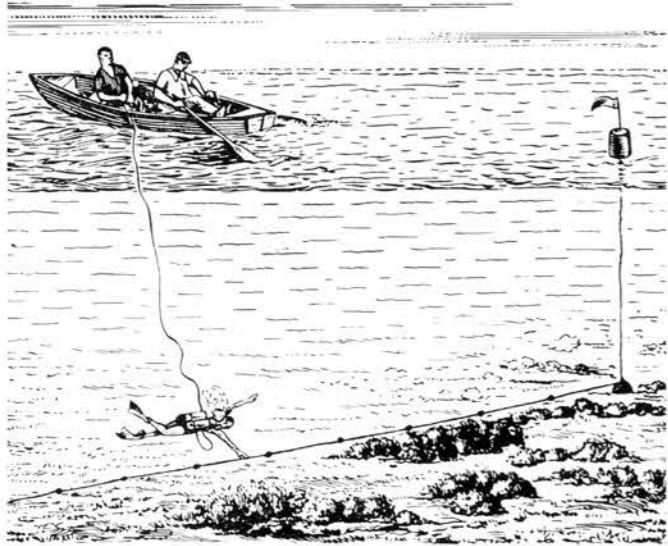
14

Работа аквалангиста на профиле вдоль мерного шнура, проложенного по дну.

15

Детальный ландшафтный профиль, сопровождаемый вырезкой из аэрофотоснимка.

Грунты: 1 — песок, 2 — галка и гравий, 3 — валуны, 4 — коренные породы; подводная растительность: 5 — *Zostera marina*, 6 — *Phyllospadix iwatensis*, 7 — *Laminaria japonica*, 8 — *Sargassum mijabei*, 9 — *Ptilota filicina*, 10 — *Ulva fenestrata*, 11 — *Tichocarpus crinitus*, 12 — *Laingia pacifica*, 13 — *Corallina pilulifera*, 14 — *Pachyarthron cretaceum*, 15 — известковые водоросли.



16

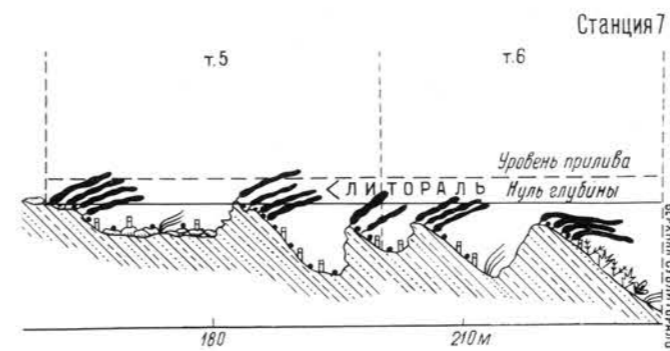
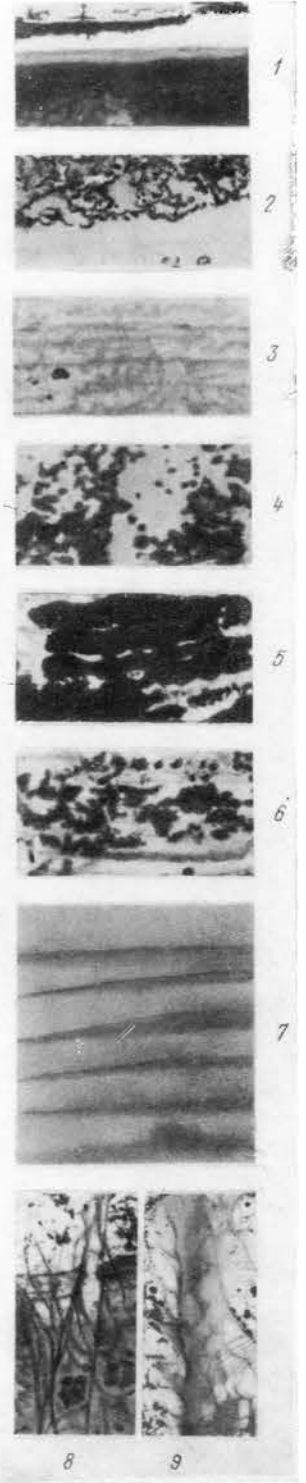
Аэрофотоснимок ключевого участка с аэрофотографическими эталонами.

1 — узкая полоска белого и светло-серого тона, соответствующая изображению надводной и подводной частей пляжа; 2 — мелкопятнистый зернистый рисунок связан с изображением комплексного растительного покрова, где темные детали обусловлены пятнами zostеры, а светлые — разреженным покровом водорослей на щебнистом дне; 3 — светло-серый тон, отвечающий выравненному щебнистому дну с разреженным покровом известковых водорослей; простирающиеся пласты коренных пород угадываются по легкой полосчатости рисунка; 4 — темный пятнистый, зернистый рисунок изображения, обусловленный зарослями филлоспадикса, занимающими местами значительные участки, местами расчлененными на фрагменты и отдельные куртины; 5 — крупные пятна и полосы интенсивного черного тона — заросли ламинарии на вершинах гряд; гряды и межгрядовые понижения с покровом известковых водорослей — светлый тон с легкой полосчатостью рисунка, обусловленной линиями напластования; 6 — до глубины 5 м общий тон фотоизображения подводного склона более светлый по сравнению с изображением дна на больших глубинах. В рисунке выделяются несколько характерных элементов. Мелкопятнистость, зернистость обусловлены темными деталями, связанными с куртинами филлоспадикса; полосчатость предопределена простирающимися грядками и межгрядовыми понижениями (последние хорошо просматриваются стереоскопически). Простирающиеся скульптурные формы, в свою очередь, зависят от простирающихся пластов коренных пород, на

месте которых они развиты. Обращает внимание изменение замеренных элементов залегания пород и соответствующие изменения в рисунке фотоизображения: нарушение параллельно-прямолинейного простирающихся пластов, наличие изгибов в распределении деталей изображения; 7 — фотоизображение подводного склона от 5 м до 12—15 м, отличающееся общим серым тоном. Заметно влияние толщи воды: уменьшается контрастность и четкость в передаче деталей рисунка. При просмотре пары снимков под стереоскопом не удается

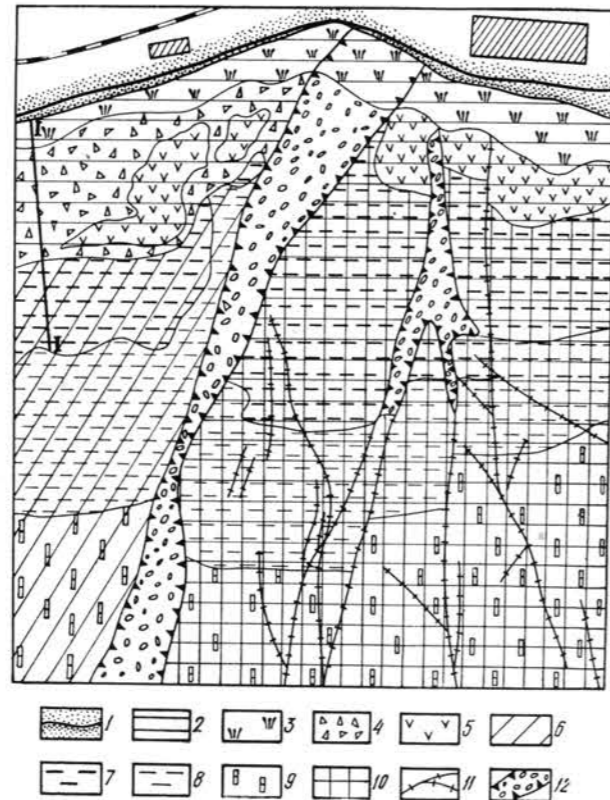
получить объемной модели рельефа дна. Полосчатый рисунок фотоизображения, характерный для верхней части склона, постепенно затухает с глубиной. Общий рисунок изображения становится монотонным, серым, без четких и контрастных деталей. Отмечается неясная пятнистость рисунка, местные потемнения, темные крупные пятна неправильных очертаний, которые обусловлены зарослями красной водоросли — одонталли. На глубине 12 м толща воды скрывает изображение дна и его уверенное дешифрирование становится

невозможным; 8 — характерный рисунок в виде сетки пересекающихся под разными углами линий, обусловленный трещиноватостью, дробящей породы на многочисленные блоки прямоугольной, ромбической, треугольной форм; 9 — четкое изображение желобообразных понижений, приуроченных к зонам разрывных нарушений. Благодаря резкой смене характера рисунка хорошо прослеживаются борта понижений, дно последних, покрытое рыхлыми осадками, изображается серым тоном.

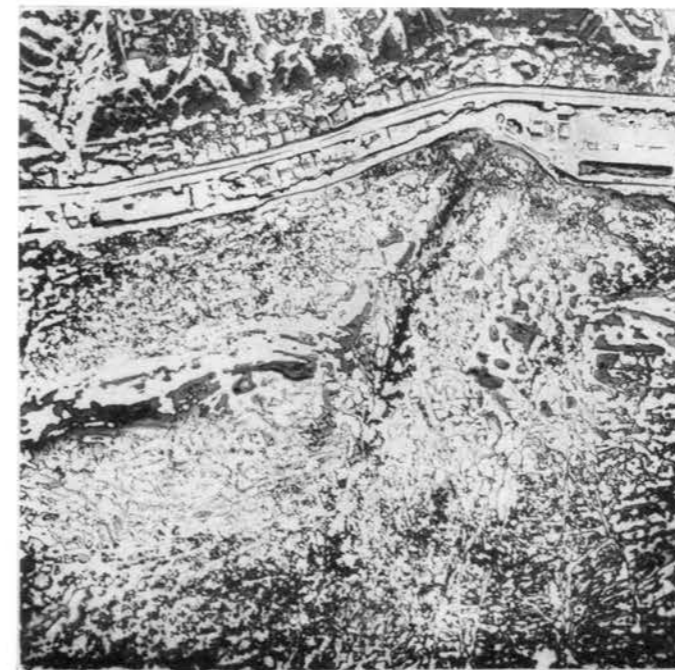


Карта подводных природных комплексов ключевого участка.

1-1 — ландшафтный профиль (см. рис. 15); 1-12 — см. табл. 2.



ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ
ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ
АЭРОФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ
МОРСКОГО ДНА
ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ
ДЕШИФРИРОВАНИИ



18

Преобразованное аэрофотоизображение береговой зоны (исходное см. на рис. 16).

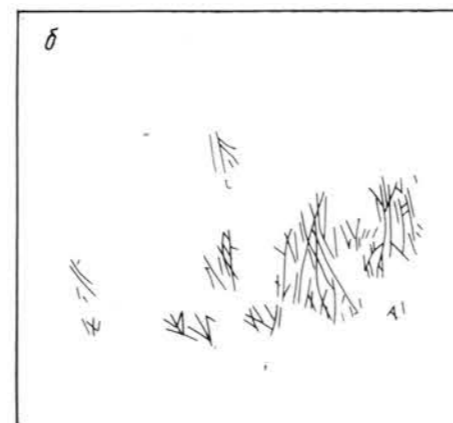
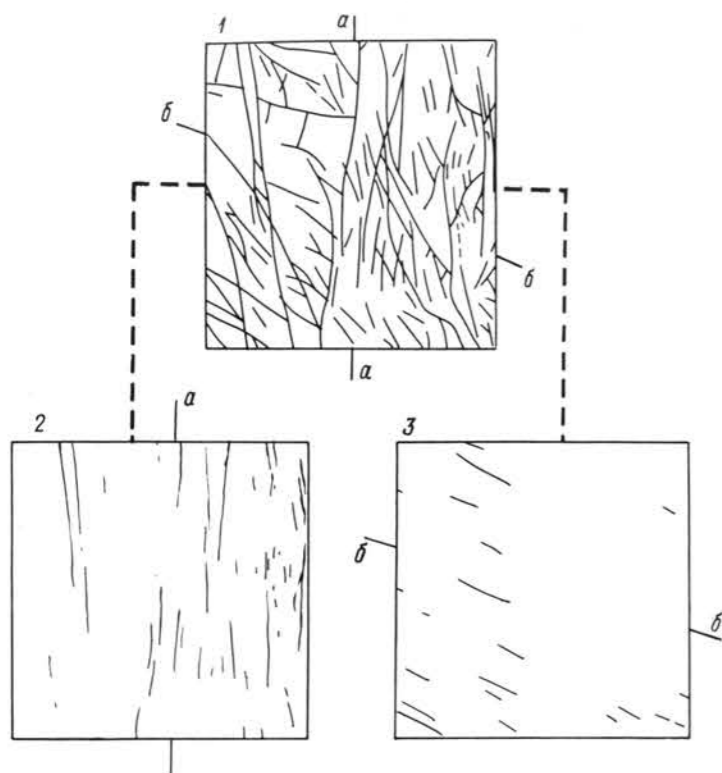
На преобразованном аэрофотоизображении более отчетливо различаются детали геологического строения дна морского мелководья: характер переслаивания, трещиноватость и др.

19

Силуэтное (черное) изображение на белом фоне, полученное в результате выделения объектов с однородными фотометрическими свойствами.

20

Выделение объектов с однородными фотометрическими свойствами в форме контурных изображений с внутренним полутоновым заполнением.



21

Преобразование графического изображения (1) растровым методом с выделением линейных элементов, ориентированных вдоль осей а (2) и б (3).

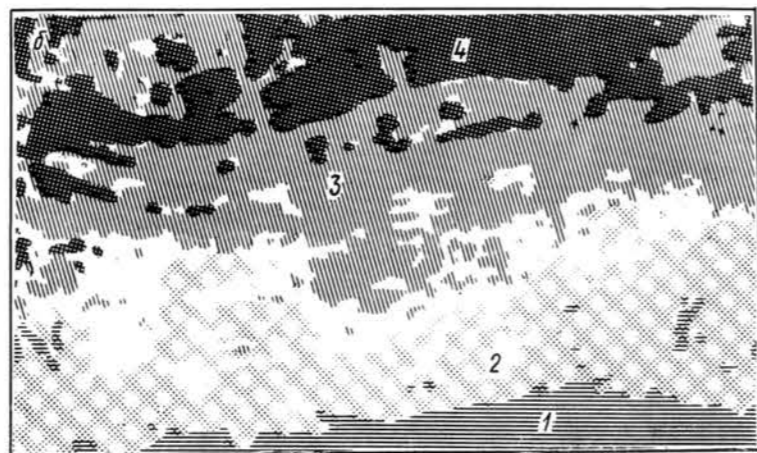
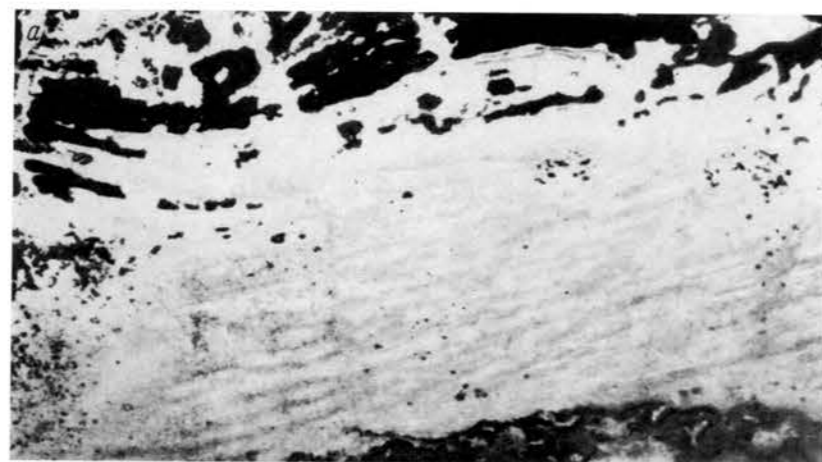
22

Выделение силуэтных изображений с деталями заданного интервала густот (а — исходное графическое, б — преобразованное).

23

Картирование однородных по фотометрическим свойствам элементов структуры подводных ландшафтов.

а — исходное аэрофотонизображение природных комплексов прибрежно-абразионно-скульптурной террасы; б — карта-схема: (1 — мозаика фаций зарослей зостеры и фаций щебнистого дна с покровом водорослей, 2 — фации щебнистого дна и скульптурных поверхностей бенча с разреженным покровом водорослей на внутренней защищенной от волн части террасы, 3 — то же, на внешней открытой прибою части террасы, 4 — чередование фаций вершин гряд с зарослями ламинарии, фаций склонов и межгрядовых понижений с покровом известковых водорослей).



24

Водолаз с передающей телевизионной камерой, заключенной в батисферу.

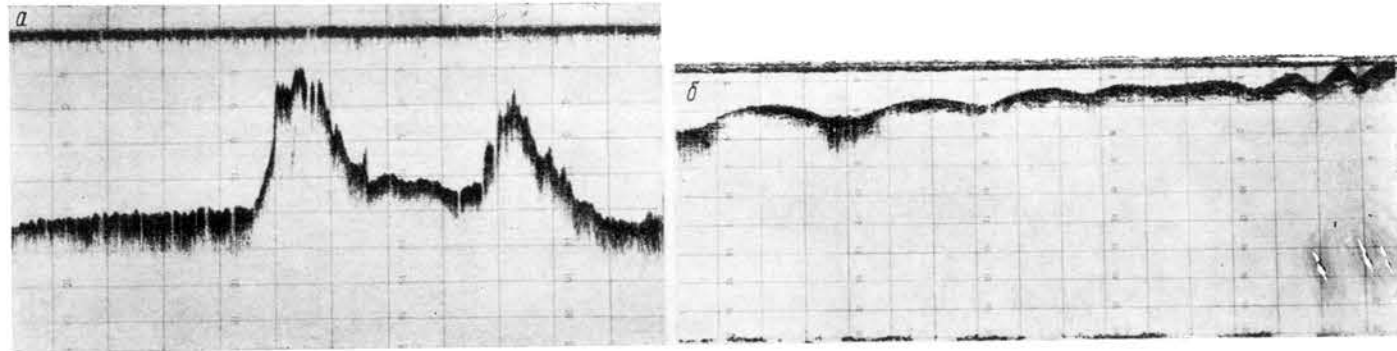
25

Фотографирование изображения дна с экрана телевизора с помощью фотоприставки.

26

Образец фотографии телевизионного изображения валунно-галечных отложений.





27

Эхограммы подводного рельефа.

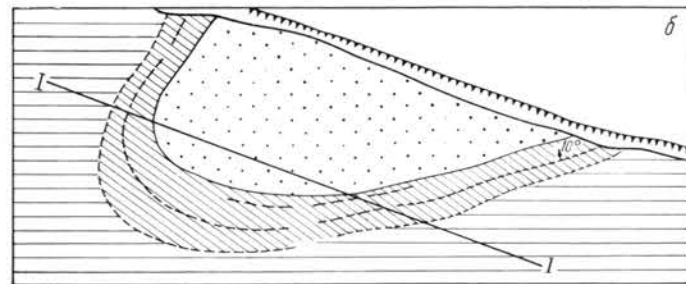
a — гряды древних дислоцированных пород; *b* — серия подводных песчаных береговых валов.



28

Геолокация морского дна.

a — геолокаторный профиль *I—I*; *b* — карта-схема морского дна, отображающая центриклиналь синклинальной складки, пересеченную геолокаторным профилем *I—I*.



29

Разрез дна по профилю; полученный сейсмоакустической системой «Анапа» (Объединение «Южморгео» Мингео СССР).

Глубина моря по профилю превышает 2000 м, а разрез дна по породам достигает 3—4 км. В правой части профиль отображает нижнюю часть материкового склона, характеризующуюся сложным пересеченным рельефом. Относительная высота неровностей достигает 200—300 м. У основания склона рельеф дна становится более спокойным, хотя и здесь имеются отдельные холмообразные возвышенности, разделенные обширными пространствами выров-

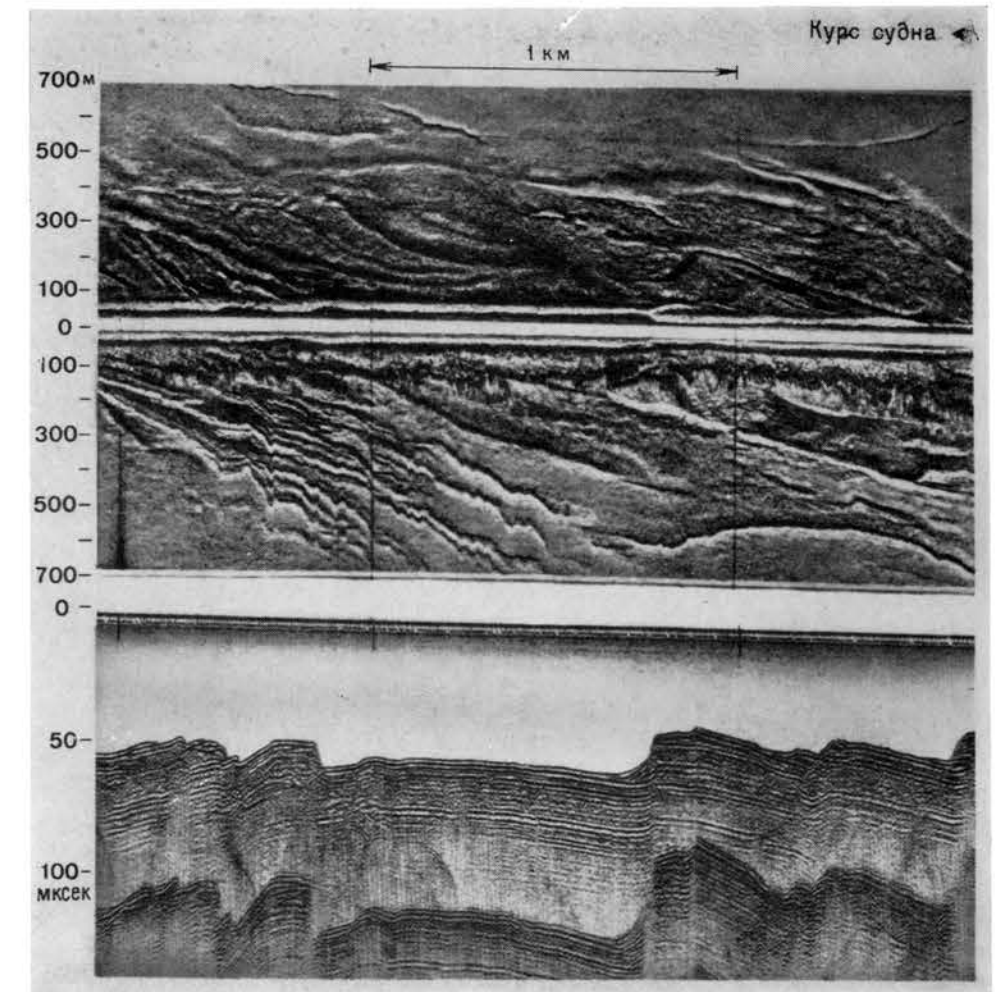
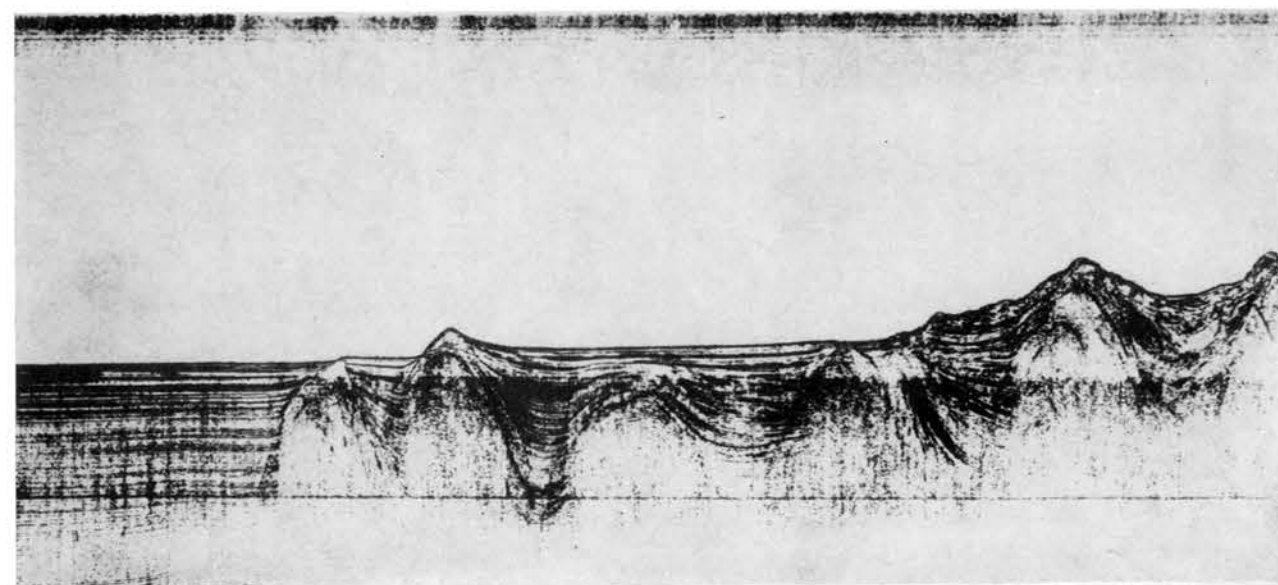
ненного дна. На разрезе видны смятые в складки древние осадочные породы. Мощное осадконакопление компенсирует структурные неровности, обуславливая в целом выровненный рельеф дна. Особенности строения дна можно связать, по-видимому, с интенсивностью неотектонических движений. Там, где темп поднятия опережает осадконакопление, отмечаются прямые формы рельефа (возвышенности на месте антиклинальных складок); там, где поднятие замедлено, отмечаются погребенные структуры (на участках тектонического опускания происходит накопление мощной толщи осадков и аккумулятивное выравнивание дна).

СОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ БОКОВОГО ОБЗОРА

30

Образец записи.

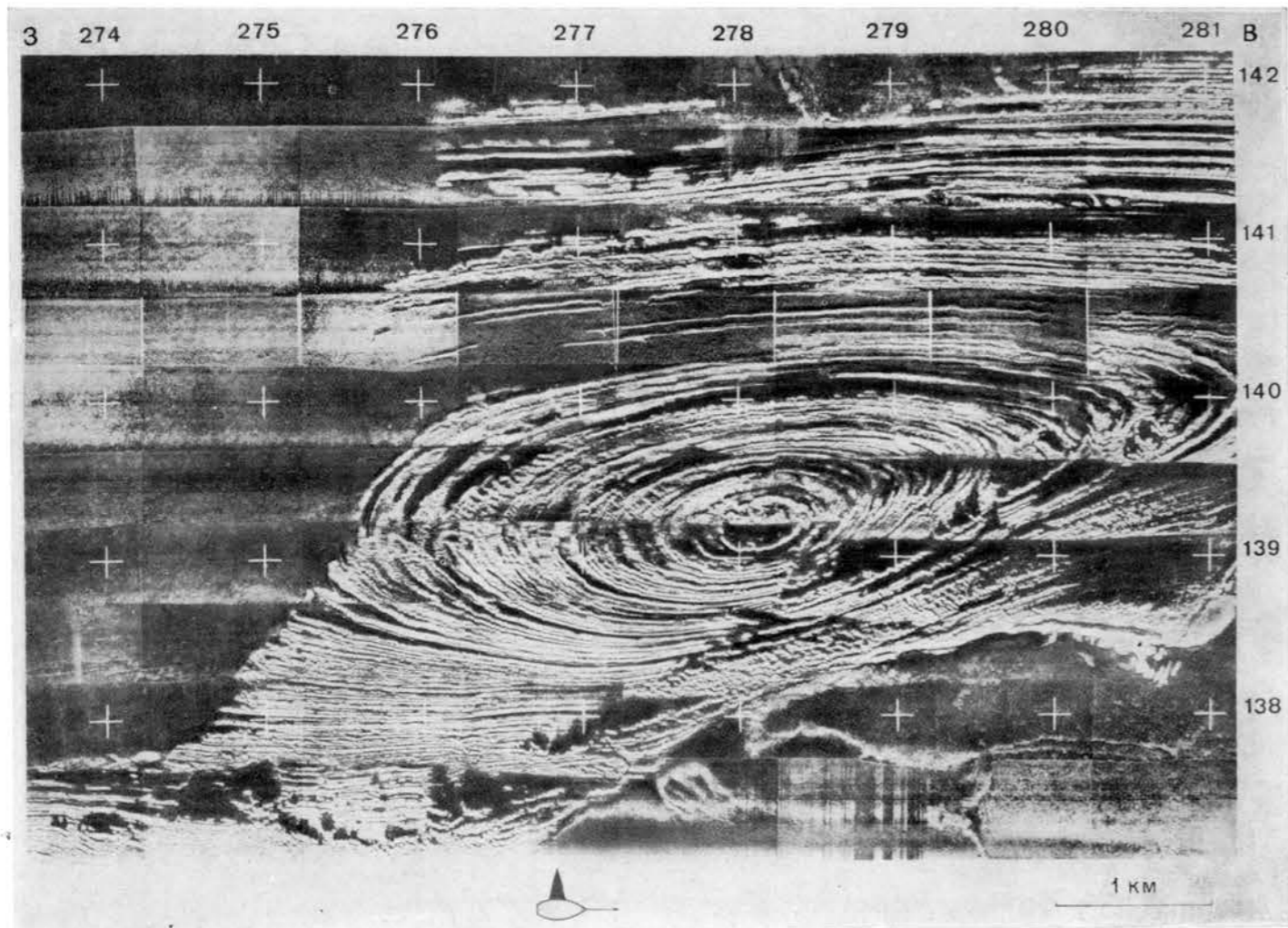
Регистрационная лента сонара несет одновременно плановое изображение поверхности дна справа и слева от «рыбины» (две верхние полосы) и сейсмоакустический разрез дна по профилю (нижняя полоса).



Монтаж отдельных полос плановых акустических изображений в «фотосхемы», покрывающие значительные площади морского дна (по материалам французского нефтяного института).

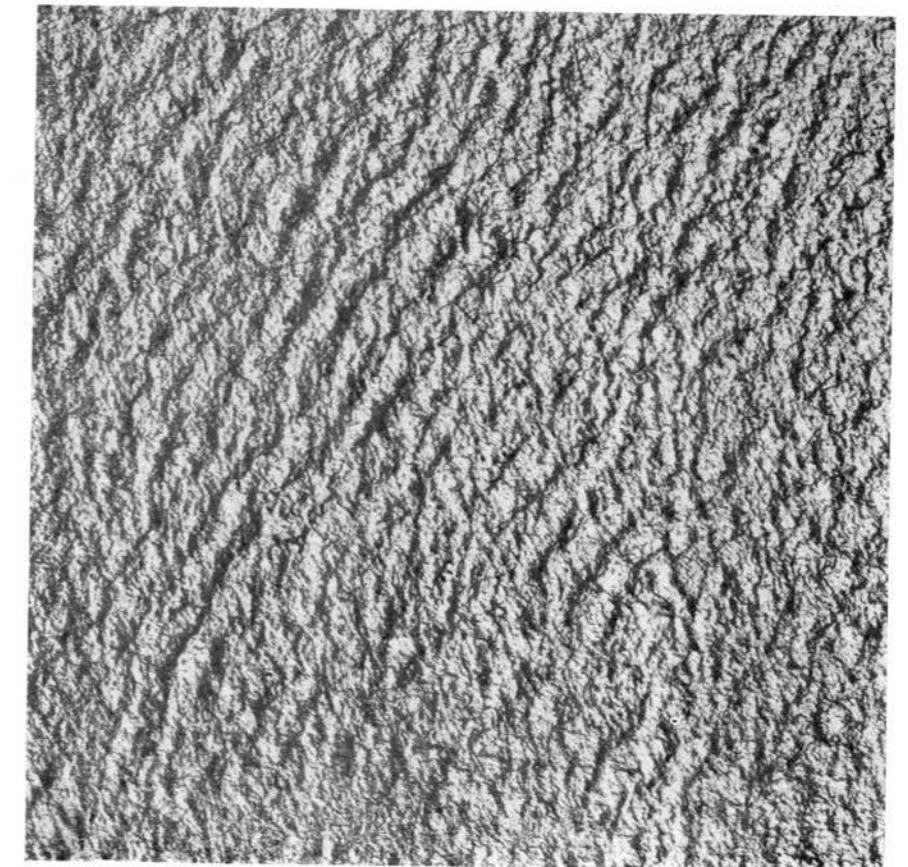
На рисунке представлена репродукция фотосхемы. Для устранения разномасштабности отдельных полос применялась оптическая система анаморфоза. С помощью последней производилась репродукция каждой полосы, при этом масштаб изображения менялся вдоль одной оси координат, но оставался неизменным вдоль другой.

На фотосхеме отображена синклинальная структура дна Бискайского залива на глубине около 40 м. Четко фиксируются скульптурно-грядовые формы рельефа, развитые на месте отпрепарированной абразией толщи флишеобразно переслаивающихся пород. Твердые пласти образуют на дне гряды, возвышающиеся на несколько метров, отдельные достигают 15 м.



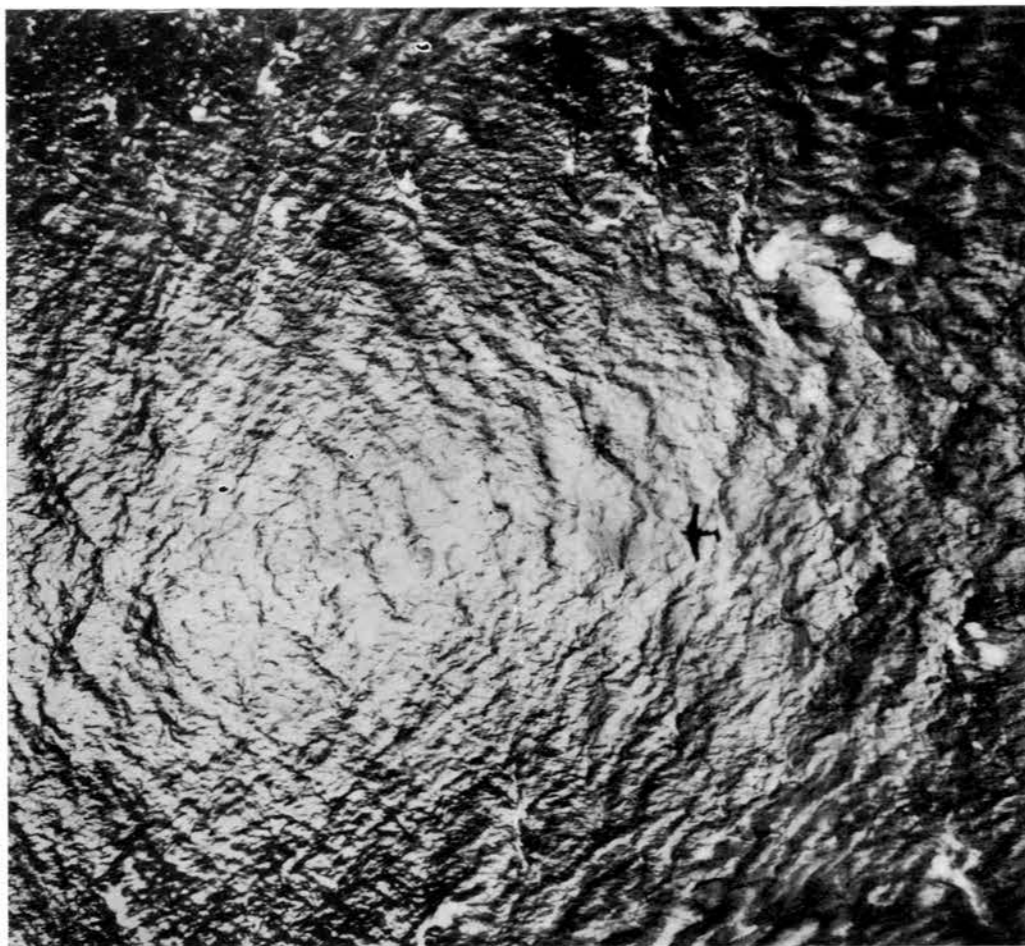
32

Взволнованная забликованная поверхность моря. Плановый аэрофотоснимок.



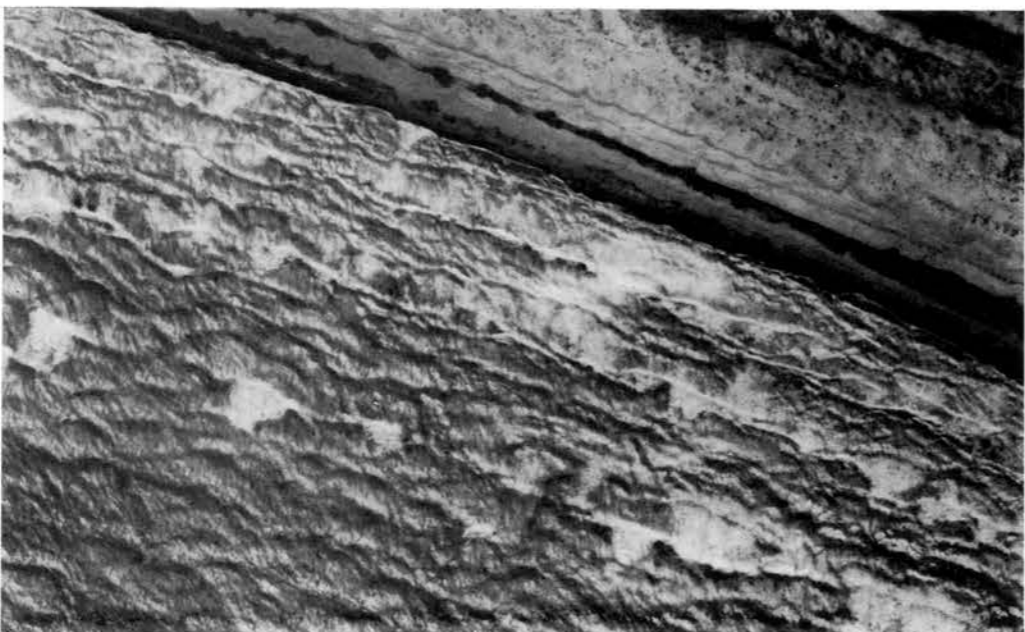
33

Изображение солнечного блика и тени самолета. Плановый аэрофотоснимок.



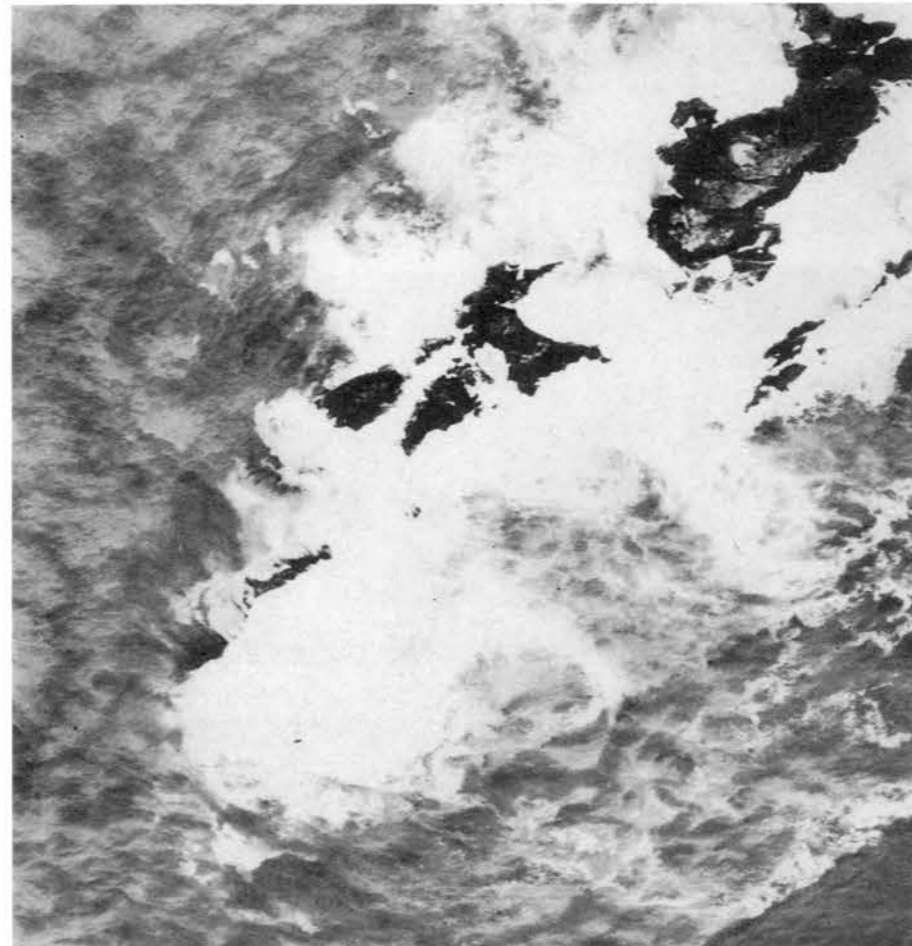
34

Разрушение волн при подходе к берегу (буруны). Плановый аэрофотоснимок.



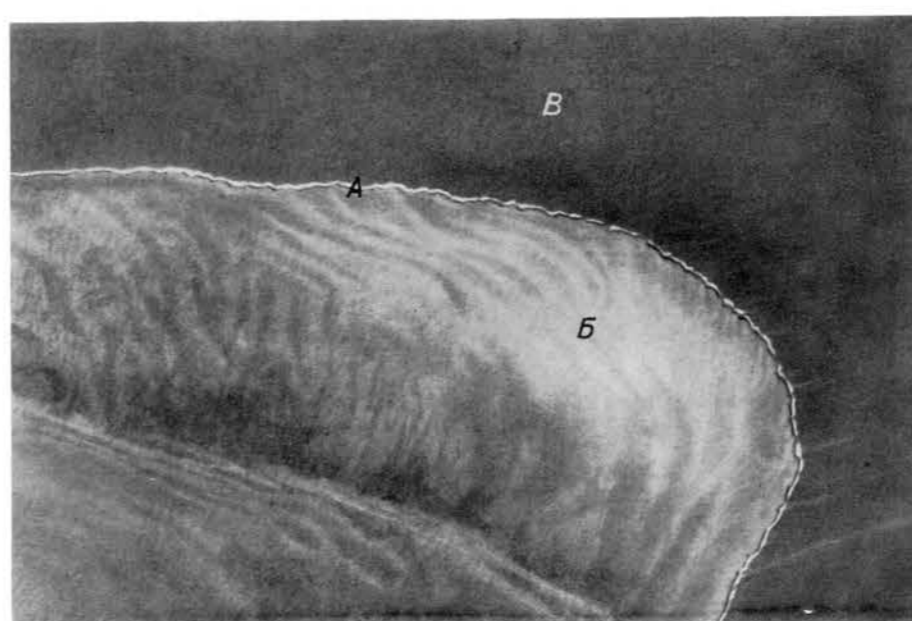
35

Разрушение волн у каменистого острова. Плановый аэрофотоснимок.



36

Полоса пены (А) на границе мутной (Б) и чистой воды (В), возникшая вследствие соприкосновения масс воды разной плотности. Плановый аэрофотоснимок.



37

Полоса пены на границе мутной и чистой воды.



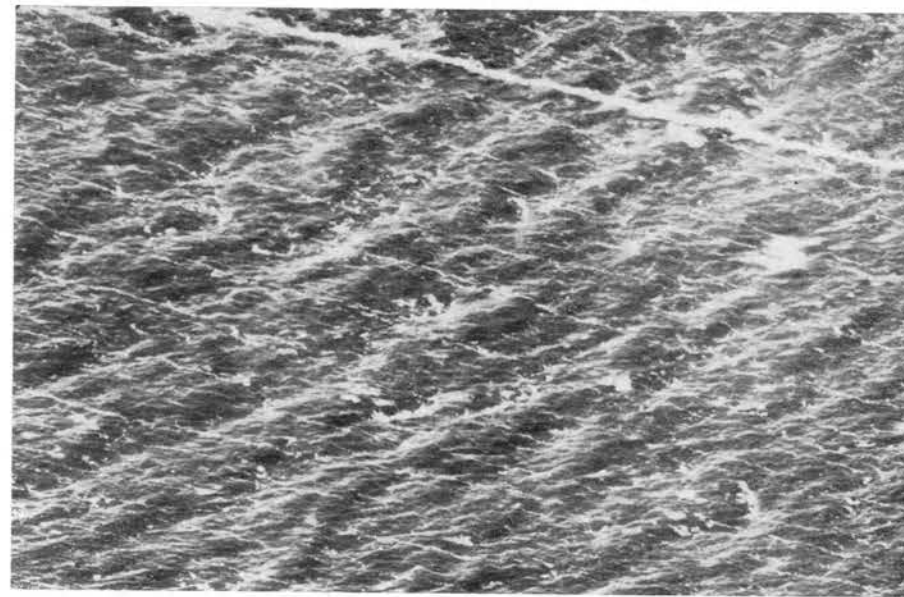
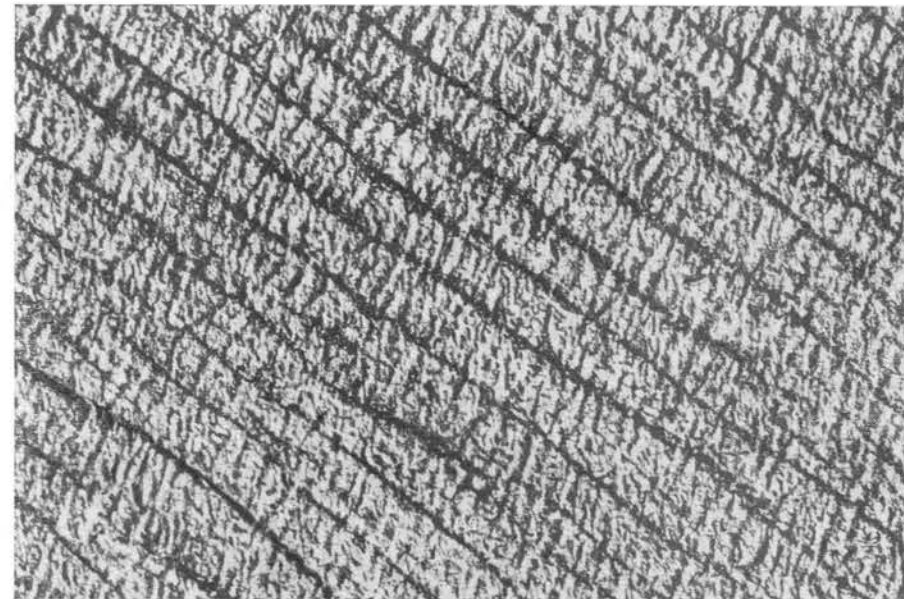
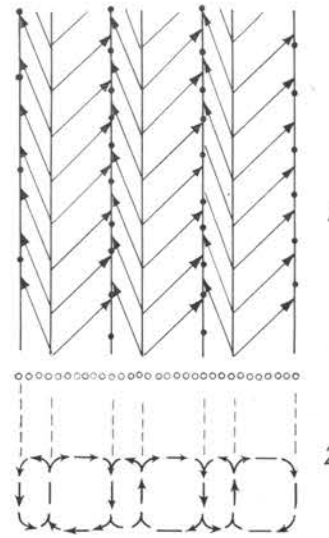
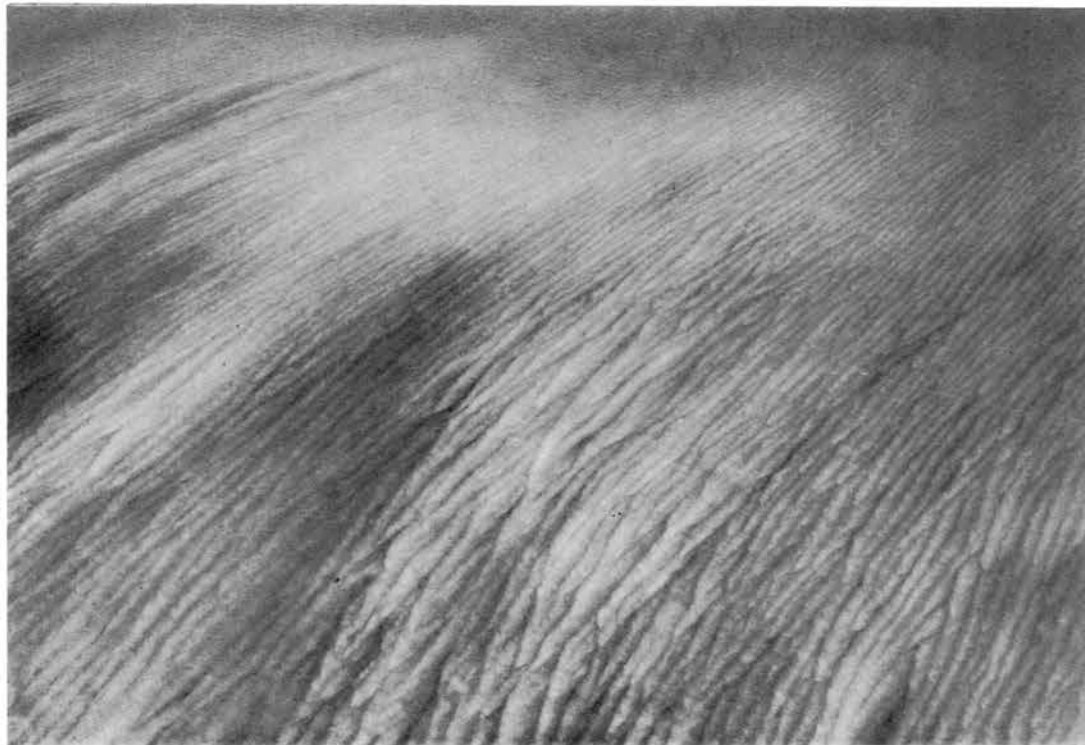
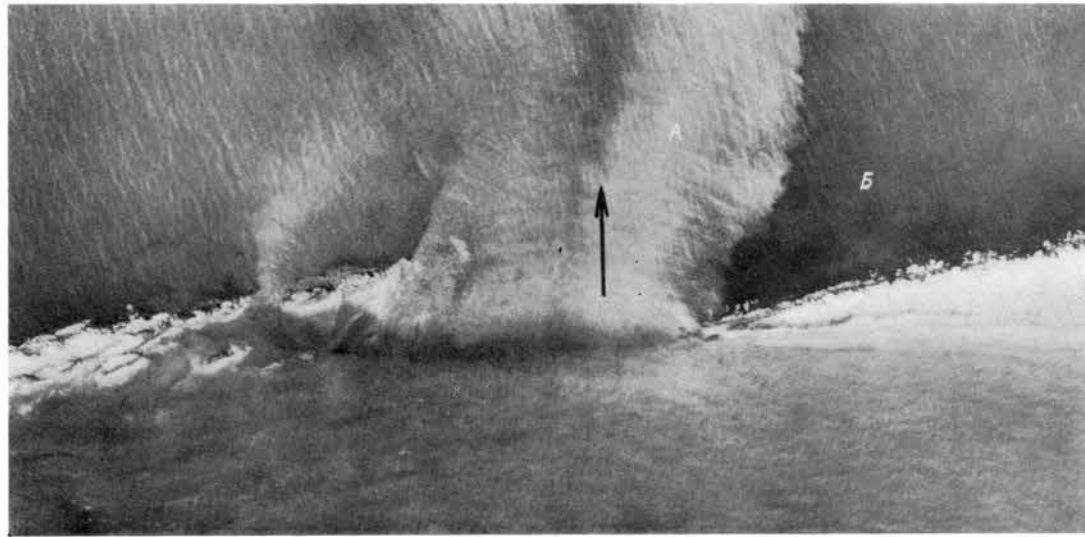
38

Мутная вода (А), переносимая течением. Плановый аэрофотоснимок.

На аэрофотоснимке хорошо видно, что мутная вода устремляется в пролив между двумя каменистыми островами. Граница между мутной (А) и прозрачной (Б) водой очень резкая. Такое распределение мутной и прозрачной воды указывает на направление течения (обозначено стрелкой).

39

Полосы мутной воды. Перспективный аэрофотоснимок.



40

Схема лангмюровских вихрей [13].

1 — движение частиц воды на поверхности моря под влиянием лангмюровских вихрей. Точками показано конечное положение буйков, разбросанных по поверхности моря при проведении экспериментальных работ, а стрелками — их движение в направлении участков погружения частиц воды ко дну. На поверхности моря участки погружения водных частиц располагаются по определенным линиям, параллельным ветру, вдоль которых и происходит скопление плавающих веществ и предметов в виде четких полос; 2 — разрез, показывающий движение частиц воды в лангмюровских вихрях в вертикальном направлении.

41

Полосы скоплений поверхностно-активного вещества, возникшие под действием лангмюровских вихрей. Плановый аэрофотоснимок.

Поверхностно-активные пленки обладают способностью гасить мелкие волны, в результате чего на аэрофотоснимках изображаются узкими черными полосами, отличающимися от ветровых полос строго закономерным расположением и незначительной шириной.

42

Полосы пены, обусловленные лангмюровскими вихрями. Плановый аэрофотоснимок.

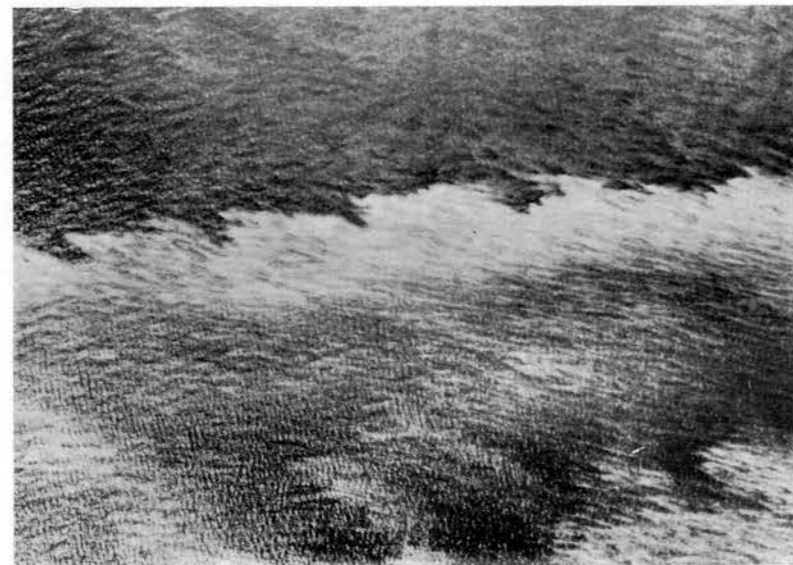
На аэрофотоснимках полосы пены изображаются в виде светлых прямых линий, располагающихся или перпендикулярно фронту волн, или под некоторым углом к последнему.

43

Ветровые полосы (А) и поверхность моря, покрытая бликами (Б). Плановый аэрофотоснимок.

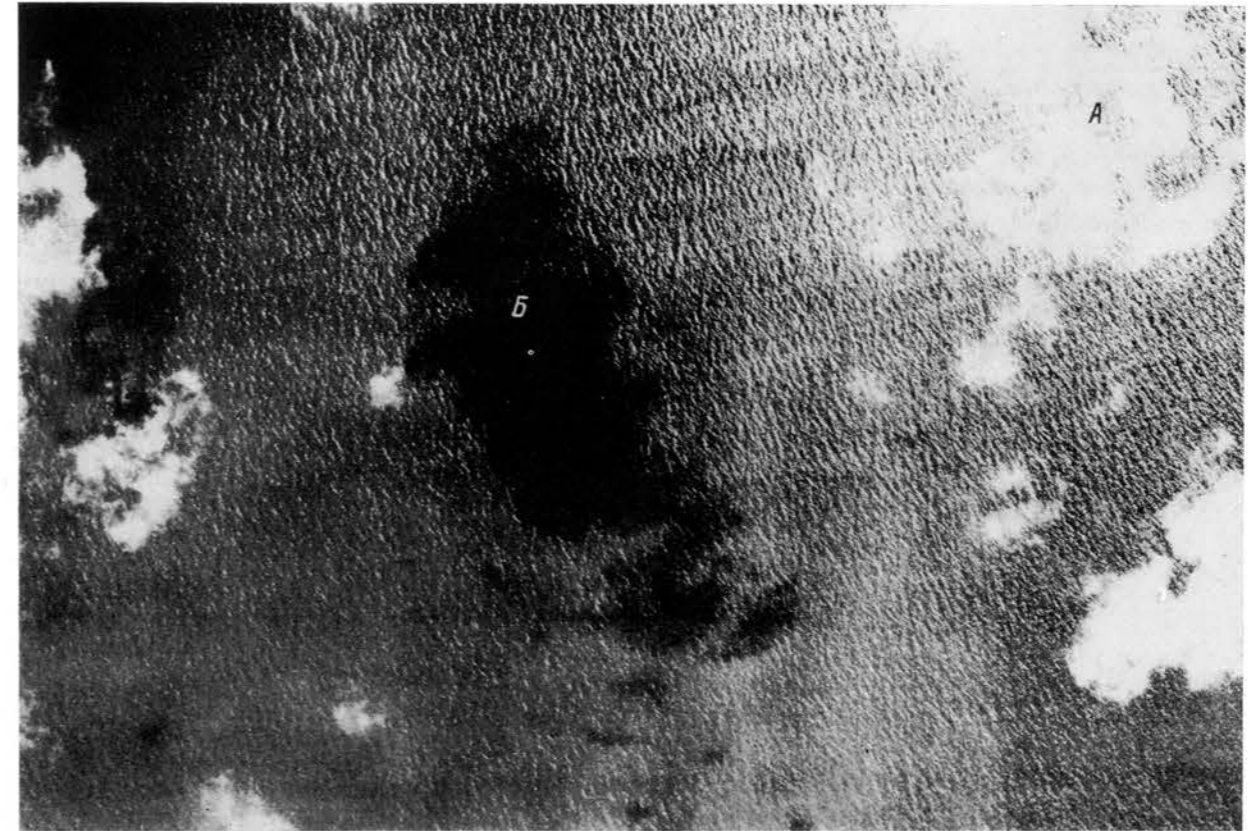
44

Скопление планктона в поверхностном слое воды, придающее последней яркую светло-зеленую окраску и изображающееся на аэрофотоснимках светлым тоном. Плановый аэрофотоснимок.



45

Облака (А) и тени от облаков (Б) на поверхности моря. Плановый аэрофотоснимок.



46

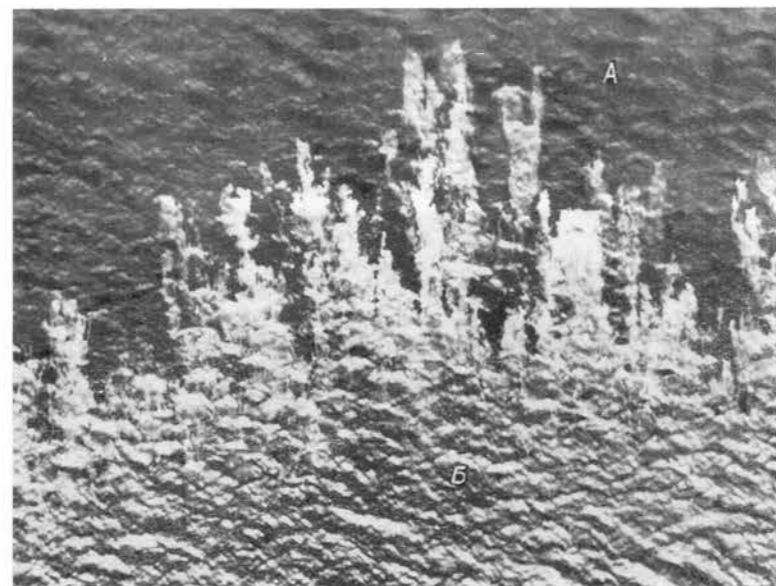
След, оставляемый на поверхности моря идущим судном. Плановый аэрофотоснимок.

Сквозь толщу воды хорошо просматривается рисунок морского дна. Вспененная вода, оставляемая кораблем и изображающаяся светлой полосой, ошибочно может быть принята за выходы газа по тектоническому разрыву.

47

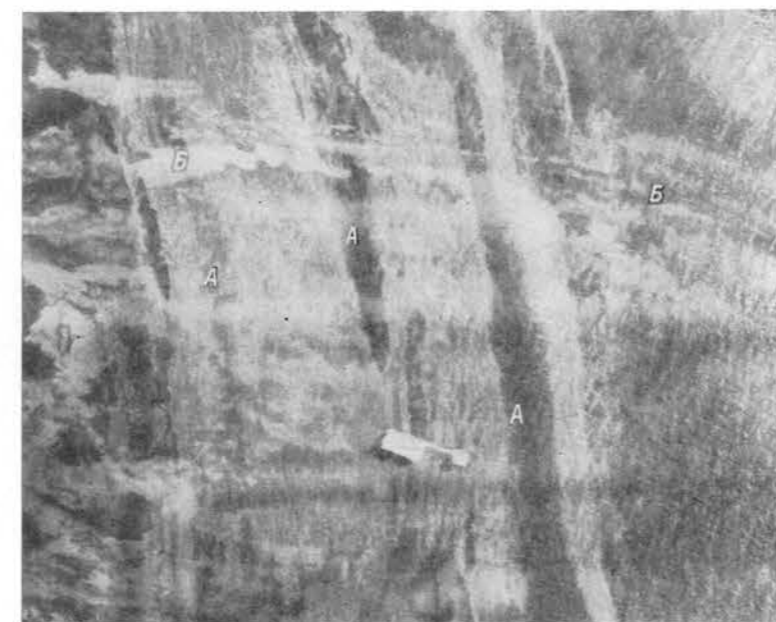
Поверхность моря, покрытая пленкой нефти (А) и свободная от нее (Б). Плановый аэрофотоснимок.

Пленка нефти вызывает гашение волн, в то время как на соседних участках моря волнение сильное.



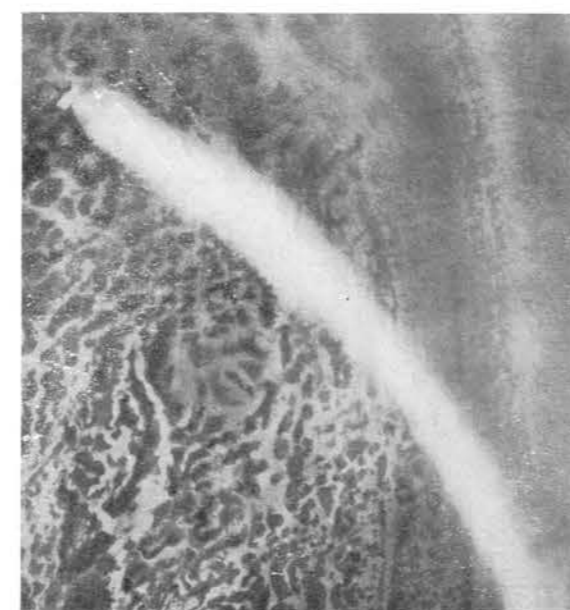
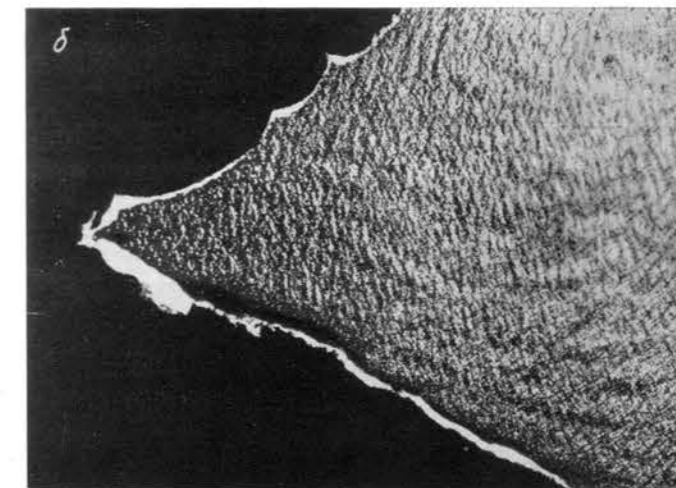
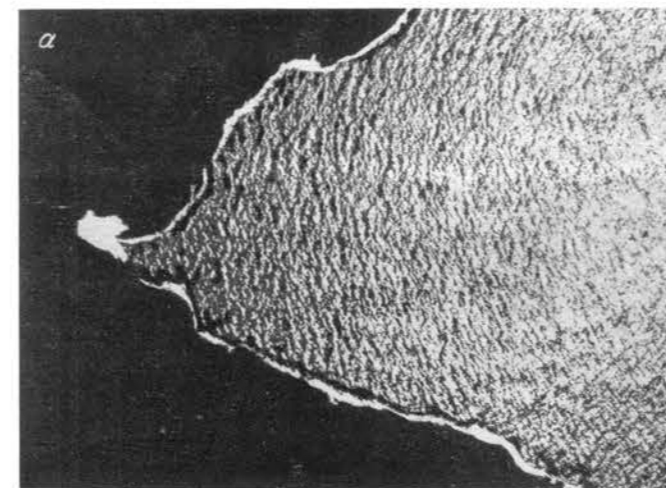
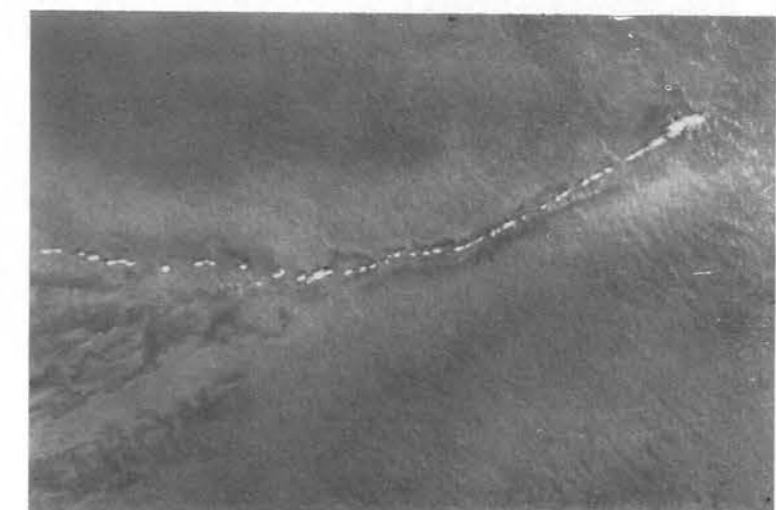
48

Поверхность моря, покрытая тонкой пленкой нефти (А), под которой просматривается изображение морского дна (Б) (по отношению к расположению полос пленки нефти элементы морского дна ориентированы под углом почти 90°). Плановый аэрофотоснимок.



49

Выделение газа вдоль тектонической трещины на морском дне. Плановый аэрофотоснимок.



50

Выбросы газа с морского дна (а), образующие пятно и полосы пены на поверхности морской воды; повторная аэрофотосъемка через 30—40 мин (б) показала, что пятно и полосы пены быстро меняют свою конфигурацию. Плановые аэрофотоснимки.

51

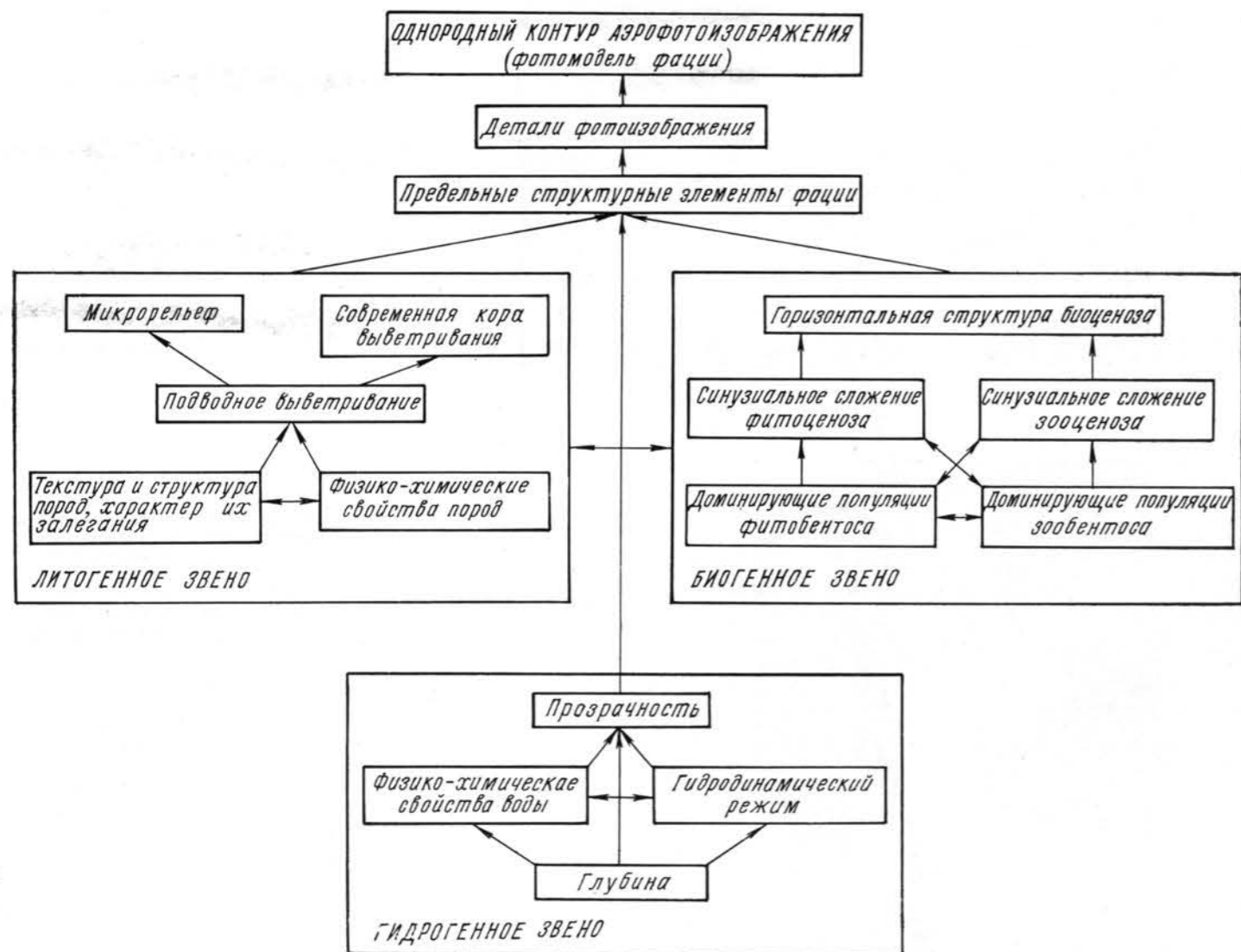
Полоса мутной воды, образовавшаяся в результате подводного извержения грязевого вулкана (полоса сечет элементы морского дна под углом). Плановый аэрофотоснимок.

52

Полоса мутной воды, образовавшаяся вследствие выхода глинистого раствора из буровой скважины. Плановый аэрофотоснимок.

53

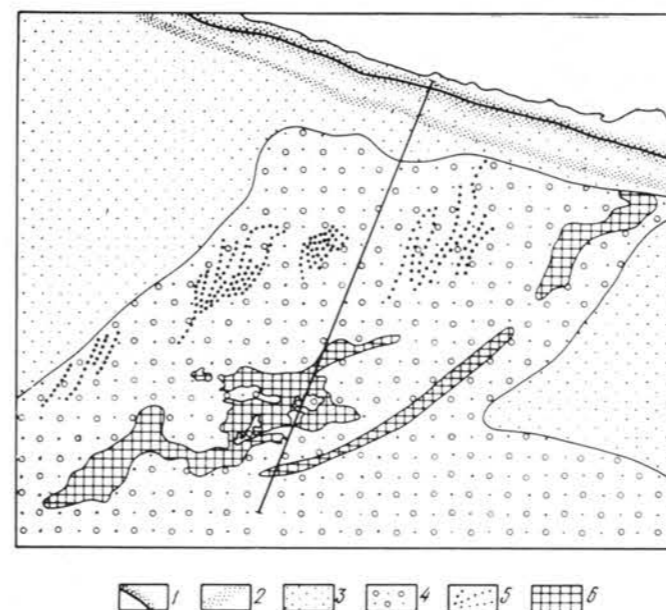
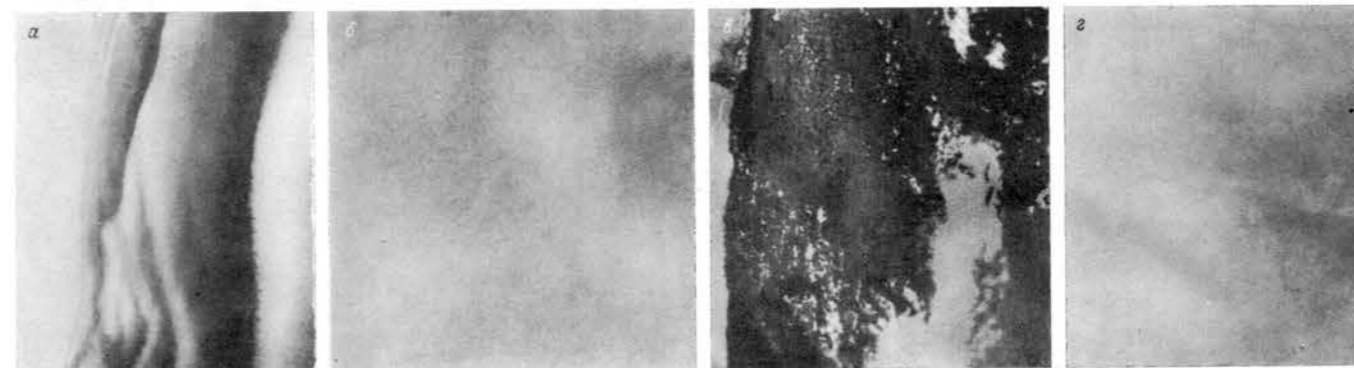
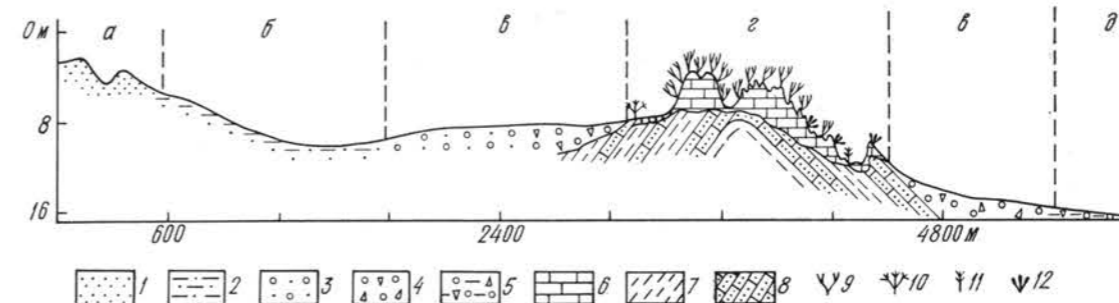
Блок-схема природных компонентов и процессов, определяющих формирование однородного контура аэрофотоизображения береговой зоны моря, на примере подводных фаций, развитых на скульптурных формах рельефа, образованных на месте выходов коренных пород.



54

Ландшафтный профиль.

Границы урочищ (вертикальные штриховые линии): а — подводных береговых валов, б — песчаных равнин, в — полей ракуши, г — скал и камней, д — илито-ракушечных равнин; современные отложения: 1 — песчаные, 2 — илито-песчаные, 3 — песчано-ракушечные, 4 — ракушечные — целая и битая ракуши, ракушечный песок, 5 — илито-ракушечные; коренные породы: 6 — четвертичные литифицированные ракушечники, 7 — мейотические глины, 8 — мейотические мергели; растительность: 9 — *Cystoseira barbata*, 10 — *Nereia filiformis*, 11 — *Chondria tenuissima*, 12 — *Phyllophora nervosa*.



55

Составные аэрофотографические эталоны, подобранные по линии ландшафтного профиля.

а — подводные береговые валы; б — поле ракуши; в — банка, образованная плотносцементированными породами, густо обросшими водорослями.

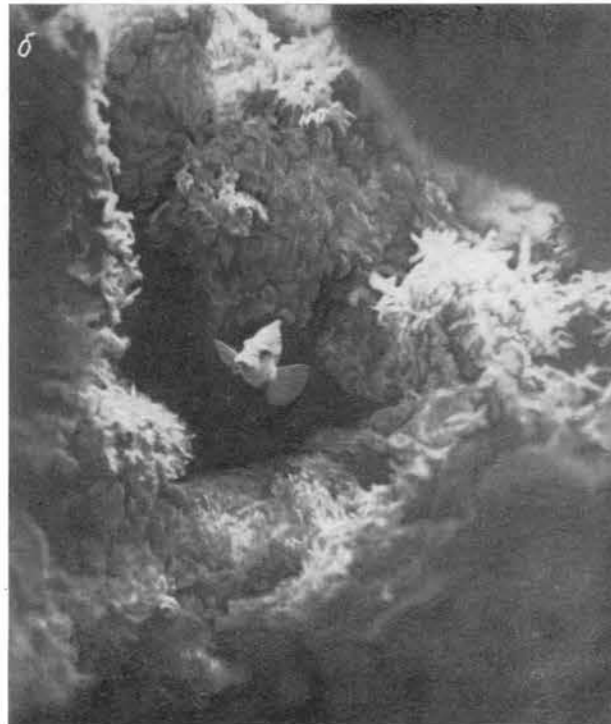
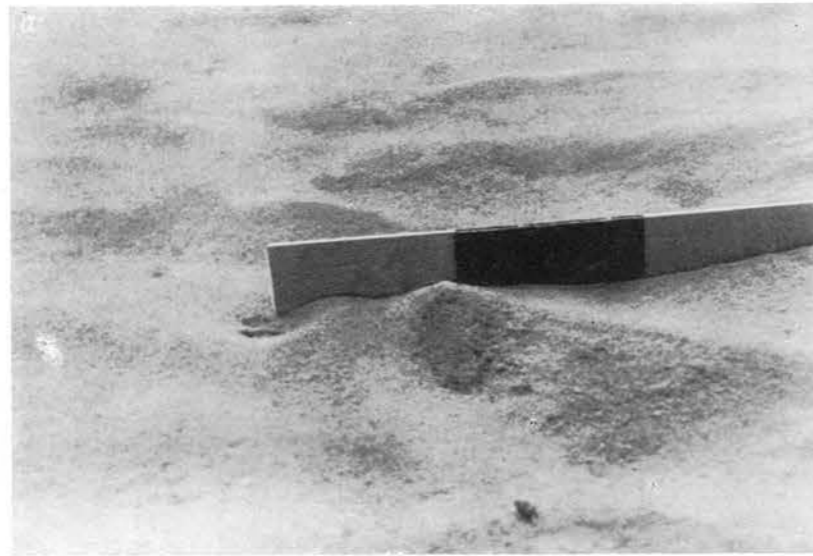
56

Ландшафтная карта.

1-1 — линия ландшафтного профиля. 1 — песчаная пересыпь, пляж; 2 — подводные береговые валы; 3 — песчаная равнина; 4 — ракушечные поля; 5 — положительные аккумулятивные формы, сложенные песчано-ракушечными наносами; 6 — скалы и камни.

Подводные фотографии, сделанные по линии ландшафтного профиля.

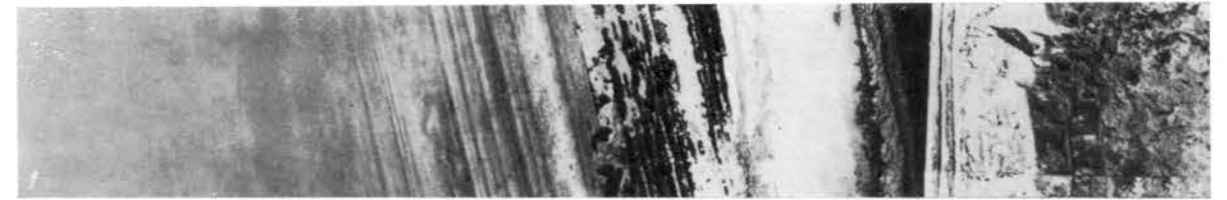
a — поверхность песчаной равнины на глубине 6 м, видны формы микрорельефа волнового и биогенного происхождения; *б* — расширенные абразией трещины отдельности, разбивающие пласт древнечетвертичных литифицированных отложений на крупные глыбы; заросли водорослей на поверхности глыб; *в* — поверхность — поля ракуши, детритусовый гравий и песок.



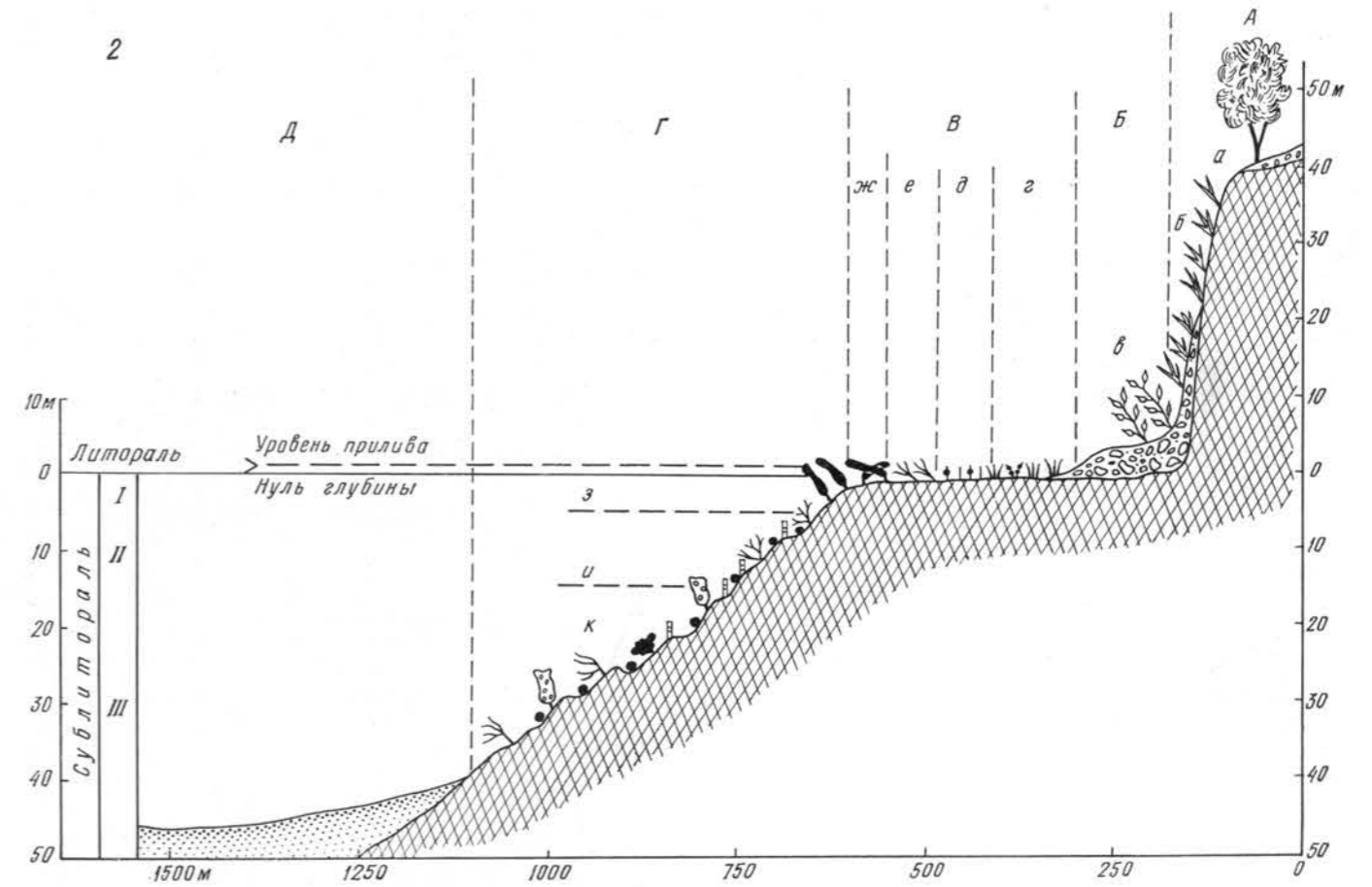
Морфологическая дифференциация и особенности аэрофотозображения подводного склона абразионного типа.

Профиль: 1 — аэрофотографический эталонный, 2 — ландшафтный. А — абразионный берег с отмершим клифом; *a* — высокая древнечетвертичная терраса, *б* — отмерший клиф; *Б*, *в* — низкая молодая четвертичная терраса; *В* — мелководная скульптурная терраса, лежащая в литоральной зоне (осушка); *г* — заросли морской травы зостеры, *д* — разреженный покров водорослей на выровненной скульптурной поверхности бенча, перекрытой просвечивающим слоем щебня и глыб, *е* — заросли морской травы филлоспадикса, *ж* — заросли ламинарии на грядах, окаймляющих мелководную террасу; *Г* — абразионный скульптурно-грядовый склон, сублиторальная зона, этаж; *Из* — верхний, *Ии* — средний, *Ик* — нижний; *Д* — песчаная отсыпь.

1



2



**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ
И СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ
ГОРНЫХ ПОРОД**

СОВРЕМЕННЫЕ МОРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

59

Песчано-илистые отложения, хорошо дешифрирующиеся на аэрофотоснимках по зарослям морской травы *Zostera papa*, отображающейся характерным пестрым рисунком. Плановый аэрофотоснимок.



60

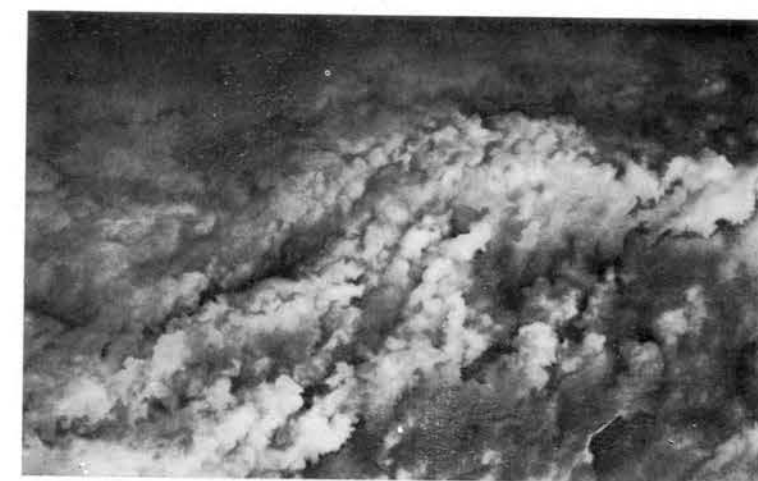
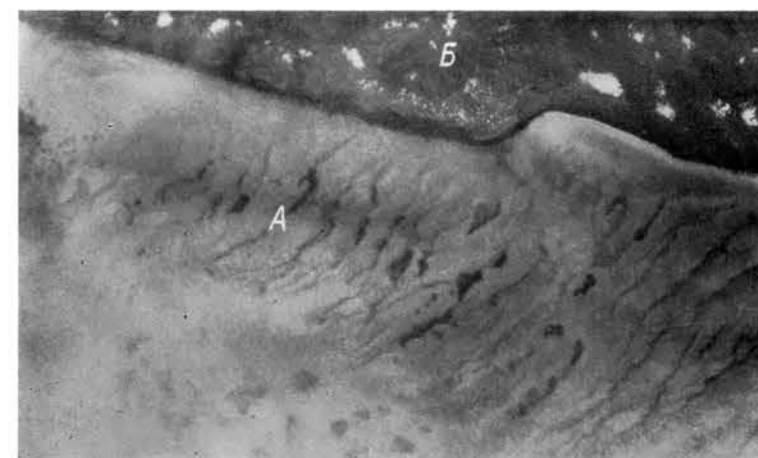
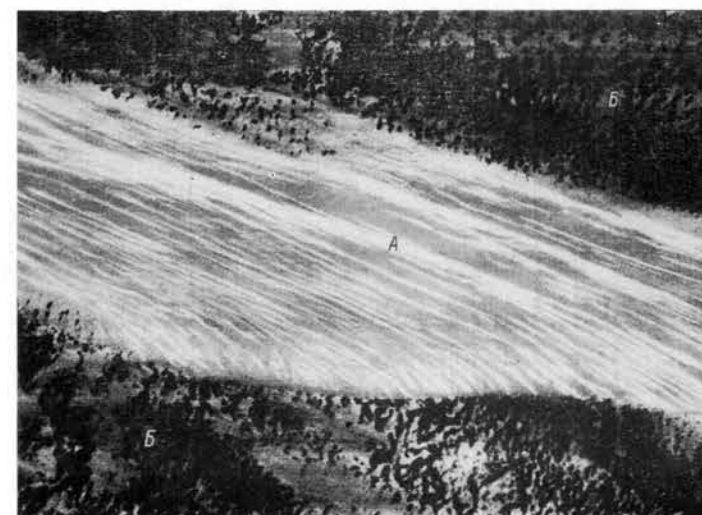
Заросли морской травы *Zostera papa*, являющиеся индикатором песчано-илистых отложений. Подводная фотография.



61

Изображение ракушечно-песчаных отложений (А), образующих отмель, и песчано-илистых осадков (Б), поросших морской травой *Zostera papa*. Плановый аэрофотоснимок.

Для ракушечно-песчаных отложений характерен микрорельеф в виде чередующихся длинных узких грядок и ложбин, хорошо отражающихся на аэрофотоснимках.



62

Скопления современных ракушечно-песчаных отложений (А) у подножия гряды (Б), образованной крепким пластом древних дислоцированных пород и густо обросшей водорослями. Плановый аэрофотоснимок.

На поверхности песков, лишенных растительности, хорошо видны песчаные волны, являющиеся индикаторами ракушечно-песчаных отложений.

63

Песчано-ракушечные отложения на глубине моря 20—25 м. Плановый аэрофотоснимок.

На аэрофотоснимке песчано-ракушечные отложения характеризуются «облачно-пятнистым» рисунком, обусловленным наличием на морском дне своеобразных форм рельефа, созданных под воздействием гидродинамических процессов, в сочетании с подводной растительностью.

64

Ракушечные отложения, выстилающие ровные участки морского дна. Подводная фотография.

65

Песчаные отложения, выполняющие понижения между подводными грядами. Подводная фотография.

Для поверхности песчаных отложений характерен микрорельеф в виде подводных рифелей. расстояние между гребнями которых достигает 25—40 см при относительной высоте 10—15 см.



66

Подводные валы (А) и межваловые ложбины (Б), являющиеся индикаторами песчаных отложений на подводном склоне; темный фототон (В) — пятна гравийно-галечных отложений среди песков.

Фрагмент фотосхемы.

Учитывая, что подводные валы формируются из песков определенных фракций, можно заключить, что на этом участке подводного склона распространены пески средней крупности от 0,5 до 0,1 мм.



67

Современные валунно-галечные отложения, поросшие водорослями. Подводная фотография.

Заросли водорослей свидетельствуют, что в настоящее время валуны не испытывают перемещения под действием волн.

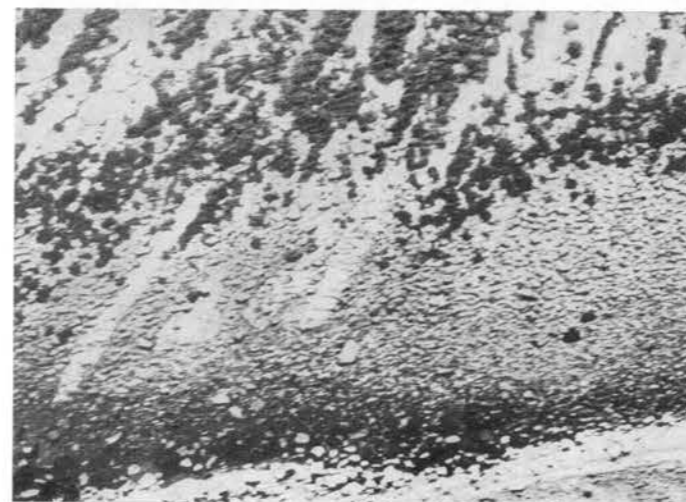
68

Современные валунно-галечные отложения без зарослей водорослей (глубина моря 3 м). Подводная фотография.

Отсутствие водорослей свидетельствует о том, что валунно-галечные отложения под действием волн перемещаются по дну.

69

Валунно-глыбовые отложения, образующие на морском дне вдоль абразионных берегов полосу шириной до 20 м (отдельные глыбы наблюдаются и дальше в море на поверхности грядового бенча). Плановый аэрофотоснимок.



70

Крупные глыбы (подводные и надводные), поступившие в море в результате интенсивной абразии берега. Плановый аэрофотоснимок.



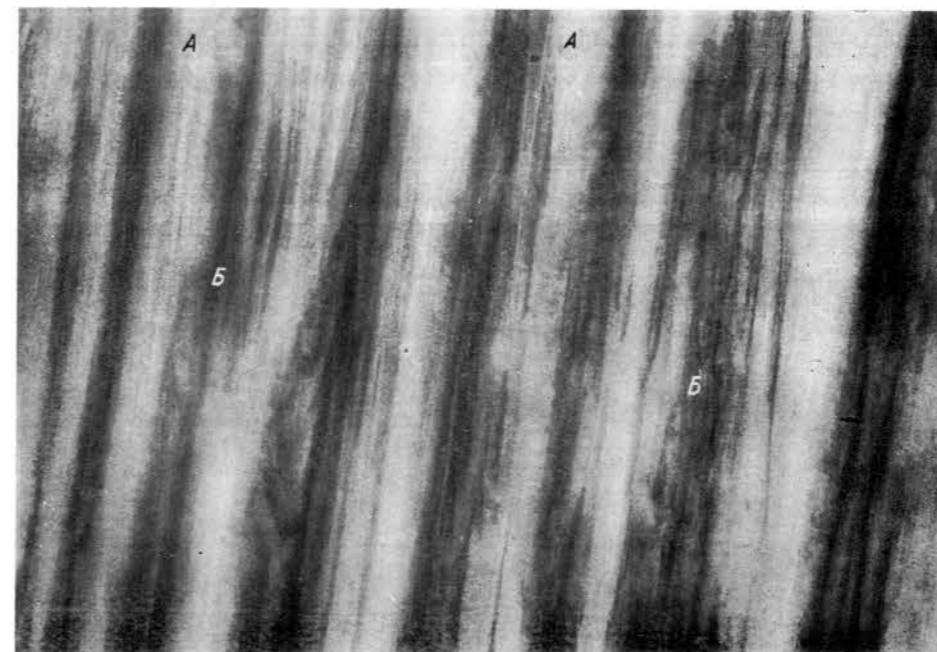
71

Развалы крупных глыб у береговой линии, возникшие в результате обвала у активного клифа. Наземная фотография.



72

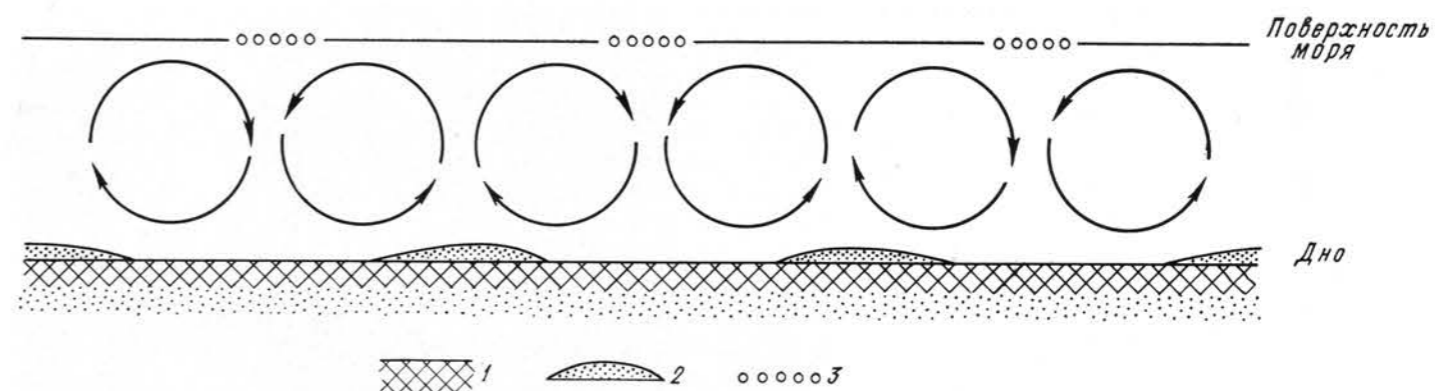
Крупные плохо окатанные глыбы на морском дне, поросшие водорослями *Dilophus* (глубина моря 5 м). Подводная фотография.



73

Полосчатость, приуроченная к выровненным участкам морского дна, покрытым коркой современной цементации. Плановый аэрофотоснимок.

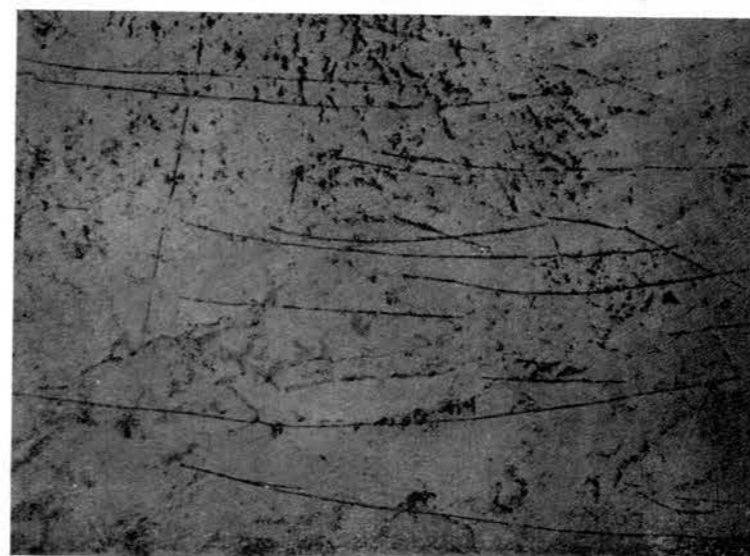
Светлые полосы (А) отражают скопления детритусового песка и битой ракушки, покрывающих корку современной цементации слоем всего в несколько сантиметров; темно-серые (Б) соответствуют участкам корки цементации, покрытым тонким налетом серого ила, щетками *Mytilaster lineatus* и подводной растительностью. Полосчатость обусловлена перемещением песчано-ракушечных отложений под действием лангмюровских вихрей.



74

Возможная схема перемещения песчано-ракушечного материала на морском дне под действием лангмюровских вихрей.

1 — корка современной цементации; 2 — скопления песчано-ракушечных отложений на поверхности корки современной цементации; 3 — пена, поверхностно-активные вещества, водоросли и т. п., сбившиеся в виде полос на поверхности воды.



75

Корка современной цементации, поверхность которой почти совершенно лишена слоя рыхлых осадков. Плановый аэрофотоснимок.

Характерно наличие трещин, которые заполняются песчано-илистыми осадками и зарастают морской травой *Zostera nana*, благодаря чему резко выделяются в виде четких черных линий на общем светлом фоне фотоизображения корки современной цементации.

76

Плитки корки современной цементации (А), лежащие горизонтально на уплотненных глинах (Б) дочетвертичного возраста. Подводная фотография.



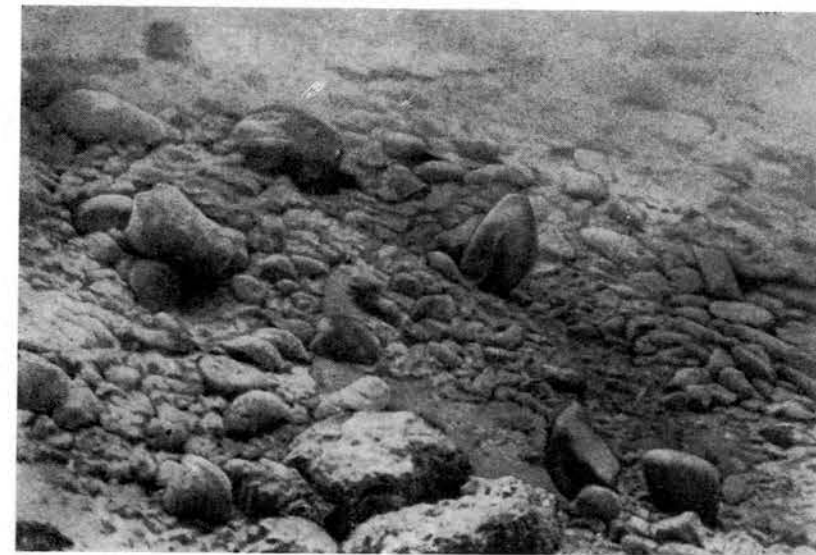
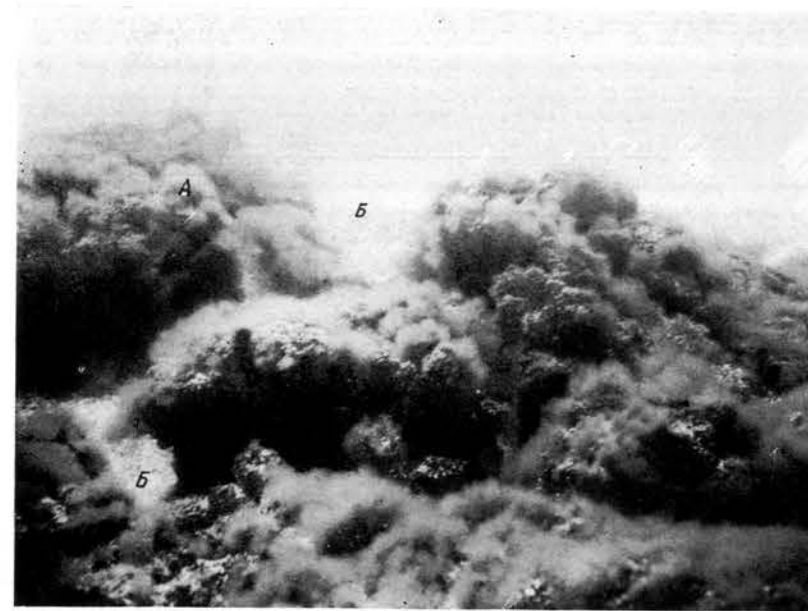
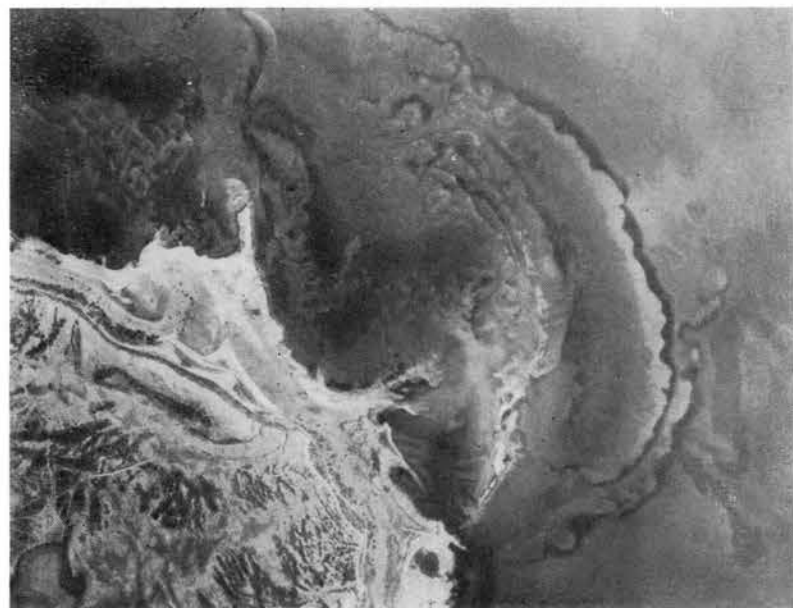
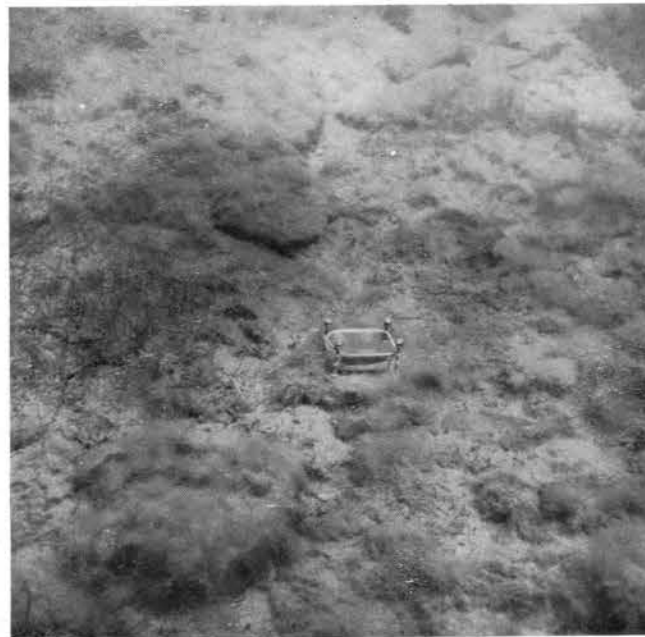
77

Корка современной цементации на поверхности морского дна. Подводная фотография.

78

Концентрически-пятнистый рисунок отложений сопочной брекчии, отражающий характер расположения глыб и обломков твердых пород, отпрепарированных от основной глинистой массы. Плановый аэрофотоснимок.

Глыбы изображаются темным тоном благодаря обрастанию их водорослями *Ceramium* и щетками *Mytilaster lineatus*; светлые пятна отвечают скоплениям ракушек между глыбами.



79

Глыбы твердых пород (А), вымытые из сопочной брекчии и густо обросшие водорослями *Ceramium* и щетками *Mytilaster lineatus*, промежутки между глыбами покрыты ракушкой (Б). Подводная фотография.

80

Продукты перемыва сопочной брекчии. Подводная фотография.

На поверхности дна наблюдаются беспорядочно разбросанные плохо окатанные обломки различных пород, вымытые из общей глинистой массы.

81

Сопочная брекчия, представленная главным образом глинистой массой без включений крупных обломков и глыб твердых пород (характерен микрорельеф в виде углублений). Подводная фотография.

**ПРИЗНАКИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ
НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ОСАДОЧНЫХ
И ЭФфуЗИВНО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД**



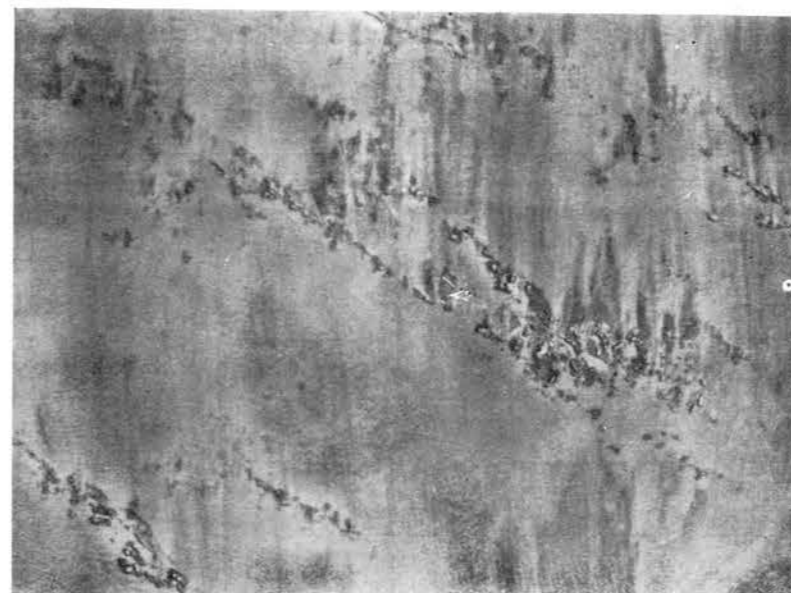
82

Молодые горизонтальнозалегающие конгломераты (А — надводные выходы, Б — подводные), перекрывающиеся несогласно дислоцированные породы более древнего возраста (В). Плановый аэрофотоснимок.

Конгломераты представляют собой крепкоцементированную песчано-известковистым цементом породу, состоящую из хорошо окатанных галек и створок ракуши. Характерным признаком этих конгломератов является наличие систем трещин отдельности, разбивающих их на крупные плиты (см. рис. 83). Трещины в большинстве случаев открытые и достигают ширины 1 м. Благодаря описанной особенности конгломераты дают характерное фотоизображение, по которому они легко и безошибочно опознаются на аэрофотоснимках. Конгломераты залегают горизонтально.

83

Плиты конгломератов, аэрофотоизображение которых представлено на рис. 82. Наземная фотография.



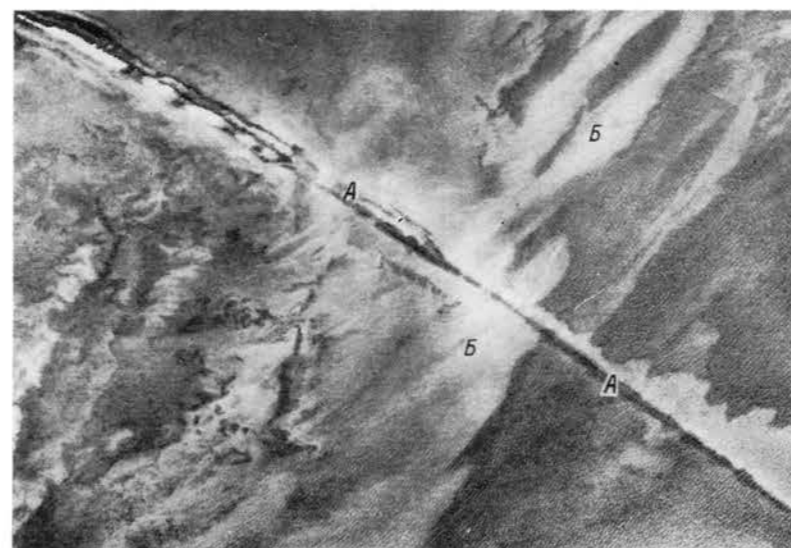
84

Ракушечные известняки, образующие на морском дне гряды, состоящие из отдельных подводных камней; породы слабодислоцированы. Плановый аэрофотоснимок.

85

Породы плиоценового возраста, представленные в основном глинами с отдельными пластами крепких ракушечных известняков. Плановый аэрофотоснимок.

Темной полосой изобразился пласт известняка (А), залегающий среди глин. Пласт известняка образует резко выступающую на дне асимметричную гряду, поросшую водорослями *Ceramium*, придающими фотоизображению темный тон. Глины как малоустойчивые породы создают относительно пониженные выровненные участки морского дна и перекрываются современными морскими отложениями (Б).



86

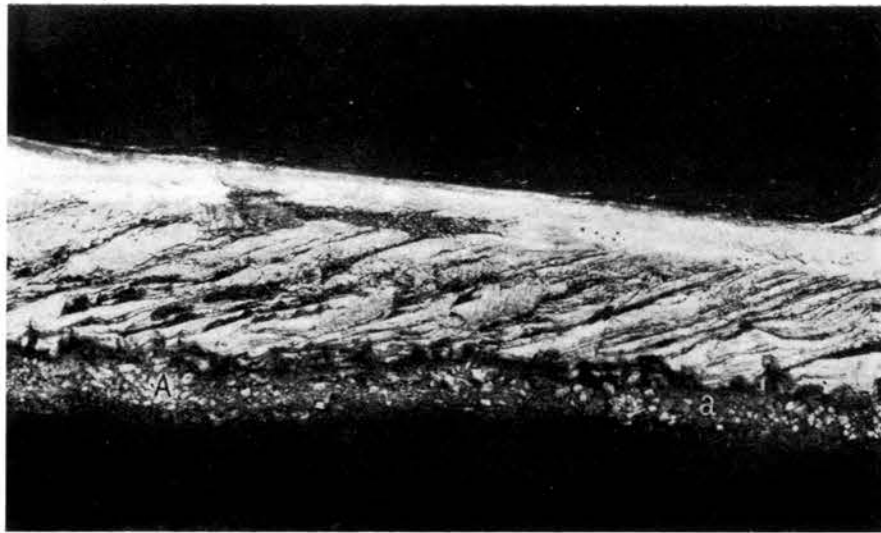
Подводные выходы ракушечных известняков, густо покрытые водорослями *Ceramium* (хорошо видна трещина отдельности, расширенная абразией). Подводная фотография.



87

Ракушечные известняки плиоценового возраста, образующие надводную гряду асимметричного строения. Плановый аэрофотоснимок.

Пологий склон гряды соответствует азимуту падения пород. У крутого обрывистого склона гряды наблюдаются скопления крупных глыб (А). На аэрофотоснимке четко изобразилась косая слоистость ракушечных известняков.



88

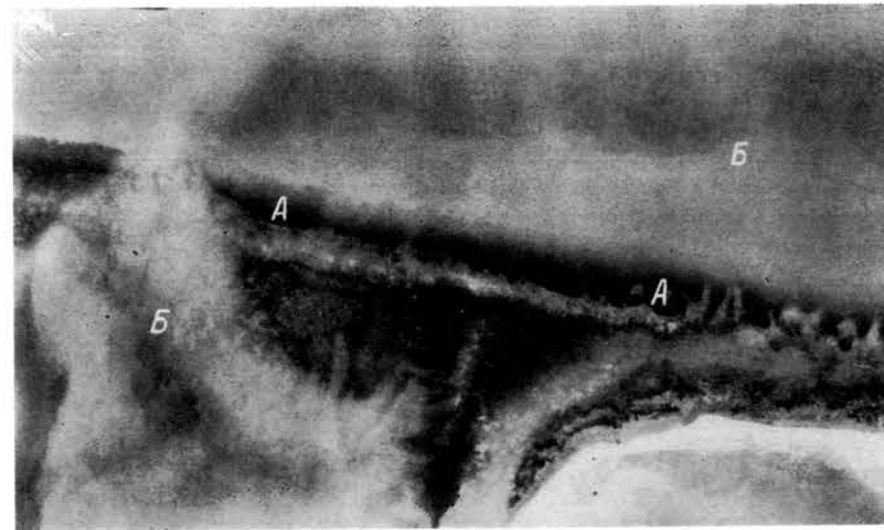
Обрывистый склон гряды ракушечных известняков, приуроченный к торцам пластов; в обрыве хорошо видна слоистость пород. Наземная фотография.



89

Котлы и желоба вымывания, характерные для надводных выходов ракушечных известняков. Наземная фотография.

Эти микроформы рельефа возникают в зоне заплеска волн в результате химического воздействия морской воды и механического воздействия песка и галек, выбрасываемых на поверхность известняков волнами. Гальки, попадая в неровности на поверхности пород, при последующих заплесках приводят в движение и совместно с растворяющим действием морской воды механически истирают известняки, образуя котлы. Песок, увлекаемый обратно в море сточным течением, способствует образованию желобов, приуроченных обычно к неглубоким трещинам или неровностям на поверхности известняков. Желоба и котлы вымывания отмечаются также и на подводных выходах ракушечных известняков.



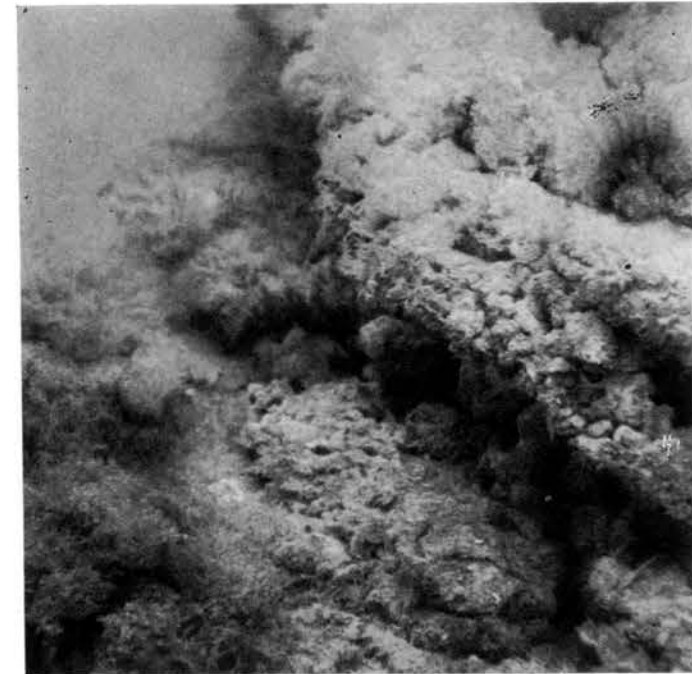
90

Пласт бурого железняка, залегающий среди глин плиоценового возраста. Плановый аэрофотоснимок.

Бурый железняк (А), как устойчивая к выветриванию порода, образует на морском дне четко выраженную в рельефе асимметричную гряду. Поверхность пологого склона гряды густо поросла водорослями *Cystoseira barbata* var. *flaccida*, благодаря чему на аэрофотоснимках гряда изображается темной полосой. Глины перекрыты современными отложениями, изображающимися однородным серым тоном (Б).

91

Выход на морском дне пласта бурого железняка, обросшего водорослями. Подводная фотография.



92

Гряды плотных известняков, залегающие среди глин мезотического возраста. Плановый аэрофотоснимок.

Гряды густо поросли водорослями, благодаря чему четко изображаются на аэрофотоснимках.



93

Выходы плотных глин миоценового возраста (А) среди ракушечных отложений (Б) в понижениях между грядами. Подводная фотография.

Глины имеют ячеистую поверхность, благодаря жизнедеятельности моллюсков-камнеточцев из группы фоллад. Отдельные небольшие глыбы мергелей на поверхности ракуши покрыты водорослями *Chondria tenuisini* и *Ceramium rubrum*.



94

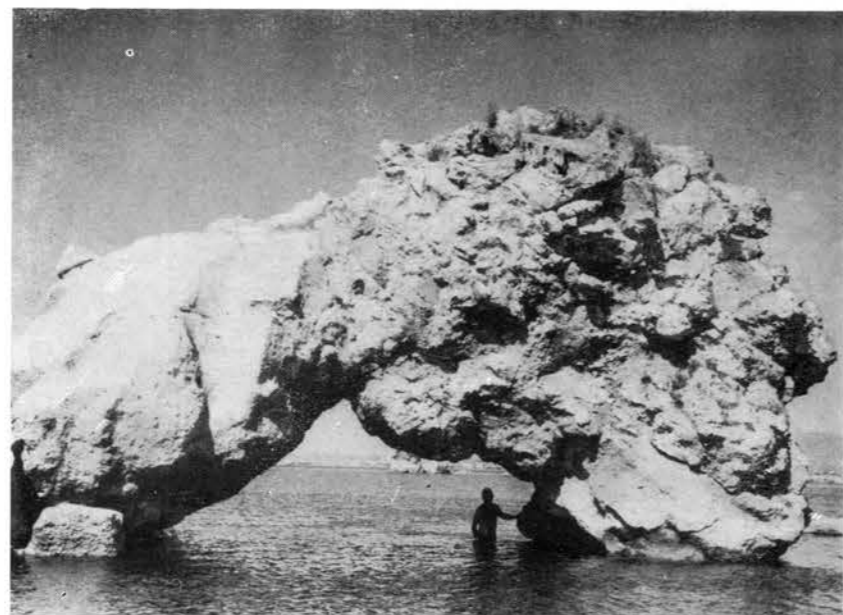
Породы миоценового возраста, представленные глинами с включениями крупных глыб мшанковых известняков. Плановый аэрофотоснимок.

Мшанковые известняки, как наиболее устойчивые к абразии и подводному выветриванию породы, подвергаются препарировке и образуют на морском дне надводные и подводные камни, возвышающиеся над ровными окружающими участками, сложенными клинами. На поверхности подводных камней пышно развиты водоросли *Cladophora*, *Ceramium*, *Dilophus*, *Cystoseira*, благодаря чему на аэрофотоснимках они изображаются темными пятнами.



95

Глыбы мшанковых известняков, вымытые из включающих их глин и образующие надводные камни-кекуры. Наземная фотография.



96

Глыбы мшанковых известняков, включенные в глины мейотического возраста. Наземная фотография.

97

Подводные выходы отложений плиоценового возраста, представленные преимущественно глинистыми породами с прослоями песчаников, образующих на морском дне подводные гряды и обуславливающих в результате этого полосчатый рисунок фотозображения. Плановый аэрофотоснимок.

Гряды обрастают водорослями и покрываются щетками *Mytilaster lineatus*, благодаря чему на аэрофотоснимках изображаются темным тоном. Понижения между грядами заполняются песком и ракушей, среди которых иногда наблюдаются выходы глин.

98

Выходы глин (А) среди ракушечных отложений (Б) в понижениях между грядами; на поверхности ракуши разбросаны также обломки песчаников (В), покрытые щетками *Mytilaster lineatus* и водорослями *Ceramium*. Подводная фотография (участок морского дна, аэрофотоизображение которого представлено на рис. 97).



99

Асимметричная подводная гряда, образованная пластом песчаника, обросшая водорослями *Sargamium* и щетками *Mytilaster lineatus*. Подводная фотография (участок морского дна, аэрофотоизображение которого представлено на рис. 97).



100

Породы миоценового возраста, представленные глинами с прослоями крепких известняков и песчаников. Плановый аэрофотоснимок.

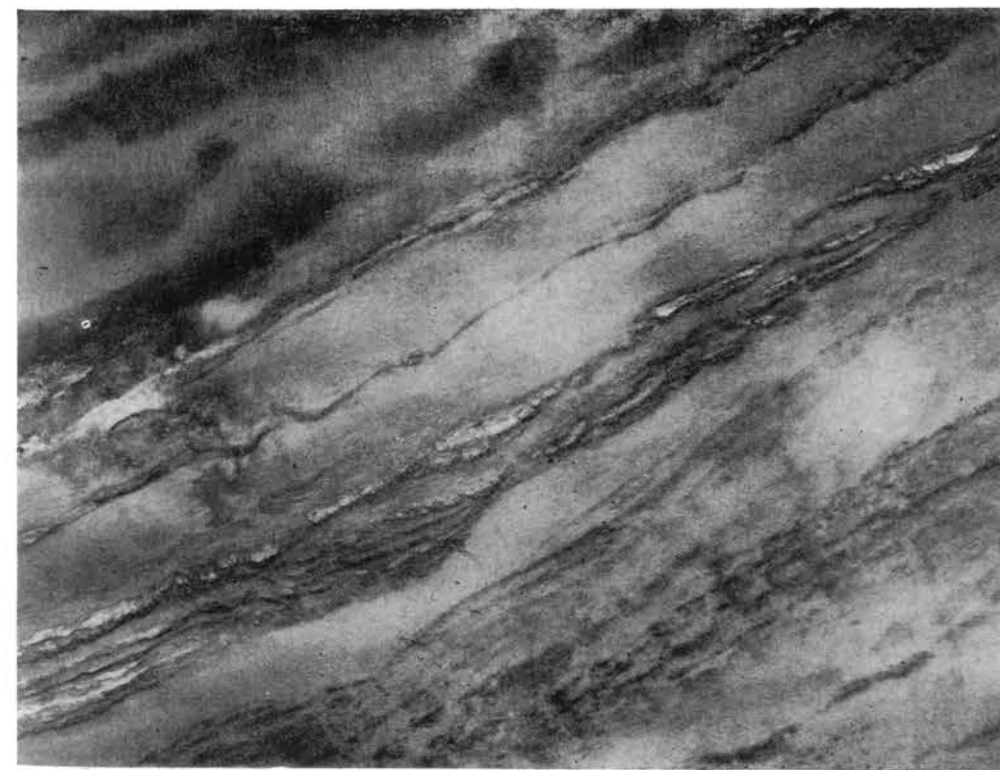
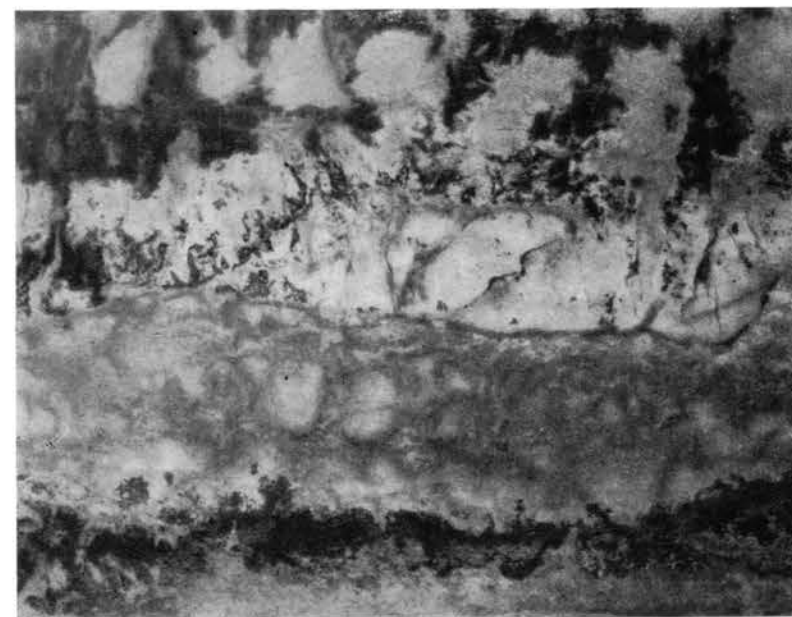
Пласты известняков и песчаников как более устойчивых пород препа-рируются в виде хорошо выраженных в рельефе дна гряд с относительной высотой от 2—3 до 6—7 м. Гряды хорошо изображаются на аэрофото-снимках четкими темными, реже свет-лыми полосами. Темный тон фото-изображения гряд определяется обра-щением их водорослями и щетками *Mytilaster lineatus*. Узкие светлые по-лосы аэрофотоизображения соответ-ствуют грядам, сложенным светло-желтыми известняками, лишенными растительности. Широкие понижения между грядами, приуроченные к пач-кам преимущественно глинистых по-род, изображаются однообразным се-рым тоном с более светлыми пят-нами неправильных очертаний. Та-кой рисунок обусловлен наличием здесь покрова современных отложе-ний, представленных илами с полян-ками ракушки и оолитово-ракушеч-ными песками. На берегу гряды «просвечивают» через покров эоловых песков.



101

Однородные массивные, часто опоко-видные светло-серые алевролиты, со-держащие большое количество диа-томей (верхний миоцен—плиоцен). Плановый аэрофотоснимок.

Благодаря наличию трещин отдель-ности, породы распадаются на круп-ные глыбы, образуя на морском дне глыбово-грядовый рельеф, что хо-рошо видно на аэрофотоснимках. Выходы алевролитов на морском дне, лишенные подводной растительности, на аэрофотоснимках изображаются светлыми тонами; темные пятна — заросли водорослей в понижениях рельефа. В связи с неясно выражен-ной слоистостью простираение пород по их аэрофотоизображению уста-навливается с трудом.



102

Обнажение в береговом обрыве алев-ролитов, аэрофотоизображение выхо-дов которых на морском дне пред-ставлено на рис. 101. Наземная фо-тография.

Породы при выветривании приобре-тают белый цвет и распадаются на глыбы и щебенку неправильной формы.

103

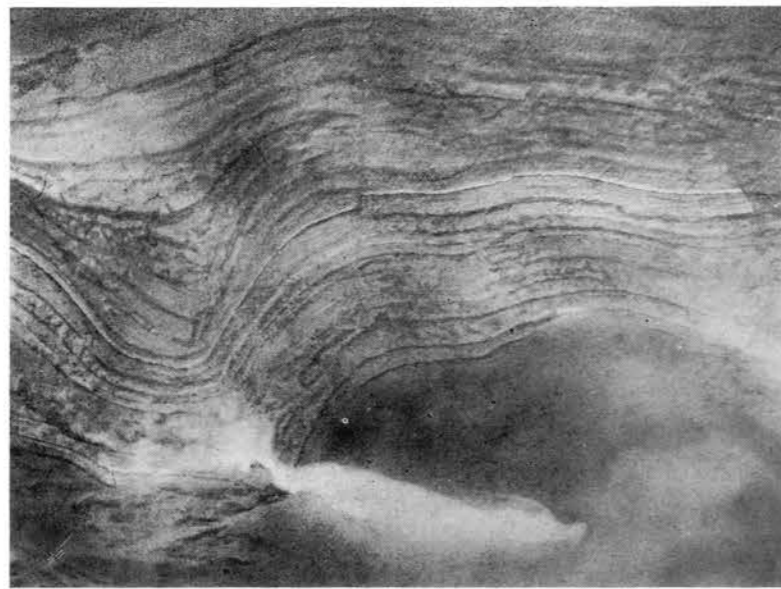
Породы миоценового возраста, пред-ставленные в основном глинами и глинистыми сланцами с редкими прослоями мергелей. Плановый аэро-фотоснимок.

Фоторисунок отличается слабовыра-женной полосчатостью и мелкой го-фрированностью.

104

Породы миоценового возраста, представленные тонким переслаиванием сланцеватых глин, глинистых сланцев, мергелей и доломитов. Плановый аэрофотоснимок.

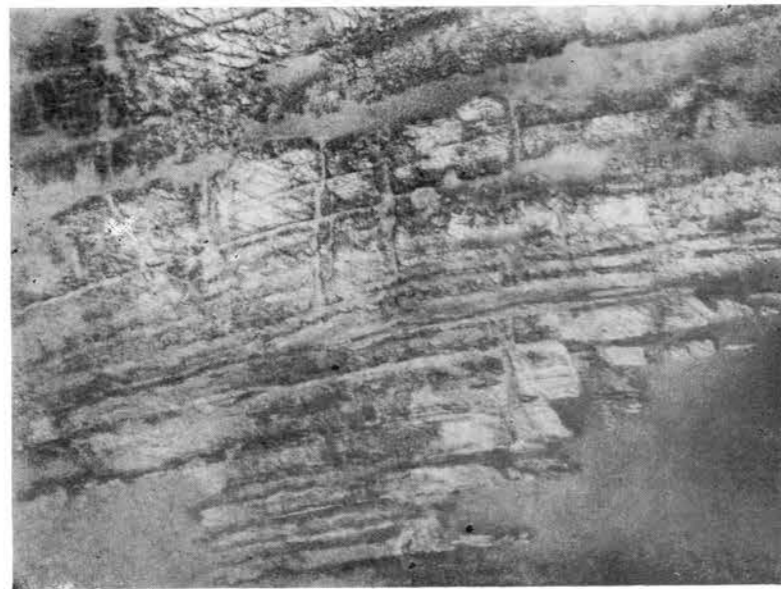
Такой характер отложений обуславливает наличие на морском дне невысоких гряд, приуроченных к более устойчивым прослоям мергелей и доломитов. В связи с этим фоторисунок отличается тонкой, четко выраженной полосчатостью.



105

Песчаные алевролиты и песчаники, содержащие значительное количество диатомей, слабосцементированные, слабослоистые, массивные, миоцен-плиоценового возраста. Плановый аэрофотоснимок.

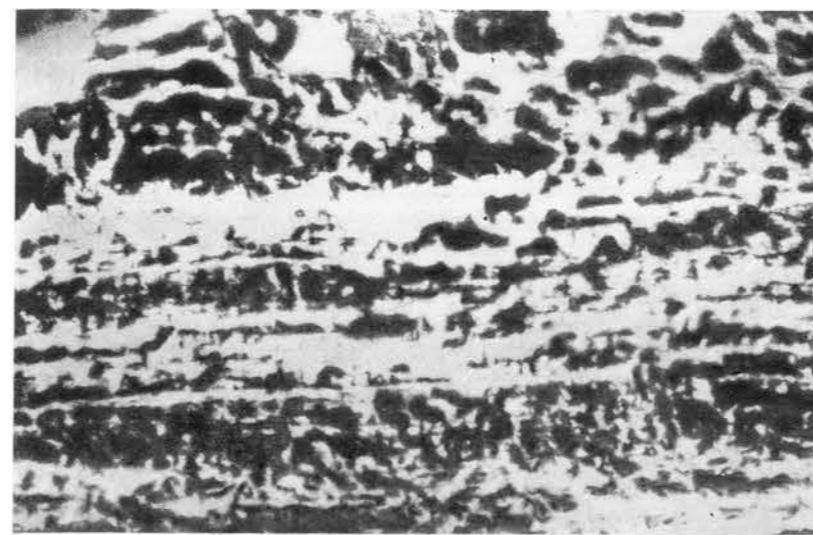
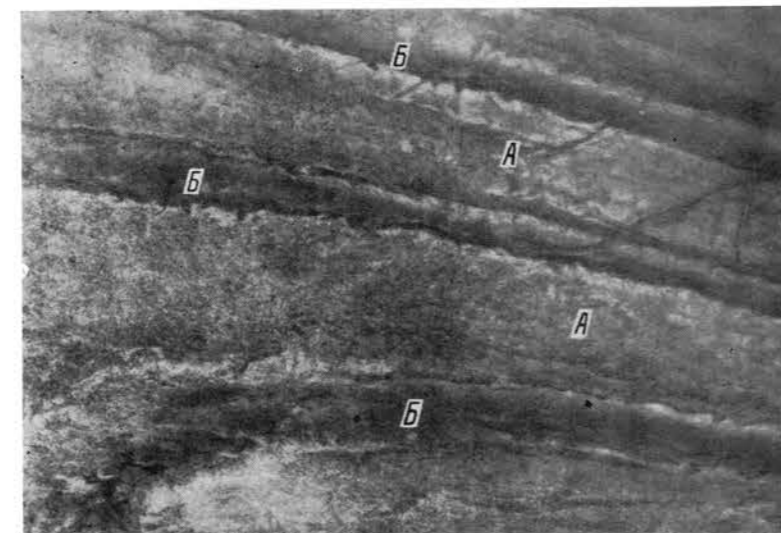
Породы разбиваются системой трещин на крупные глыбы прямоугольной формы размером до 50 м в поперечнике, которые в свою очередь пересекаются более мелкими диагональными по отношению к слоистости пород трещинами, в результате чего на дне образуются более мелкие глыбы, имеющие иногда ромбовидную форму. На аэрофотоснимках морского дна крупные трещины, расширенные абразией, изображаются в виде четких линий, пересекающих породы почти вкрест простирания. В целом на фоне грубополосчатого рисунка, отражающего чередование мощных пачек пород, намечается более мелкая полосчатость, соответствующая отдельным пластам песчаников и алевролитов.



106

Выходы на морском дне пологозалегающих не очень плотных песчаников, переслаивающихся с алевролитами (верхний миоцен—плиоцен); пласты песчаников образуют куэстообразные гряды. Плановый аэрофотоснимок.

Аэрофотоизображение характеризуется грубой полосчатостью: А — пологие склоны гряд; Б — понижения между грядами, заполненные современными песками.



107

Выходы на морском дне пород плиоценового возраста, представленных в основном пластами крепкосцементированных песчаников, разделенных маломощными прослоями песков и глин. Плановый аэрофотоснимок.

Пласты песчаников образуют хорошо выраженные подводные гряды, которые обрастают водорослями и покрываются щетками *Mytilaster lineatus*, в связи с чем на аэрофотоснимках изображаются темным тоном. Светлые полосы и пятна соответствуют скоплениям ракуши в понижениях между грядами и в трещинах отдельности песчаников.



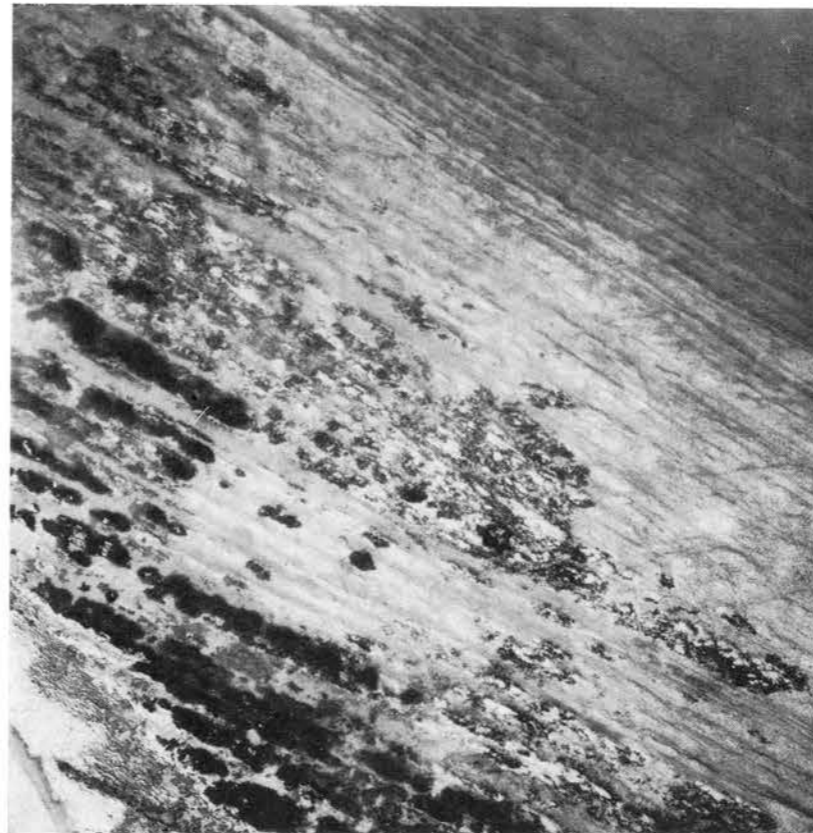
108

Породы, представленные в основном крепкими песчаниками с подчиненными им редкими и относительно маломощными прослоями алевролитов и аргиллитов (верхний мел). Плановый аэрофотоснимок.

Песчаники густо поросли водорослями и на аэрофотоснимках изображаются темным тоном.

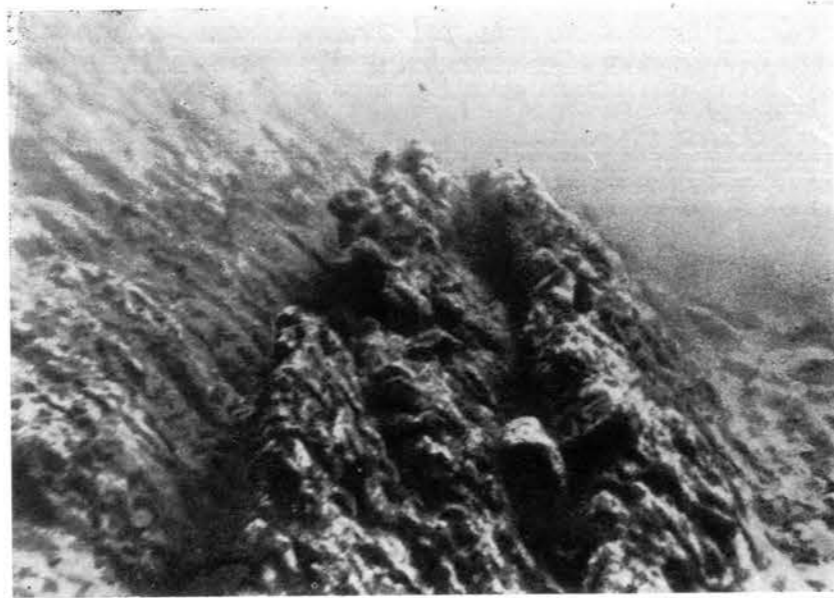
109

Толща слоистых крепких алевролитов миоценового возраста, создающих на морском дне грядовый рельеф, благодаря чему изображающаяся на аэрофотоснимках четким правильно полосчатым рисунком. Плановый аэрофотоснимок.



110

Характер слоистости алевролитов, аэрофотоизображение которых представлено на рис. 109. Подводная фотография.



111

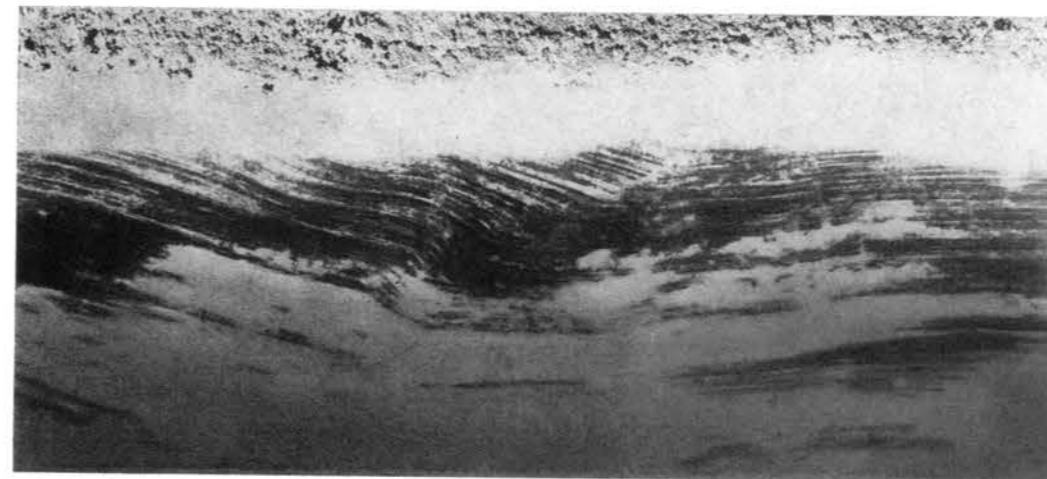
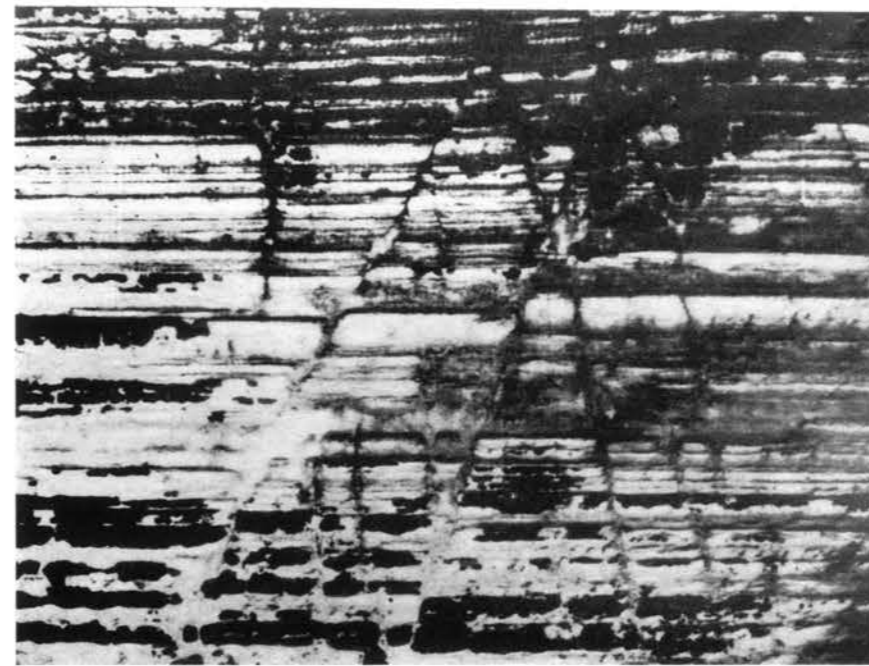
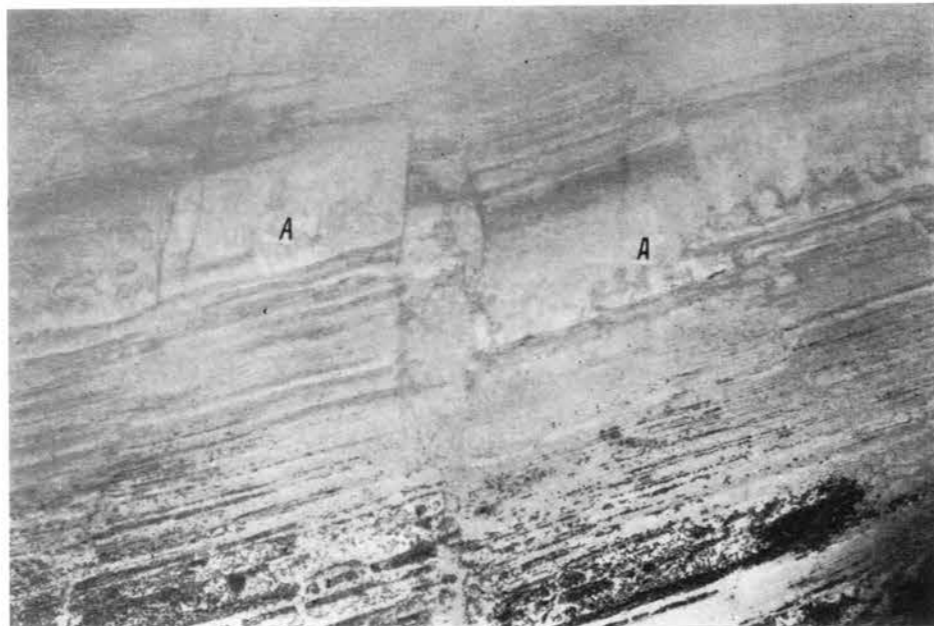
Породы миоценового возраста, представленные переслаиванием гли и крепких мергелей. Плановый аэрофотоснимок.

Выходы этих пород на морском дне обуславливают характерный четко полосчатый рисунок аэрофотоизображения. Хорошо видны гряды, приуроченные к пластам крепких мергелей, густо поросшие водорослями. В понижениях между грядами аккумулируются песок и ракушка, изображающиеся на снимках светлым тоном.

112

Толща флишеобразного переслаивания туфогенных песчаников, алевролитов, аргиллитов. Плановый аэрофотоснимок.

Толща на аэрофотоснимках изображается четким тонкополосчатым рисунком. Характерен один мощный пласт неслоистой массивной породы, который хорошо выделяется среди тонкополосчатого фотоизображения и может быть принят за маркирующий фоторисунок (А), по которому можно легко устанавливать распространение данной толщи на морском дне. Хорошо видны мелкие поперечные разрывы, по которым произошло горизонтальное смещение маркирующего горизонта.



113

Породы миоценового возраста, представленные ритмичным чередованием пачек массивных туфогенных песчаников с пачками тонкого переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитов. Плановый аэрофотоснимок.

Породы образуют хорошо выраженный грядовый рельеф. Гряды, лишены покрова водорослей, изображаются светлыми полосами; темные пятна — заросли водорослей на склонах гряд. Хорошо видны мелкие разрывы с незначительным смещением пластов.

114

Переслаивание пластов туфогенных песчаников, алевролитов, аргиллитов, образующих на морском дне мелкогрядовый рельеф (хорошо видно падение пород). Подводная фотография.

115

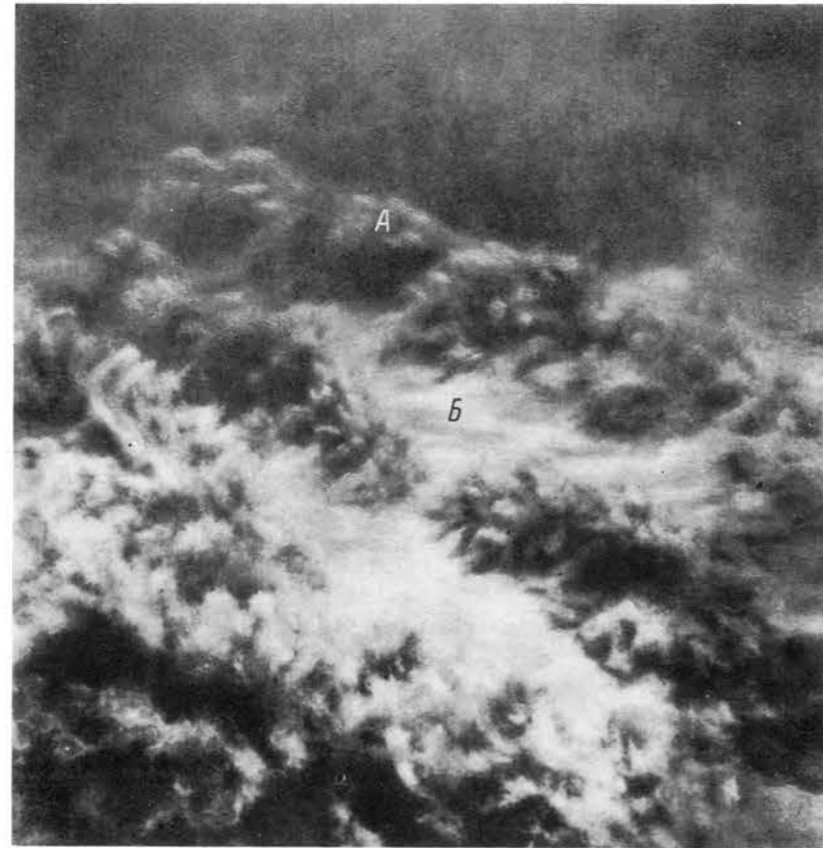
Породы верхнего мела, представленные ритмичным (флишевым) переслаиванием песчаников, алевролитов, оскольчатых мергелей, глинистых известняков и глин. Плановый аэрофотоснимок.

Благодаря различной устойчивости пород к агентам денудации на морском дне возникает грядовый рельеф. Гряды, образованные пластинами крепких песчаников и известняков, обрастают водорослями *Cystoseira* (см. рис. 116), в результате чего на аэрофотоснимках изображаются темными полосами. В понижениях между грядами, приуроченных к пластам глинистых алевролитов и оскольчатых мергелей, происходит скопление песчано-ракушечных отложений, обуславливающих светлый тон их изображения на аэрофотоснимках. В целом породы характеризуются тонкополосчатым рисунком фотоизображения.

116

Грядовый рельеф морского дна в области развития флишевых отложений верхнего мела (см. рис. 115). Подводная фотография.

А — гряды, поросшие водорослями *Cystoseira*; Б — понижения, заполненные песчано-ракушечными отложениями.



117

Выходы пород верхнего мела на пляже и в приурезовой полосе моря. Наземная фотография.

Хорошо видны пласты светлых известняков (А), выступающие в виде невысоких гребешков, образующих обнаженный бенч.



118

Слоистая толща, представленная чередованием туфов, туфогенных песчаников, алевролитов, аргиллитов. Плановый аэрофотоснимок.

Характерно четкое полосчатое фотоизображение; хорошо выделяются сравнительно мощные прослои крепких туфов, образующие на морском дне наиболее высокие гряды.



119

Туфогенная толща миоценового возраста, представленная переслаиванием агломерато-псефитовых и псефито-псаммитовых туффитов, туфопесчаников, псефитовых и псаммитовых туфов. Плановый аэрофотоснимок.

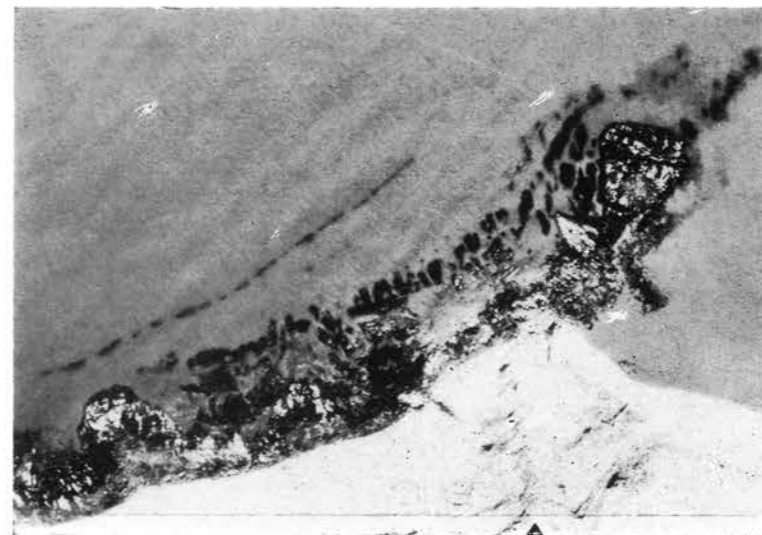
Четкая слоистость пород отсутствует. В результате абразии преобладают отдельные крупные глыбы агломератов, которые обрастают водорослями и на аэрофотоснимках отображаются в виде отдельных темных пятен.



120

Пачка агломерато-псефитовых и псефито-псаммитовых туффитов. Плановый аэрофотоснимок.

Характерен пятнистый рисунок, обусловленный развалами глыб, густо обросших водорослями. По ориентировке полосы пятнистого фоторисунок можно судить о простирании пород в целом.

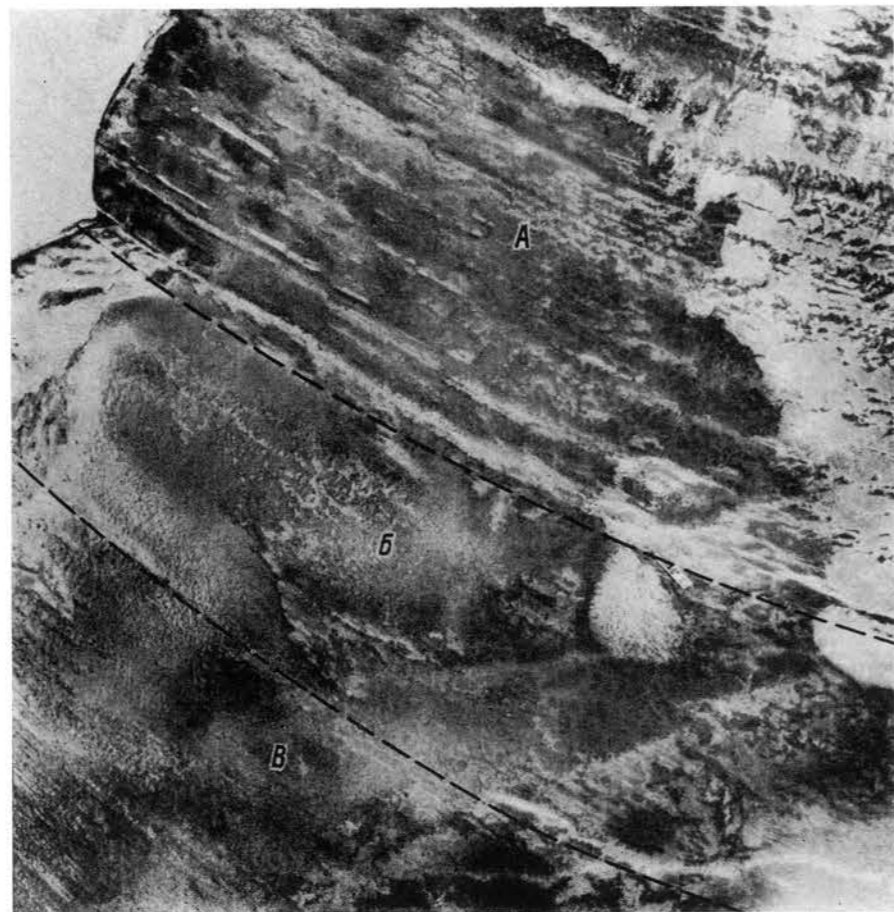


Осадочная толща мелового возраста, представленная песчаниками и алевролитами с редкими маломощными прослоями и линзами яшм, туфов, известняков, гравелитов. Плановый аэрофотоснимок.

Песчаники, как правило, массивные; алевролиты сильнорасланцованные, в связи с чем выходы пород на морском дне не образуют четко выраженных гряд, хотя простирание пород по аэрофотоснимкам устанавливается уверенно.

Верхняя часть разреза продуктивной толщи среднеплиоценового возраста, обнажающаяся на морском дне Приапшеронского района Каспийского моря. Плановый аэрофотоснимок.

Разрез состоит из чередования песчаных (в том числе и песчаников) и глинистых слоев, по количественному соотношению которых выделяются балаханская (А), сабунчинская (Б) и сураханская (В) свиты. Различия в аэрофотоизображениях свит позволяют устанавливать их распространение на морском дне.



Отложения продуктивной толщи верхнего плиоцена, обнажающейся на дне Приапшеронского района Каспийского моря. Плановый аэрофотоснимок.

Четыре свиты (балаханская ВО; средний отдел, или свита перерыва, СО; надкирмакинская песчаная НКП; подкирмакинская ПК) представлены преимущественно песчаными отложениями (песчаниками) с подчиненными им глинистыми пластами; три свиты (кирмакинская КС; надкирмакинская глинистая НКГ; калинская КаС) состоят преимущественно из глины с резко подчиненными им пластами песчаников.

В пределах распространения преимущественно песчаных свит абразия препарирует пласты устойчивых к разрушению пород (песчаников), поэтому на дне здесь наблюдаются подводные гряды, разделенные сравнительно узкими понижениями, заполненными современными песками и песчано-ракушечными отложениями. Гряды, как правило, обрастают водорослями и покрываются моллюском *Mytilaster lineatus*, в связи с чем на аэрофотоснимках отображаются темными тонами. Межгрядовые понижения, вытянутые по простиранию пород, а также расширенные абразией поперечные трещины, обычно заполненные современными осадками, отображаются светлыми тонами. В целом для комплексов пород, слагающих эти свиты, характерен пестрый рисунок с четко выраженной ориентировкой его элементов, отражающей простирание пластов.

К преимущественно глинистым свитам приурочены широкие понижения,

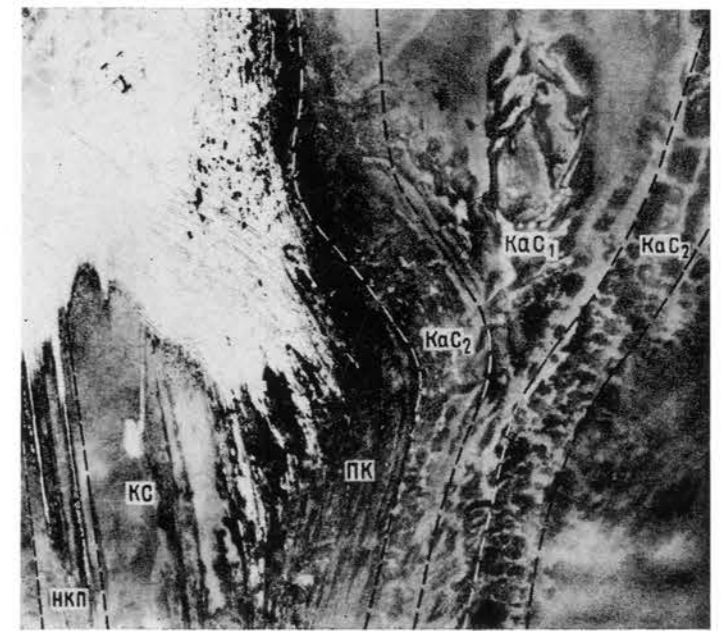
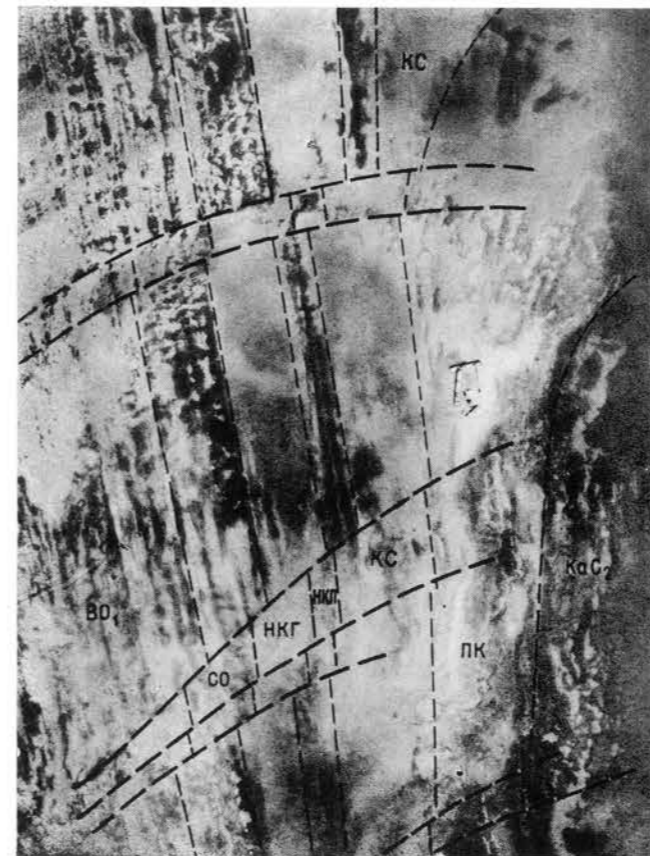
в большинстве случаев покрытые современными осадками (илом, песком, ракушей). Обычно на аэрофотоснимках они изображаются однородным серым тоном, иногда изменяющимся до светло-серого. В местах скопления ракуши появляются пятна более светлого тона неправильных очертаний и без ясно выраженной ориентировки. Если исключить отдельные случаи, то в пределах выходов преимущественно глинистых свит четко выраженная полосчатость фотоизображения, по которой обычно устанавливается простирание пород, отсутствует. Однако простирание этих свит в целом определяется без труда на основании четко выраженных границ с подстилающими и перекрывающими отложениями, хорошо изображающимися на аэрофотоснимках. По фоторисунку глинистые свиты между собой различаются мало, но, учитывая ширину их выходов на морском дне, что связано с их истинными мощностями, представляется возможным установить их стратиграфическое положение. Например, истинная мощность свиты НКГ меньше мощности свиты КС, на основании чего эти две свиты хорошо различаются на приведенном аэрофотоснимке.

Ритмичное чередование песчаных и глинистых свит в разрезе продуктивной толщи предопределяет и ритмичное расположение соответствующих аэрофоторисунков: СО—НКГ; НКП—КС; ПК—КаС. Наиболее хорошо выраженными и легко опознаваемыми фоторисунками на анализируемом аэрофотоснимке, которые могут быть приняты за маркирующие, являются фоторисунки свиты СО и подстилающей ее НКГ. Ориентируясь на

них и зная нормальный стратиграфический разрез, можно расшифровать и все остальные свиты. В соответствии с этим фотоизображение, располагающееся западнее маркирующего фоторисунка, будет отражать осадки свиты ВО₁, а фотоизображения, сменяющие последовательно друг друга к востоку от маркирующих фоторисунков, будут характеризовать более древние свиты: НКП, КС, ПК и КаС₂.

Подводные выходы надкирмакинской песчаной НКП, кирмакинской КС, подкирмакинской ПК, верхней (песчаной) КаС₂ и нижней (глинистой) КаС₁ пачек калинской свиты продуктивной толщи, обнажающейся на морском дне Приапшеронского района Каспийского моря. Плановый аэрофотоснимок.

Четко выделяется верхняя (песчаная) пачка калинской свиты в виде темной полосы с пятнами светлого тона, ориентированными по простиранию пород и вкrest их. Темным тоном изобразились гряды, сложенные песчаниками, которые обычно покрываются шетками *Mytilaster lineatus* и водорослями *Ceramium*. Более протяженные светлые пятна, вытянутые по простиранию пород, соответствуют участкам скопления песчано-ракушечного материала в межгрядовых понижениях, сложенных глинами и песками. Перпендикулярные к ним светлые пятна неправильной формы отвечают скоплениям ракуши в трещинах отдельности, расширенных подводным выветриванием и абразией.



Характерные аэрофотоизображения различных горных пород, расположенные в стратиграфической последовательности. Колонка составлена на основании материалов дешифрирования аэрофотоснимков морского дна одного из участков акватории Каспийского моря.

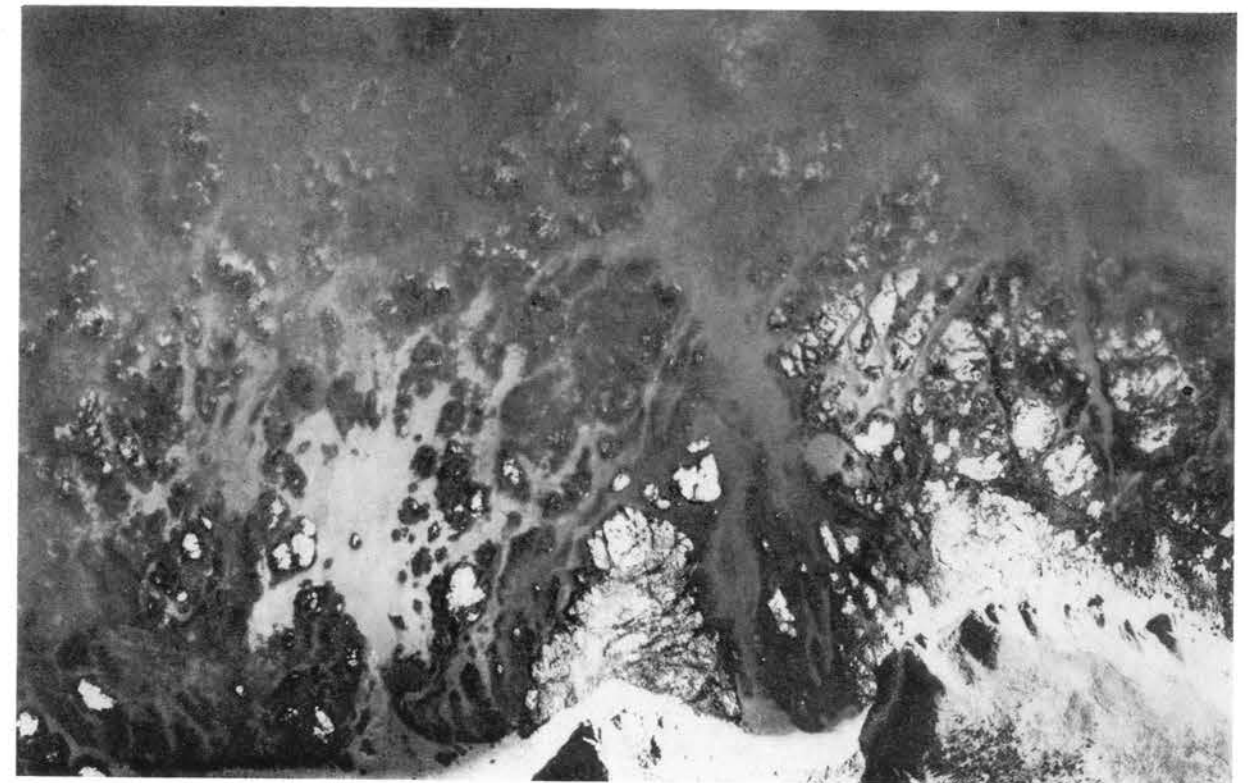
Система	Отдел	Индекс	Местные стратиграфические подразделения	Литологическая колонка			Мощность, м	Характерные фотоизображения	Литологическая характеристика пород			
				а	б	в						
Четвертичная	Голоцен	В _{IV}	Современные	В _{IV}	а	б	в	0-27	а-песчано-ракушечные осадки б-глинистые осадки в-литифицированные осадки			
	Плейстоцен	В _{I-III}	Древнекаспийские	В _{I-III}	а	б	в	0-400	а-конгломераты б-известняки в-глины			
Неогеновая	Плиоцен	N ₂	Алшеронский ярус	N _{2ap}				90-605		Глины, детритусовые известняки, пески		
				Акчакский ярус	N _{2ak}				35-70		Глины с прослоями вулканического пепла и песка	
			П р о д у к т и в н а я т о л щ а	ВО ₁				600-1400		Глины, алевроиты, пески		
				ВО ₂				270-390		Глины, алевроиты, пески		
				ВО ₃				350-360		Песчаники, пески, глины		
				СО				60-140		Конгломераты, песчаники, пески, глины		
				НКГ				110-140		Глины		
				НКП				17-70		Песчаники, пески с прослоями глин		
				КС				230-330		Глины, алевроиты с редкими прослоями песчаников		
				ПК				0-175		Песчаники и пески с редкими прослоями глин		
			Диатомовая свита	N ₁	Пантиский ярус	КаС				0-323		Пески и песчаники с прослоями глин Глины с прослоями песка и песчаника
						N _{2rp}				0-348		Глины
Миоцен	N ₁		Диатомовая свита	N _{1d}				до 300		Глинистые сланцы, листоватые глины, рассланцованные аргиллиты, мергели		

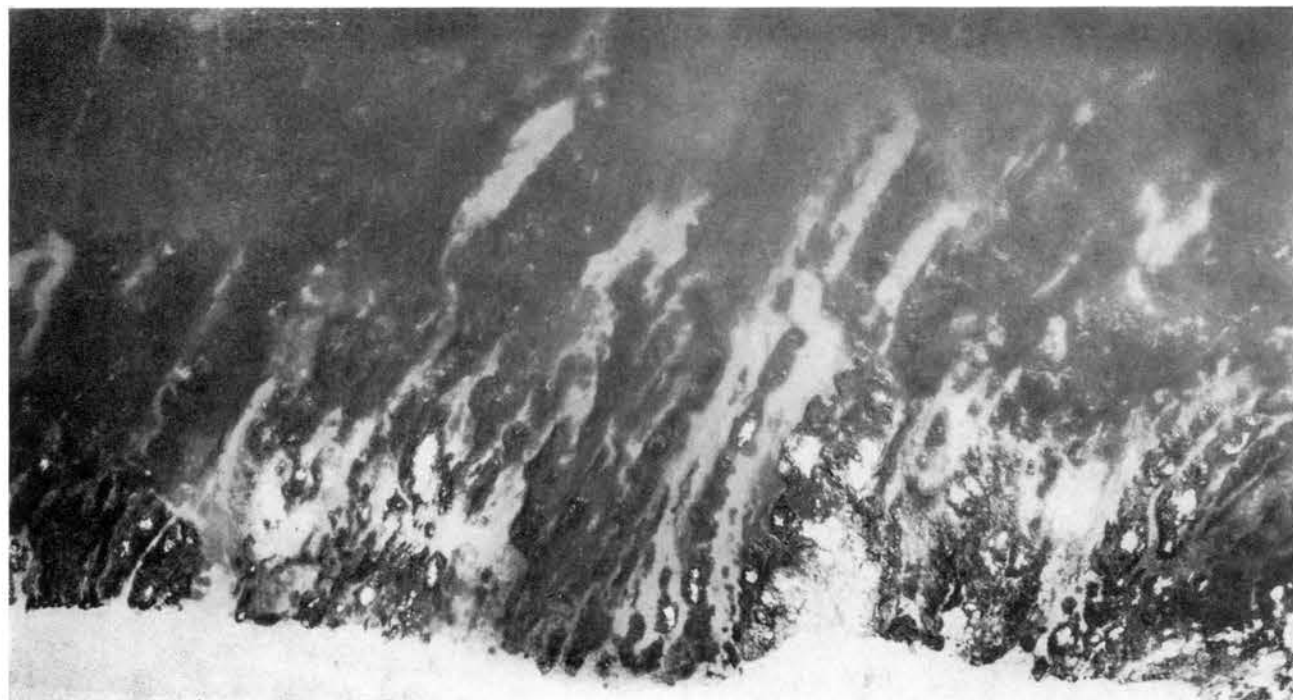
ПРИЗНАКИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ
НЕКОТОРЫХ ТИПОВ МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ
И ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД

126

Метаморфизованные породы палеозойского возраста, представленные зелеными сланцами с прослоями филлитов, кварцитов, слюдяных кварцитов и линзами кристаллического известняка. Плановый аэрофотоснимок.

Породы характеризуются интенсивной плейчатостью, обилием согласных с ней и секущих ее прожилков и жил кварца. Являются результатом регионального метаморфизма сложно построенной толщи терригенных осадочных пород, кремнистых отложений, основных эффузивов и их туфов. В фотоизображении отсутствует полосчатость. Хорошо видны многочисленные трещины, пересекающие породы в различных направлениях. В результате абразии сильно-трещиноватых пород на морском дне возникают глыбы неправильной формы, разных размеров, беспорядочно разбросанные по площади, благодаря чему фотоизображение в целом характеризуется неправильно пятнистым рисунком.





127

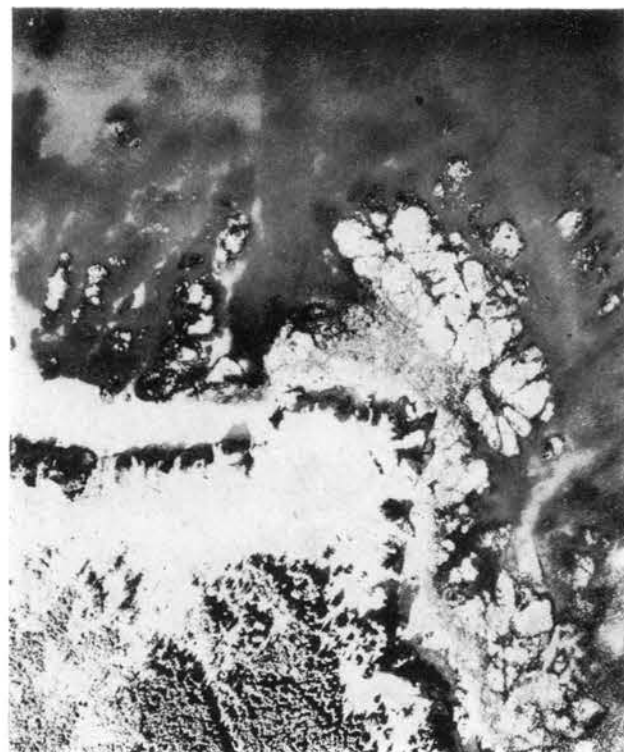
Метаморфизованные породы палеозойского возраста, представленные графито- и хлорито-серицито-кварцевыми сланцами с прослоями зеленых сланцев, филлитов и кварцитов; многочисленны прожилки кварца. Плановый аэрофотоснимок.

На аэрофотоснимках четкая полосчатость, характерная для осадочных пород, отсутствует, хотя наблюдается определенная ориентировка элементов фоторисунка, по которой можно судить о простираннии пород.

128

Лавы и туфы базальтов и андезитобазальтов (βN_2), образующие мысы. Плановый аэрофотоснимок.

Хорошо видны трещины отдельности, характерные для выходов этих пород на морском дне.



129

Тело трахиандезитов (αN_1), образующее мыс. Плановый аэрофотоснимок.

Значительная часть этого тела скрыта под поверхностью воды. Дешифрирование аэрофотоснимков позволило оконтурить его продолжение на морском дне и тем самым выявить истинные размеры и форму. Округлая, почти изометрическая форма этого тела в плане, его небольшие размеры в поперечнике, а также характер контактов с вмещающими породами свидетельствуют о том, что оно представляет собой сохранившуюся от размыва внутреннюю часть вулканической постройки, т. е. некк, а породы, его слагающие, являются породами жерловой фации.

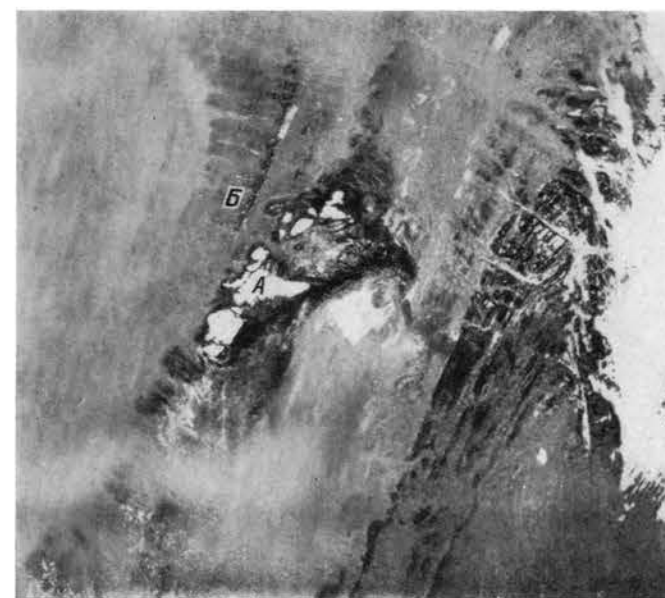
130

Тело трахиандезитов (см. рис. 129). Наземная фотография.

131

Тело габбро-диабазов ($\beta_0 N$). Плановый аэрофотоснимок.

Габбро-диабазы образуют на дне подводную гряду, местами выступающую над уровнем воды (А). Они прорывают дислоцированную слоистую толщу миоценового возраста (Б).



Количественные характеристики текстурных элементов различных частей верхненевельской подсвиты, полученные микрофотометрическим методом, и фрагмент аэрофотоснимка.

a — по профилю I выше маркирующего горизонта: $\bar{K}=1,17$ м, $\sigma_{K^2}=0,43$ м, $V=16\%$; *b* — по профилю II выше маркирующего горизонта: $\bar{K}=1,19$ м, $\sigma_{K^2}=0,49$ м, $V=17\%$; *в* — по профилю III ниже маркирующего горизонта: $\bar{K}=0,60$ м, $\sigma_{K^2}=0,22$ м, $V=23\%$. Получение различных статистических характеристик горизонтальных мощностей пластов в разных частях разреза немой флишовой толщи допускает возможность корреляции разрезов, их наращивания и определения видимой или даже истинной мощностей толщи; *г* — фрагмент геологической карты, составленной на основе полевого дешифрирования аэрофотоснимков, с нанесенными профилями микрофотометрирования (1 — простирающие пласты, 2 — маркирующий горизонт, 3 — падение пород, 4 — разрывные нарушения); *д* — фрагмент аэрофотоснимка, на котором хорошо виден маркирующий горизонт, разделяющий верхненевельскую подсвиту на две части.

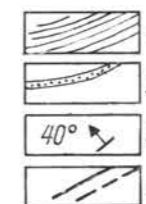
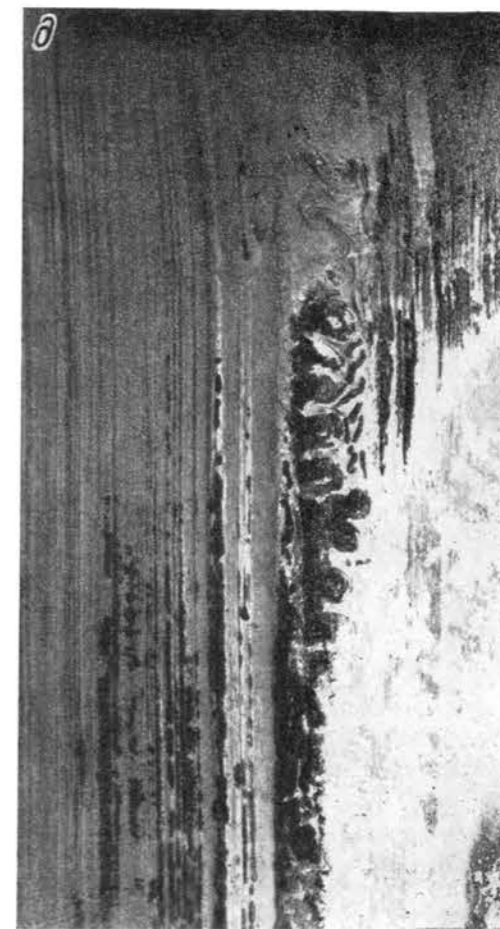
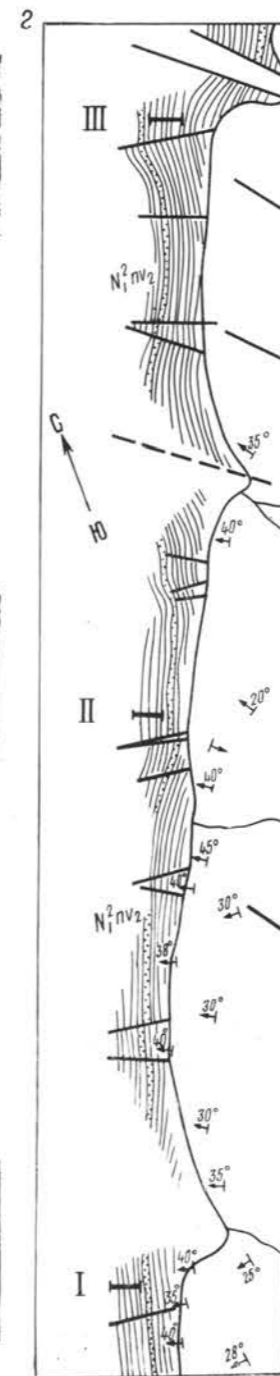
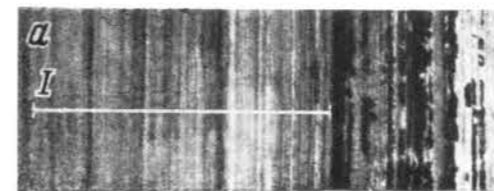
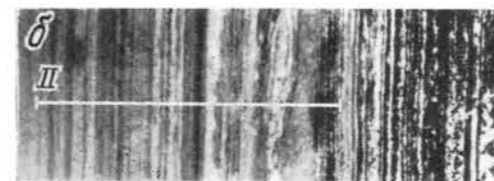
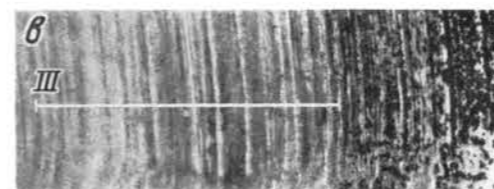
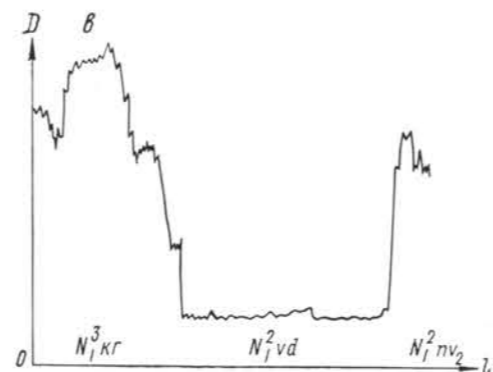
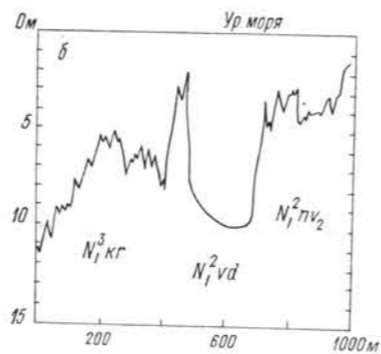
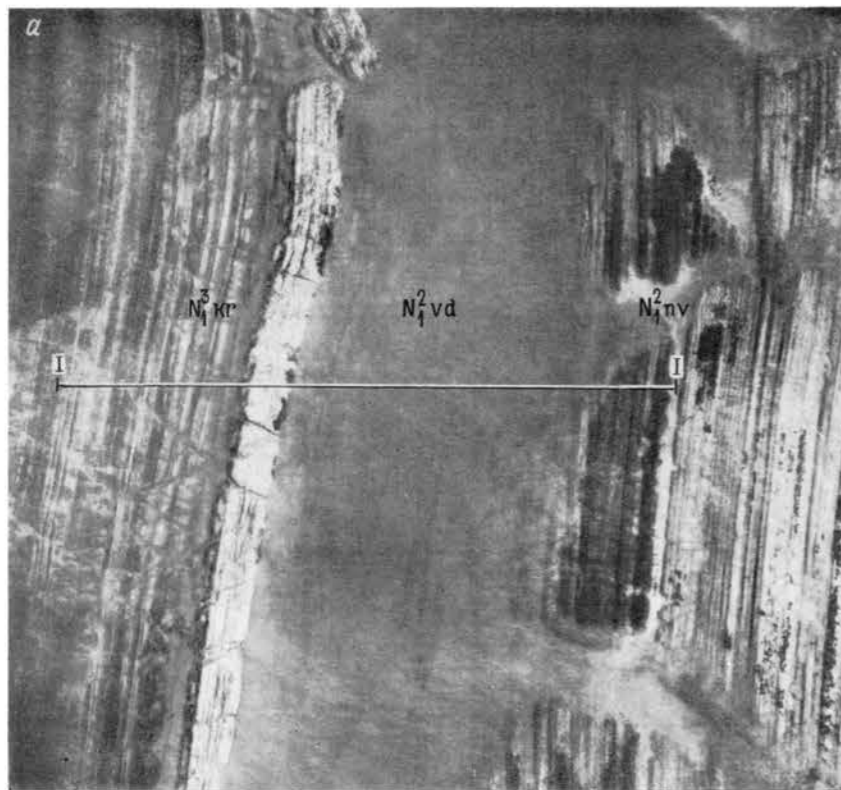
ПРИМЕРЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Сравнение результатов визуального дешифрирования аэрофотоснимка с анализом регистраграммы микрофотометрирования и эхограммы рельефа морского дна, полученных по профилю I—I.

a — плановый аэрофотоснимок с изображением пород верхненевельской подсвиты $N_1^2nv_2$, верхнеудской N_1^2vd и кураийской N_1^3kr свит миоценового возраста, обнажающихся на одном из участков подводного склона западного побережья о. Сахалин. $N_1^2nv_2$ — флишеобразное пересланованное песчаников, алевролитов, аргиллитов. На морском дне выходы этих пород создают скульптурно-грядовой рельеф, обуславливающий четкостричатое аэрофотонизображение. N_1^2vd — аргиллиты, слабоуплотненные глины, рыхлые глинистые песчаники с пластами каменного угля. В целом породы отличаются слабой устойчивостью к абразии, в связи

с чем к ним приурочены относительно пониженные участки морского дна, в пределах которых происходит очень слабая аккумуляция современных отложений, предопределяющих однородное серое фотонизображение на аэрофотоснимках. N_1^3kr — слоистые крепкие алевролиты, в основании которых залегает пачка окремнелых алевролитов. Алевролиты создают грядовой рельеф морского дна и в соответствии с этим на аэрофотоснимках изображаются правильно полосчатым фотонизображением. Пачка окремнелых алевролитов, как наиболее устойчивая, образует на морском дне резко выступающую гряду, отражающуюся на аэрофотоснимке более светлой полосой; *b* — эхограмма

рельефа дна, пересекающая все отдешифрированные на аэрофотоснимке комплексы пород. Характер рельефа дна, зафиксированный на эхограмме, хорошо согласуется с литологией пород и особенностями их фотонизображения на аэрофотоснимке. В частности, на эхограмме отчетливо видно понижение в рельефе дна, приуроченное к малостойчивым к абразии глинистым породам верхнеудской свиты (N_1^2vd); *в* — регистраграмма профиля микрофотометрирования. Отчетливо фиксируется резкое уменьшение оптической плотности на участке, отвечающем фотонизображению верхнеудской свиты, причем плотность характеризуется сравнительно выдержанными величинами.



134

Комплекс разновозрастных горных пород (свиты А—З), обнажающихся на морском дне. Плановый аэрофотоснимок.

В процессе выявления признаков дешифрирования было установлено, что наиболее молодая свита А, а наиболее древняя — З. Это позволило наметить азимут падения пород и установить, что данный участок морского дна приурочен к своду и западному крылу антиклинальной складки. На аэрофотоснимке хорошо видно, что пласты пород с берега простираются на морское дно и намечают западное крыло южного замыкания периклинали складки. Замеры элементов залегания пластов на берегу и прослеживание этих пластов с берега в море подтвердили правильность определения азимута падения пород, установленного на основании дешифрирования аэрофотоснимка.

На последнем четко изобразились линии дизъюнктивных нарушений, по одной из которых произошло выклинивание пород свит Е и Ж.

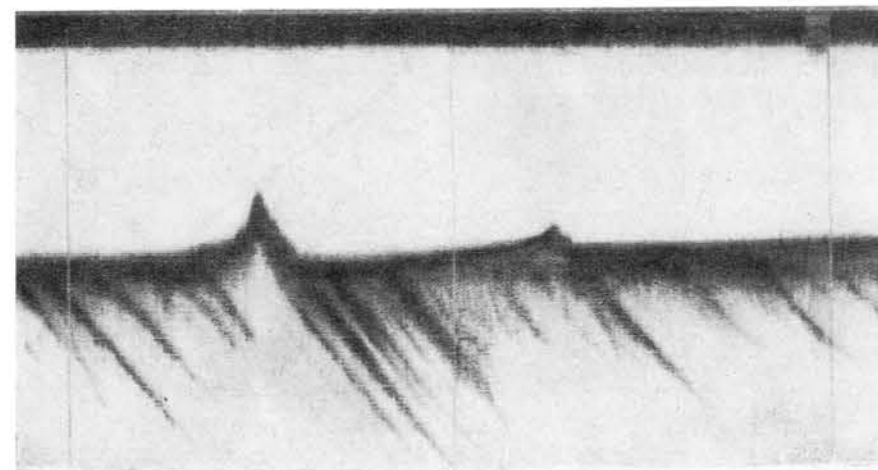
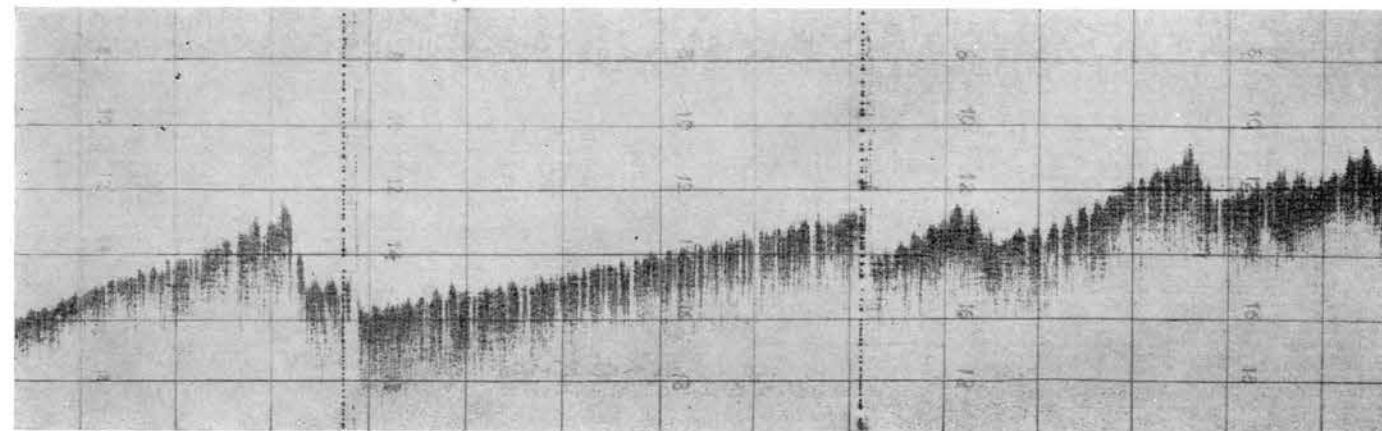
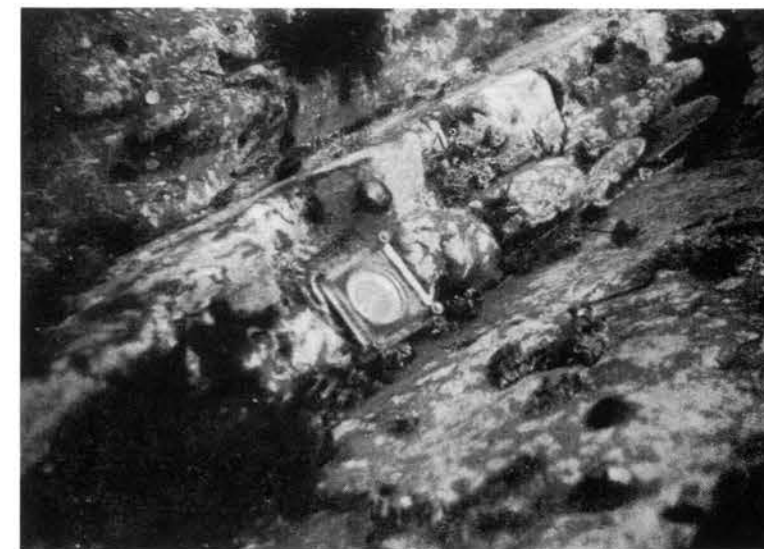


135

Замеры элементов залегания пород непосредственно на морском дне с помощью компаса. Подводная фотография.

136

Выходы слоистой дислоцированной осадочной толщи на морском дне. Подводная фотография. Хорошо видны отпрепарированные пласты крепких песчаников, по которым можно уверенно измерять элементы залегания пород.



137

Эхолотный профиль через гряды древних дислоцированных пород.

Хорошо видно асимметричное строение гряд, у которых пологий склон соответствует падению пластов.

138

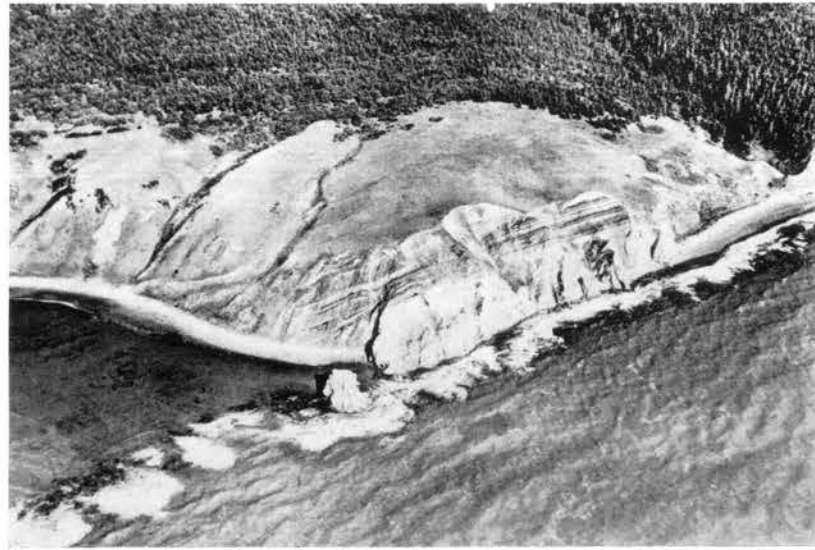
Падение пластов, регистрируемое геолокатором.

Хорошо видно, что пологий склон асимметричных гряд на морском дне соответствует падению пластов, регистрируемых геолокатором.

139

Падение пластов дислоцированной осадочной толщи в береговом клифе. Перспективный аэрофотоснимок.

Простираание пластов на морском дне может быть установлено по изображению бурунов, возникающих на месте подводной гряды.

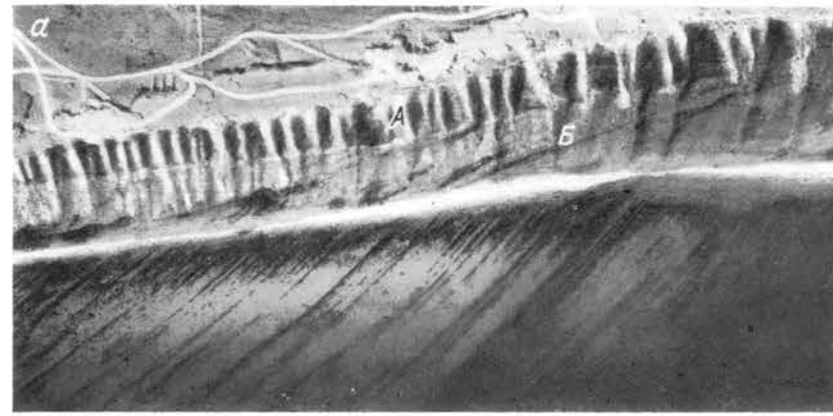
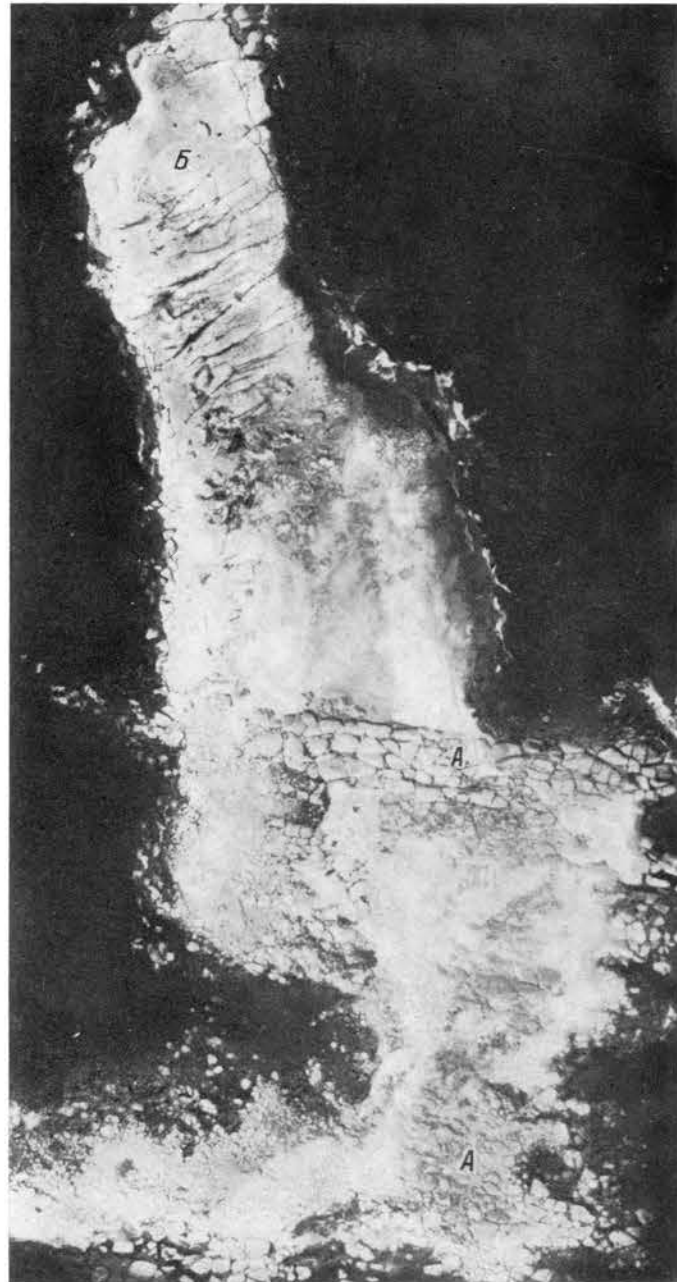


СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ НЕСОГЛАСИЯ

140

Несогласное залегание конгломератов четвертичного возраста (А), характеризующихся крупноглыбовой отдельностью, на более древних плиоценовых породах (Б), представленных массивными известняками с трещиноватостью преимущественно одного направления. Плановый аэрофотоснимок.

При анализе пары перекрывающихся аэрофотоснимков под стереоскопом хорошо видны различные углы падения указанных пород.

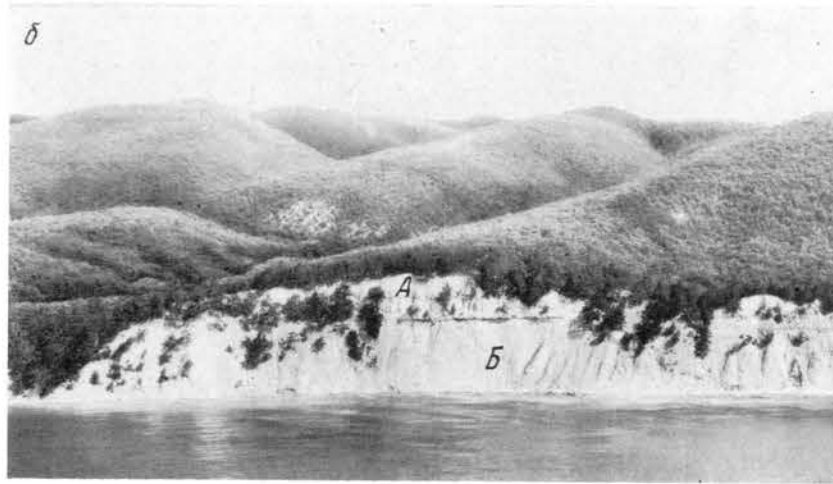


141

Несогласное залегание горизонтально залегающих отложений четвертичного возраста (А) на более древних дислоцированных породах (Б), хорошо видное в абразионном уступе. Плановый (а) и перспективный (б) аэрофотоснимки.

142

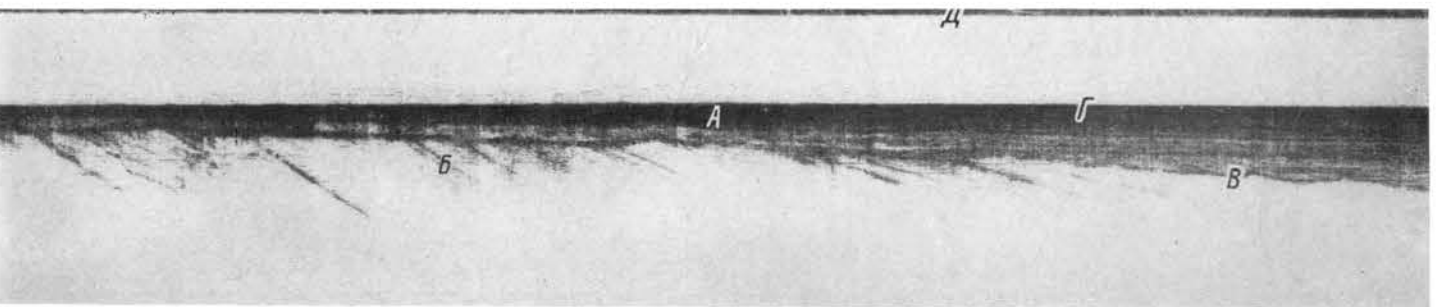
Современные морские грунты (А) несогласно перекрывают дислоцированные древние коренные породы (Б), обнажающиеся на подводном склоне. Плановый аэрофотоснимок.



143

Эхограмма геолокатора, фиксирующая несогласное залегание современных морских осадков на дислоцированных подстилающих породах и уменьшение мощности современных осадков к своду складки.

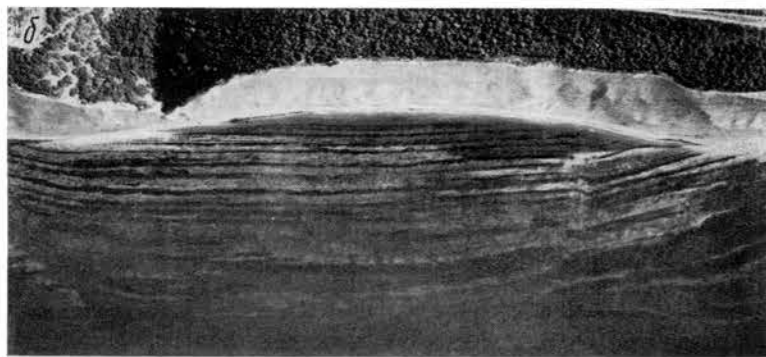
А — современные осадки; Б — дислоцированные подстилающие породы; В — волнистая поверхность размыва древних пород, свидетельствующая о прошлой регрессии моря; Г — поверхность морского дна; Д — поверхность воды.



144

Толща осадочных слоистых пород, дислоцированных под разными углами. Плановые аэрофотоснимки.

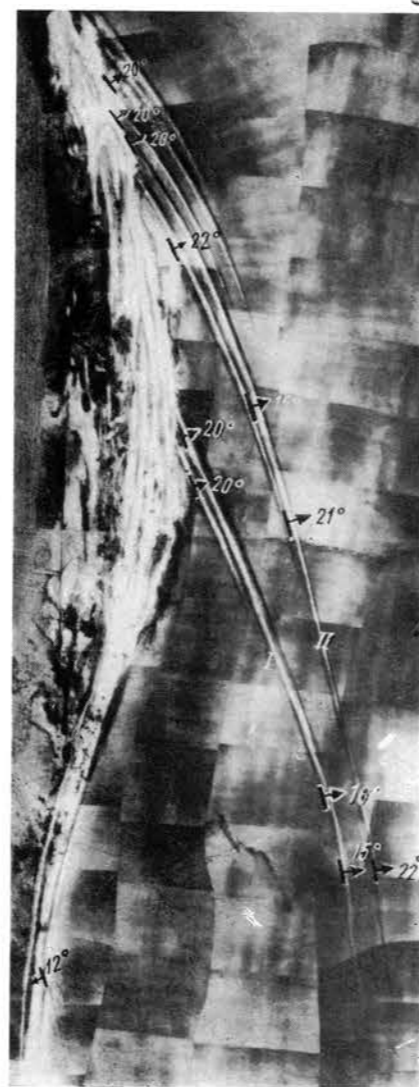
В результате различных углов падения изменяются горизонтальные мощности пород, что хорошо фиксируется на аэрофотоснимках в виде различного характера полосчатости. Угол падения, градус: а — от 3 до 5—6; б — 12—14; в — 70—80.



145

Изменение горизонтальной мощности преимущественно глинистых отложений, залегающих между пластами крепких известняков, образующих на морском дне хорошо выраженные гряды. Фрагмент фотосхемы.

Как видно на аэрофотоснимке, по мере удаления от берега гряды известняков постепенно сближаются. Такое изменение горизонтальной мощности может быть связано или с наличием дизъюнктивного нарушения, или с резким увеличением углов падения пластов, или с уменьшением истинной мощности пород. Проведенные полевые исследования не обнаружили никаких следов нарушения. Замеры элементов залегания пород показали, что углы падения как на берегу, так и в море варьируют от 15 до 22°. Таким образом, закономерное уменьшение горизонтальной мощности пород здесь связано с изменением истинной. Зная углы падения пород и измерив горизонтальную мощность глинистых отложений, заключенных между пластами известняков вблизи береговой линии и в море, можно определить величину изменения истинной мощности пород.



146

Разрывные нарушения, вдоль которых наблюдается видимое горизонтальное смещение пластов. Плановый аэрофотоснимок (а) и фрагмент фотосхемы (б).

147

Поперечное разрывное нарушение, по которому приведены в соприкосновение породы разного вещественного состава. Плановый аэрофотоснимок.

К нарушению приурочена полукруглая бухточка, возникшая в результате действия дифракционных волн.

148

Разрывное нарушение, по которому произошло горизонтальное смещение и резкий обрыв пластов почти по прямой линии. Плановый аэрофотоснимок.



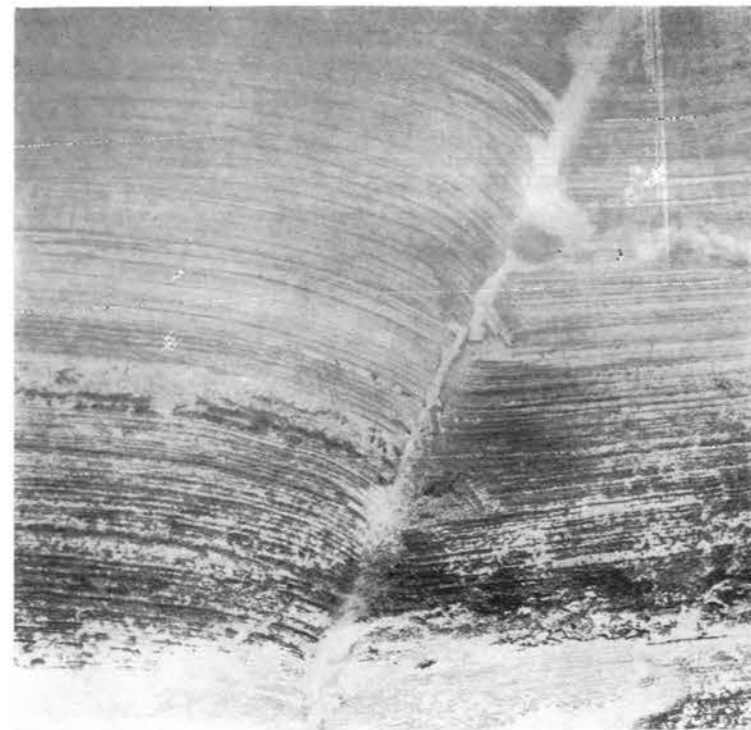
149

Разрывное нарушение, изображенное в виде прямой линии, по которой произошел резкий обрыв древних дислоцированных пород и контактирование с современными морскими грунтами. Плановый аэрофотоснимок.



150

Диагональное разрывное нарушение (А), по которому произошло горизонтальное смещение пластов. Плановый аэрофотоснимок.



151

Диагональное разрывное нарушение, вдоль которого наблюдается горизонтальное смещение и загиб пластов к югу в западном блоке. Плановый аэрофотоснимок.

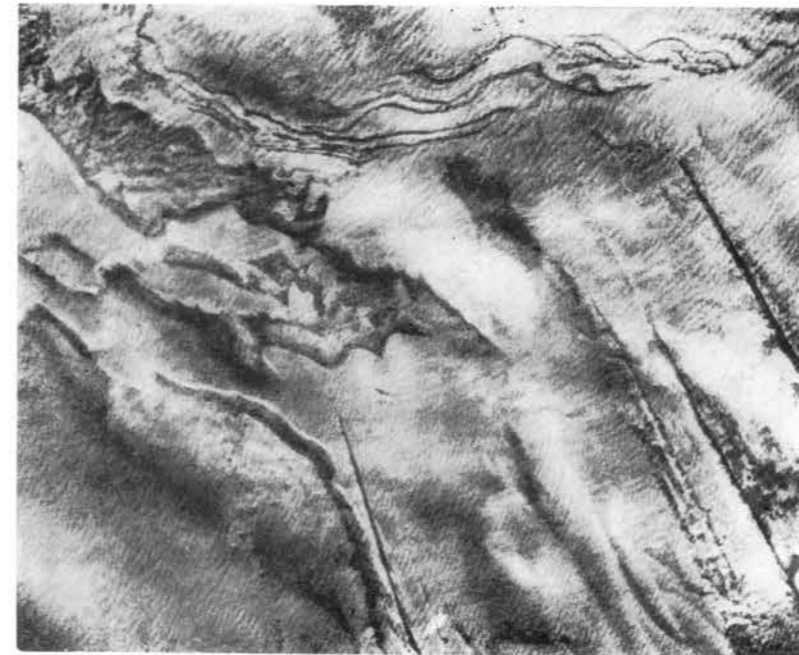
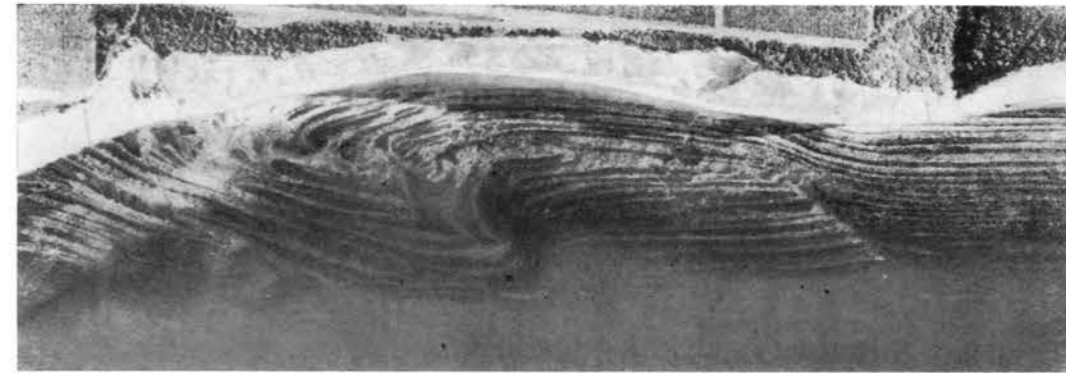
152

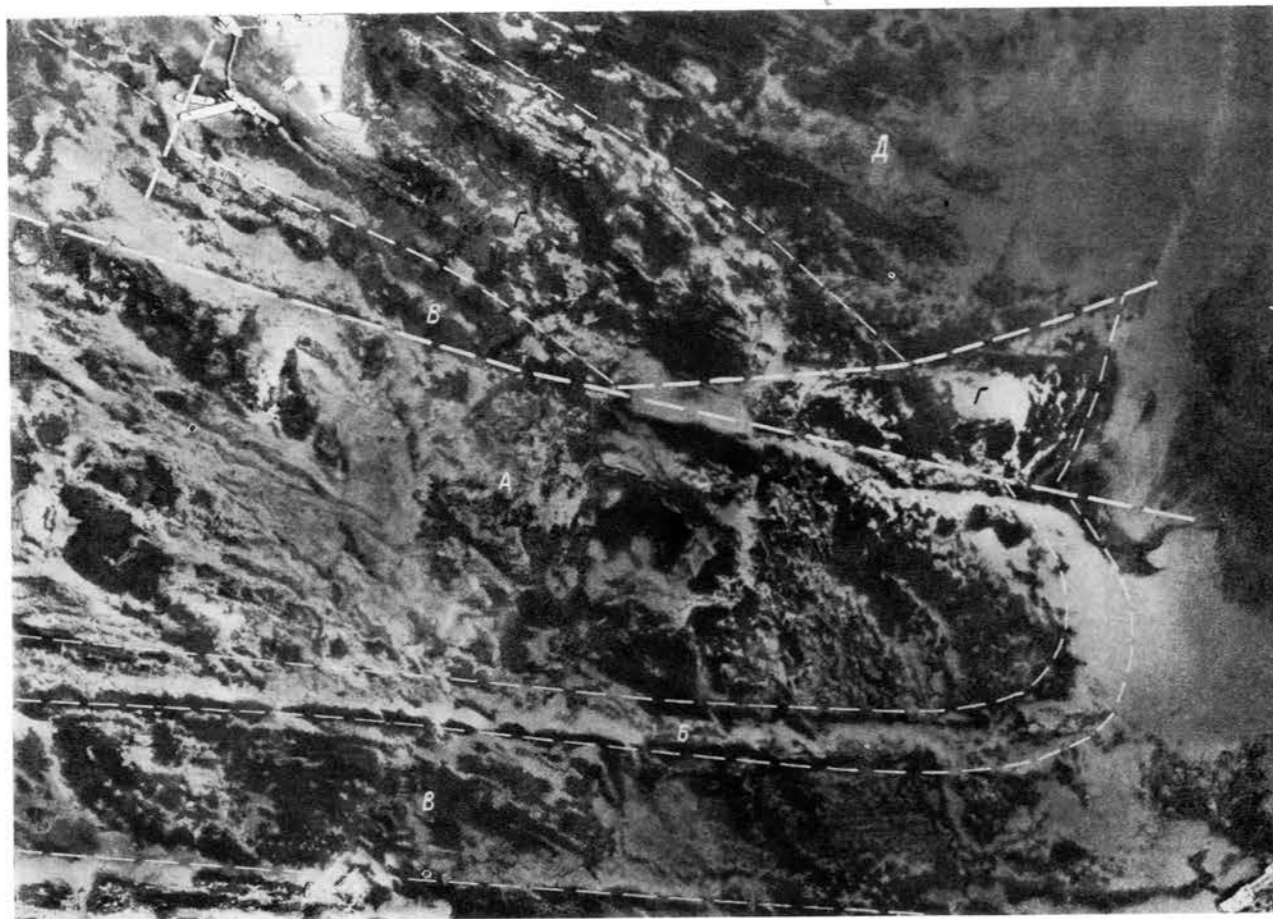
Флексурообразный изгиб пластов. Плановый аэрофотоснимок.

153

Крупное разрывное нарушение, по которому пласты пород одной и той же свиты соприкасаются почти под прямым углом. Плановый аэрофотоснимок.

Вдоль линии нарушения видна мелкая гофрировка пород.





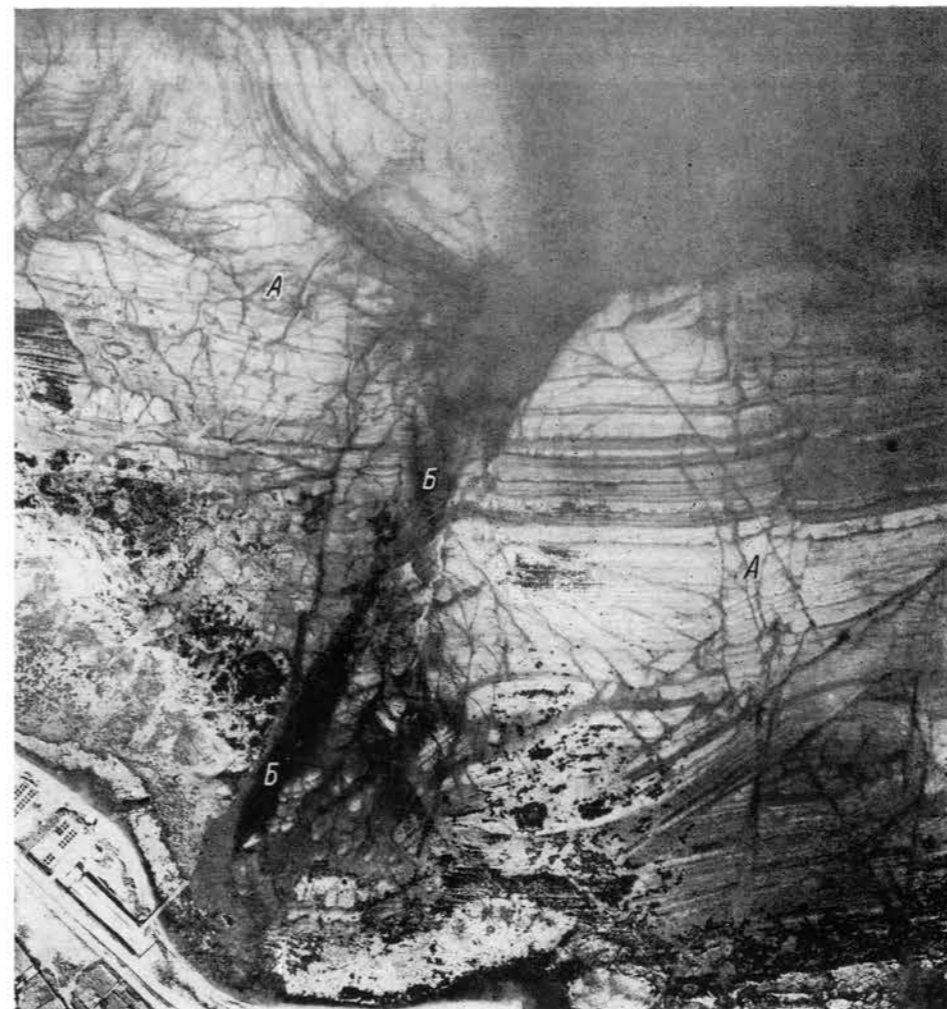
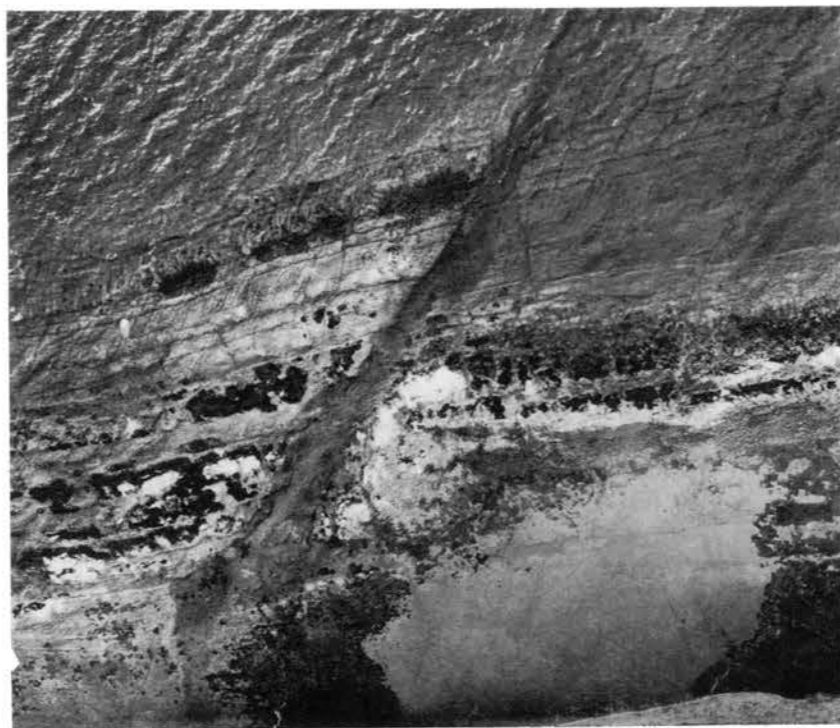
154

Крупное продольное дизъюнктивное нарушение, диагональный и поперечный разломы, осложняющие свод антиклинальной складки. Плановый аэрофотоснимок.

А, Б, В, Г, Д — различные свиты, слагающие свод и крылья складки.

155

Диагональное разрывное нарушение, выразившееся в рельефе морского дна в виде глубокой расщелины. Плановый аэрофотоснимок.

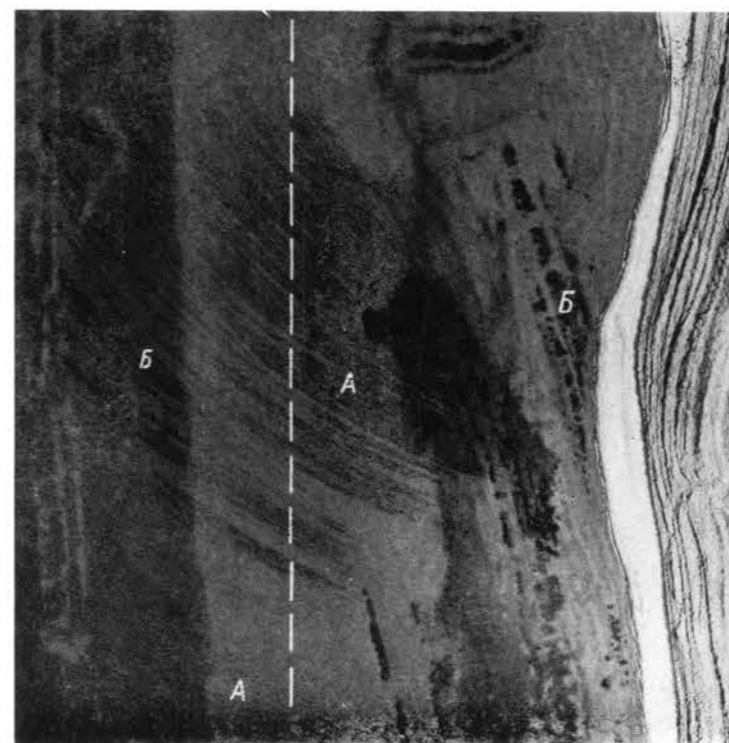


156

Трещиноватость пород (А) в зоне крупного регионального разрывного нарушения (Б), выразившегося на морском дне в виде желобообразного понижения. Плановый аэрофотоснимок.

157

Продольное разрывное нарушение. Плановый аэрофотоснимок. Вдоль нарушения на морском дне протягивается полоса современных осадков (А), по обе стороны от него наблюдается разное простиранение пластов коренных пород (Б).



158

Выделения газа (А) вдоль разрывного нарушения, по которому приведены в соприкосновение породы различного вещественного состава. Плановый аэрофотоснимок.



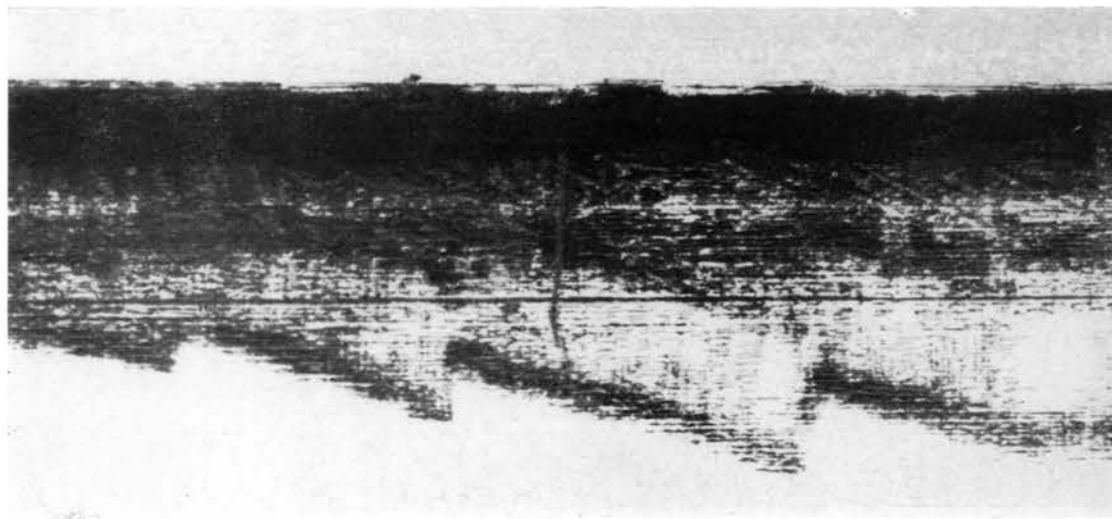
159

Пузырьки газа на поверхности моря, поднимающиеся со дна почти вдоль прямой линии и свидетельствующие о наличии разрыва.



160

Разрывные нарушения под толщей современных морских грунтов, фиксирующиеся на эхограмме геологатора.



ТРЕЩИНАТОСТЬ

161

Крупные (а) расширенные абразией, и мелкие (б) трещины в коренных породах на морском дне. Подводные фотографии.



162

Интенсивная трещиноватость в осадочно-туфогенных породах. Плановый аэрофотоснимок.



163

Тектонические трещины в зоне крупного разрыва в толще переслаивания преимущественно алевритовых пород. Плановый аэрофотоснимок.

164

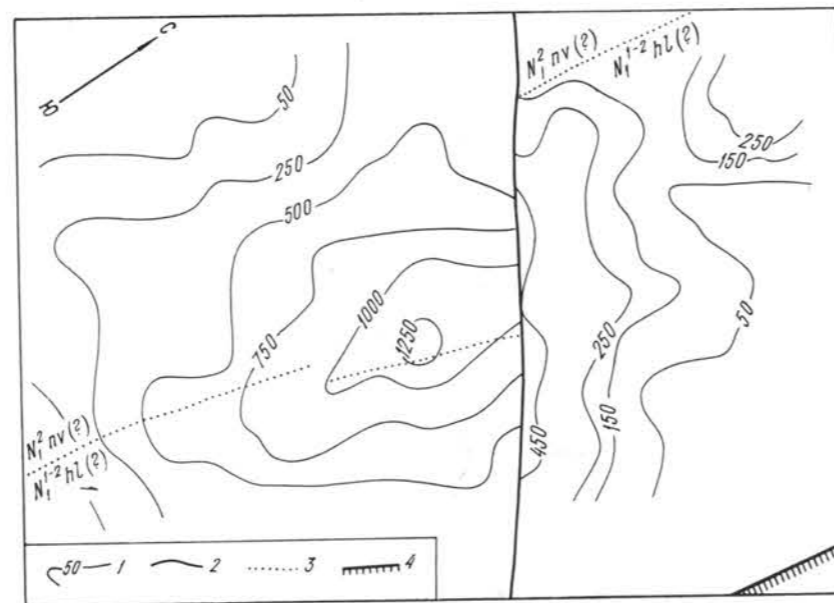
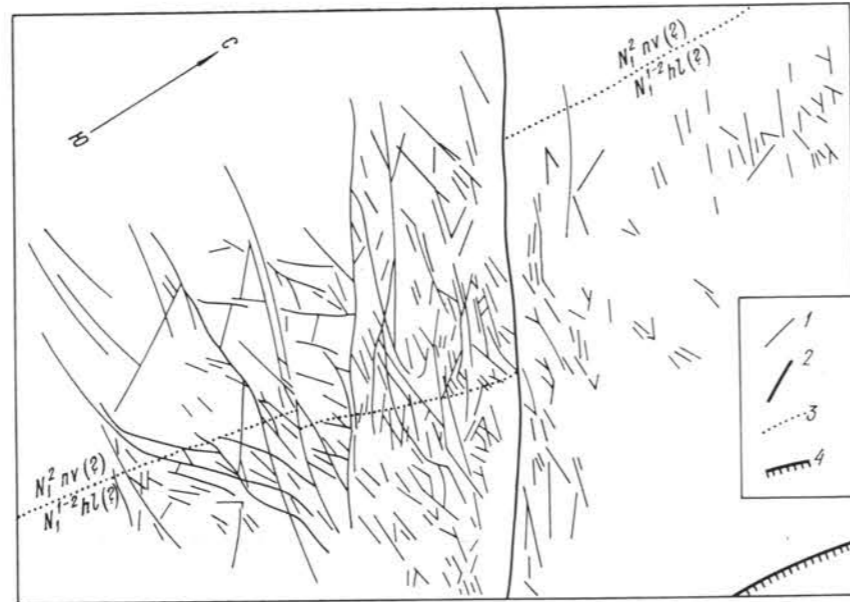
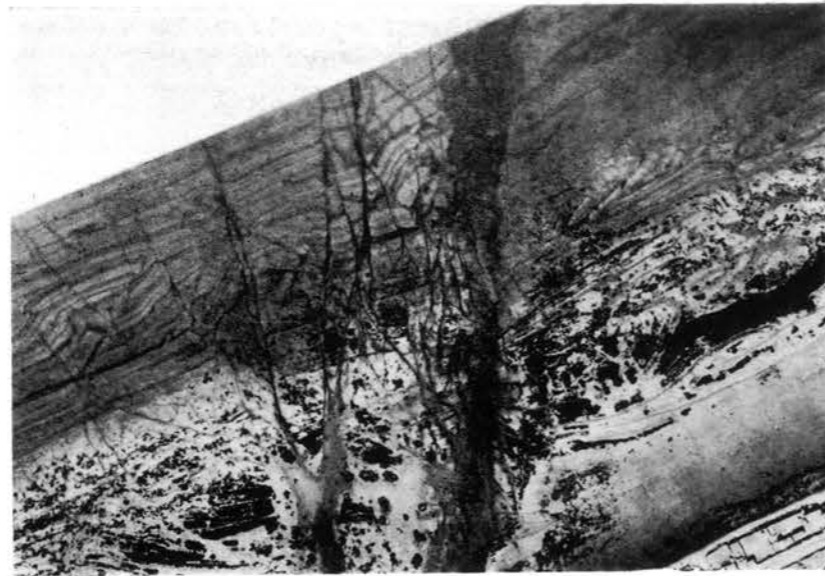
Схема дешифрирования трещин по аэрофотоснимку (см. рис. 163).

1 — трещины; 2 — разрыв; 3 — предполагаемая граница свит; 4 — берег моря.

165

Карта плотности трещин в изолиниях, построенная по схеме дешифрирования (см. рис. 164).

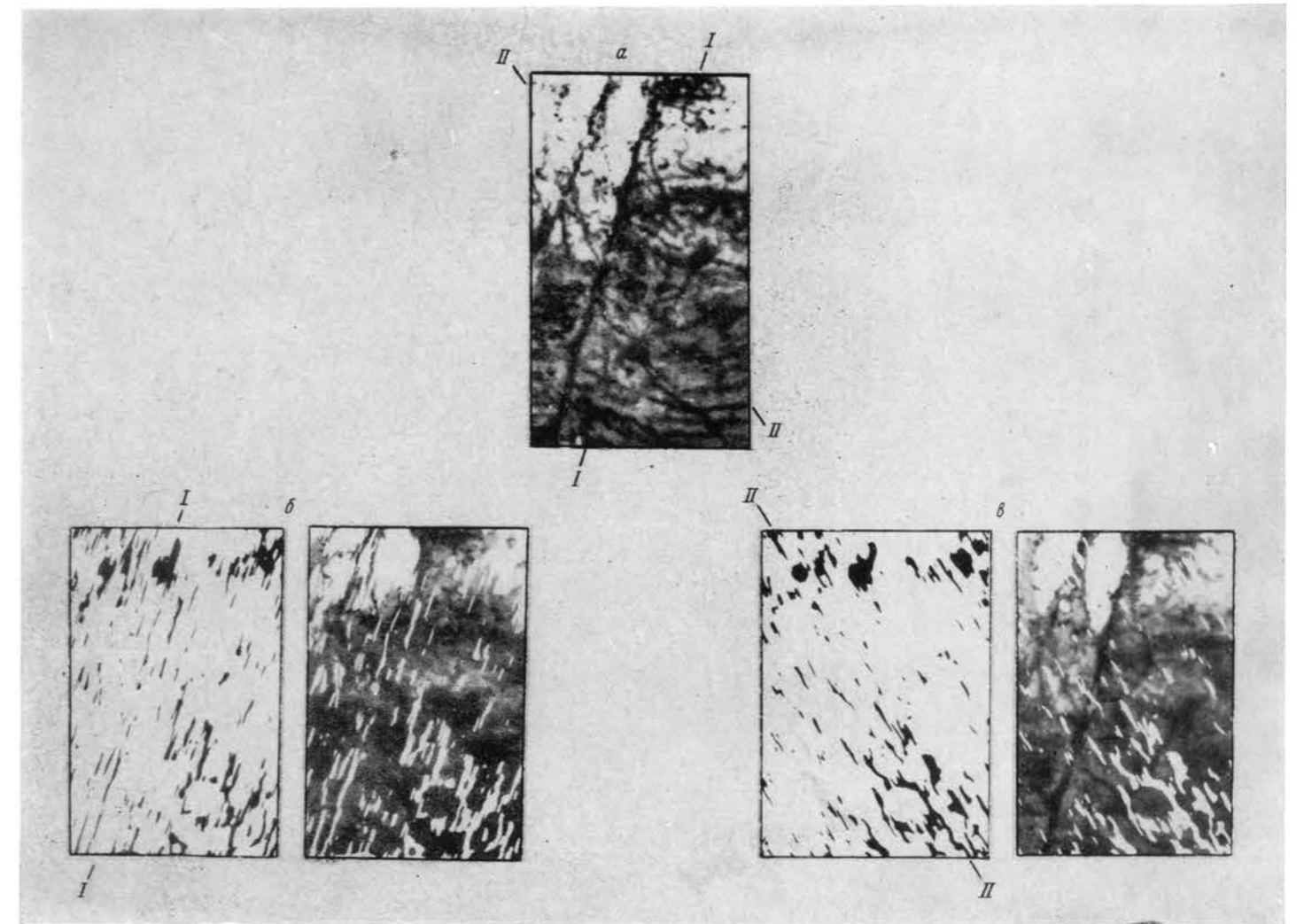
1 — изолинии плотности трещин; 2 — 4 — см. рис. 164.



166

Выделение системы трещин методом фотографического преобразования.

a — исходный аэрофотоснимок; б — преобразованное изображение с выделенной системой трещин северо-восточного (I—I) простирания; в — то же, северо-западного (II—II) простирания.



ЭЛЕМЕНТЫ СКЛАДОК

ПЕРИКЛИНАЛИ АНТИКЛИНАЛЕЙ



167

Периклираль крупной антиклинальной структуры, основная часть которой расположена на суше. Фрагмент фотосхемы.

168

Периклираль антиклинальной складки, осложненная нарушением (А). Плановый аэрофотоснимок.

Основная часть складки располагается на суше.



169

Периклираль антиклинальной складки, осложненная поперечным разрывом, по которому произошло видимое горизонтальное смещение пластов, что хорошо видно по положению пласта (А), сложенного агломерато-псефитовыми и псефито-псаммитовыми туффитами. Плановый аэрофотоснимок.

170

Периклиральное окончание крупной антиклинальной структуры (А), осложненное двумя разрывными нарушениями, по которым антиклиналь сочленяется с узкой синклиналью (Б), зажатой в грабеноопущенном блоке. Плановый аэрофотоснимок.



171

Периклиналь прибрежно-морской антиклинальной складки, сложенной переслаиванием песчаников и алевролитов. Плановый аэрофотоснимок.

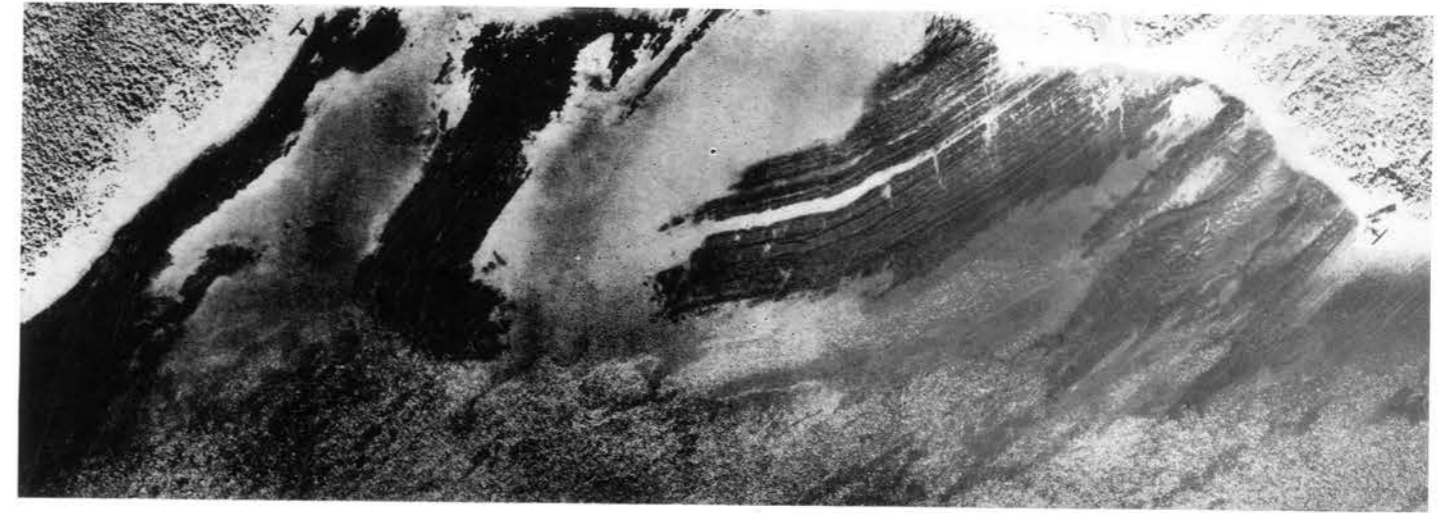


172

Периклиналь крупной антиклинальной складки, расположенной в море. Плановый аэрофотоснимок.



ЦЕНТРИКЛИНАЛИ СИНКЛИНАЛЕЙ



173

Центриклиналь крупной синклиальной структуры, очерчивая которую береговая линия моря образует обширный залив. Фрагмент фотосхемы.

Синклиальная природа складки была выявлена на основании приуроченности более молодых пород к осевой части, а более древних — к крыльям. Такая последовательность в залегании пород установлена по характерным признакам дешифрирования. Более молодые породы в приосевой части складки представлены глинами и слюстыми аргиллитами, легко разрушающимися под действием волн, тогда как более древние породы на крыльях складки, представленные слоистыми крепкими песчаниками, образуют мысы, ограничивающие бухту с обеих сторон.

174

Центриклиналь крутой синклиальной складки, в основном расположенной на суше. Плановый аэрофотоснимок.

В абразионном уступе видно падение пород к осевой линии складки.



175

Центриклиналь пологой синклинали, основная часть которой находится на суше. Плановый аэрофотоснимок.

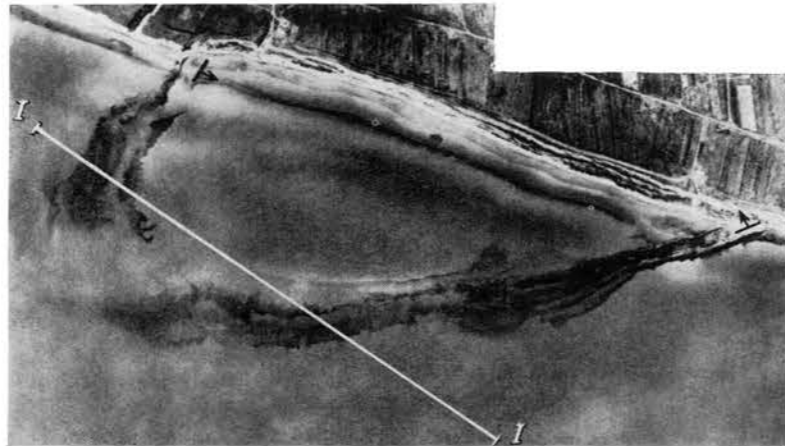
176

Центриклиналь крупной гемисинклинали, расположенной в основном на суше. Фрагмент репродукции фото-схемы.

I—I — геолокаторный профиль, эхограмма которого приведена на рис. 177.

177

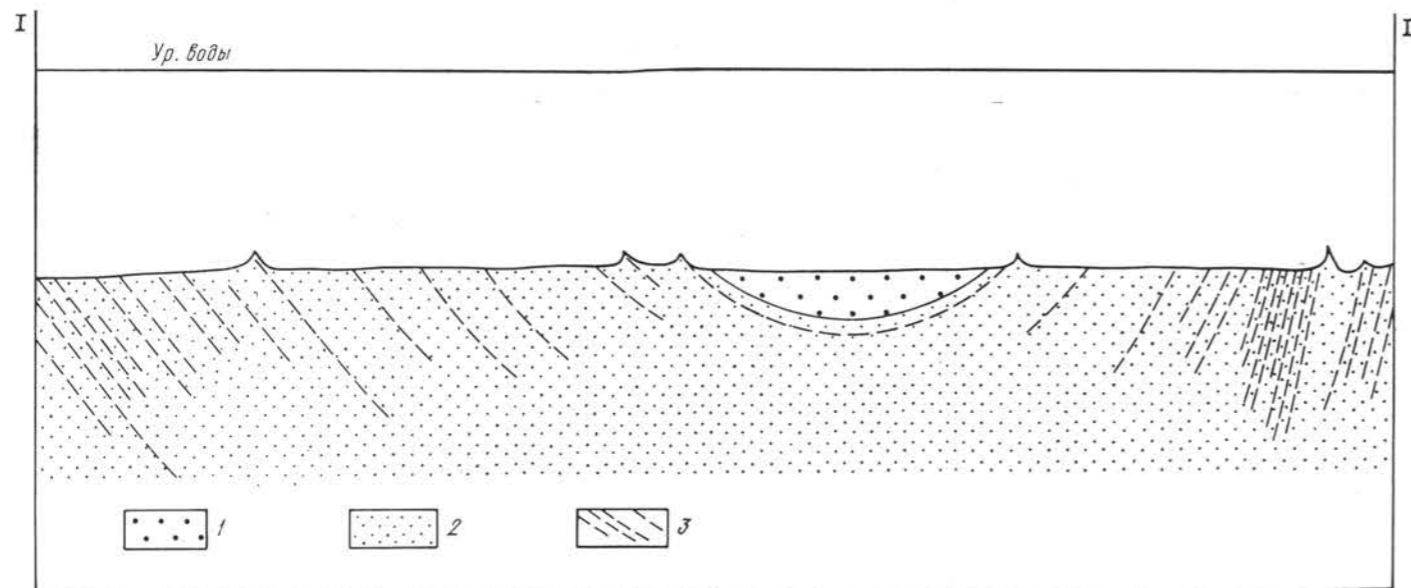
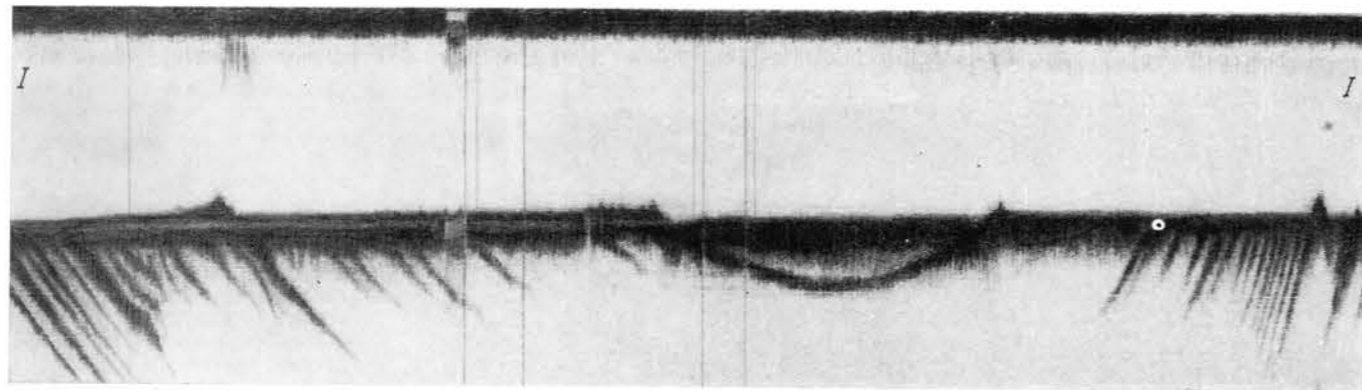
Эхограмма геолокатора по профилю I—I, подтверждающая синклинальный характер структуры (см. рис. 176).



178

Геологический разрез по профилю I—I, составленный на основании дешифрирования аэрофотоснимка (см. рис. 176) и эхограммы геолокатора (см. рис. 177).

1 — надрудные слои; 2 — рудные слои; 3 — пласты пород, зафиксированные геолокатором.



179

Центриклиналь синклинальной складки, основная часть которой находится на морском дне. Плановый аэрофотоснимок.

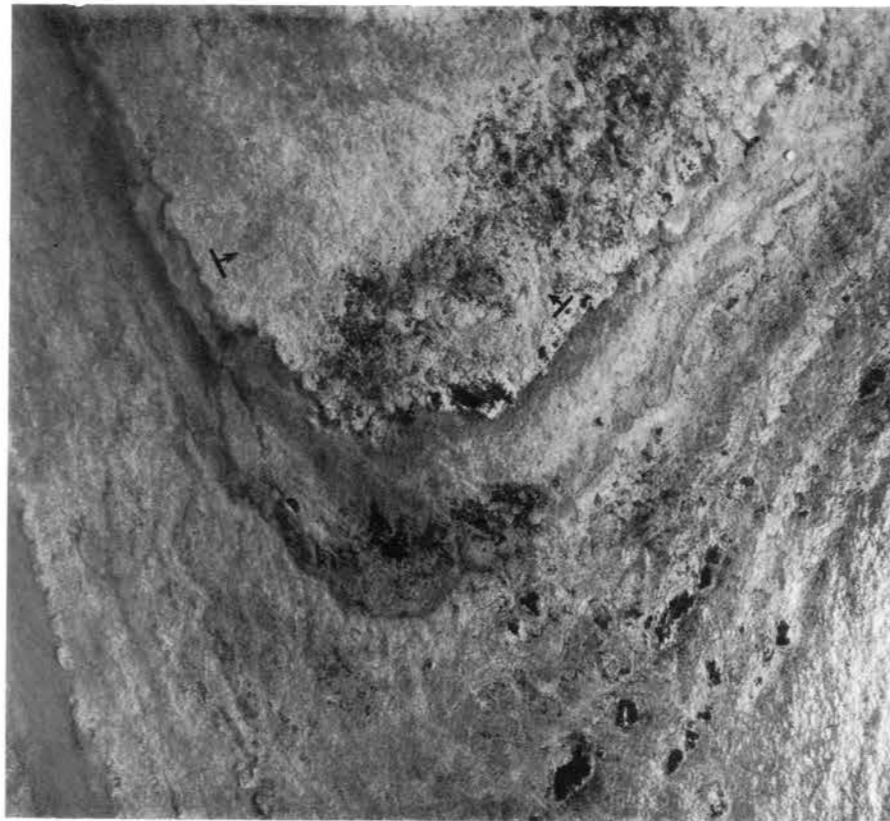
Синклинальная природа структуры установлена непосредственными измерениями элементов залегания пород как на берегу, так и на морском дне.



180

Центриклиналь синклинали, расположенной на морском дне. Плановый аэрофотоснимок.

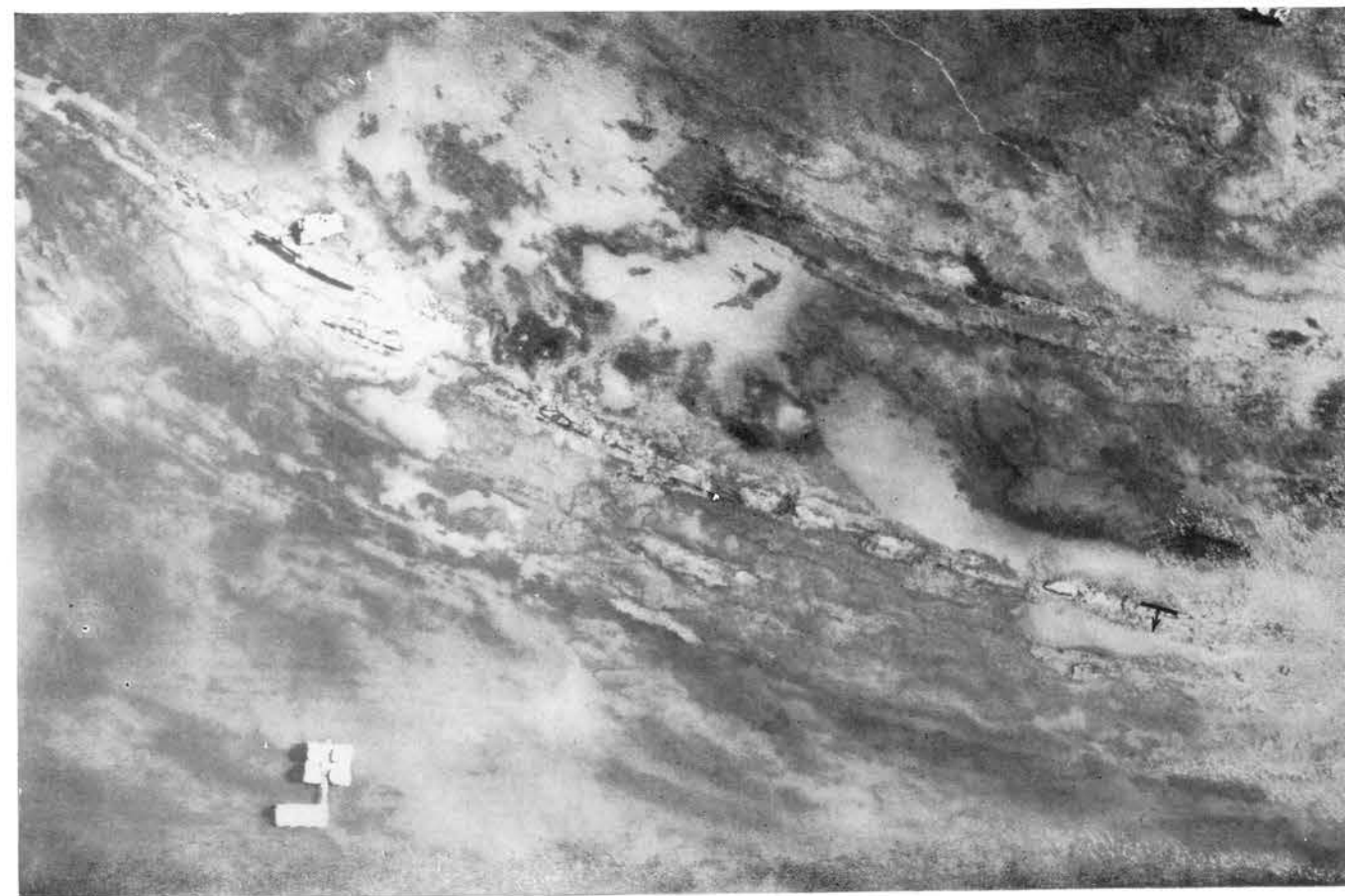
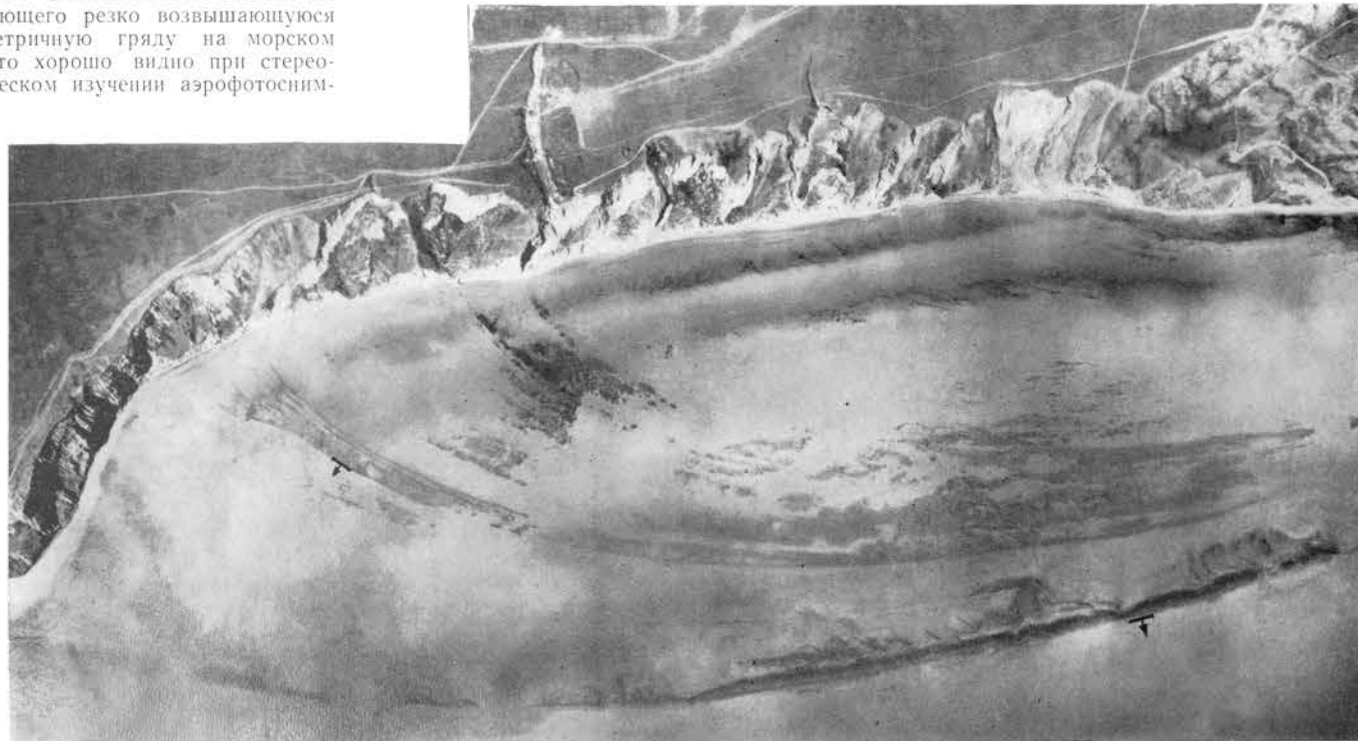
При стереоскопическом изучении перекрывающихся аэрофотоснимков этой структуры отчетливо видно падение пластов к осевой части складки, что без сомнения свидетельствует о наличии здесь синклинали.



181

Крыло крупной антиклинальной складки, основная часть которой располагается на суше. Плановый аэрофотоснимок.

Крыло четко оконтуривается пластом крепкого ожелезненного песчаника, образующего резко возвышающуюся асимметричную гряду на морском дне, что хорошо видно при стереоскопическом изучении аэрофотоснимков.



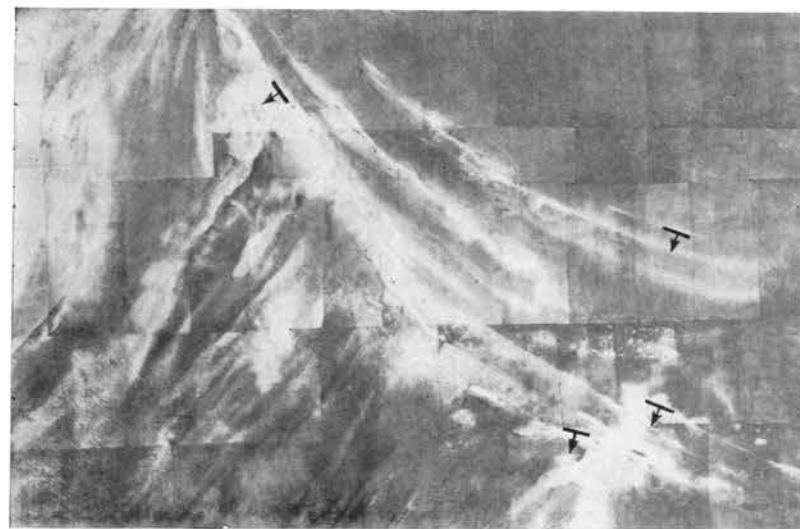
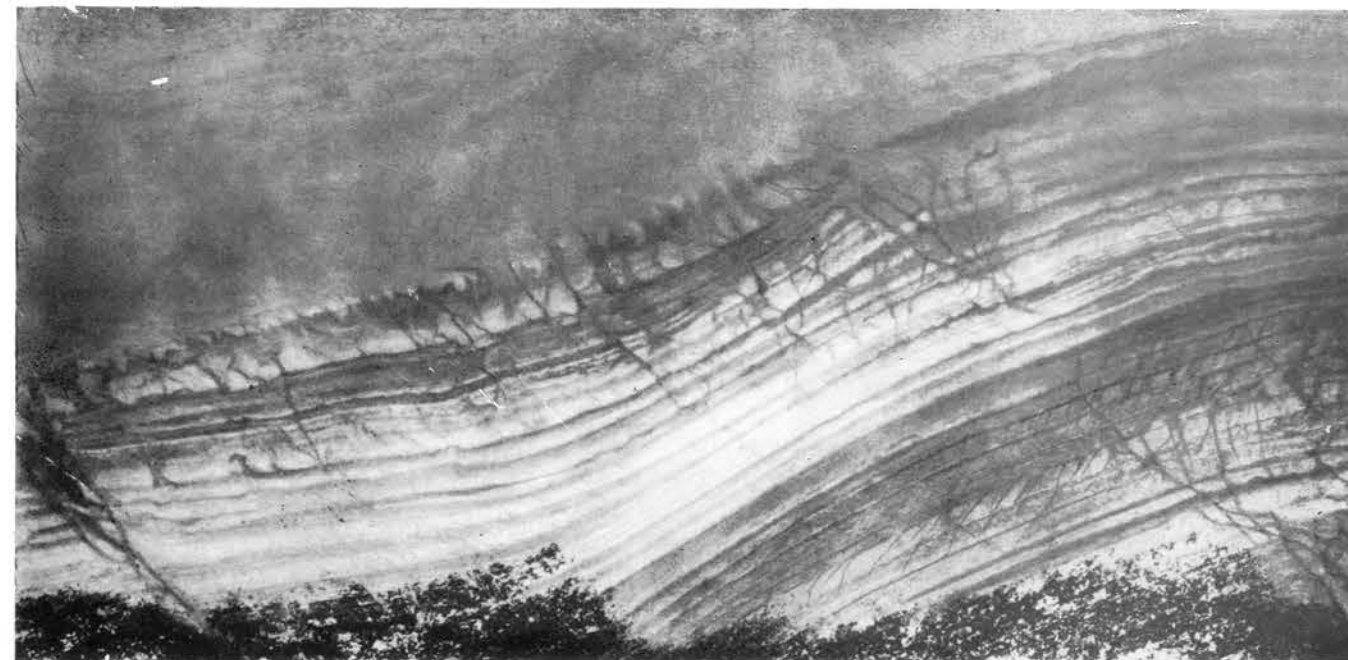
182

Фрагмент крыла крупной морской антиклинальной складки. Плановый аэрофотоснимок.

Наличие крыла здесь устанавливается по смене аэрофотоснимков, отражающих особенности вещественного состава различных комплексов пород, признаки дешифрирования которых известны.

183

Фрагмент крыла крупной антиклинальной складки, сложенной слоистой осадочной толщей. Плановый аэрофотоснимок.



184

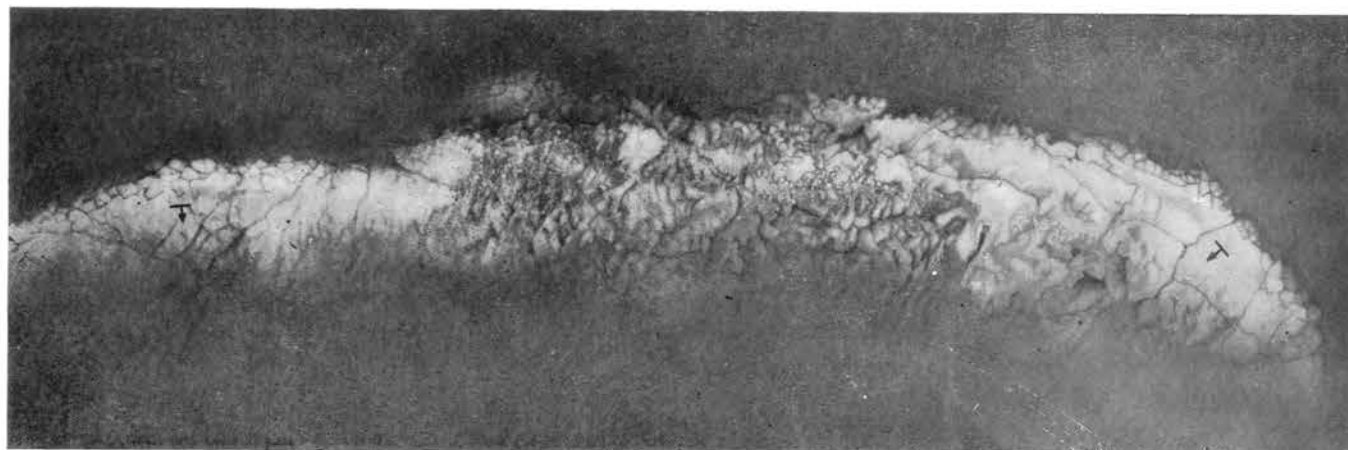
Надводные асимметричные гряды крепких известняков, отходящие от береговой линии и намечающие крыло крупной антиклинальной структуры, расположенной в море. Фрагмент фотосхемы.

Куэстовое строение гряд позволяет наметить азимуты падения пород. Хорошо видны поперечные разломы.

185

Крыло синклинали, фиксирующееся пластом крепкого известняка, образующего на морском дне скалистую банку. Фрагмент фотосхемы.

Хорошо видно пологое падение пород, трещины, рассекающие поверхность пласта, и глыбы, возникшие вследствие разрушения пород.



186

Свод брахиантиклинальной складки.
Плановый аэрофотоснимок.

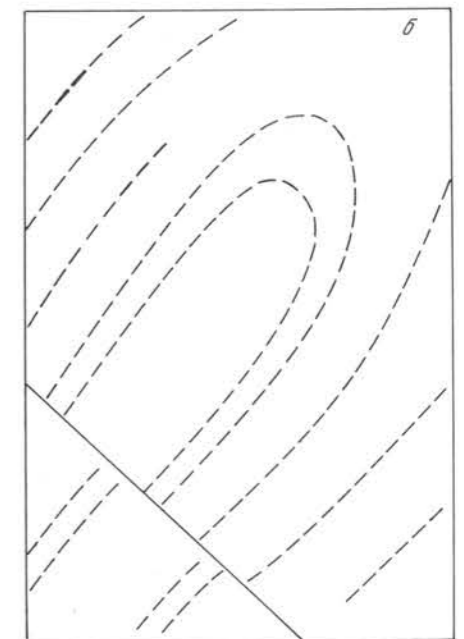
Падение пород от свода к крыльям
устанавливается по куэстовому
строению подводных гряд.



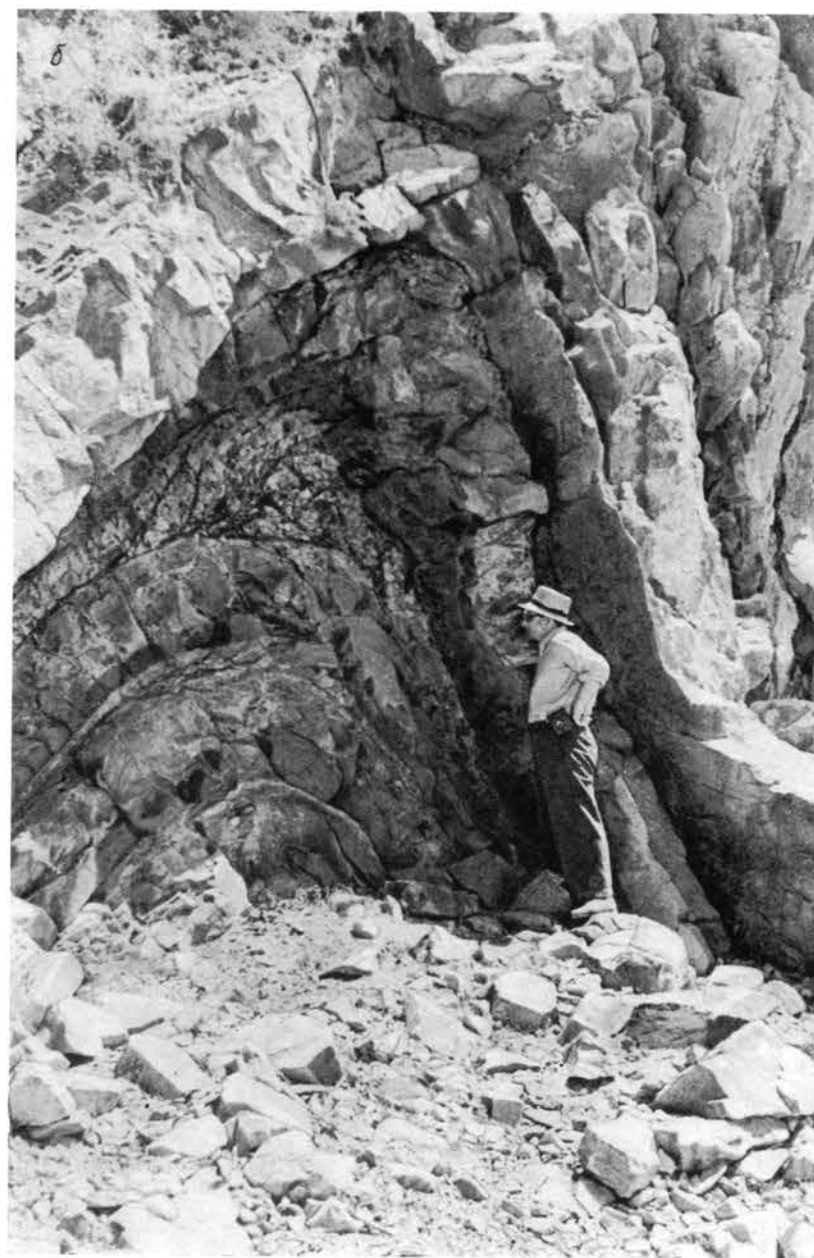
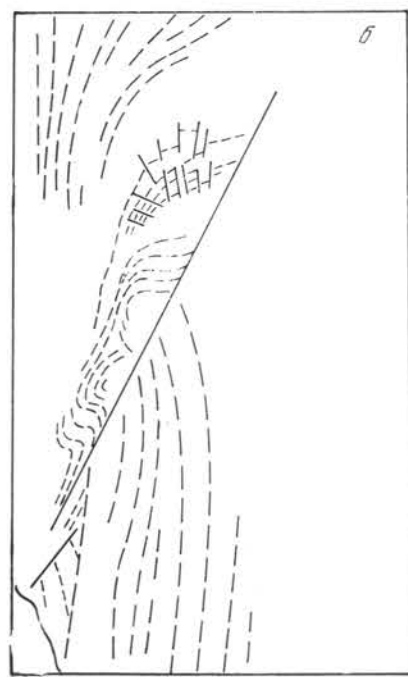
187

Часть свода антиклинальной складки, смещенная в горизонтальном направлении вдоль поперечного сдвига. Плановый аэрофотоснимок (а) и схема строения (б), составленная на основе дешифрирования аэрофотоснимков.

Антиклинальная природа складки установлена при полевом дешифрировании материалов аэрофотосъемки.



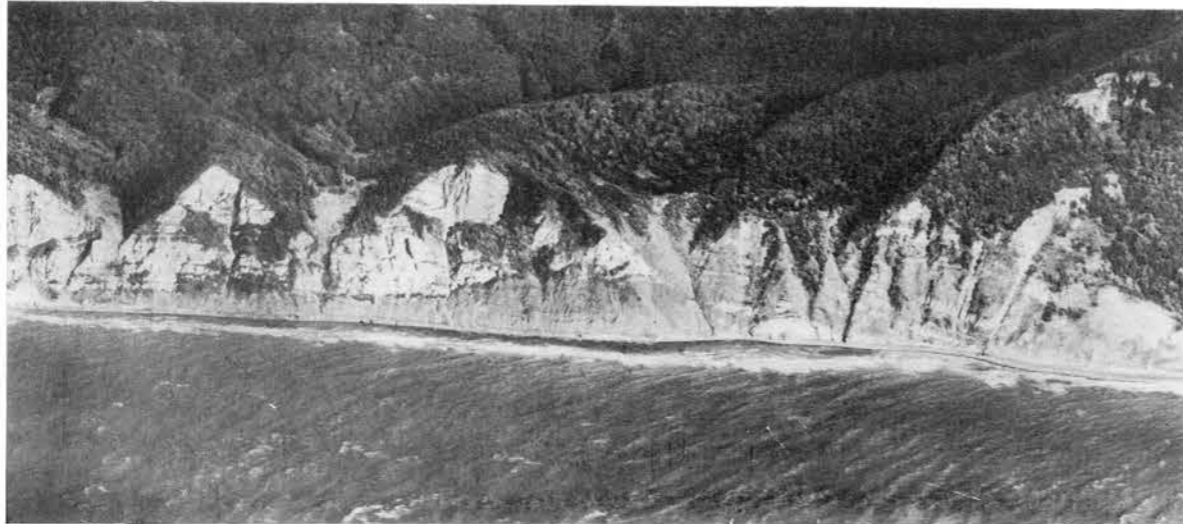
Сводная часть антиклинальной складки, осложненной диагональным разрывным нарушением и мелкими поперечными разломами. Плановый аэрофотоснимок (а) и схема строения антиклинали (б), составленная по материалам полевого дешифрирования аэрофотоснимков.



189

Интенсивно перемятые породы в своде крупной гребневидной антиклинальной структуры с крутыми крыльями. Плановый аэрофотоснимок (а) и наземная фотография абразионного уступа (б).

Ядро этой складки, вскрытое в абразионном уступе, пересекается береговой линией моря в точке А.



190

Сводовая часть антиклинальной складки, вскрытая в абразионном уступе. Перспективный аэрофотоснимок.

191

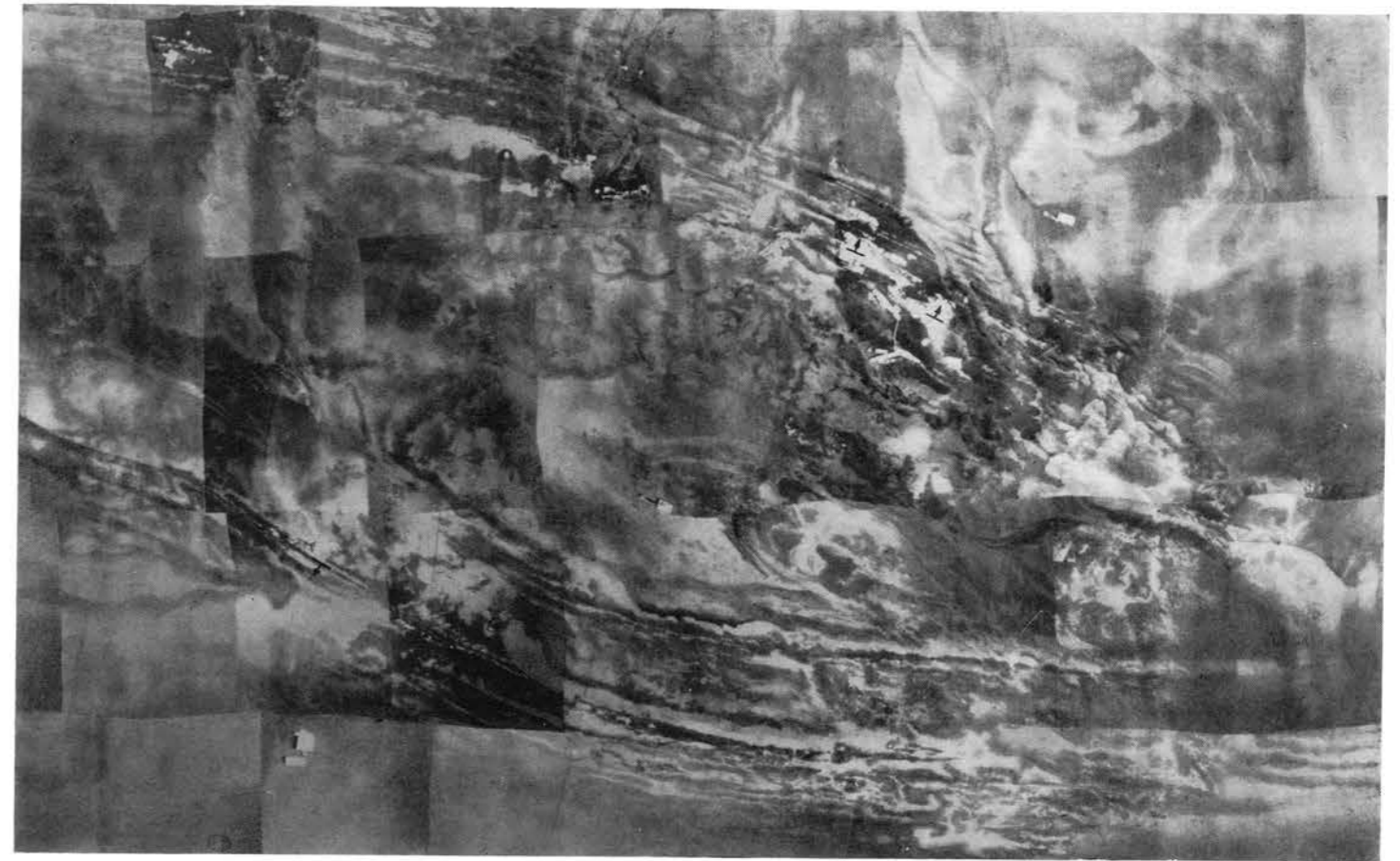
Пологий свод антиклинальной складки, к которому приурочена широкая речная долина. Перспективный аэрофотоснимок.

В абразионных уступах как справа, так и слева от долины хорошо видно падение пород.



192

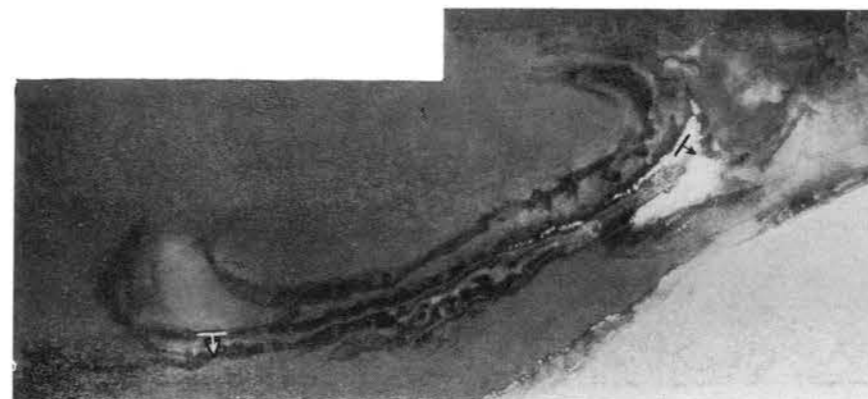
Ядро асимметричной антиклинальной структуры, обнажающееся в абразионном уступе. Перспективный аэрофотоснимок.



193

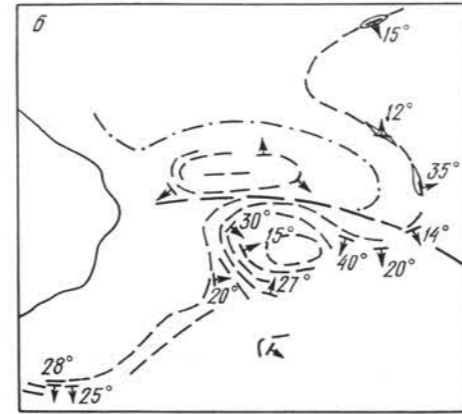
Крупная брахиантиклинальная складка. Фрагмент фотосхемы.

Складка хорошо изображается на аэрофотоснимках морского дна благодаря крепким песчаникам, слагающим ее крылья и образующим подводные и надводные асимметричные гряды.



194

Небольшая брахиантиклиналь, очерчиваемая подводными и частично надводными грядами, приуроченными к пластам твердых пород. Плановый аэрофотоснимок.



195

Аэрофотонизображение брахиантиклинали (А), брахисинклинали (Б) и гряды S-образной формы (В). Фрагмент фотосхемы (а) и схема расположения подводных гряд, очерчивающих эти складки (б).

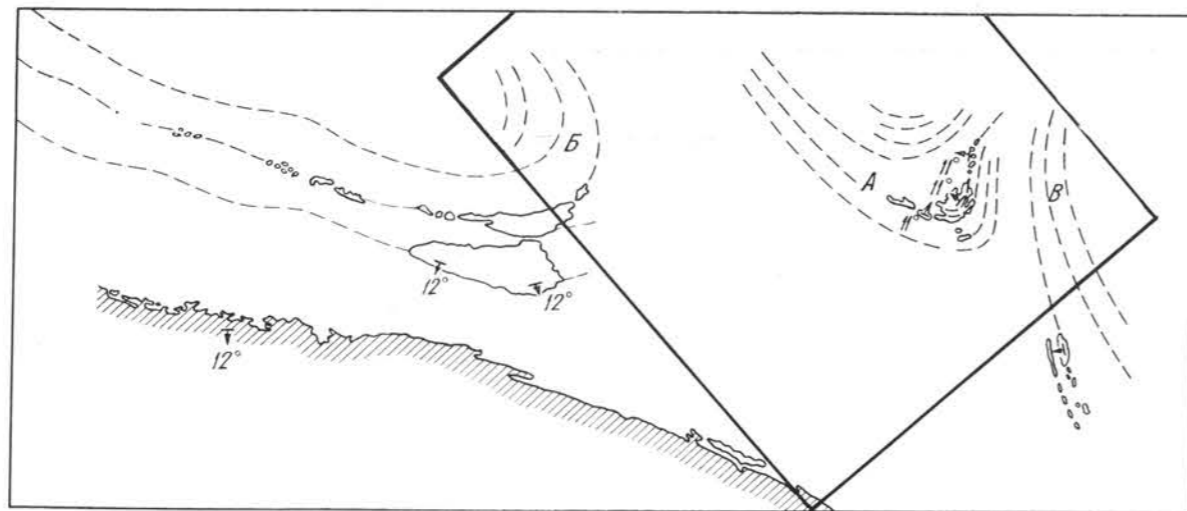


196

Гряды, намечающие крыло синклинального седла (А) между периклиналями антиклинальных складок (Б и В). Плановый аэрофотоснимок.

197

Схема соотношения седла (А) и антиклинальных складок (Б, В), составленная на основе дешифрирования аэрофотоснимка (см. рис. 196).



198

Периклинали двух антиклинальных складок (А, Б) и седло (В), их разделяющее. Фрагмент фотосхемы.

Одна из периклиналей (Б) свидетельствует о наличии антиклинальной складки, полностью расположенной на морском дне.

199

Подводные гряды, очерчивающие периклинали двух антиклинальных складок (А, Б) и синклинальное седло (В), их разделяющее. Плановый аэрофотоснимок.

СКЛАДЧАТОСТЬ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ,
ОСЛОЖНЯЮЩАЯ КРУПНЫЕ СТРУКТУРЫ



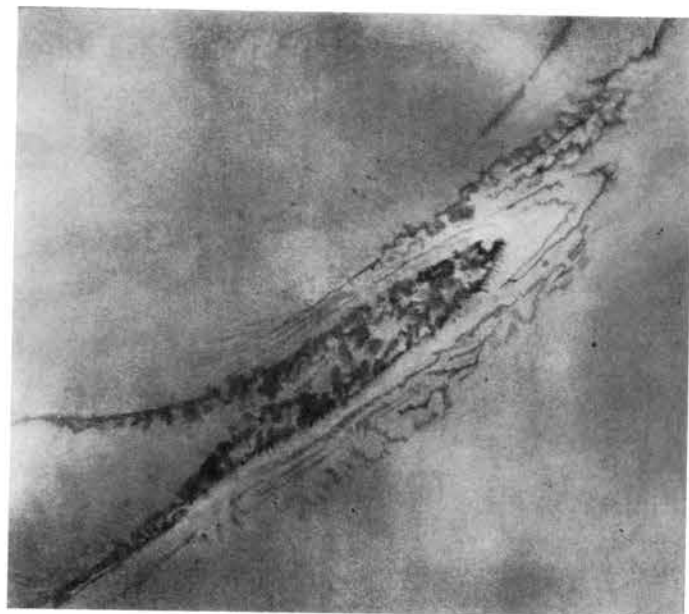
200

Подводные гряды, оконтуривающие структурную террасу на крыле крупной антиклинальной складки. Фрагмент фотосхемы.

Хорошо видно смещение гряд по небольшим поперечным разрывным нарушениям.

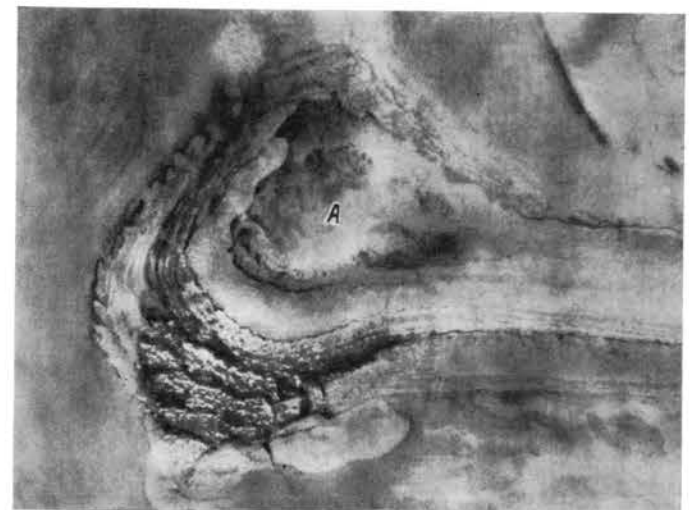
201

Структурный нос, осложняющий крыло крупной антиклинальной структуры, расположенной на морском дне. Плановый аэрофотоснимок.



202

Куполовидное поднятие (А), осложняющее периклиналь крупной антиклинальной структуры, расположенной на морском дне. Плановый аэрофотоснимок.



203

Асимметричная антиклиналь второго порядка и поперечное нарушение, осложняющие крупную синклиналиную структуру. Плановый аэрофотоснимок.

204

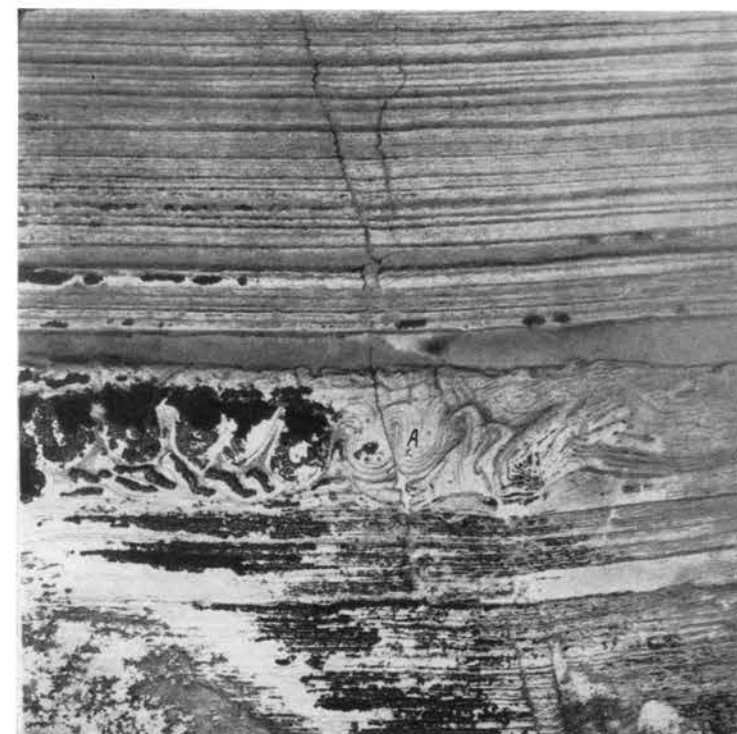
Мелкая складчатость на крыле крупной антиклинальной структуры. Плановый аэрофотоснимок.

Хорошо видны поперечные разрывные нарушения.



205

Мелкая складчатость оползневой типа, приуроченная к определенной пачке пород (А), обнажающихся на морском дне. Плановые аэрофотоснимки.



АККУМУЛЯТИВНЫЙ РЕЛЬЕФ

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ, ФОРМИРУЮЩИЕСЯ
В ОСНОВНОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЛН

206

Подводные валы, возникшие на акватории крупной аккумулятивной косы под действием волн разных направлений. Фрагмент репродукции фотографии.

А — валы, простирающиеся под острым углом к северному берегу косы; хорошо выражены только вдали от береговой линии; Б — валы, ориентированные параллельно береговой линии и располагающиеся ближе к берегу, чем валы А; В — понижения дна ромбовидной формы, ограниченные фрагментами валов А и Б. Понижения возникли в результате перестройки валов А под дей-

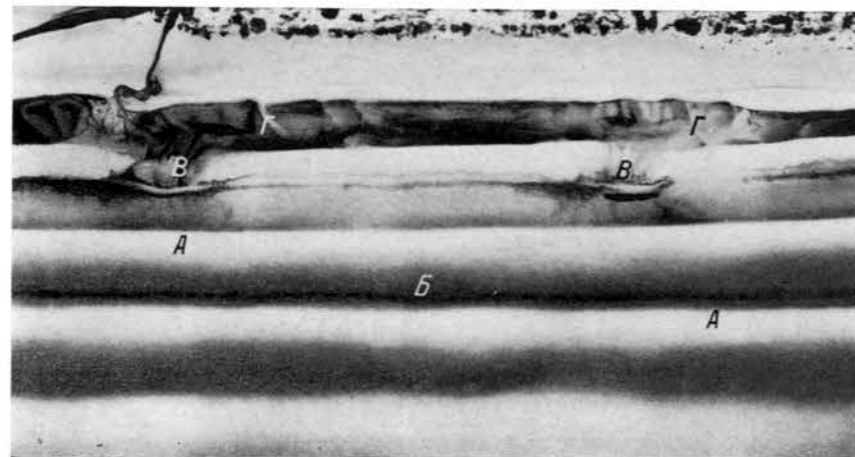
ствием волн с лучом по нормали к берегу, создавших валы Б; Г — ложбины стока между береговой линией и серией параллельных берегу подводных валов Б, возникшие, вероятно, под действием донных противотечений, обусловленных нагоном воды волнами. Ложбины и разделяющие их повышения располагаются почти перпендикулярно береговой линии; Д — подводные валы или песчаные волны, располагающиеся перпендикулярно к береговой линии (к югу от косы). Генезис последних валов остается неизвестным. По-видимому, они формируются под действием волн с направлением с востока на запад.



207

Подводные валы почти идеальной формы. Плановый аэрофотоснимок.

В некоторых ложбинах между валами (А) наблюдается скопление растительного детрита (Б). Первый от берега вал прорывается подводными руслами (В), одно из которых находится на продолжении устья небольшой речки. Между первым валом и пляжем дно осложняется более мелкими валами (Г), располагающимися под углом к береговой линии.



208

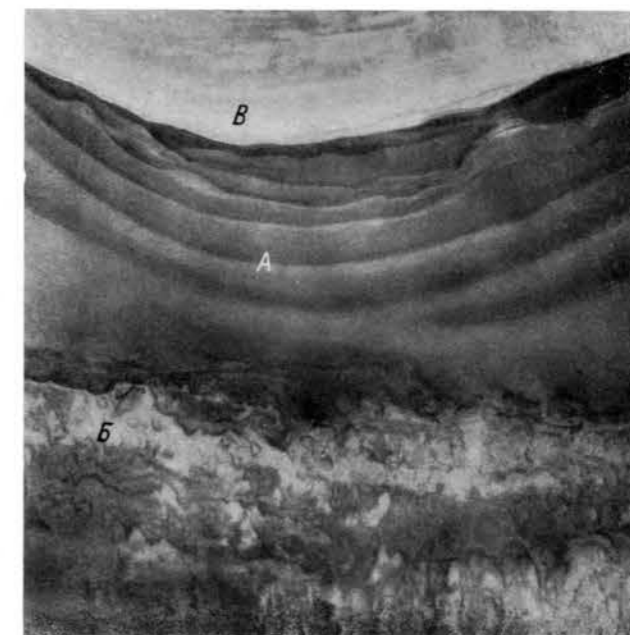
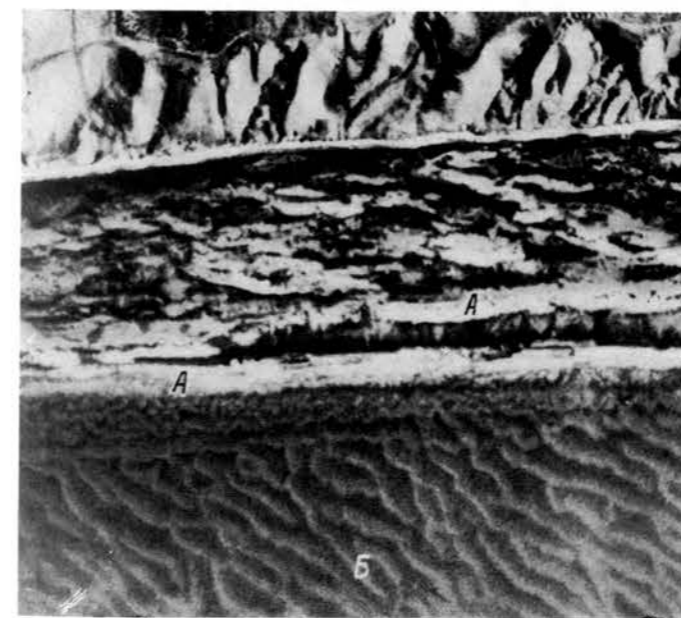
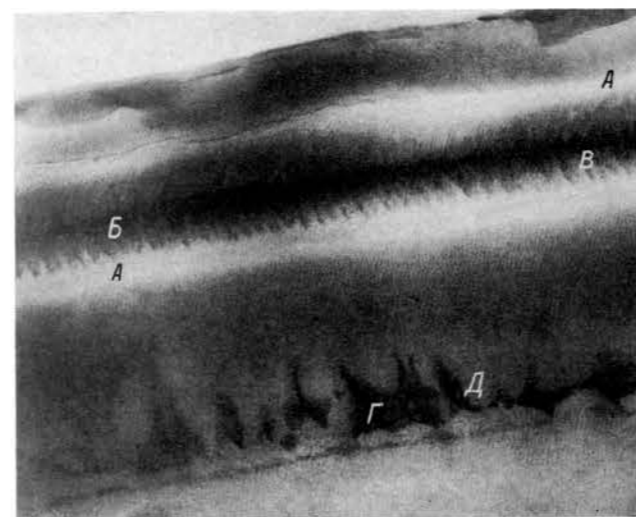
Подводные валы и межваловые ложбины. Плановый аэрофотоснимок.

Между первым и вторым от берега валами (А) склоны межваловой ложбины (Б) осложнены многочисленными поперечными ложками (В). Последние, вероятно, свидетельствуют о наличии обогащенных взвесями придонных струй воды, которые, стекая со склонов межваловой ложбины, производят линейный размыв. Такие донные струи мыслимы при волнении, хотя их существование и следует еще доказать. У осно-

вания мористого склона второго вала видны крупные ложбины треугольной формы (Г) и разделяющие их языки (Д). Высота последних достигает 0,3—0,5 м. Предполагается, что образование таких язычков связано с неравномерным движением материала на разных участках поперечного перемещения наносов.

209

Подводные валы, зафиксированные эхолотом.



210

Подводные валы у абразионного берега. Плановый аэрофотоснимок.

Хорошо сформирован только мористый вал (А). Ближе к берегу наблюдаются отдельные фрагменты валов. Мористее полосы подводных валов располагается своеобразный мезорельеф, представленный, если судить по аэрофотоизображению, узкими извилистыми пересекающимися грядами, сложенными песчаным материалом и образующими сложную сеть ячеек неправильной формы (Б).

211

Подводные валы, формирующиеся у мыса, на подводном склоне которого распространены коренные породы. Плановый аэрофотоснимок.

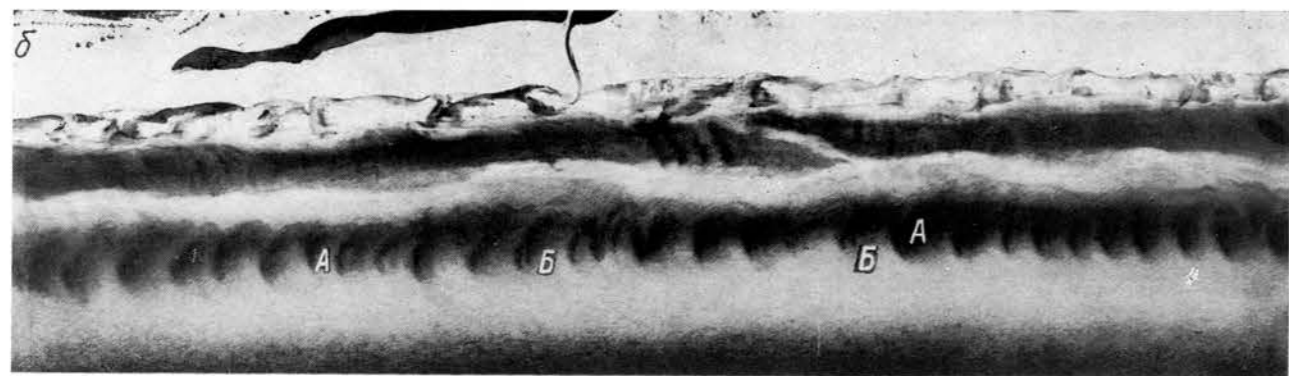
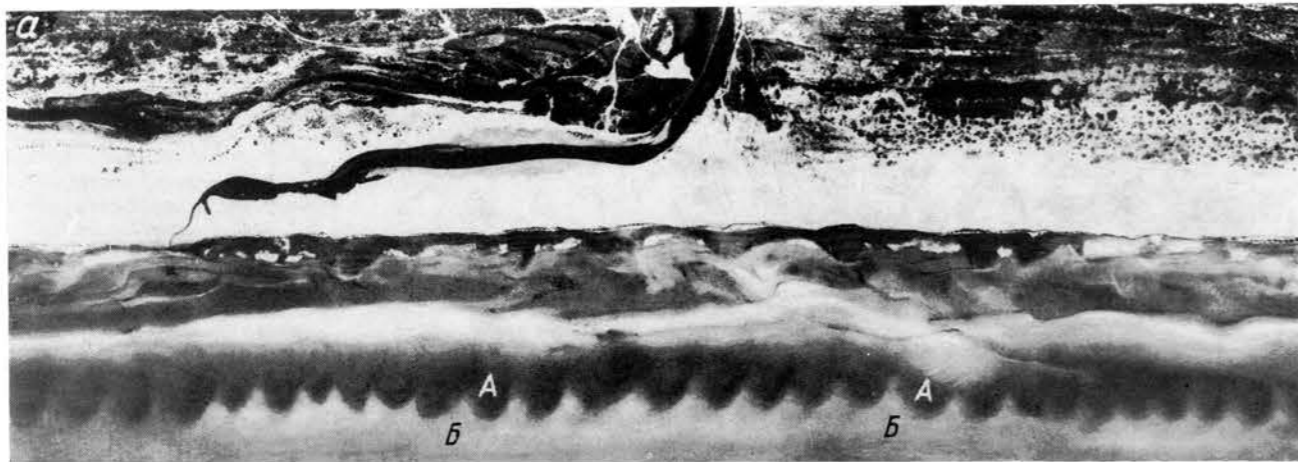
Дугообразная форма подводных валов определена рефракцией волн, обусловленной выходами коренных пород, что может свидетельствовать о ведущей роли волновых процессов при их образовании. А — подводные валы; Б — коренные породы, представленные песчаниками, переслаиваемыми с глинами и песками; В — пляж, среди отложений которого имеются выходы древних пород.

Подводные валы у аккумулятивного берега. Репродукции фотосхем.

a — первичная съемка; *б* — повторная.
Береговой склон второго (мористого) вала осложнен четко выраженными фестонами правильной серповидной формы (*A*) с разделяющими их

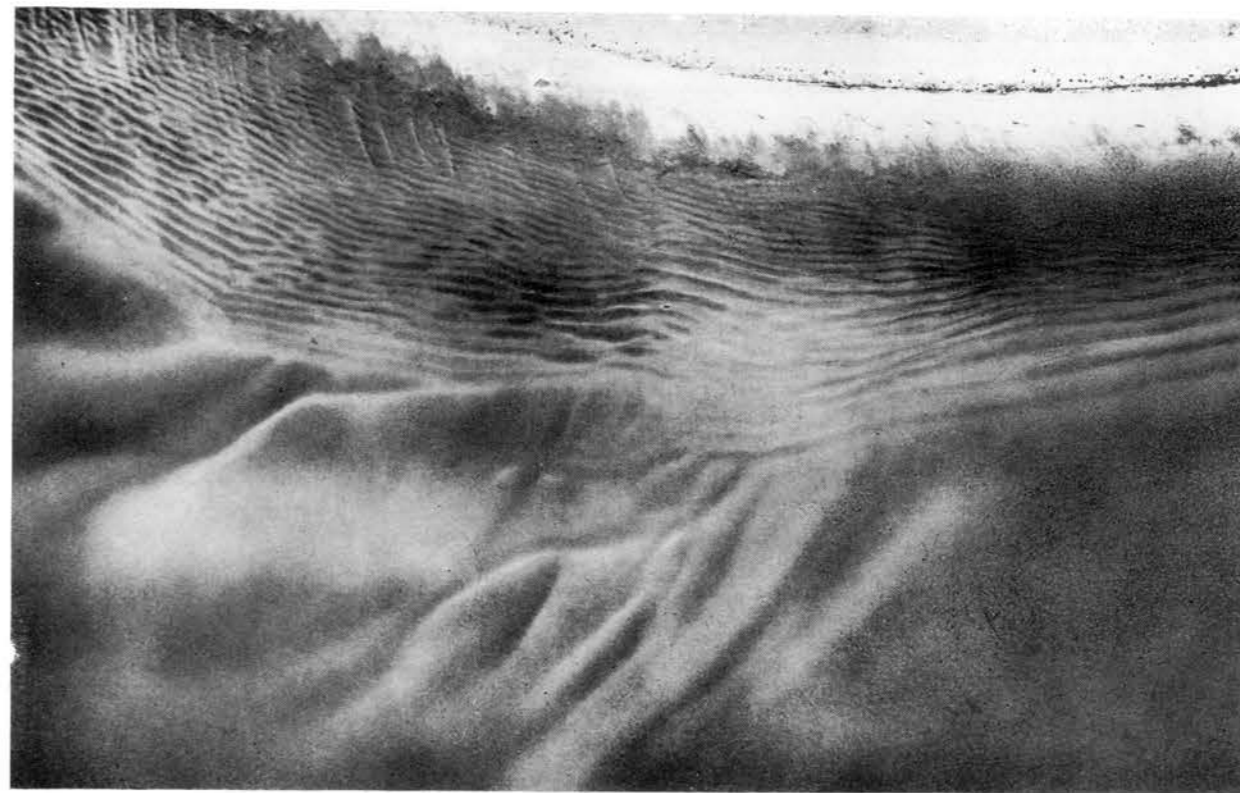
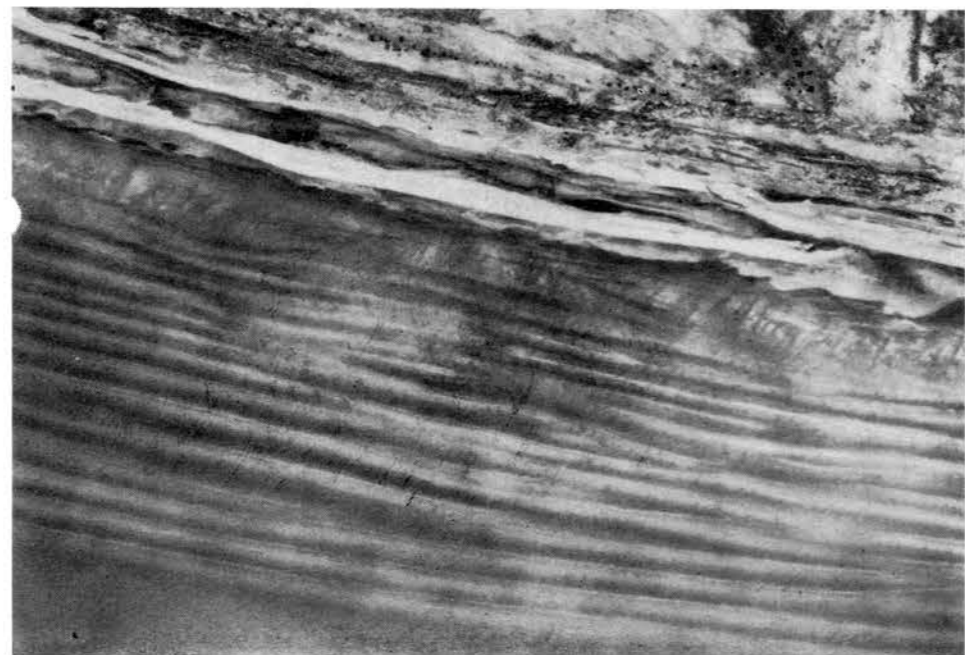
остроконечными мысами (*Б*). Ширина фестонов, измеренная между оконечностями мысов, достигает 80—120 м, а расстояние от вершины фестонов до линии, соединяющей мысы, составляет, как правило, 40—45 м. Следует обратить внимание, что рассматриваемые подводные фестоны по размеру значительно превосходят пляжевые фестоны на песчаных по-

бережьях океанов. На материалах повторной аэрофотосъемки (*б*), выполненной через месяц, видно, что в целом фестоны сохранились, хотя произошли некоторые изменения их формы и выражены они менее четко. Последующая съемка этого участка, произведенная через год, также показала, что подводные фестоны здесь устойчиво сохраняются.



Песчаные волны. Плановый аэрофотоснимок.

Около уреза воды видны небольшие ложбинки, ориентированные почти перпендикулярно к береговой линии. Подобные ложбинки, вероятно, формируются донными противотечениями во время нагона воды.



Песчаные волны, гребни которых в плане имеют извилистые очертания. Плановый аэрофотоснимок.

Местами отдельные волны соединяются друг с другом. В левом углу аэрофотоснимка видны ложбины, располагающиеся под большим углом к береговой линии и пересекающие некоторые песчаные волны. Мористее полосы песчаных волн на дне наблюдаются ветвящиеся гряды, генезис которых остается не установленным.

Песчаные волны, мористее которых наблюдаются вытянутые под углом к береговой линии песчаные мели неправильных облакоподобных очертаний. Плановый аэрофотоснимок.

Подводная пересыпь, отгораживающая глубоко вдающийся в сушу залив. Плановый аэрофотоснимок.

На аэрофотоснимке видно, что пересыпь состоит из ряда подводных валов дугообразной формы, обращенных выпуклостью в сторону залива. Форма пересыпи и осложняющих ее подводных валов не оставляет сомнения в том, что она образована рефрагирующими волнами, теряющими энергию при входе из открытого моря в залив.



Подводная пересыпь, отгораживающая устье длинного залива. Плановый аэрофотоснимок.

Пересыпь (А) лежит на продолжении наволоков, осложняющих как западный, так и восточный берега залива. Временами пересыпь осушается, о чем свидетельствует изображение затопленной грунтовой дороги, проложенной по ней. Для акватории характерны заросли тростника, образующие многочисленные фитогенные острова (Б).

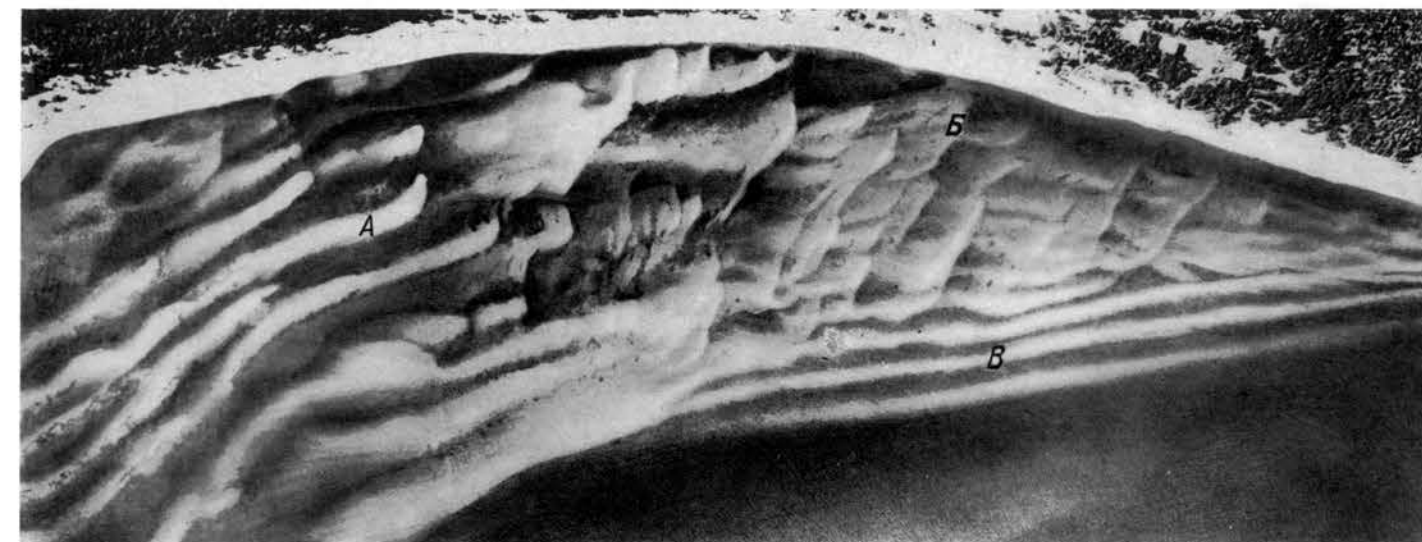
АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ, СОЗДАНЫЕ ВОЛНЕНИЯМИ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И ТЕЧЕНИЯМИ

Песчаные валы неправильной формы, образованные в основном волнами юго-восточного направления. Плановый аэрофотоснимок.

Восточные концы песчаных валов (А) испытывают воздействие волн

восточного направления, определивших отклонение их к северу. Волны указанных двух направлений вблизи береговой линии в восточной части рассматриваемой акватории создали беспорядочный рельеф (Б) в виде накладывающихся друг на друга форм. Мористее наблюдается три

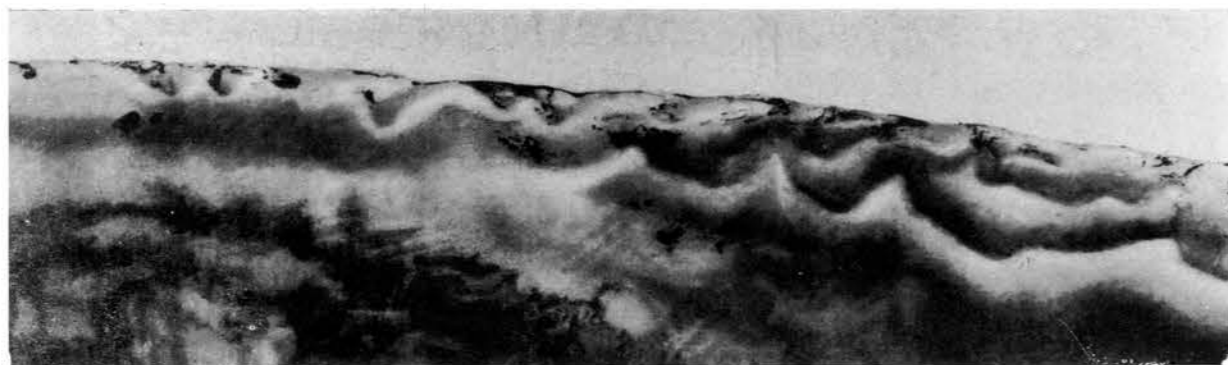
четко выраженных подводных вала (В), не испытавших воздействия волн восточного направления. Это свидетельствует о незначительных параметрах последних, в результате чего при увеличении глубин волны не оказывают воздействия на дно.



219

Подводные валы неправильной формы. Репродукция фотосхемы.

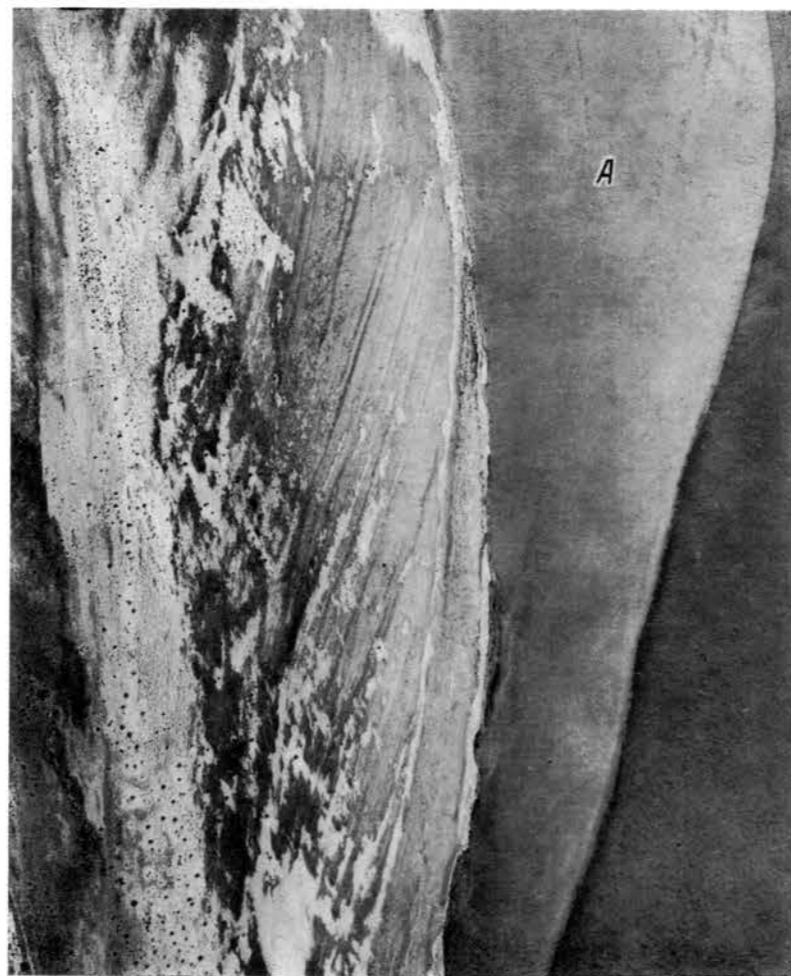
Возникли в прибрежной части подводного склона при волнах, подходящих к береговой линии по нормали. Извилистые очертания валов, по-видимому, связаны с тем, что однородное волновое поле в открытых частях бассейна на мелководье испытывает деформацию, вследствие чего наблюдается дифференциация энергии по фронту волны. Кроме того, такая форма может быть обусловлена и взаимоотношением набегающих волн с донными противотечениями, возникающими при волновых нагонах.



220

Примкнувшая подводная аккумулятивная терраса донного питания (А). Плановый аэрофотоснимок.

Гряды (за пределами снимка), расположенные севернее акватории, отобразившейся на аэрофотоснимке, блокируют ее южнее от волн северного и северо-восточного направлений, что и определяет благоприятные условия аккумуляции здесь материала под действием волн восточного и юго-восточного направлений.

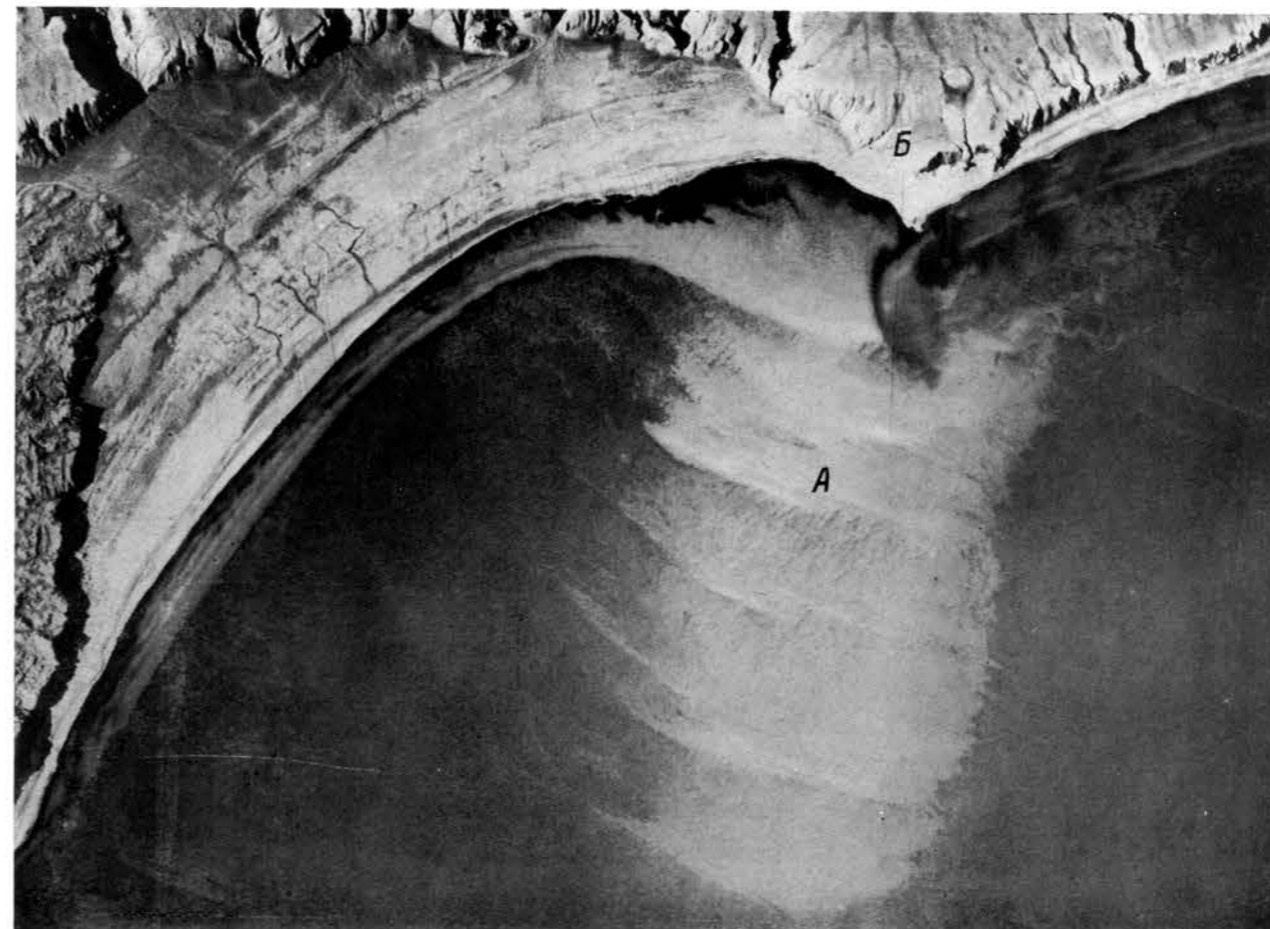


221

Аккумулятивный грядовый рельеф (А) на продолжении мыса коренного берега (Б). Плановый аэрофотоснимок.

Формирование этого рельефа, вероятно, происходит под действием волн южного направления. При подходе

к мысу, на продолжении которого в море располагается мелководный участок с близким залеганием коренных пород и с небольшим уклоном дна, энергия волн тратится на трение о дно, что приводит к аккумуляции здесь донного материала, поступающего со стороны моря.



222

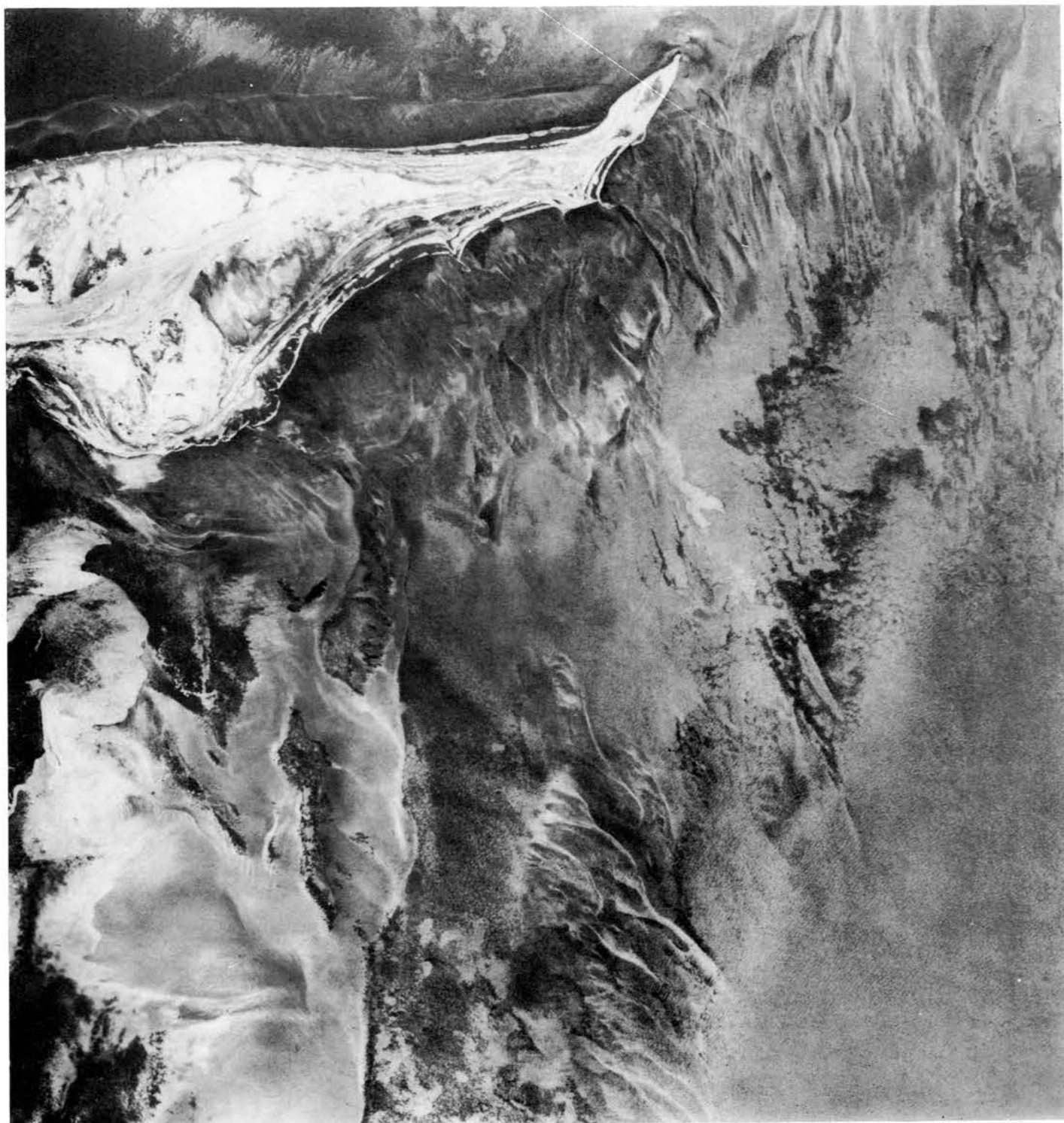
Разнообразные аккумулятивные формы, возникшие в пределах дна морских мелководий. Плановый аэрофотоснимок.

Подводные перекрещивающиеся песчаные гряды (А) и беспорядочные аккумулятивные формы рельефа (Б) образовались в результате действия волн различных направлений с примерно одинаковыми параметрами и повторяемостью. Пестрый фоторисунок (В) характеризует выровненные участки морского дна, покрытые зарослями морской травы; последняя свидетельствует о распространении на этих участках песчано-илистых отложений. В правом нижнем углу снимка видны светлые линии, отражающие борозды, возникшие в результате воздействия на дно плавающих торосистых льдов, нарушивших растительный покров, произрастающий на песчано-илистых отложениях.

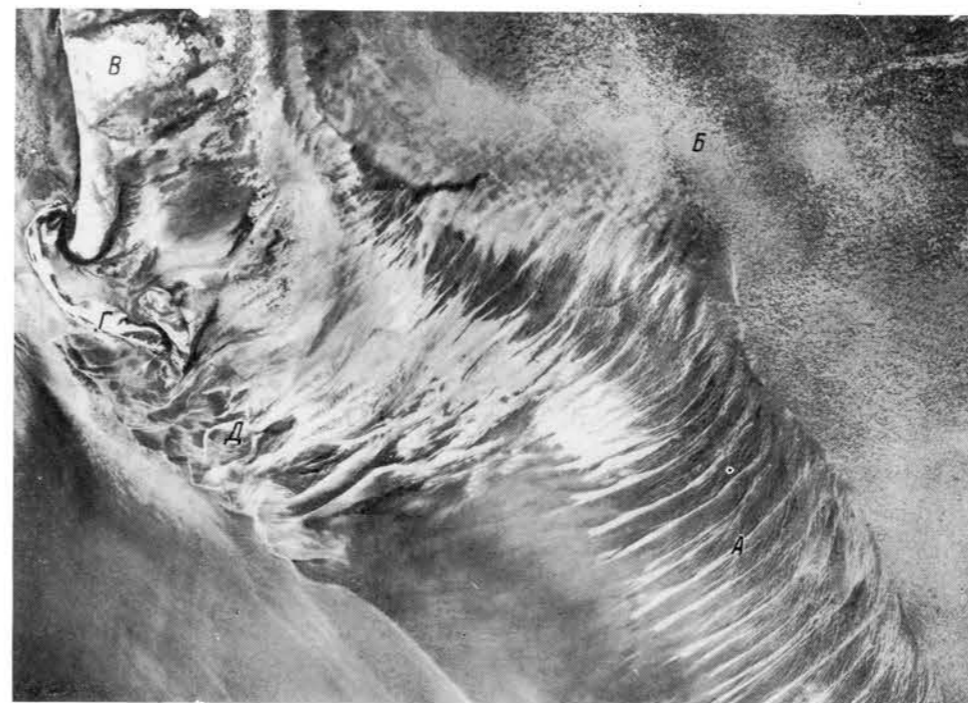


Сложный аккумулятивный рельеф. Плановый аэрофотоснимок.

Характеризуется различной ориентировкой форм, изрезанностью их очертаний, сочетанием подвижных грунтов с заросшими участками. Такой рельеф возник, по-видимому, в результате взаимодействия волн разных направлений и течений.



Различные аккумулятивные подводные формы рельефа, наблюдающиеся вблизи острова. Плановый аэрофотоснимок.



На переднем плане грядовый рельеф (А); в северо-восточной части снимка изображена донная аккумулятивная равнина, сложенная песчано-илистыми отложениями, поросшими морской травой (В); в северо-западной части снимка виден остров (В), южная часть которого окаймляется отчлененной аккумулятивной формой в виде небольшого островка с формирующимися косами (Г). К югу от острова наблюдается сложный аккумулятивный рельеф (Д), который, по-видимому, образуется под действием волн открытого моря и донных течений, возникающих при нагоне воды на акваторию между островом и коренным берегом, расположенным к востоку от последнего. Наличие аккумулятивной равнины связано с блокирующей ролью острова, предохраняющего эту часть моря от волн западного направления, что определяет здесь спокойную гидродинамическую обстановку. Условия, при которых происходит формирование гряд (А) и осложняющих их микроформ в виде своеобразных ячеистых песков, остаются пока проблематичными. Вероятно, гряды формируются под действием донных сточных течений во время нагона воды, а осложняющие их микроформы — под действием волн юго-восточного направления, так как они осложняют только восточную часть грядового рельефа, при этом концы основных гряд испытывают здесь отклонение к северо-востоку.

Аккумулятивные формы рельефа морского дна, связанные с течениями. Плановый аэрофотоснимок.

Подводные плоские, значительно вытянутые песчано-ракушечные мели (А), разделенные участками выровненного дна, покрытыми песчано-илистыми отложениями, поросшими морской травой (В). Мели формируются южнее подводной каменистой гряды, сложенной глыбами конгломератов (В). Глубины над грядой резко уменьшаются, и она оказывает тормозящее влияние на преобладающее течение южного направления. Из-за неровностей рельефа глубины непосредственно над каменистой грядой значительно варьируют, благодаря чему южное течение разбивается здесь на ряд струй с различной скоростью. Повышенные участки гряды сильно тормозят течение, и к югу от них переносится только пелитовый материал, который медленно осаждается на дно и зарастает морской травой. За более пониженными участками гряды скорость струй течения более высокая, и поэтому здесь перемещается не только пелитовый, но и песчано-ракушечный материал. Пелитовый материал выносится струями течения дальше к югу, а более грубый оседает на дно, образуя относительно низкие вытянутые песчано-ракушечные мели. Подвижность песчано-ракушечных отложений препятствует зарастанию их морской травой, в связи с чем они четко изображаются на аэрофотоснимках в виде широких светлых полос.



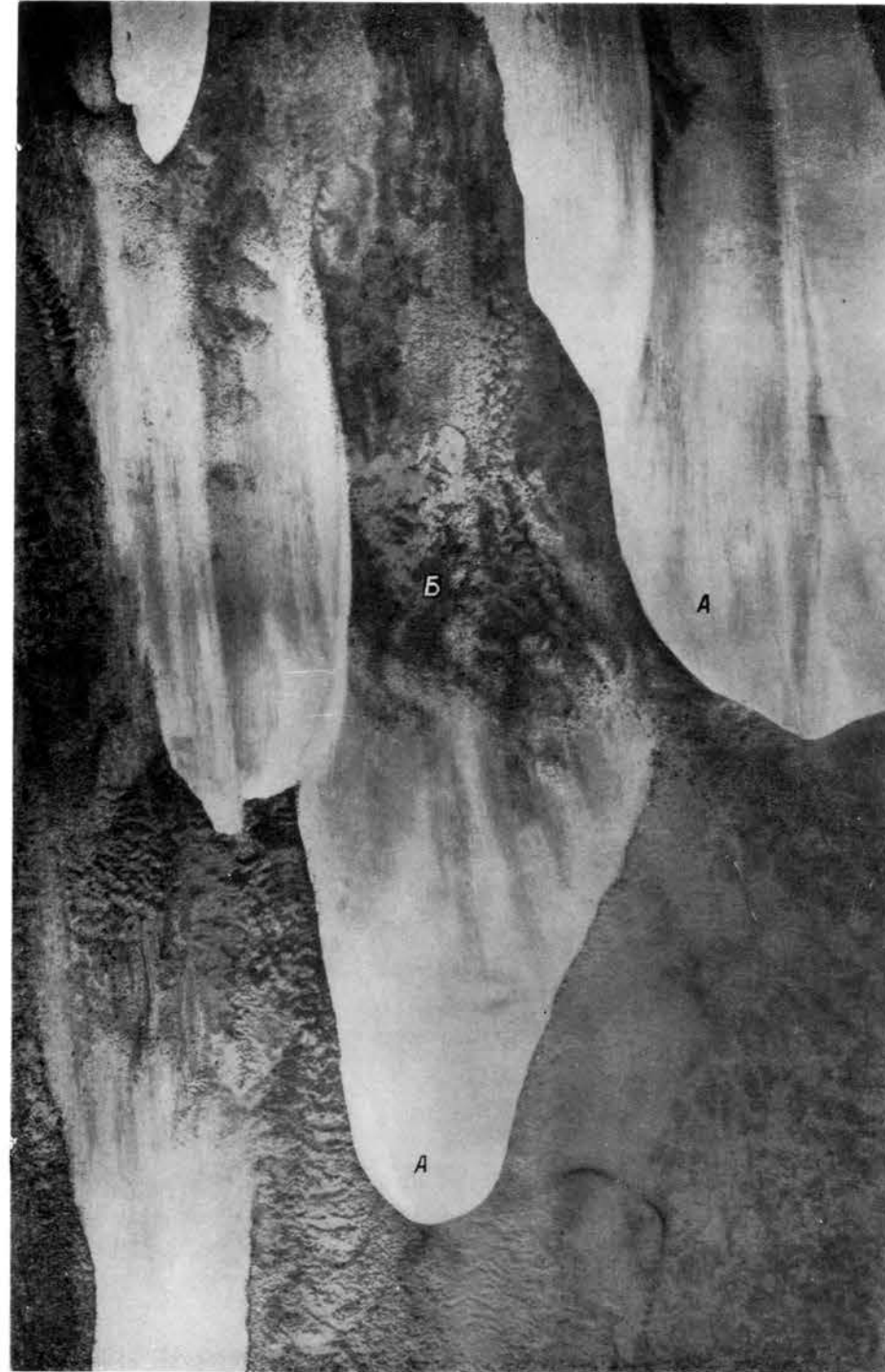
Серия песчаных невысоких грядок, формирующихся за участками, заросшими морской травой. Плановый аэрофотоснимок.

Предполагается, что образование грядок связано с тормозящим воздействием растительности на донные течения.



Песчано-ракушечные мели, возникшие под действием южных течений. Плановый аэрофотоснимок.

Мели (А) возвышаются над поверхностью дна на 1—1,5 м. На аэрофотоснимках они изображаются светлым тоном. Пестрый рисунок, окружающий изображение мелей — заросли морской травы (Б), являющейся индикатором распространения на дне песчано-илистых грунтов. Учитывая, что морская трава в данном бассейне имеет максимальное распространение при глубинах моря 4—5 м, по ее фотоизображению на аэрофотоснимке можно сделать заключение, что глубины моря на данной акватории не превышают эти величины, а над мелями глубины должны быть еще меньше. В плане мели имеют характерные языкообразные очертания. Резкие южные границы языков мелей свидетельствуют о перемещении материала в южном направлении, вследствие чего ракушка и песок засыпают заросли морской травы. Измерение направления течений на данном участке акватории подтвердило наличие здесь южных течений. Песчано-ракушечные мели осложнены крупной рябью, которая, вероятно, возникла в результате воздействия волн.



228

Подводные псевдобарханы, сложенные песчано-ракушечными отложениями. Плановый аэрофотоснимок.

В понижениях между псевдобарханами происходит обогащение песчано-ракушечных отложений пелитовым материалом, вследствие чего они зарастают морской травой или в них наблюдаются скопления растительного детрита.

229

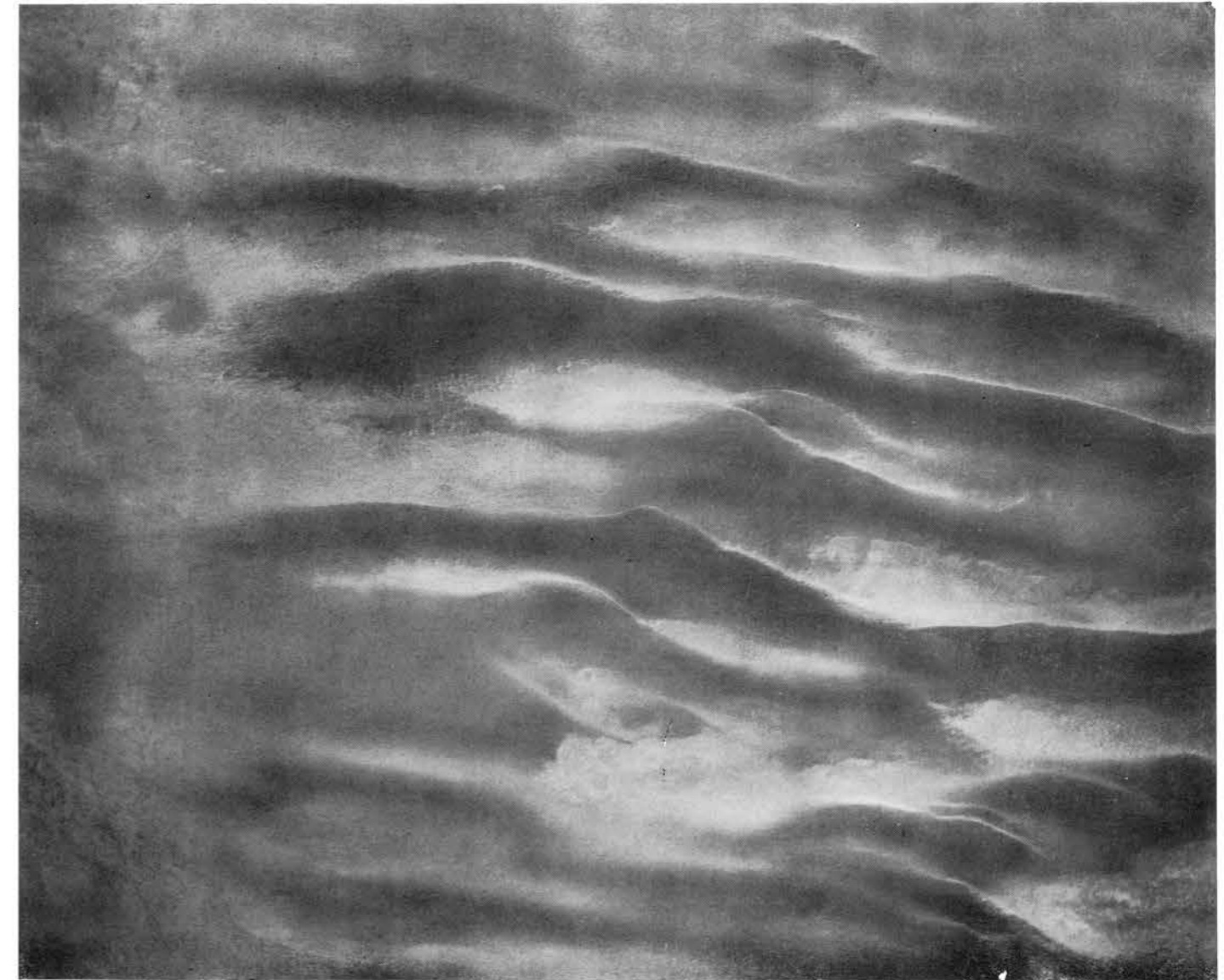
Плоские подводные валы, прослеживающиеся на дне крупных банок на значительном удалении от берега. Плановый аэрофотоснимок.

Высота валов достигает 1,2—2 м при ширине 100—200 м и протяженности в несколько километров. В понижениях между валами наблюдаются поселения моллюсков *Mitilaster lineatus* (Gmel.) и скопление растительного детрита, определяющие темный тон фотоизображения. Формируются валы, по-видимому, под действием течений и волнений.



230

Подводные валы, сложенные песчано-ракушечным материалом и приуроченные к банке, расположенной далеко от берега. Плановый аэрофотоснимок.



Подводный бар, возникший на мелководье вдали от берега (на удалении около 20 км). Плановый аэрофотоснимок.

Предполагается, что бар приурочен к растущей антиклинальной складке, отличается асимметричным строением. Крутой склон его обращен в сторону открытого моря, пологий — к берегу. Бар пересекается поперечными ложбинами. Можно полагать, что ложбины образовались в результате донных течений, связанных со штормовым нагоном воды на обширное прибрежное мелководье. Возникающие при этом донные течения вызывали эрозию в пределах бара. Однако наличие в ложбинах зарослей морской травы свидетельствует о том, что в настоящее время ложбины законсервированы. В их пределах не наблюдается ни эрозии, ни аккумуляции, так как, вероятно, донные течения, возникающие при нагонных явлениях, уже не способны производить глубинную эрозию, а только удаляют рыхлый материал из ложбин и препятствуют их заполнению.



Аккумулятивные микроформы рельефа морского дна, наблюдающиеся как на площадях сплошного распространения рыхлых отложений, так и в понижениях между абразионно-скульптурными формами рельефа. Подводные фотографии.

Различные типы небольших подводных песчано-ракушечных валов высотой 0,3—0,35 и шириной 0,3—0,4 м. Валы сложены более мелкозернистым материалом по сравнению с межваловыми ложбинами. Ширина последних иногда сопоставима с шириной валов, иногда значительно превосходит ее, иногда, наоборот, значительно уступает ей.



233

Подводные гряды, сложенные устойчивыми к абразии горными породами. Плановый аэрофотоснимок. Такие гряды или полосы гряд иногда просматриваются на морском дне на протяжении многих километров.



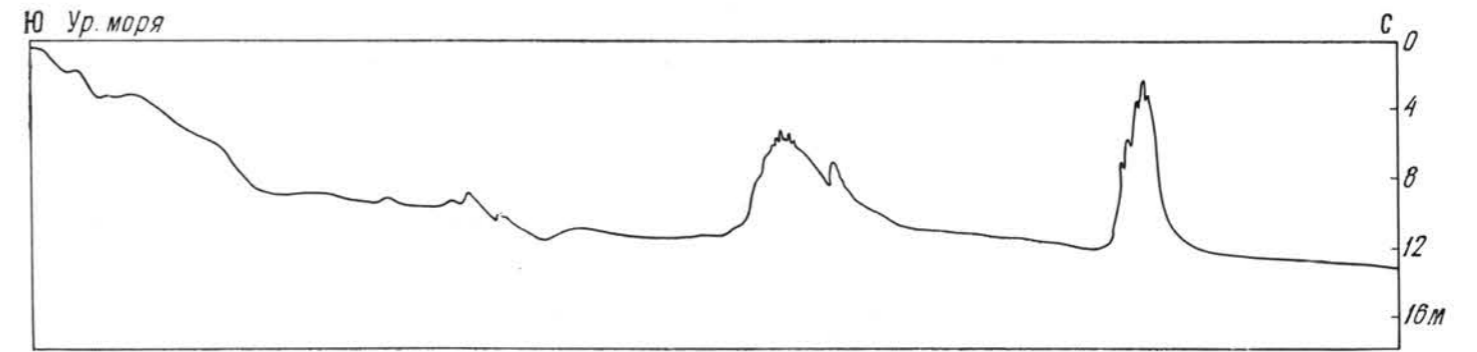
234

Схема распространения абразионно-скульптурного рельефа (гряд), составленная по материалам аэрофото-съемки.



235

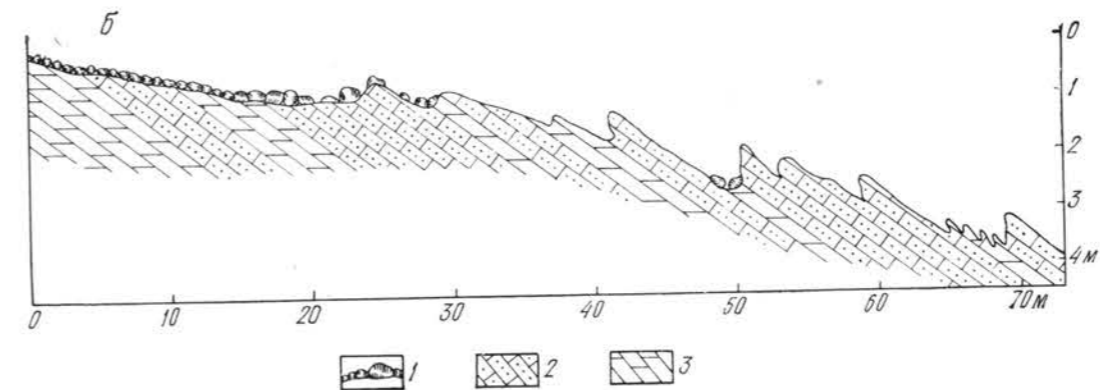
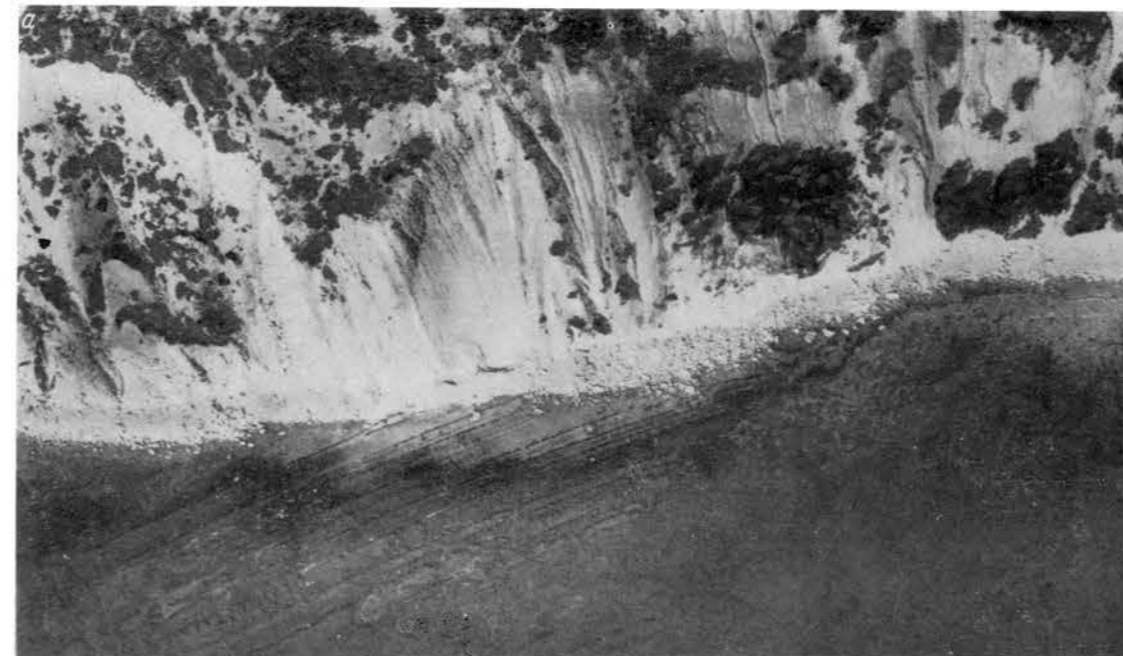
Эхограмма, показывающая характер рельефа дна на участках распространения абразионно-скульптурного рельефа.

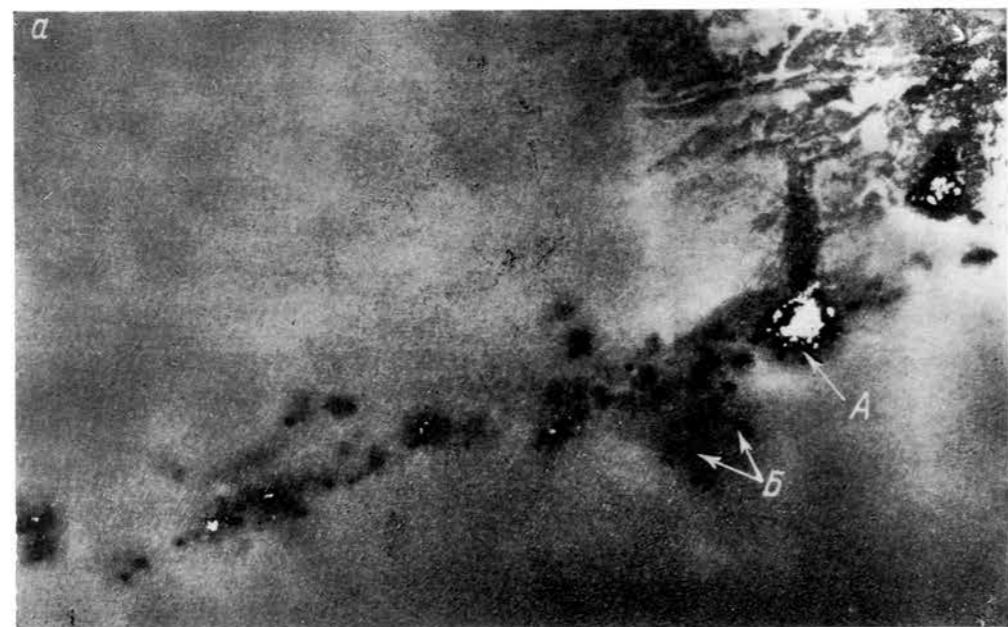


236

Абразионно-скульптурный рельеф, образующий грядовый бенч (а), приуроченный к породам флишевой толщи (плановый аэрофотоснимок) и профиль дна грядового бенча (б).

Относительная высота подводных гряд увеличивается с глубиной моря от 0,3 в прирезовой части бенча до 1,5—2,5 м у его морского края, что объясняется более энергичной абразионной деятельностью волн вблизи уреза воды.
Грунты: 1 — валунно-галечные; 2 — устойчивые к разрушению; 3 — легко разрушающиеся.





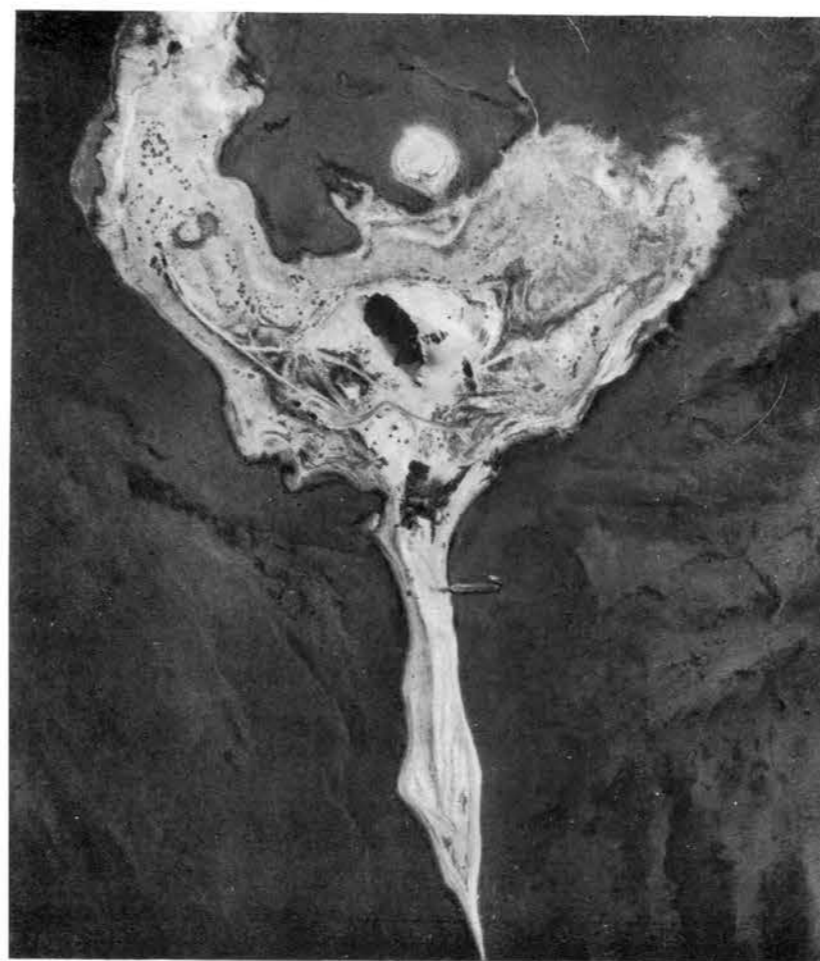
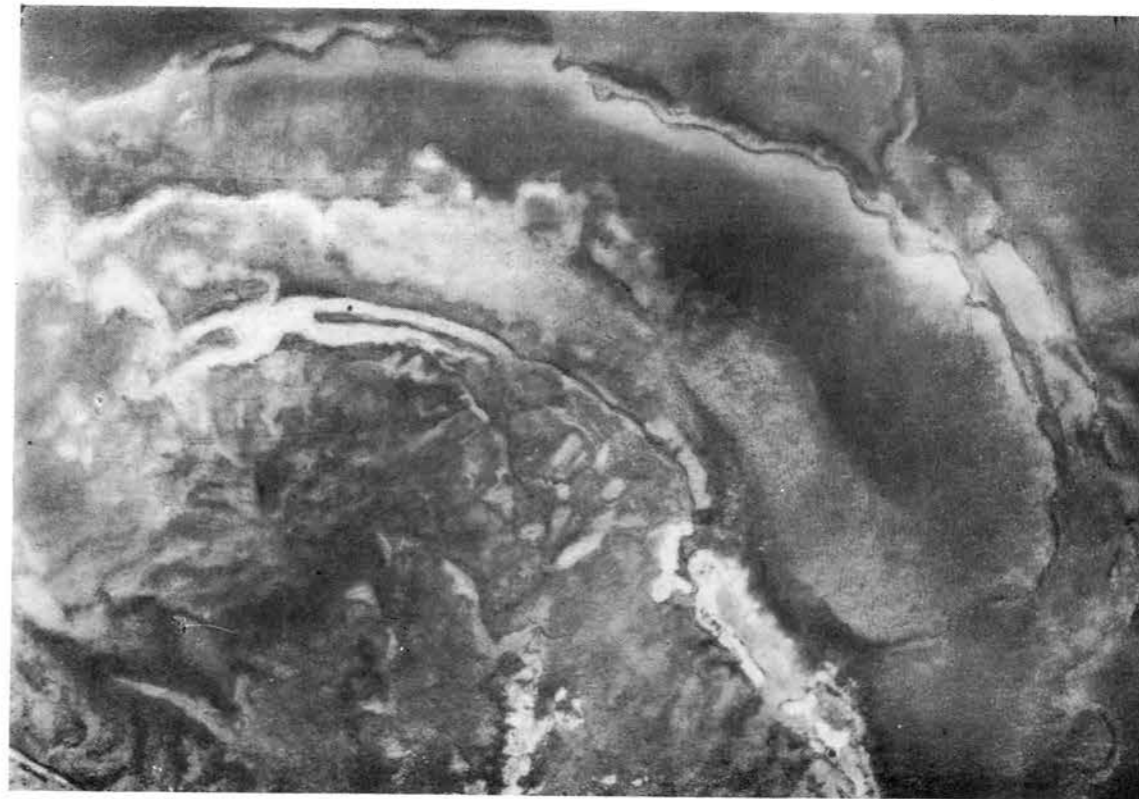
237

Кекур, образованный пластом песчаника флишевой толщи. Перспективный аэрофотоснимок.

238

Кекуры, образовавшиеся в результате препарировки глыб мшанковых известняков из включающих их глин мейотического яруса. Плановый аэрофотоснимок (а) и наземная фотография (б).

А — кекуры; Б — подводные глыбы.



239

Фрагмент размытого подводного конуса грязевого вулкана. Плановый аэрофотоснимок.

Хорошо выражен концентрический характер подводных гряд, возникших в результате препарировки из общей глинистой массы сопочной брекчии глыб и обломков твердых пород (последние скапливаются в виде концентрических прослоев в сопочной брекчии вследствие механизма ее излияния).

240

Остров, приуроченный к конусу грязевого вулкана. Плановый аэрофотоснимок.

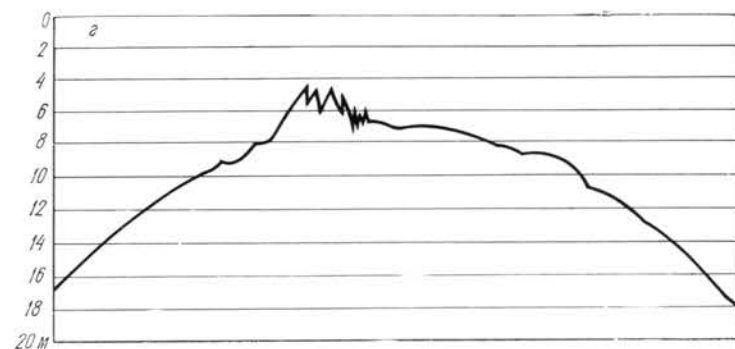
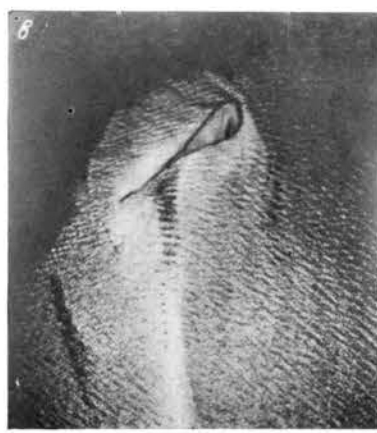
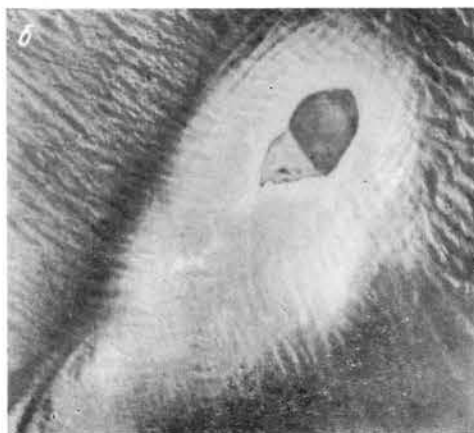
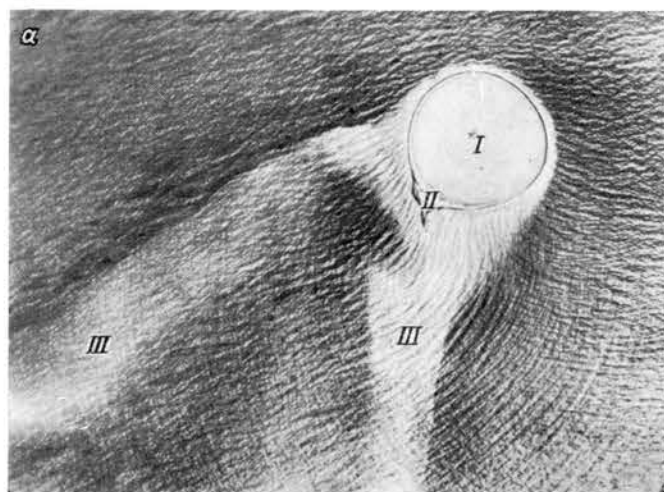
Хорошо видно, что под действием волн северо-восточная часть острова размыта и он приобрел (в плане) форму полумесяца. На южном берегу острова формируется аккумулятивная коса.

**ПРИМЕРЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА
МОРСКОГО ДНА И ОСТРОВОВ
С ПОМОЩЬЮ ПОВТОРНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ**

241

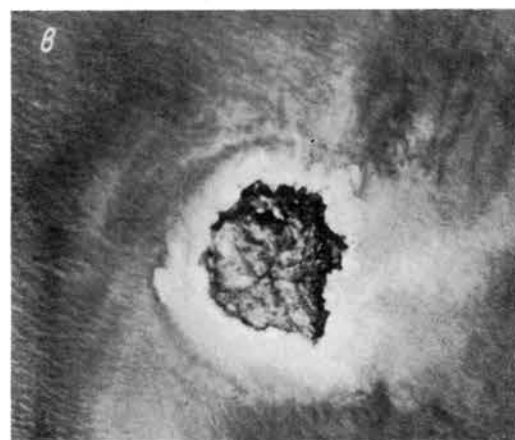
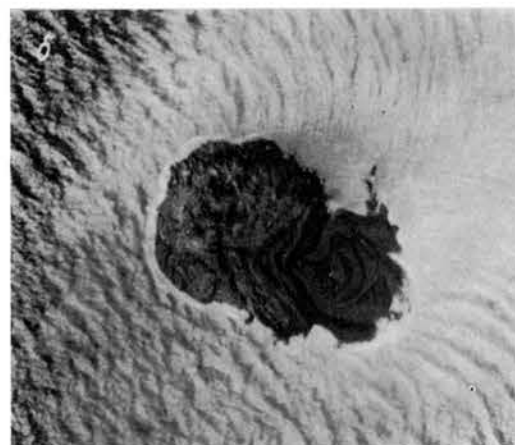
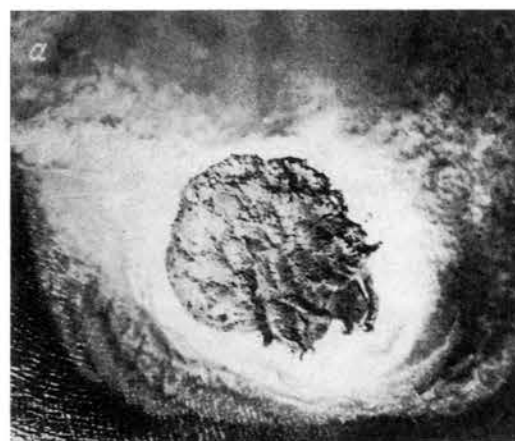
Изменение временно существующего грязевулканического острова (плановые аэрофотоснимки, а—в, и эхолотный профиль, г).

Остров возник на месте банки с минимальной глубиной в 7 м после извержения грязевого вулкана 4 декабря 1950 г. Аэрофотосъемка произведена трижды: 30/IV 1951 г. (а), 11/IX 1951 г. (б) и 3/VI 1952 г. (в). Сравнение плановых аэрофотоснимков показывает последовательные изменения в очертаниях и размерах острова под действием гидродинамических процессов. На аэрофотоснимке а видно, что остров имел правильную округлую форму; в центральной части его располагался кратер вулкана (I), а в южной — небольшая коса (II). Две светлые полосы (III) к югу от острова соответствуют мутной воде, возникшей в результате вымывания волнами и течениями из сопочной брекчии пелитового материала. Учитывая глубину моря до извержения подводного вулкана и размеры острова в момент аэрофотосъемки, измеренные на аэрофотоснимке, можно приблизительно рассчитать объем сопочной брекчии, образующей конус грязевого вулкана, который примерно равен 560 тыс. м³. На аэрофотоснимках б и в видно, что очертания острова резко изменились, причем подсчеты площади острова показали, что к 3/VI 1952 г. было размыто 480 тыс. м³; летом того же года остров был полностью размыт. На эхолотном профиле г, полученном в 1959 г., видно, что на месте острова располагается банка характерной формы в виде конуса с минимальной глубиной 4,5 м.



242

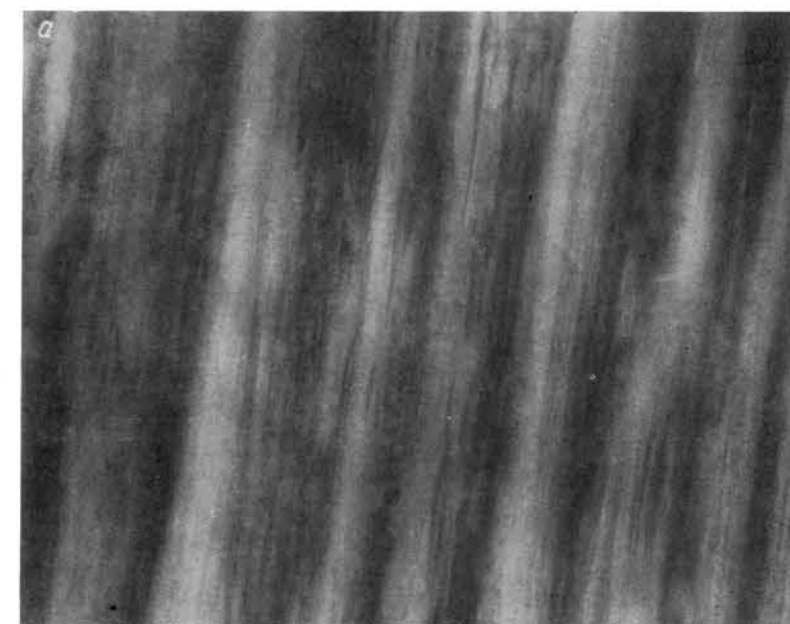
Изменение формы грязевулканического острова после ряда извержений и последующего разрушения его волнами 13 (а), 14 (б) и 16 (в) сентября 1953 г. Плановые аэрофотоснимки.



243

Изменение ландшафта морского дна, фиксируемое на аэрофотоснимках повторных съемок. Плановые аэрофотоснимки (масштаб а в 2 раза меньше б).

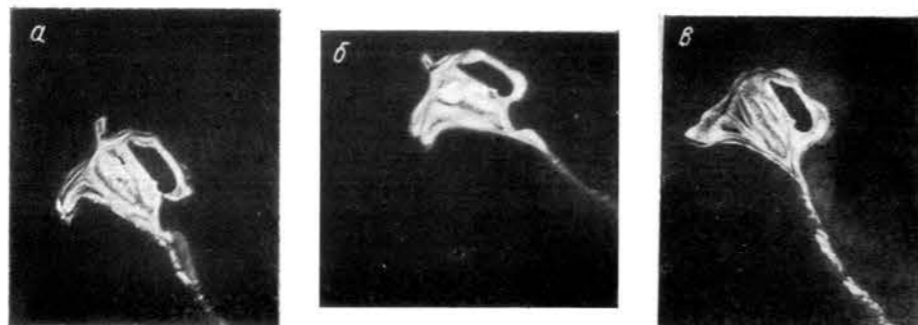
а — характер ландшафта морского дна, покрытого коркой современной цементации, на поверхности которой наблюдаются скопления рыхлых отложений (ракуши и песка — светлый тон). Аэрофотосъемка (1951 г.) показывает, что поверхность морского дна лишена растительного покрова; б — характер ландшафта того же участка морского дна, заснятого в 1959 г. Хорошо видно резкое изменение подводного ландшафта: в период с 1951 по 1959 г. значительные площади дна покрылись зарослями морской травы.



244

Изменения размеров и конфигурации песчаного острова, происшедшие под действием гидродинамических процессов. Плановые аэрофотоснимки.

Съемка: а—в—1/IX, 5/IX и 23/IX 1950 г.; г—е—23/V, 22/VI и 9/VIII 1951 г.

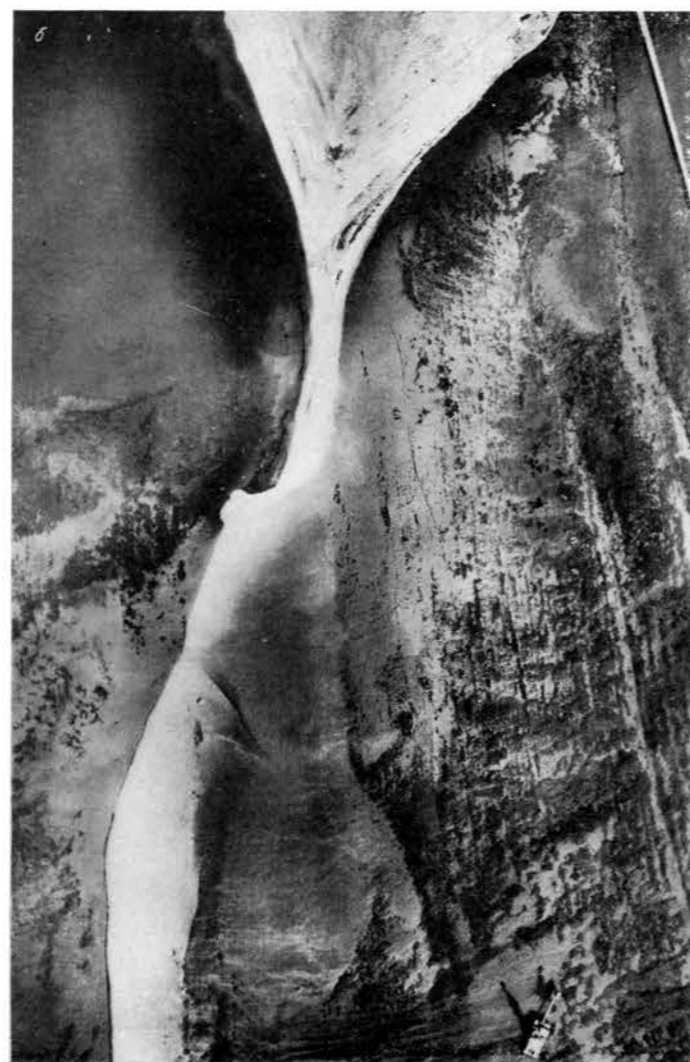
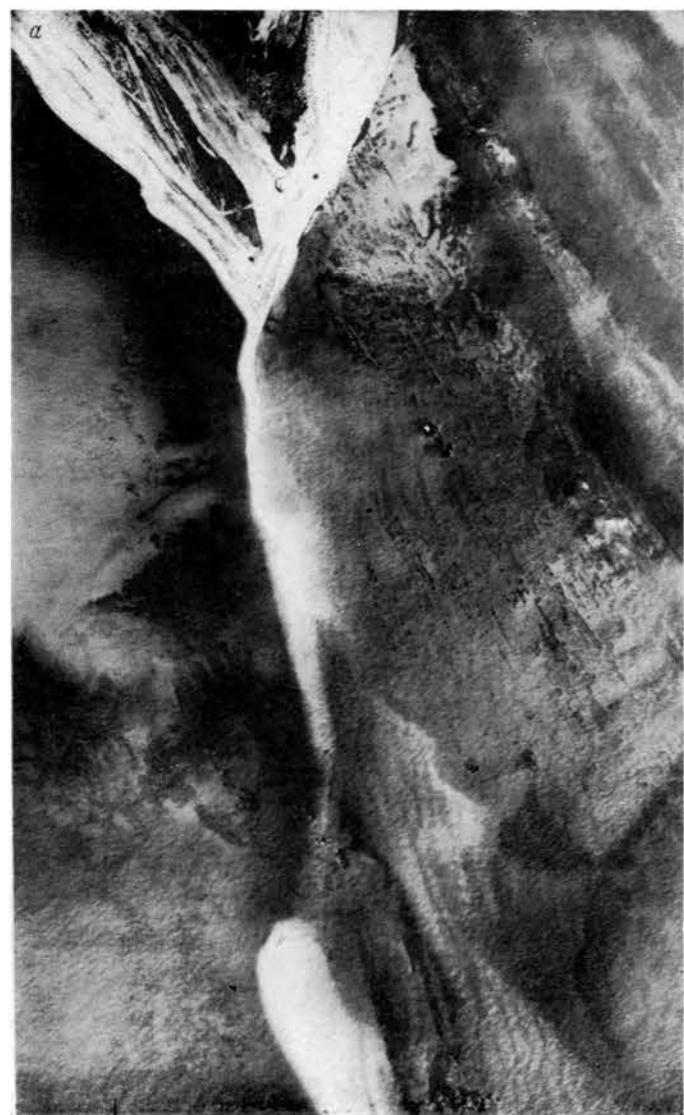


245

Изменение песчано-ракушечной косы, происшедшее за три года. Плановые аэрофотоснимки.

а—коса в 1950 г. В надводной части коса характеризуется незначительной шириной 20—25 и длиной 150 м. Окончание косы неясно очерчено и постепенно сливается с подводной ее частью. Последняя не имеет четкого оформления и представляет собой скопление песчано-ракушечного материала, сквозь который кое-где просвечивают пласты коренных пород; б—коса в 1953 г. Надводная часть косы четко оформлена. Коса увеличилась в длину до 250 и в ширину в среднем до 40 м. Дистальная часть косы отклонилась к западу. Подводное продолжение косы оформилось более четко в виде

мели. К востоку от косы образовалось скопление песчано-ракушечного материала.



БЕРЕГА

АБРАЗИОННЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИ ПОДНИМАЮЩИЕСЯ БЕРЕГА

ПРИЗНАКИ ТЕКТОНИЧЕСКИ ПОДНИМАЮЩИХСЯ БЕРЕГОВ

246

Абразионный берег. Плановый аэрофотоснимок.

А—подводная абразионная терраса (бенч); Б—узкий галечный пляж; В—абразионный клиф.

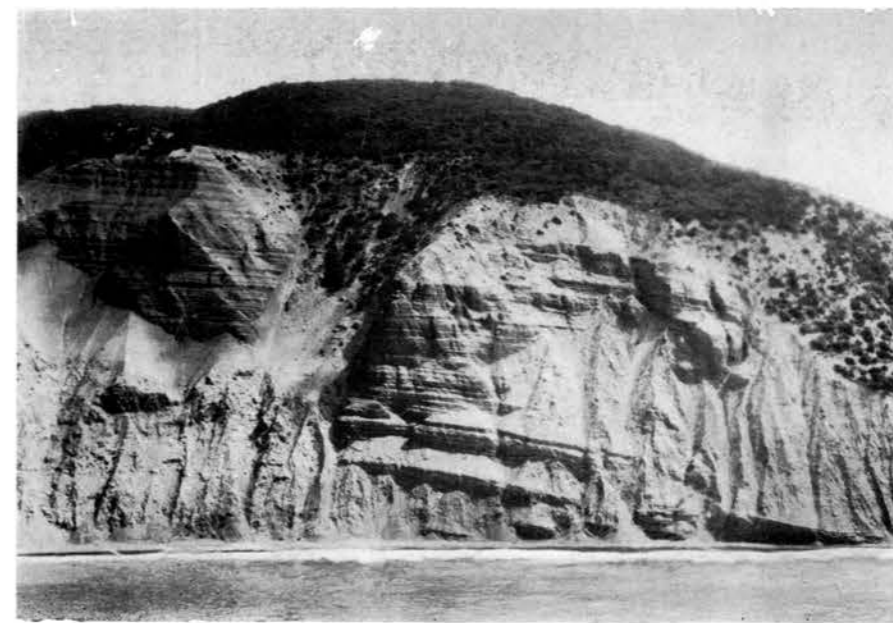
Образование бенча и абразионного уступа возможно только при тектоническом поднятии данного участка дна моря, предопределившем приглубый берег (крупные неровности рельефа) и отсутствие значительного запаса рыхлого материала (область сноса).



247

Абразионный берег с высоким клифом. Перспективный аэрофотоснимок.

Формируется при резко пересеченном рельефе суши и незначительном запасе рыхлых осадков, свидетельствующем о превышении темпа тектонических восходящих движений над темпом денудации, а также о преобладании сноса материала над аккумуляцией.



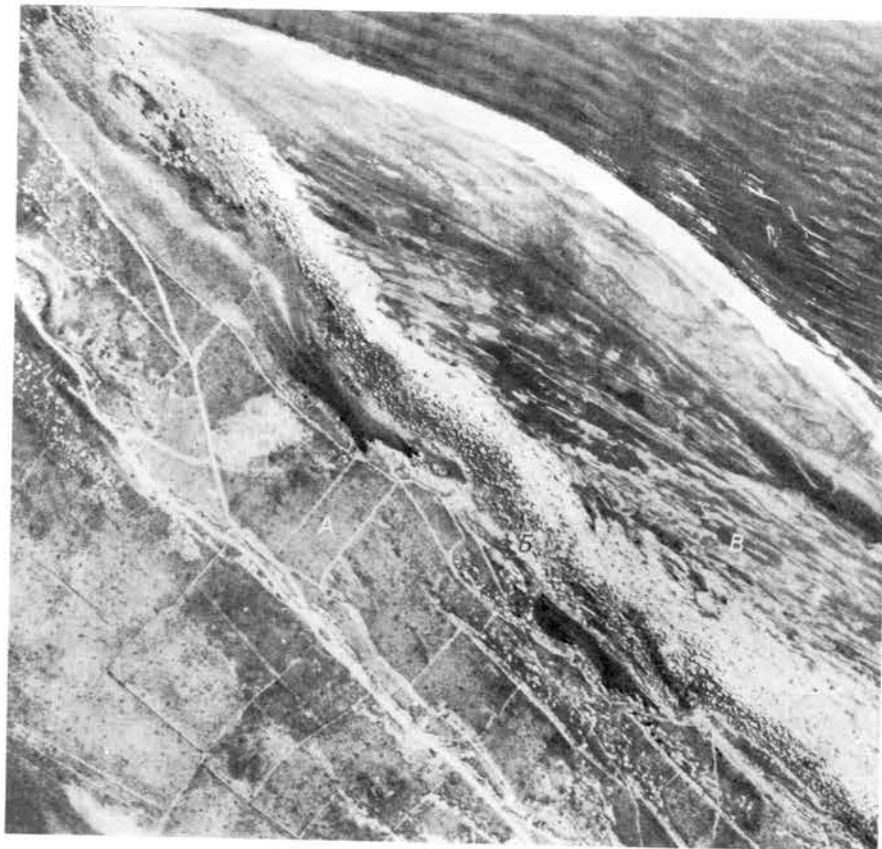
Высокая абразионно-аккумулятивная и низкая аккумулятивная террасы. Плановый аэрофотоснимок.

Высоко приподнятая абразионно-аккумулятивная морская терраса (А) свидетельствует о восходящих тектонических движениях данного участка берега. Глыбы пород на поверхности террасы указывают на маломощность рыхлых морских осадков. Хорошо выражен абразионный уступ (Б), отделяющий поверхность высокой террасы от более низкой аккумулятивной (В). Он демаскируется хаотическим нагромождением огромных угловатых глыб скальных пород, слагающих цоколь высокой террасы.

249

Высокие абразионные (А, Б) и абразионно-аккумулятивная (В) террасы. Перспективные аэрофотоснимки (а, б).

В абразионном уступе хорошо видны дислоцированные древние породы (Г) и горизонтальнозалегающие на них четвертичные отложения (Д).



АБРАЗИОННЫЕ БЕРЕГА, СФОРМИРОВАННЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОСХОДЯЩИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ НА ФОНЕ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСГРЕССИЙ БАССЕЙНОВ

250

Ингрессионный тип абразионного берега, свидетельствующий о тектоническом поднятии данного участка побережья, происходящего на фоне трансгрессии бассейна, темп которой превышает скорость тектонического воздымания. Перспективный аэрофотоснимок.

251

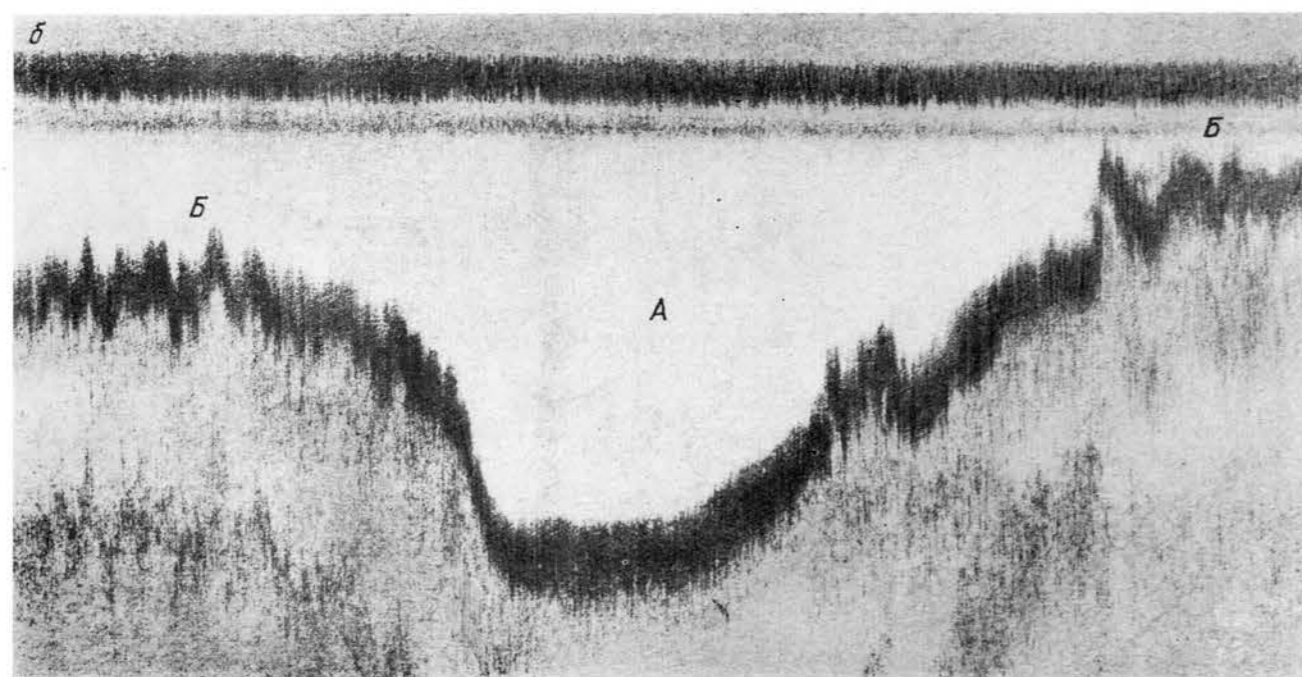
Абразионный берег с затопленной долиной. Плановый аэрофотоснимок.

А — бенч; Б — затопленная долина. Бенч и абразионный клиф свидетельствуют о восходящих тектонических движениях данного участка побережья, а широкая затопленная долина указывает на то, что в настоящее время последние происходят на фоне трансгрессии бассейна.



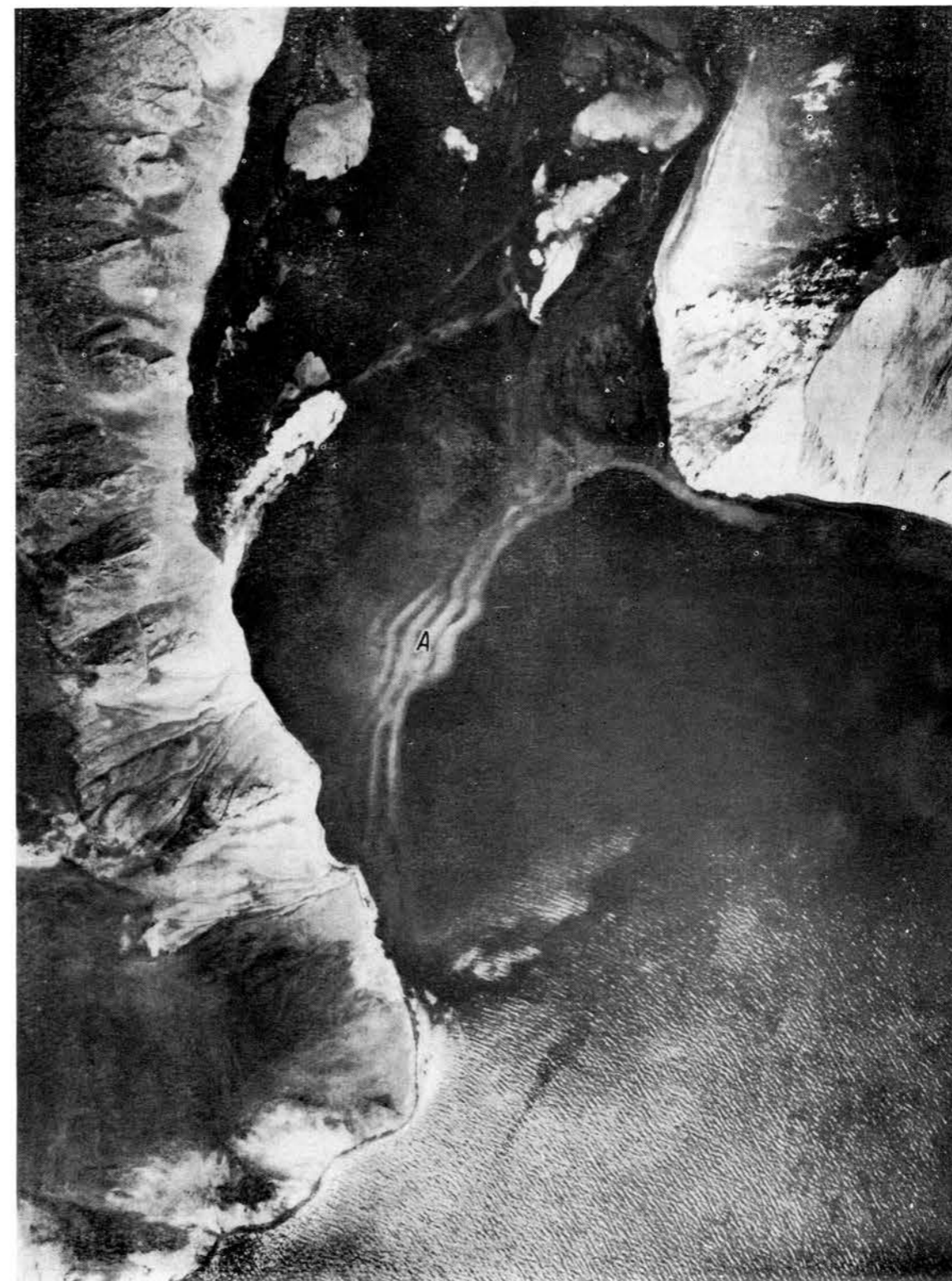
Переуглубленная долина, затопленная в результате голоценовой трансгрессии, происходящей на фоне тектонического поднятия берега. Плановый аэрофотоснимок (а) и эхограмма геолокатора (б).

Долина (А) прорезает скульптурно-грядовый рельеф верхней части абразионного подводного берегового склона (Б) и выровненную абразионную террасу — каменную осушку (В). На дне долины рыхлые современные отложения.



Дельтовые образования внутри широкой долины, берега которой сложены коренными породами. Плановый аэрофотоснимок.

Формирование дельты внутри долины возможно только при ингрессии бассейна в уже сформированную эрозионную форму, выработанную в предшествующий период. Абразионные берега бассейна свидетельствуют о тектоническом поднятии данного участка побережья, а ингрессия указывает на повышение уровня бассейна. В устье долины формируется подводная пересыпь (А).



**АБРАЗИОННЫЕ БЕРЕГА, СФОРМИРОВАННЫЕ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОСХОДЯЩИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ
ПОДНЯТИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ НА ФОНЕ
СОВРЕМЕННЫХ РЕГРЕССИЙ БАССЕЙНОВ**

254

Абразионный поперечный тип берега, сложенного слоистой толщей, состоящей из чередования песчаников, песков и глин. Плановый аэрофотоснимок.

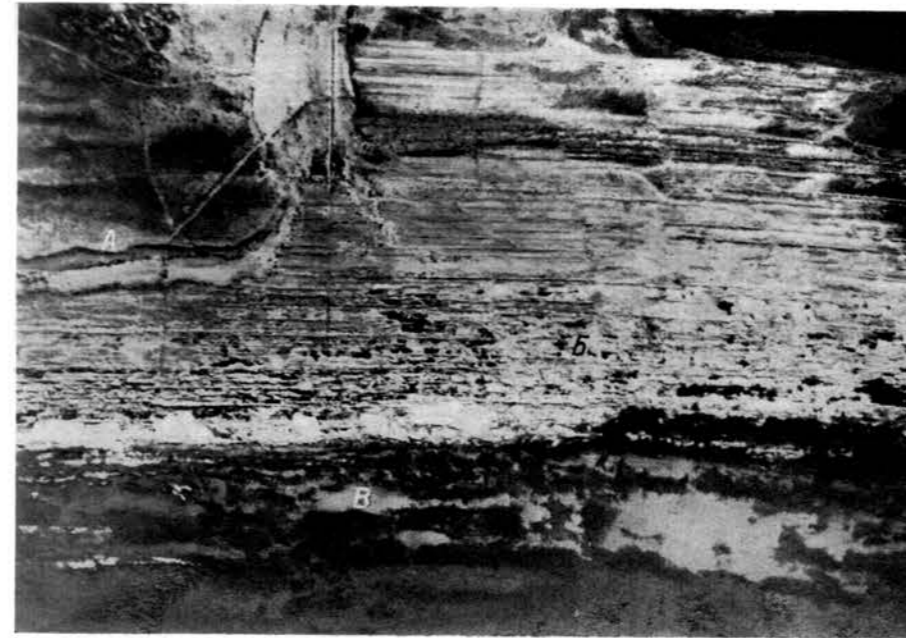
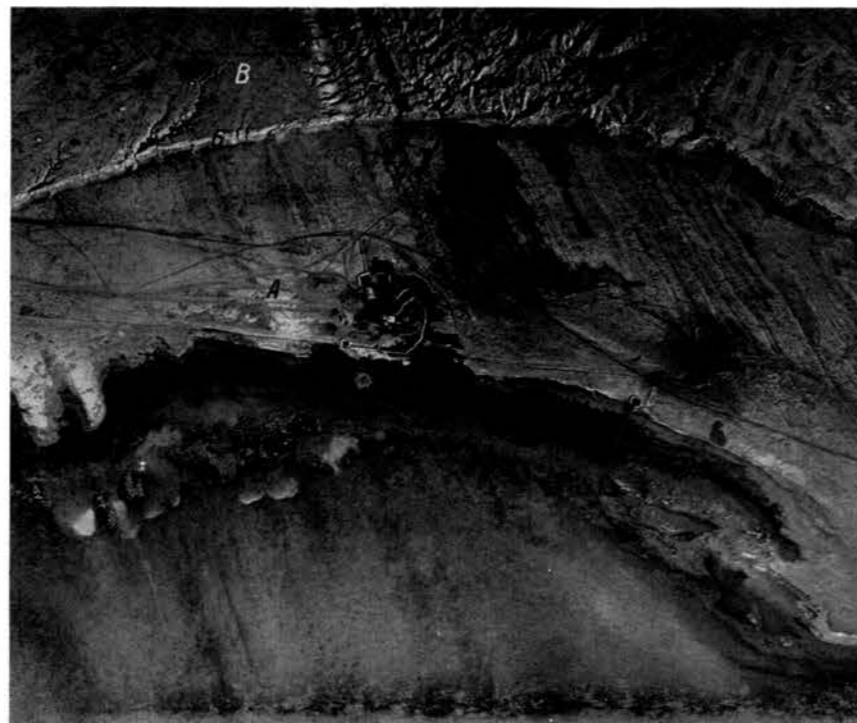
Вследствие восходящих тектонических движений на подводном склоне преобладали процессы абразии и сноса материала. В результате препарировки устойчивых к разрушению пластов песчаника возник грядовый бенч. В процессе регрессии моря гряды песчаников оказались выведенными из-под уровня воды, что вызвало образование сильно изрезанной береговой линии.



255

Широкая молодая абразионная терраса, возникшая в результате недавней регрессии бассейна. Плановый аэрофотоснимок.

А — поверхность террасы с выходами коренных пород; Б — абразионный клиф, маркирующий береговую линию до регресса бассейна; В — поверхность более древней абразионно-аккумулятивной террасы.



256

Абразионный продольный тип берега, сложенный слоистой толщей, состоящей из чередования пластов песчаников, песков и глин. Плановый аэрофотоснимок.

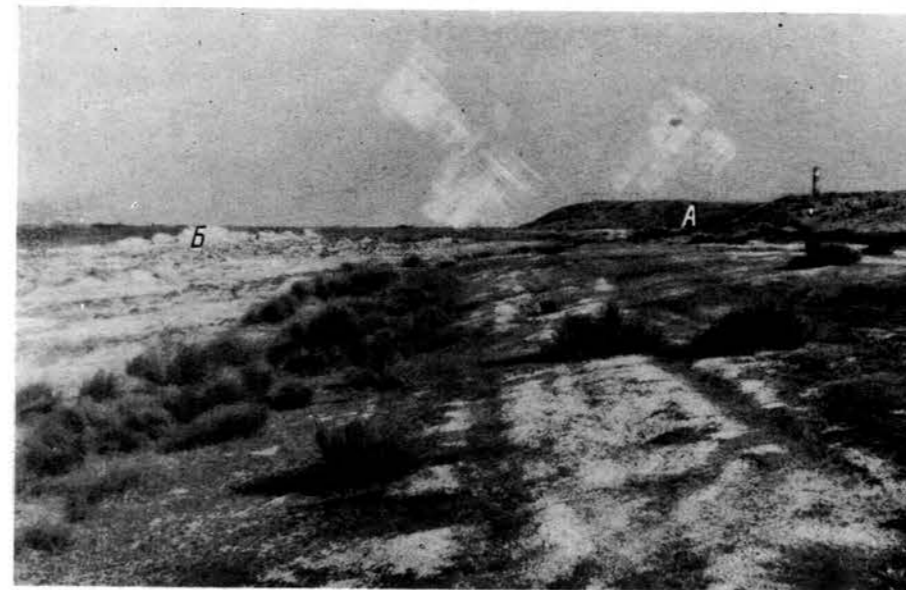
А — отмерший абразионный уступ; Б — поднятый бенч с микроузловым рельефом; В — грядовый подводный бенч.

Как и на рис. 254, формирование берега связано с тектоническим поднятием, протекающим на фоне современной регрессии бассейна, но продольное простирание береговой линии предопределило ее меньшую изрезанность по сравнению с поперечным типом берега.

257

Участок продольного бенча (см. рис. 256). Наземная фотография.

А — отмерший абразионный уступ; Б — поднятый бенч.



258

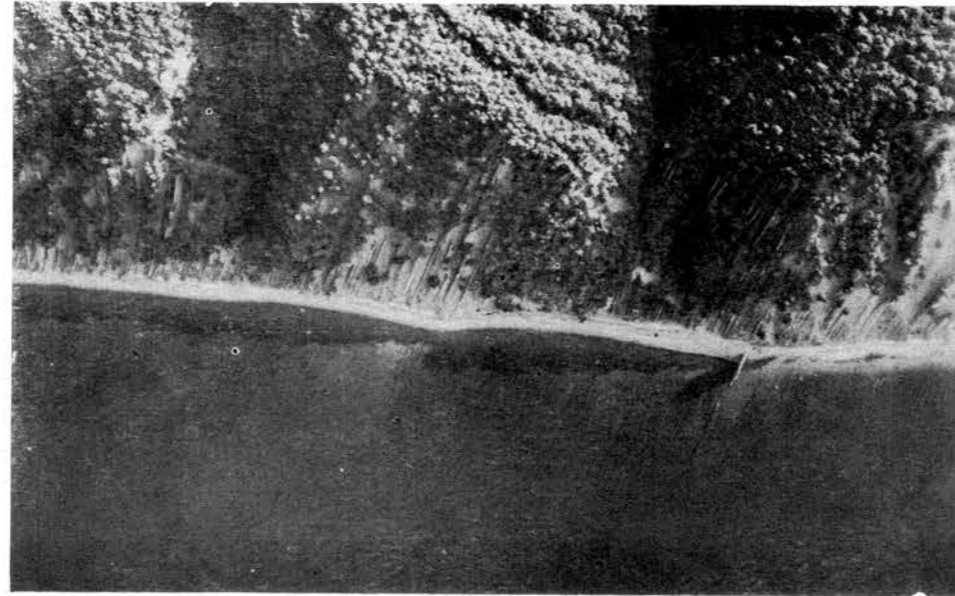
Отмерший абразионный уступ, сложенный ракушечными известняками (А), современная терраса и широкий пляж (Б), возникшие в результате современной регрессии моря. Наземная фотография.



259

Абразионный берег, сложенный дислоцированными осадочными (флишевыми) породами, представленными устойчивыми к разрушению пластами песчаников, ритмично чередующимися с менее устойчивыми мергелями-трекундами и глинами. Плановый аэрофотоснимок.

Песчаники как устойчивые к денудации и абразии породы образуют в клифе ребра (выступы), а на подводном склоне гряды бенча. К менее устойчивым породам приурочены ниши и межрядовые понижения на бенче.

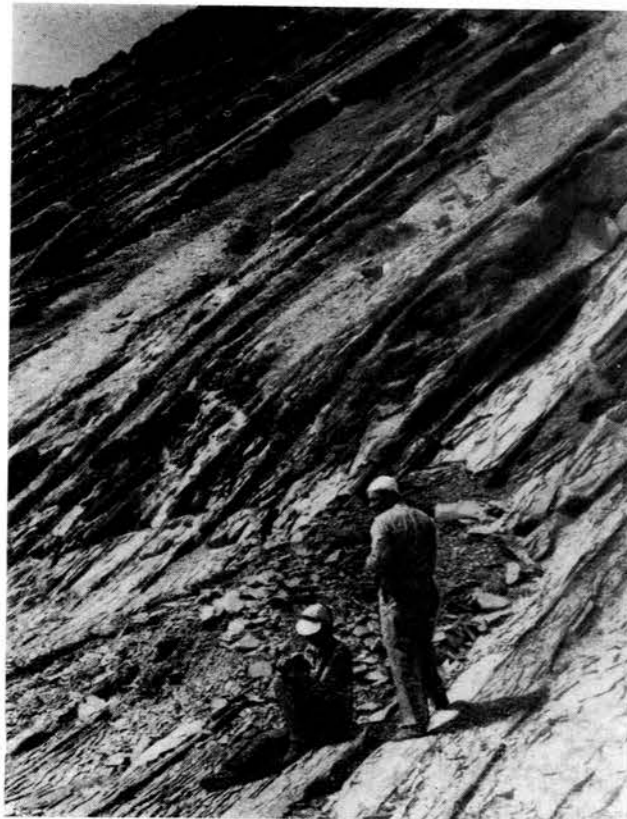


260

Деталь ребристого клифа, сложенного дислоцированной слоистой толщей, состоящей из пластов осадочных горных пород различной устойчивости к разрушению. Наземная фотография.

261

Абразионный берег, сложенный пологопадающей слоистой толщей осадочных пород с пластами разной устойчивости к разрушению. Наземная фотография.



262

Абразионный берег, сложенный дислоцированными малоустойчивыми преимущественно глинистыми породами. Наземная фотография.

Несмотря на продолжающуюся абразию, о чем свидетельствует узкий пляж, клиф относительно пологий, сглаженный и поросший растительностью. В малоустойчивых глинистых породах быстро выработывается профиль подводного склона, близкий к профилю равновесия, что в значительной степени гасит энергию волн при подходе их к берегу и замедляет абразию.

263

Абразионный берег, сложенный пологозалегающими слоистыми плотными глинами (А), перекрытыми лёссовидными суглинками (Б). Наземная фотография.

Столбчатая отдельность суглинков обуславливает отвесный характер верхней части склона. На переднем плане у подножия склона видны конусообразные скопления рыхлого материала, возникшего при обвале лёссовидных суглинков.

264

Абразионный берег, сложенный известняками. Наземная фотография М. Г. Барковской.

Хорошо выраженные вертикальные трещины в известняках определяют наличие отвесной стенки уступа, а плитообразная отдельность обуславливает своеобразный характер клифа



265

Абразионный берег, приуроченный к выходам мшанковых известняков. Наземная фотография.

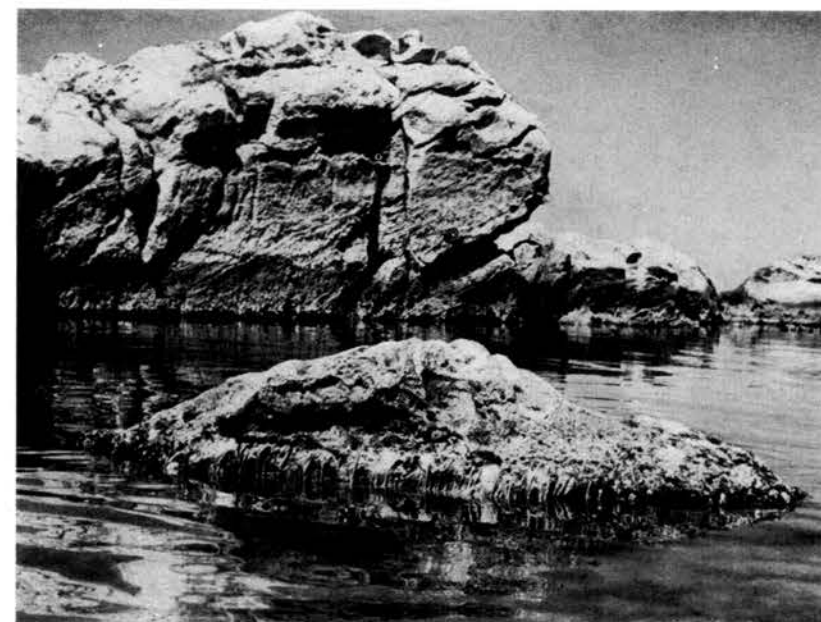
Отдельные ноздреватые глыбы мшанковых известняков, отпрепарированные в результате денудации и абразии, создают хаотически расположенные положительные и отрицательные микроформы рельефа.



266

Абразионный берег, выработанный в отложениях, представленных глинами с включениями глыб мшанковых известняков. Наземная фотография.

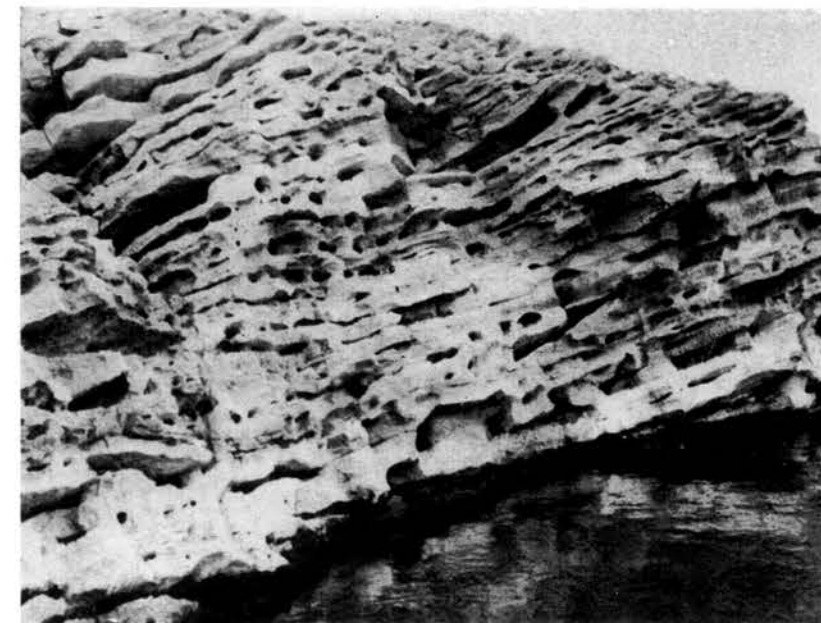
Мшанковые известняки, как более устойчивые к разрушению породы, в прибрежной части суши образуют мысы и положительные формы в виде возвышенностей. Клифы, сложенные мшанковыми известняками, и выходы последних на вершинах и склонах холмов имеют приотливный микро-рельеф, характерный для пород данного вещественного состава.



267

Абразионный берег, сложенный пологозалегающими массивными ракушечными известняками. Наземная фотография.

Подводный склон характеризуется наличием крупных глыб (останцов), местами поднимающихся над поверхностью воды в виде надводных камней (кекуров).



268

Клиф, сложенный ракушечными известняками с ячеистыми формами, образовавшимися в результате растворяющего действия морской воды. Наземная фотография.

269

Карстово-корразионные борозды, возникшие на поверхности известняков в результате химического и механического воздействия потоков морской воды, несущей некоторое количество песчаного материала. Наземная фотография.



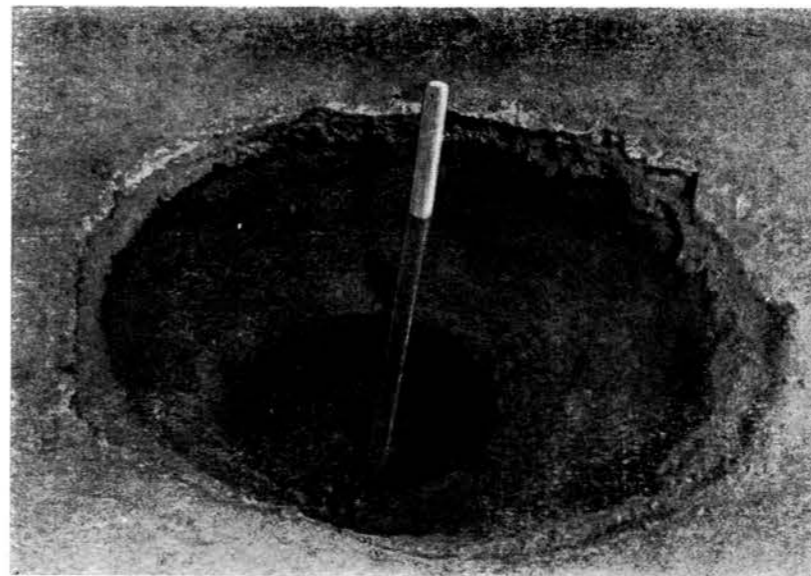
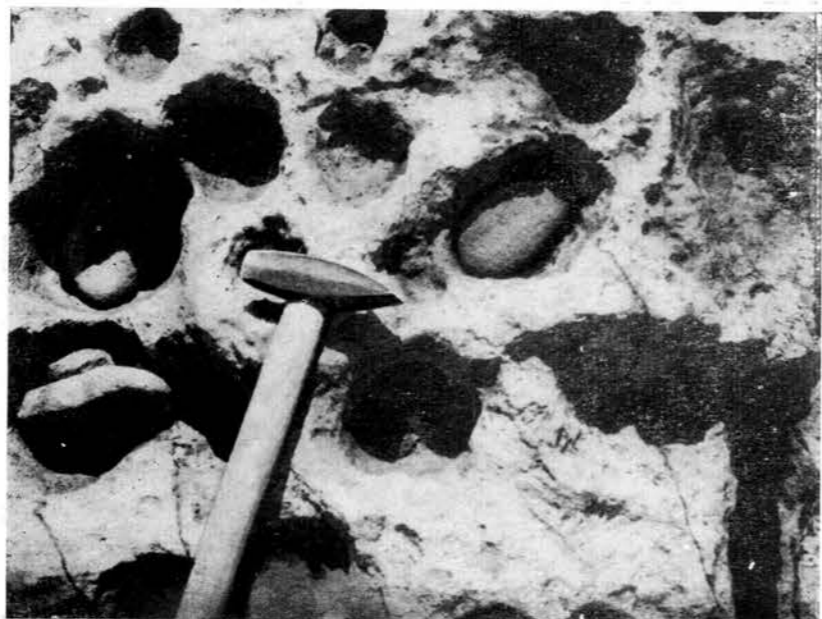
270

Ячеистая поверхность обнаженного бенча, сформировавшаяся под действием карстово-корразионных процессов. Наземная фотография.

271

Галька в карстово-корразионных ячейках. Наземная фотография.

На формирование ячеек влияет вращение галек и валунов, вызываемое заплесками волн.



272

Двухкамерный карстово-корразионный котел. Наземная фотография.

Формирование двух камер предопределено различием вещественного состава известняков и, по-видимому, наличием валуна, вращение которого при одновременном растворении известняков создало верхнюю камеру до более плотного пропластка. Нижняя камера образовалась после разрушения последнего. В процессе вращения валун полностью истерся.

273

Карстово-корразионные ячейки с корочками соли. Наземная фотография.

Наличие корочек солей свидетельствует о том, что в формировании этих своеобразных микроформ рельефа на берегах, сложенных известняками, кроме растворяющего действия и коррозии, принимает участие и кристаллизация солей морской воды, выпадающей в неровности рельефа во время штормов.

274

Абразионный берег, выработанный в теле диабазовых порфиритов. Перспективный аэрофотоснимок.

275

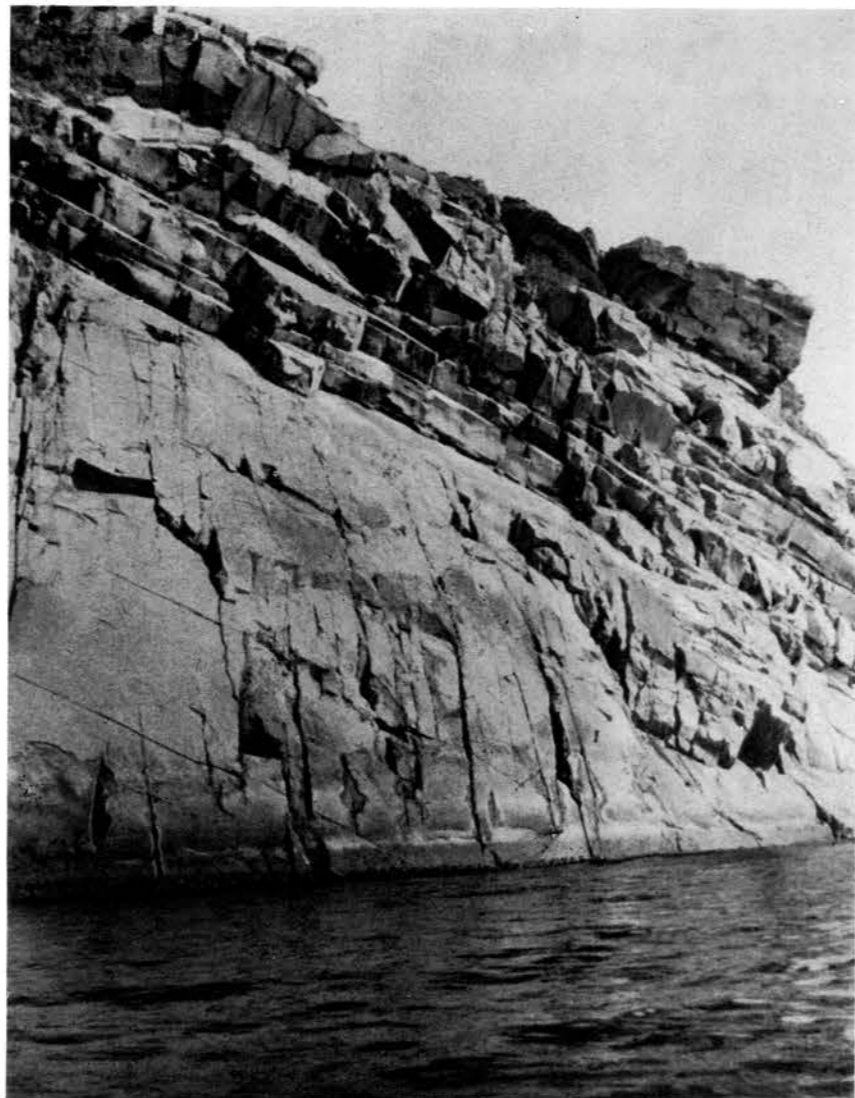
Отвесный обрыв, сложенный эффузивными породами. Наземная фотография.

Четко видна характерная для эффузивных пород отдельность.

276

Абразионный берег, образованный эффузивными породами (андезит-базальтами). Наземная фотография.

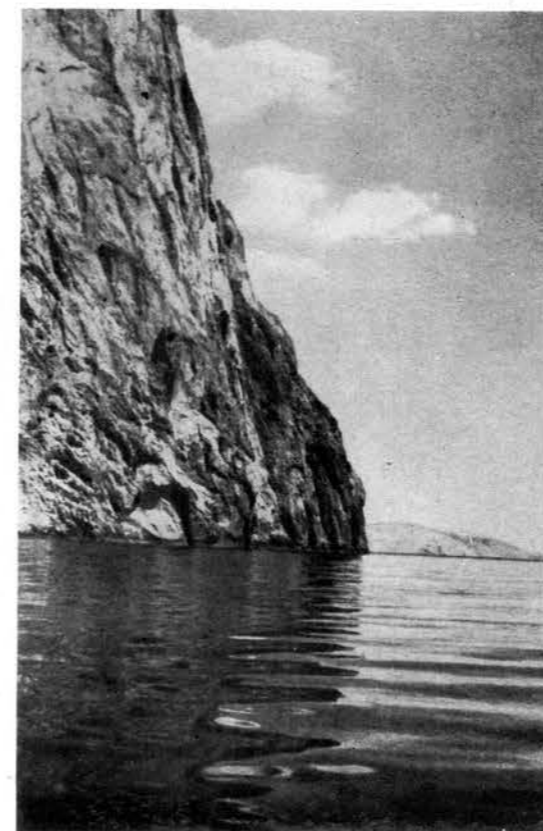
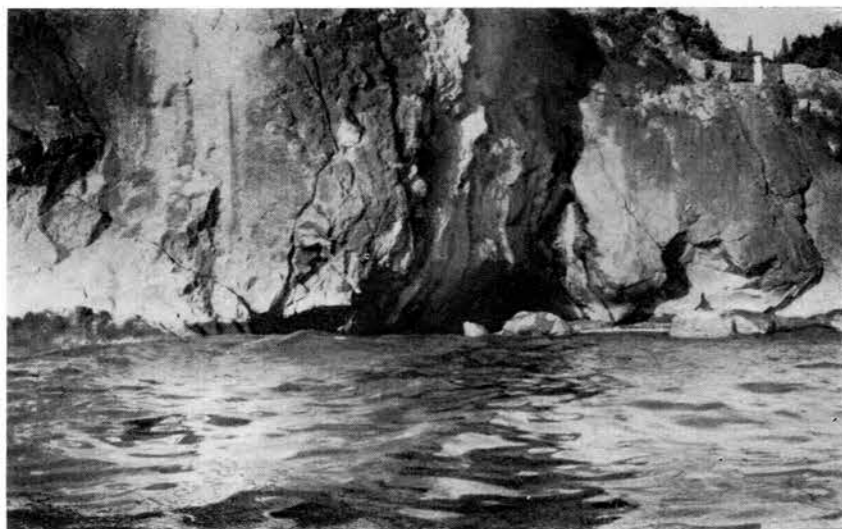
В связи с однородностью вещественного состава активные клифы таких берегов отличаются отсутствием микроформ, характерных для берегов, сложенных слоистыми осадочными породами, и монолитностью обнажающихся пород. В основании клифа видны волноприбойные ниши. На подводном склоне из-за наличия в породах трещин отдельности возникают подводные камни, которые иногда образуют кекуры.



277

Подводные обнажения эффузивных пород у абразионных берегов. Подводная фотография.

Видны прикрепившиеся к скалам мидии.



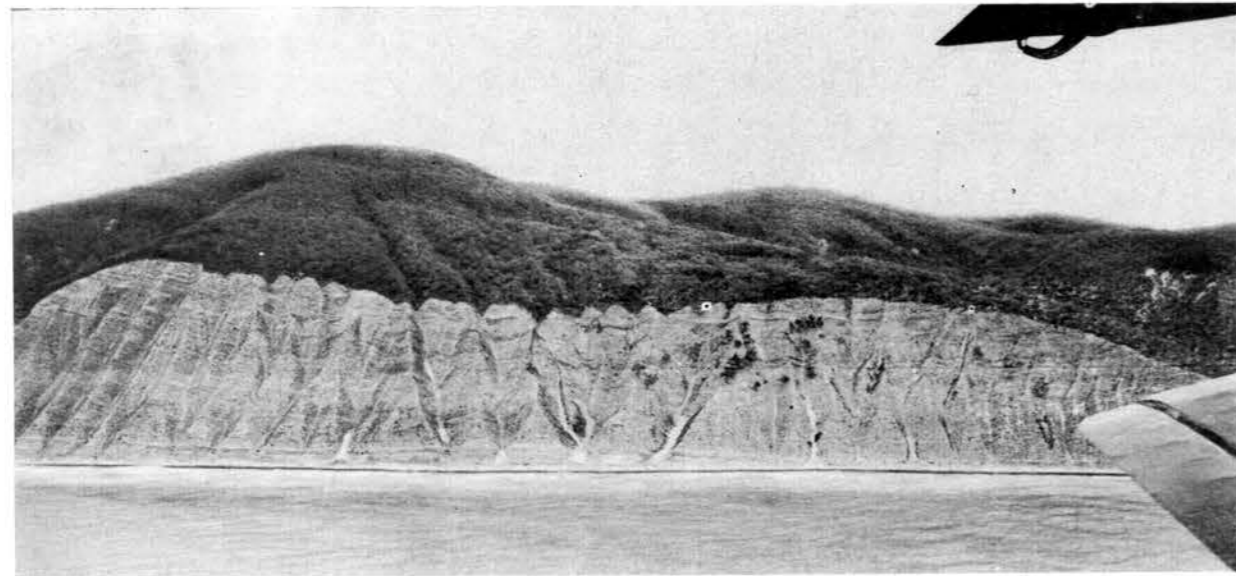
278

Абразионный берег, сложенный туфами и туфобрекчиями. Наземная фотография.

Различная податливость пород к разрушению под действием денудации и абразии вызывает образование очень причудливых форм рельефа: столбов, гребней и т. п.

279

Отвесный обрыв, выработанный в интрузивных породах. Наземная фотография М. Г. Барковской.



280

Клиф продольного берега, сложенный флишевой толщей, пласты которой полого падают в сторону суши. Перспективный аэрофотоснимок.

Относительно пологий склон возвышенности, срезанной клифом, характеризуется наличием ряда сухих долинков, на продолжении которых в крутом высоком клифе возникают многочисленные ложбины. По последним выносятся обломочный материал, образующий на пляже (у подножия клифа) небольшие, существующие до первого шторма щебнистые конусы выноса (см. рис. 281).



281

Временно существующие щебнистые конусы выноса, образующиеся в устьях ложков, осложняющих клифы. Наземная фотография.



282

Клиф продольного берега с примыкающей к нему узкой выровненной абразионной площадкой (обнаженный бенч). Наземная фотография.

Породы флишевой толщи, слагающие клиф, падают в сторону суши под углом 30—35°. Устойчивые к выветриванию пласты известняков образуют карнизы, задранные вверх. На поверхности обнаженного бенча местами наблюдается небольшое количество галечно-щебнистого материала.

283

Активно развивающийся клиф продольного берега. Наземная фотография.

Сложен осадочными породами, падающими в сторону суши. Видна волноприбойная ниша в начальной стадии развития и навалы глыб у уреза воды.



284

Продольный берег с падением пород в сторону суши и низким клифом, характеризующийся ступенчатыми очертаниями береговой линии. Плановый аэрофотоснимок.

Очертания берега определены относительно устойчивыми к разрушению породами флиша (чередование известняков, песчаников и глин), осложненными серией поперечных разрывов, вдоль которых произошло перемещение отдельных блоков. В пределах бенча имеется ряд подводных и надводных гряд, хорошо дешифрирующихся на аэрофотоснимках по разрушению волн под ними. Изгибы и смещения бурунов над грядами позволяют трассировать дизъюнктивные нарушения в пределах подводного склона.

285

Продольный берег с падением пород в сторону суши, характеризующийся низким клифом и своеобразными бухтами полукруглой формы, приуроченными к поперечным разрывам. Плановый аэрофотоснимок.

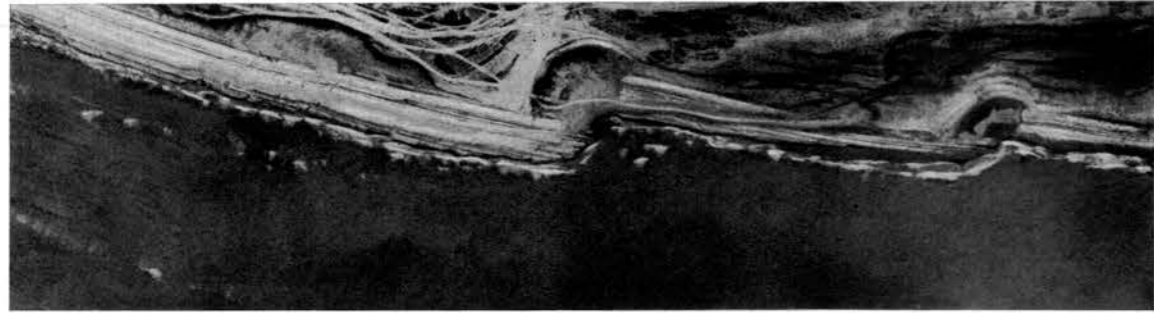
Образование бухт связано с тем, что вдоль разрывов вблизи береговой линии приведены в соприкосновение породы разной устойчивости к абра-

зии. При волнении возникают дифракционные волны, размывающие податливые к разрушению породы, как это видно на рис. 286.

286

Дифракционные волны, возникшие в результате наличия узкого понижения, приуроченного к поперечному разрыву, пересекающему подводную гряду. Плановый аэрофотоснимок.

А — подводные гряды, вызывающие разрушение волн; Б — дифракционные волны.

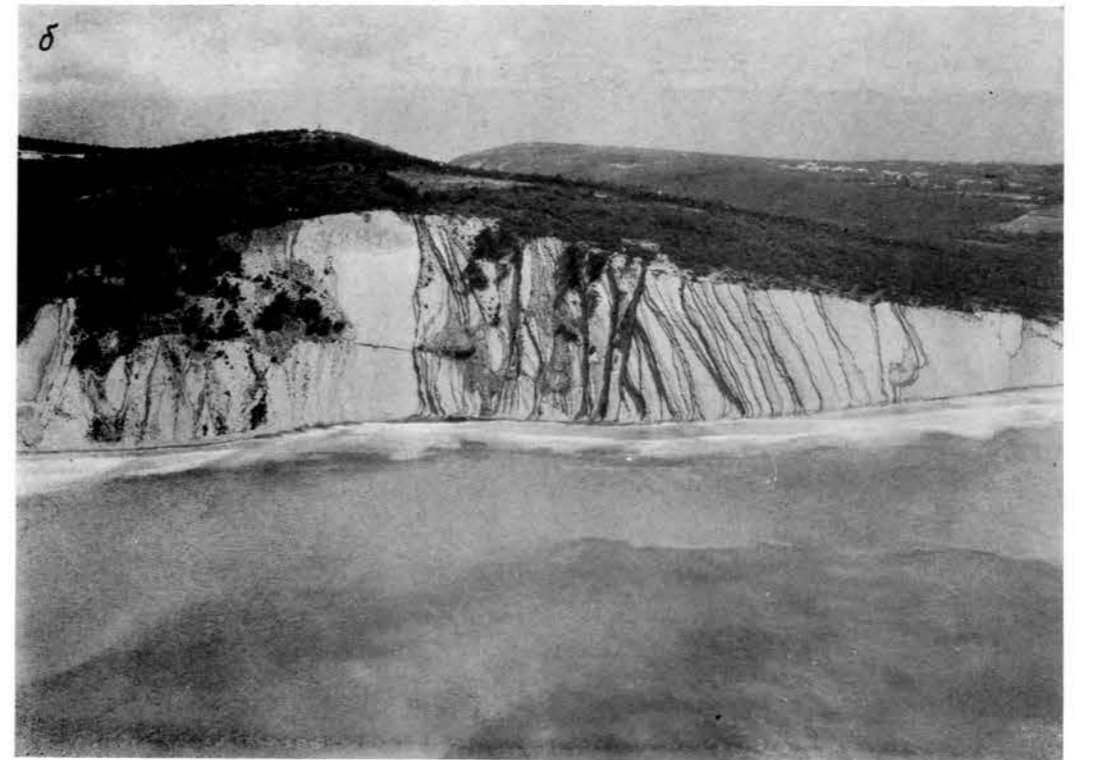
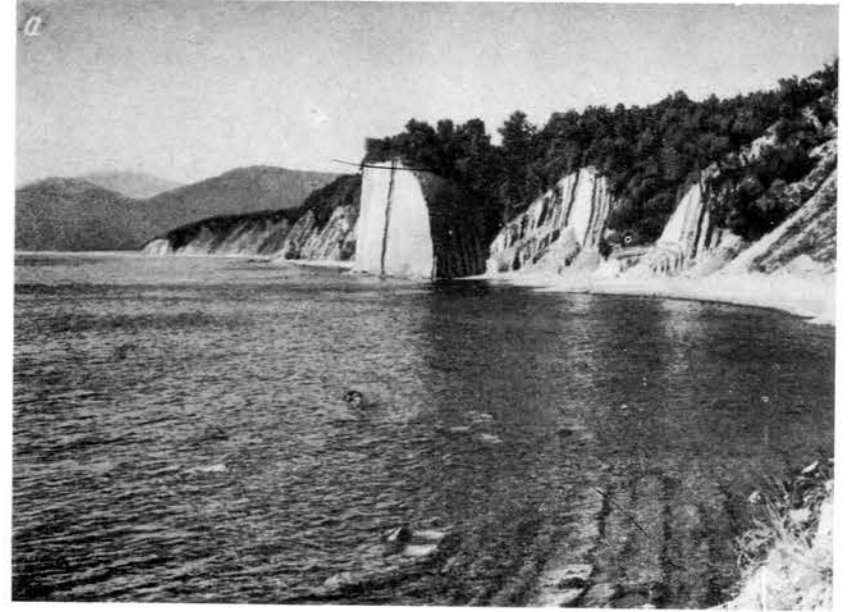


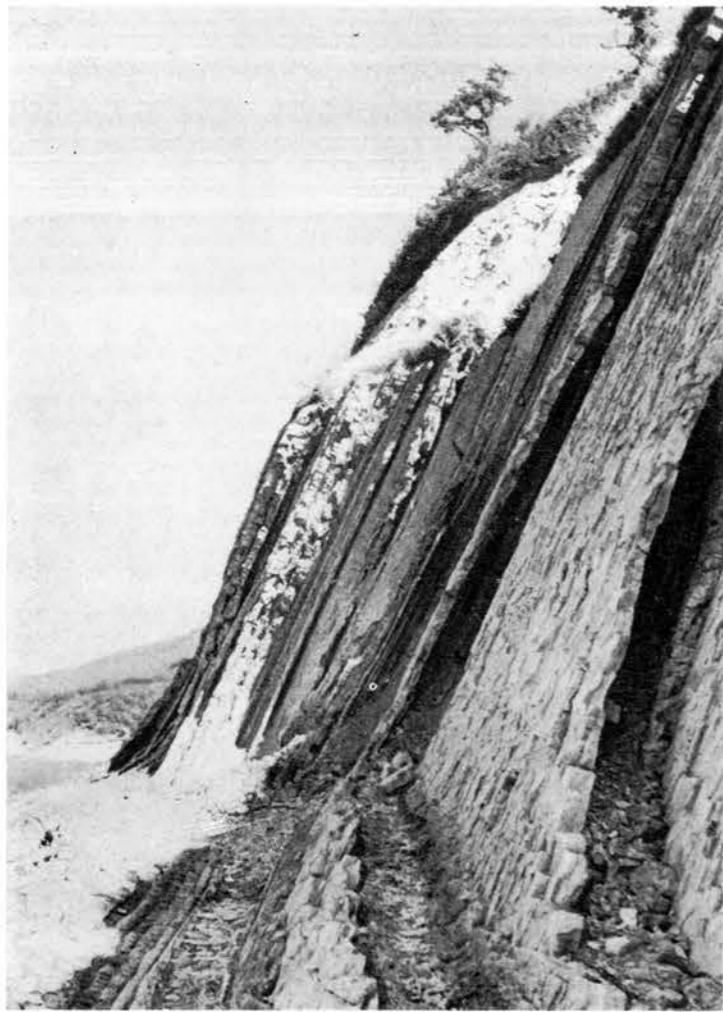
В периоды штормов между берегом и подводными грядами на акваторию нагоняется вода, повышающая здесь уровень моря. Это вызывает донное течение в сторону моря через понижение, пересекающее подводную гряду. Донное течение выносит рыхлый материал, размываемый дифракционными волнами. Концентрические очертания дифракционных волн определяют формирование бухты полукруглой формы. Таков же механизм образования полукруглых бухточек, приведенных на рис. 285.

287

Клифы продольного абразионного берега. Наземная фотография (а) и перспективный аэрофотоснимок (б).

Горные породы круто падают в сторону моря. Местами пляж отсутствует и пласты горных пород уходят непосредственно под поверхность воды.





288

Деталь продольного берега, сложенного осадочными породами, пласты которых круто падают в сторону моря. Наземная фотография.

289

Клиф продольного берега. Наземная фотография.

Обнажаются пологопадающие в сторону моря пласты. Характерны волноприбойные ниши с нависающими карнизами, образованными пластами устойчивых к разрушению пород.

290

Грядовый бенч продольного абразионного берега с падением пород в сторону моря. Плановый аэрофотоснимок.

А — выровненная абразионная терраса (каменистая осушка); Б — грядовый бенч верхней части абразионного подводного берегового склона.



291

Абразионная терраса (осушка). Наземная фотография.

Хорошо видны невысокие куестообразные гряды, пологий склон которых, направленный в сторону суши, совпадает с напластованием пород.

292

Деталь грядового бенча, приуроченного к выходам слоистой осадочной толщи на морском дне. Подводная фотография.

На переднем плане межгрядовое понижение, дно которого покрыто скоплениями песка (А). Понижение ограничено склонами подводных гряд, образованных устойчивыми к разрушению породами (известняками, песчаниками). Гряды покрыты густым покровом водорослей *Cystoseira*, определяющих темный тон их изображения на аэрофотоснимках.



293

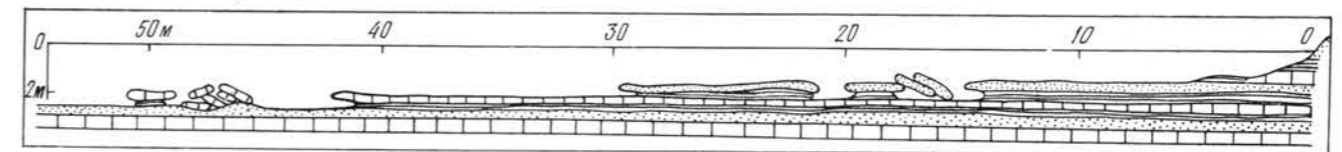
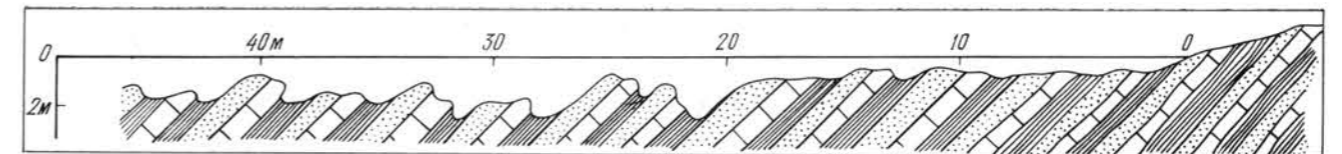
Схема строения грядового бенча с падением пластов горных пород в сторону моря.

Видно нарастание высоты подводных гряд с увеличением глубины моря, что объясняется большим истиранием коренных пород вблизи береговой линии.

294

Схема строения бенча при горизонтальном или очень пологом падении пород в сторону моря.

Характерно наличие останцов пластов, трудно поддающихся разрушению, на общей выровненной поверхности подводного склона.



295

Обнаженный бенч продольного берега, образованный круто падающими в сторону моря пластами флишевой толщи. Наземная фотография.



296

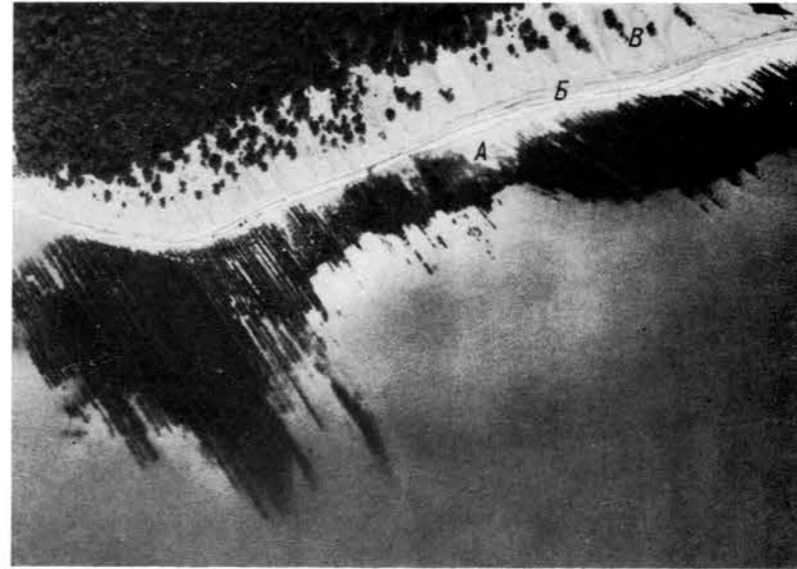
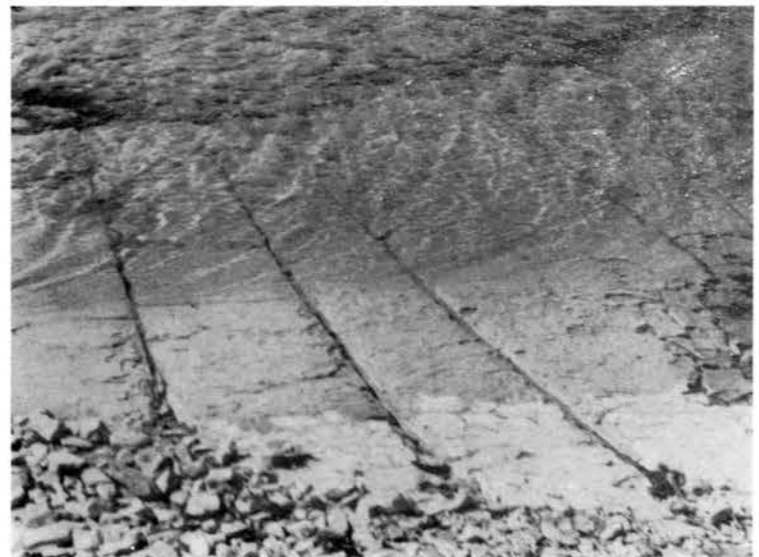
Обнаженный бенч продольного берега, образованный пластом известняка, падающим в сторону моря. Наземная фотография.

На поверхности пласта (А) хорошо видны отпрепарированные волноприбойные знаки. Клиф (Б) сложен переслаивающейся толщей, состоящей из пластов известняка и мергеля, распадающегося на мелкую угловатую щебенку.

297

Обнаженный бенч, образованный пластом известняка, полого падающим в сторону моря. Наземная фотография.

Известняк разбит трещинами на прямоугольную отдельность. Наиболее хорошо выражены трещины, ориентированные по падению пласта.



298

Обнаженный бенч, образованный пластом песчаника, полого падающим в сторону моря. Наземная фотография.

Песчаник разбит двумя системами пересекающихся под прямым углом трещин на прямоугольную отдельность.

299

Поперечный абразионный берег. Плановый аэрофотоснимок.

Бенч (А), узкий пляж (Б) и крутой склон клифа (В) свидетельствуют о продолжающейся активной абразии берега. Для бенча этого типа характерен неровный, зазубренный морской край.

300

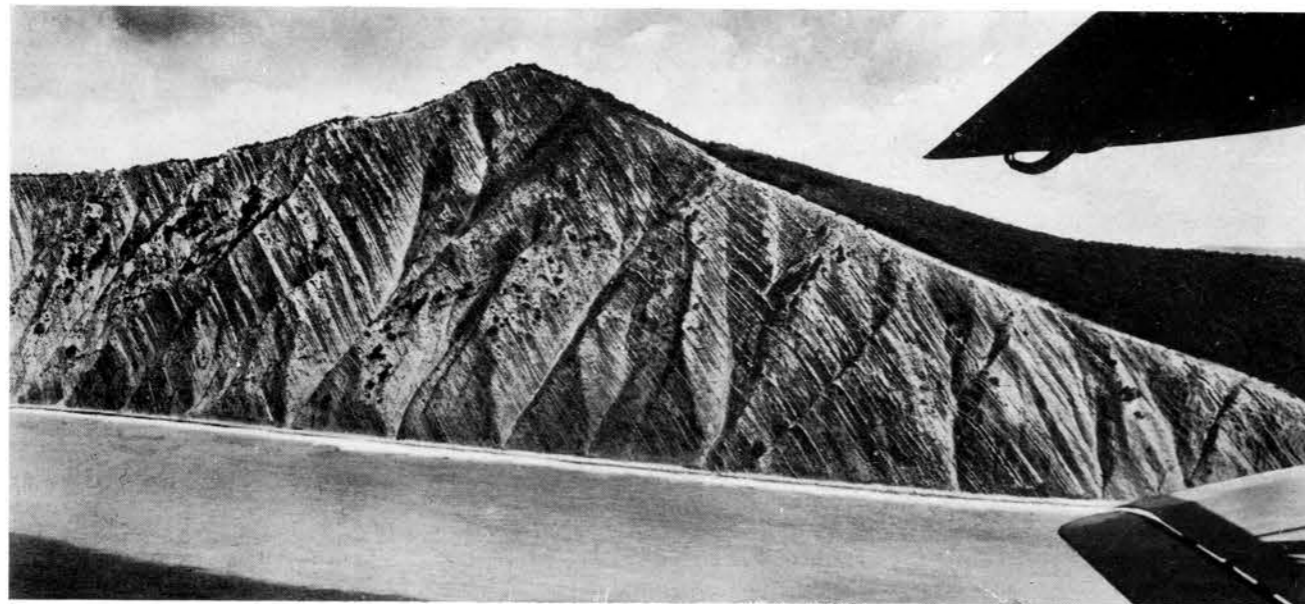
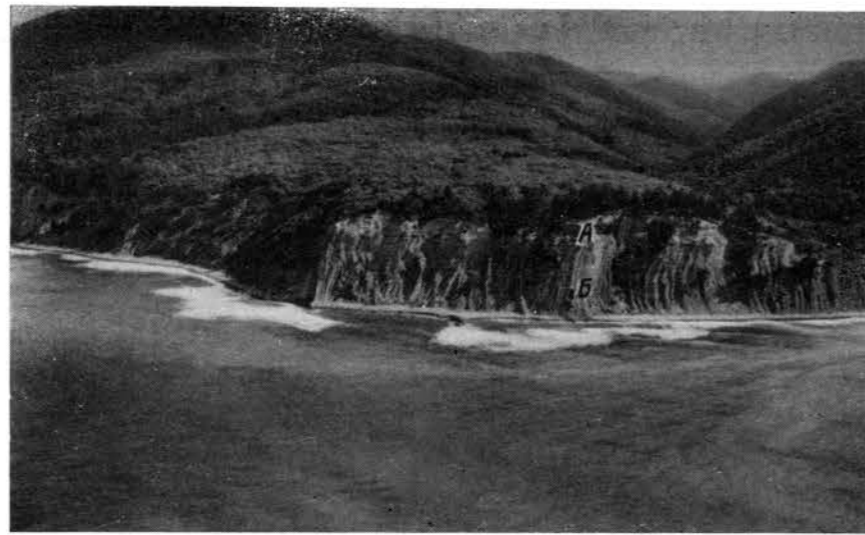
Выровненный диагональный абразионный берег с высоким клифом, узким пляжем и грядовым бенчем. Перспективный аэрофотоснимок.

Наличие висячих долин свидетельствует об энергичном отступании береговой линии, благодаря которому эрозионный врез отстает от темпа абразии.

301

Ребристый клиф поперечного берега. Перспективный аэрофотоснимок.

Выработан во флишевых отложениях, поставленных почти на голову. Видно несогласное залегание четвертичных отложений (А) на дислоцированных древних породах (Б).



302

Клиф поперечного берега. Перспективный аэрофотоснимок.

Сложен флишевой толщей с крутым падением пластов. Система основных ложков predetermined трещиноватостью пород.



303

Деталь ребристого клифа поперечного берега, выработанного во флишевой толще со средними углами падения пластов. Наземная фотография.



304

Обнаженный бенч поперечного берега с пологим падением пластов флишевой толщи (ребристый пляж). Наземная фотография.

305

Обнаженный бенч поперечного берега с крутым падением пластов песчаников, переслаивающихся с аргиллитами. Наземная фотография.

306

Приурезовая полоса подводного склона с выходами древних дислоцированных пород, образующих грядовый бенч. Наземная фотография.

Гряды поросли водорослями (А). Вдоль береговой линии моря на суше наблюдается скопление угловатых глыб коренных пород (Б).



307

Клиф нейтрального абразионного берега, выработанный в горизонтально-лежащей осадочной толще, представленной чередованием пластов пород различной устойчивости к разрушению. Наземная фотография М. Г. Барковской.

Такие клифы характеризуются наличием карнизов, волноприбойными нишами и хаотическим нагромождением глыб у их основания.



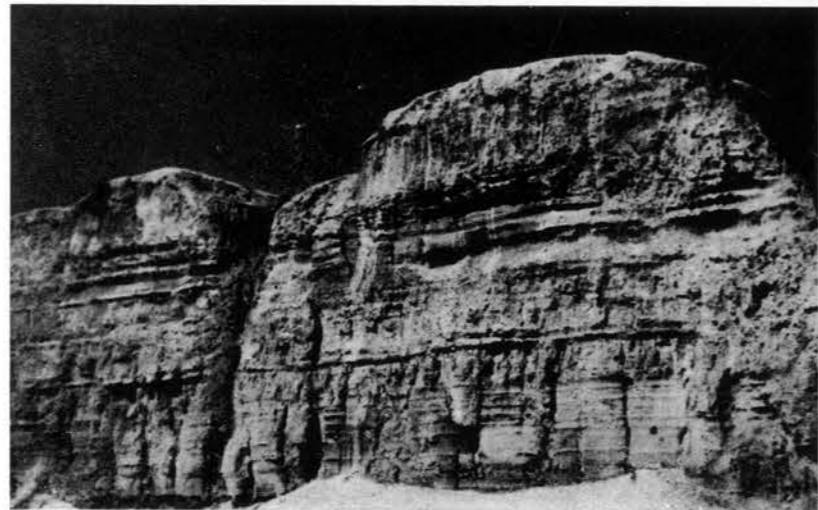
308

Нейтральный абразионный берег, образованный горизонтальнолежащими ракушечными известняками. Наземная фотография.

Под действием абразии происходит подмывание основания клифа, расширение трещин отдельности, по которым оседают крупные глыбы в несколько десятков кубических метров. В результате вдоль уступа возникают развалы глыб. На подводном склоне таких берегов также наблюдаются подводные глыбы.

309

Абразионный берег, сложенный молодыми недислоцированными и слабоцементированными песчаными отложениями. Наземная фотография.



310

Крупный полуцирковой оползень с «язычком», спускающимся к морю. Плановый аэрофотоснимок.

Осевшие и оползшие «чешуи» прослеживаются вдоль всей поверхности склона и особенно хорошо сохранили

первоначальную форму вблизи оползневого обрыва. Слабая затронутость оползневых чешуй денудацией свидетельствует о молодости оползня (А). Поскольку оползень врезан в террасы (Б, В), он моложе последних [30].



311

Крупный полусцирковой древний оползень. Плановый аэрофотоснимок.

Поверхность оползня сглажена и покрыта делювиальными отложениями, из-под которых проглядывают концентрически расположенные сползшие «чешуи» известняков. Наклоненная к морю поверхность дна оползневого цирка изрезана сухими ложбинами временных потоков [30].



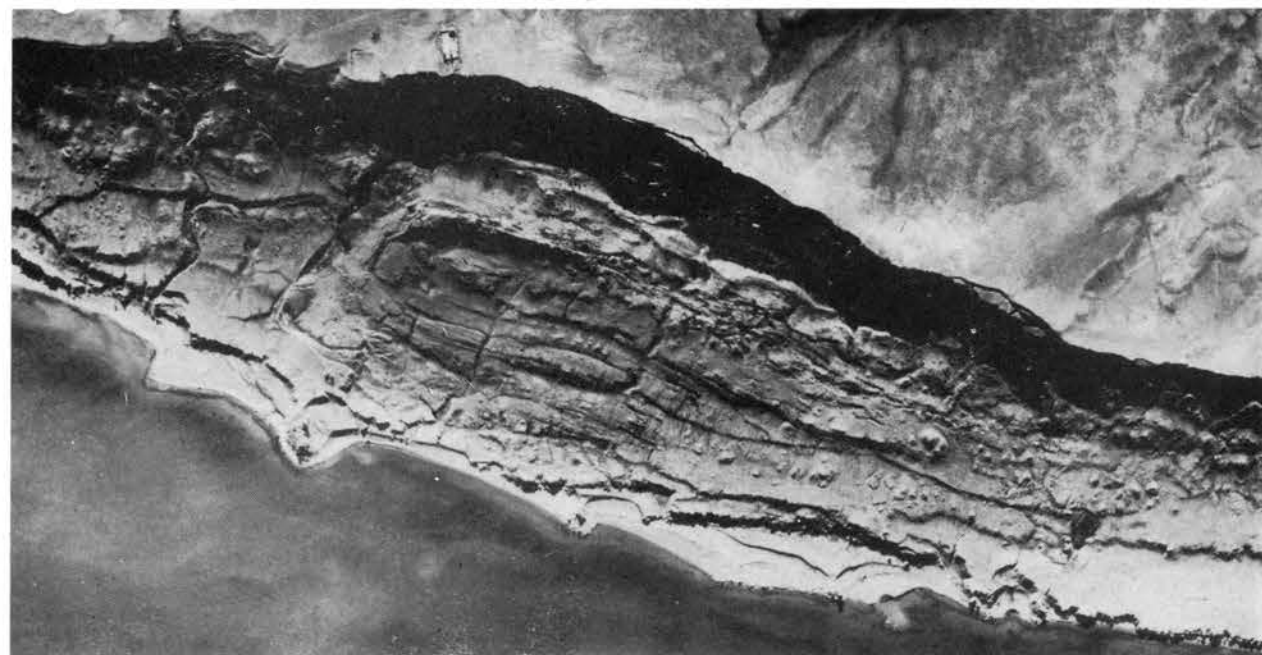
312

Оползни ступенчатого типа. Плановый аэрофотоснимок.

313

Серия оползневых ступеней (А), параллельных береговой линии моря. Плановый аэрофотоснимок.

Берег сложен слабодислоцированной толщей глин и песков с отдельными пластами устойчивых к разрушению пород.



314

Оползневый берег с многочисленными оползневыми «чешуями». Плановый аэрофотоснимок.

В правой части снимка оползни приурочены к отмершему клифу, отделенному от моря молодой террасой и широким пляжем; в левой — к активному клифу, вдоль береговой линии которого наблюдается хаотический навал крупных глыб.

315

Склон берега, осложненный древними (стабилизировавшимися) оползнями. Плановый аэрофотоснимок.

Отдельные оползневые «чешуи» (А) сглажены денудацией. Видны котловины, занятые озерами (Б), и современный абразионный клиф (В).



316

Грандиозный оползневый блок (А), за которым видна плоскость срыва оползня (Б) и осыпь (В). Перспективный аэрофотоснимок.

Породы блока в процессе оползания претерпели дробление, в результате чего в них отсутствует слоистость, четко выраженная в породах, слагающих стенку срыва оползня.

317

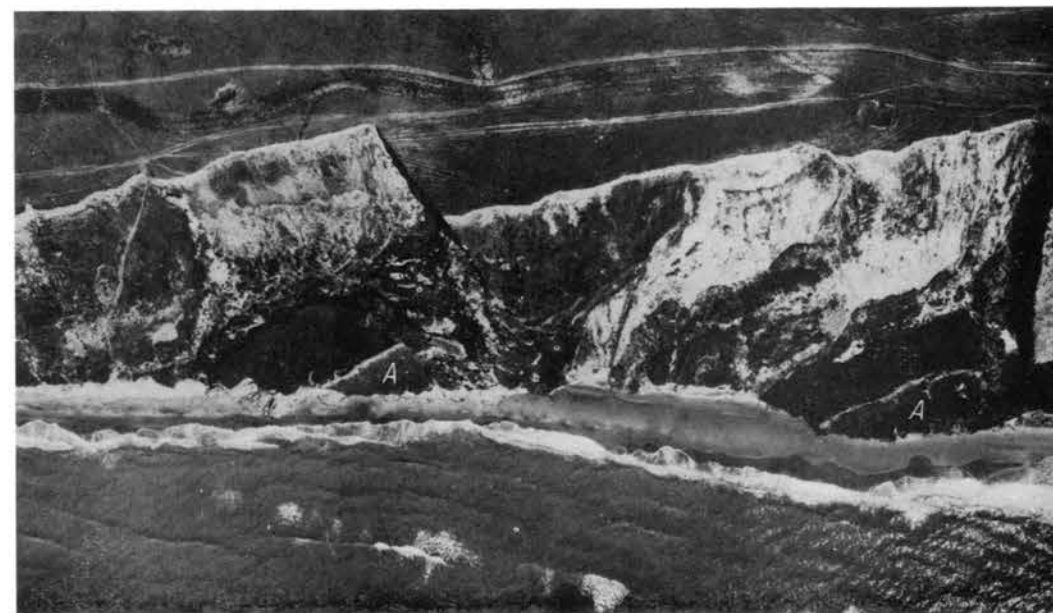
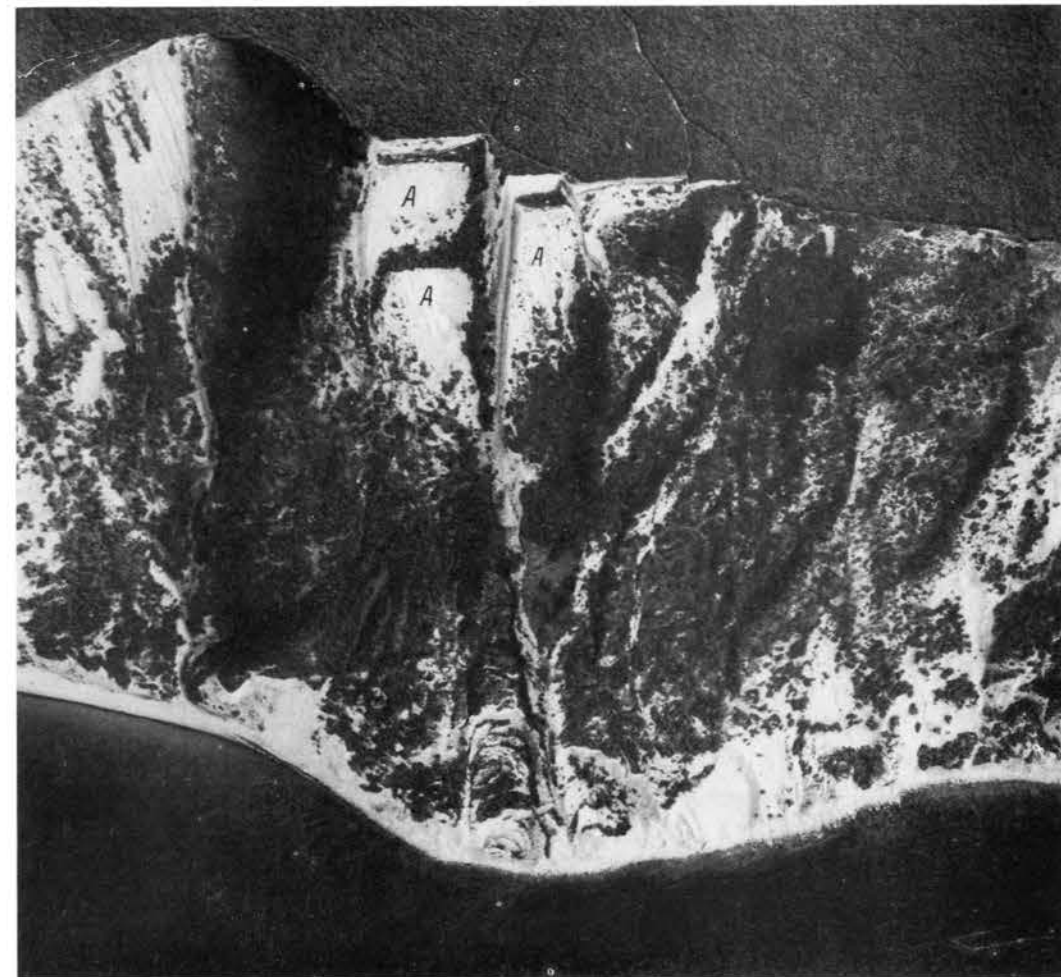
Вытянутое понижение, возникшее между стенкой срыва и телом оползня (см. рис. 316). Наземная фотография.



318

Оползневые блоки (А) во флишевой толще верхнего мела. Плановый аэрофотоснимок.

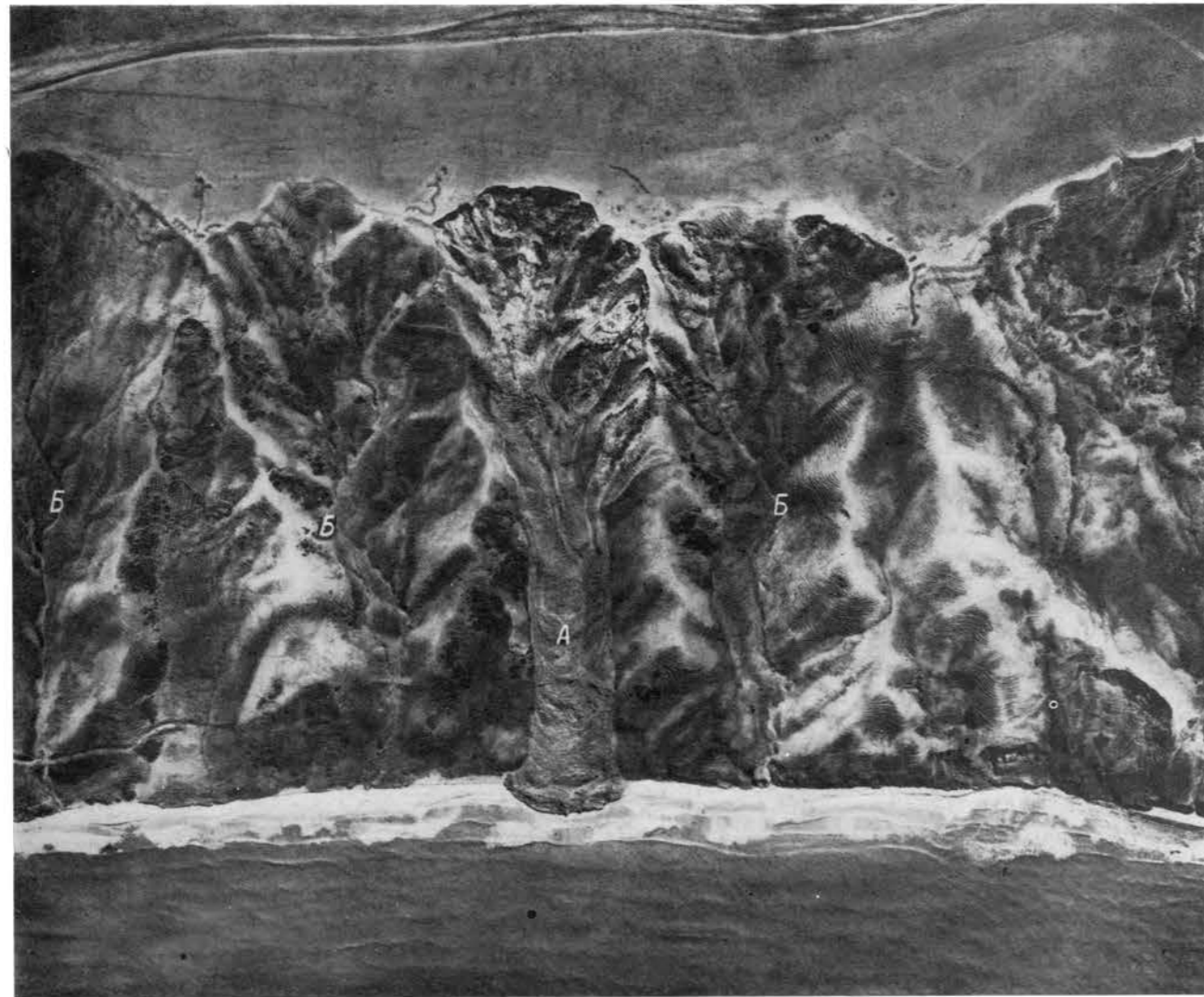
У уреза воды видны развалы глыб, вымытых из оползневой брекчии.



319

Оползневые блоки (А) в преимущественно глинистых породах. Плановый аэрофотоснимок.

Навалы глыб у уреза воды отсутствуют.



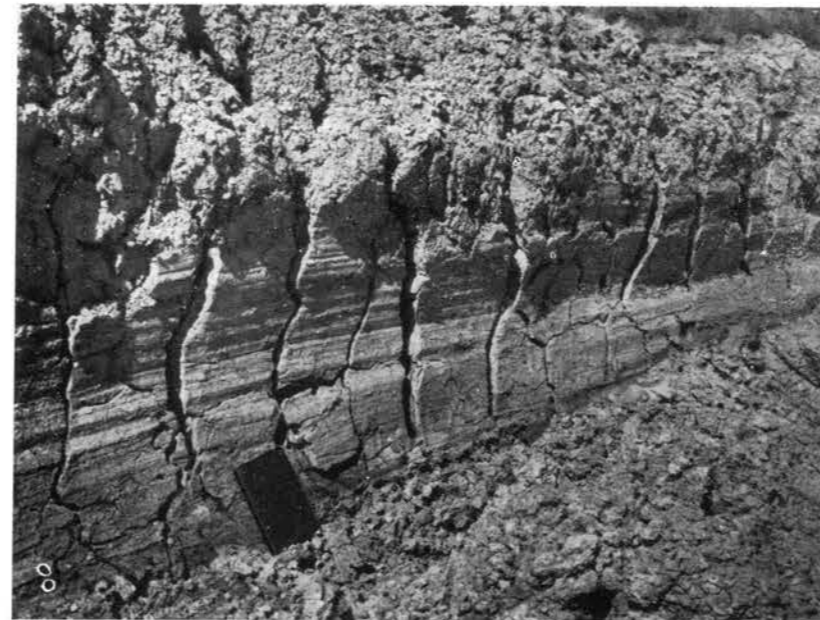
320

Молодой (А) и древний (Б) оползни глетчерного типа, сформированные в глинистых отложениях. Плановый аэрофотоснимок.

Язык молодого оползня перекрыл пляж и образовал выступающий в море мыс полукруглых очертаний.

321

Край языка оползня глетчерного типа, спустившегося в море. Наземная фотография.



322

Отшлифованная боковая стенка, ограничивающая оползень глетчерного типа. Наземная фотография.

При движении по склону оползневые массы производят эрозионное углубление в коренных глинах.

323

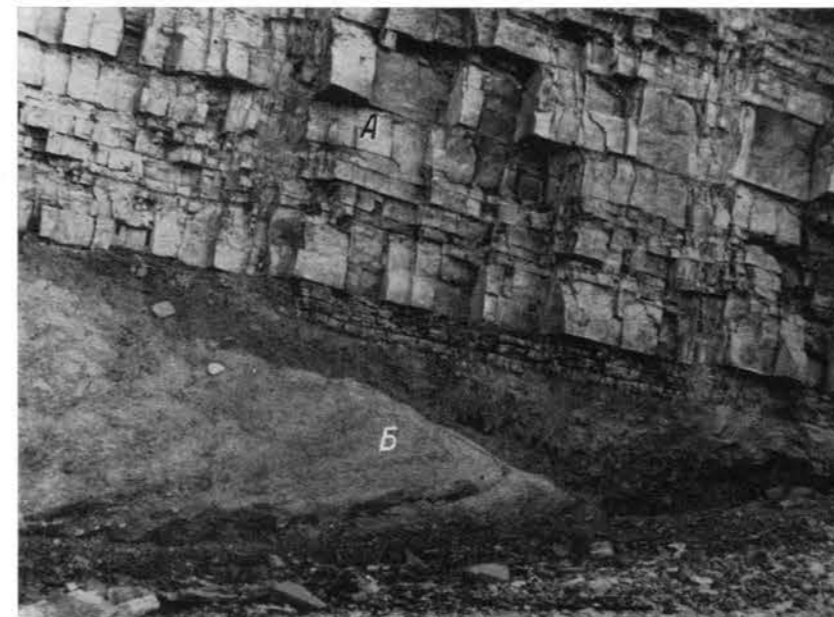
Активный абразионный клиф, выработанный в теле крупного оползня. Плановый аэрофотоснимок.

Хорошо видны развалы глыб у подножия клифа.

324

Деталь клифа, выработанного в оползневом теле. Наземная фотография.

Хорошо видна оползневая глыба (А) с ненарушенным залеганием коренных пород, движение которой предопределило формирование мелкой складчатости (Б) в подстилающих оползень глинистых осадках.

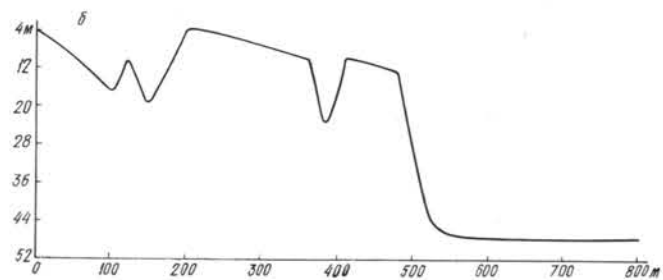




325

Рельеф дна, характерный для оползневых берегов, с древними, ныне затопленными оползневыми телами. Плановый аэрофотоснимок (а) и эхолотный профиль (б).

А — оползневые глыбы, Б — межглыбовые выровненные участки. Подобное строение дна характерно для многих участков побережья, осложненных древними и современными оползнями.



БЕРЕГА, ОСЛОЖНЕННЫЕ ГРЯЗЕВЫМИ ВУЛКАНАМИ

326

Грязевой вулкан, определивший дугообразный изгиб береговой линии в сторону моря. Плановый аэрофотоснимок.

Для береговой линии здесь характерен абразионный клиф, тогда как по обе стороны от вулкана наблюдаются широкие аккумулятивные террасы и пляжи.



327

Очертания береговой линии, обусловленные потоками сопочной брекчии (А), отходящими от кратера грязевого вулкана (за пределами снимка). Плановый аэрофотоснимок.

328

Характер абразионных берегов, сложенных сопочной брекчией грязевых вулканов. Наземные фотографии.

Для пляжа и подводного склона таких берегов характерны угловатые обломки и огромные глыбы различного петрографического состава, вымытые из сопочной брекчии (а). В отложениях сопочной брекчии, слагающей активный клиф, иногда хорошо выражена столбчатая отдельность (б).



329

Абразионный берег острова, представляющего собой сохранившийся от размыва остаток конуса грязевого вулкана. Наземная фотография.



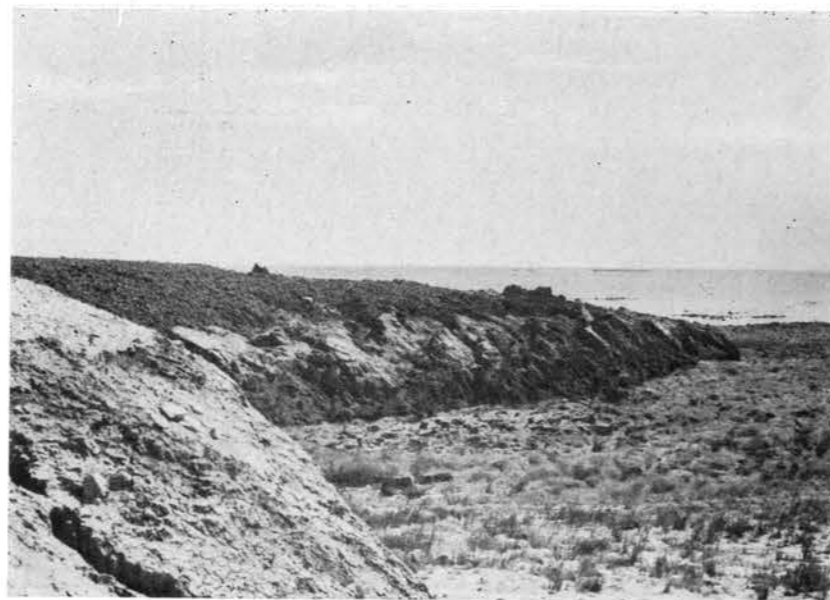
330

Угловатые глыбы устойчивых к разрушению пород, отпрепарированные абразией из сопочной брекчии грязевых вулканов. Наземная фотография.

А — действующая сальза с постоянным выделением газа и выбросами пелитового материала, свидетельствующая о продолжающемся здесь проявлении грязевого вулканизма.

331

Поток молодой сопочной брекчии, спускающейся к морю. Наземная фотография.

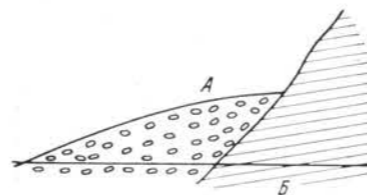


ПЛЯЖИ АБРАЗИОННЫХ БЕРЕГОВ

332

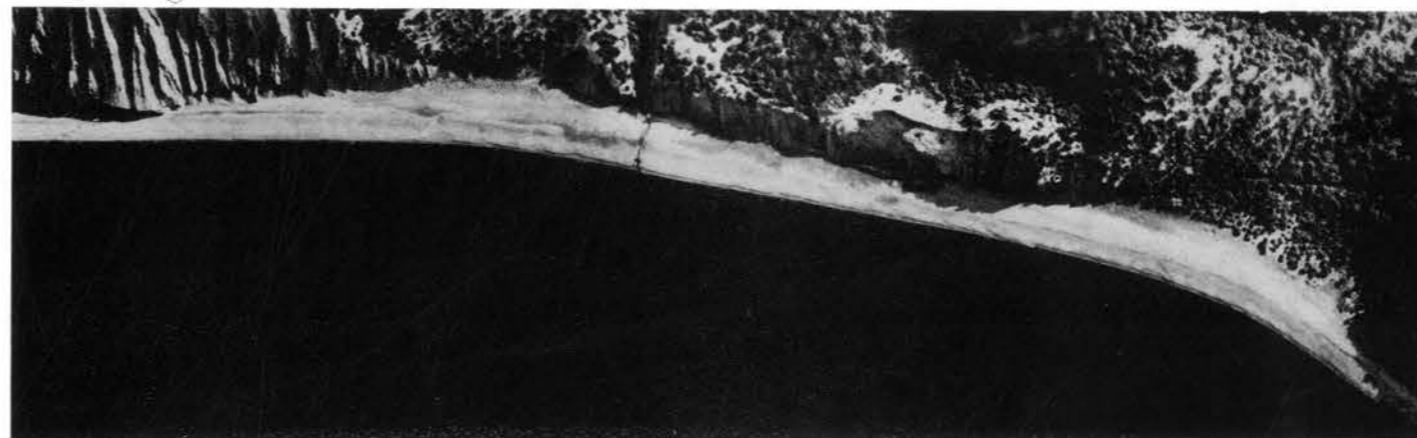
Схема односклонного прислоненного (неполного) пляжа.

А — пляжевый материал; Б — коренные породы.



333

Галечно-гравийный односклонный прислоненный пляж с береговыми валами, протягивающийся вдоль активного клифа. Плановый аэрофотоснимок.



334

Галечный пляж с двумя береговыми валами перед активным клифом. Наземная фотография.

Высокий вал (А) сформирован штормовыми волнами, более низкий береговой (Б) возник при умеренном волнении.





335

Фрагмент гравийно-галечного пляжа. Наземная фотография.



336

Валунный пляж у абразионного (тектонически поднимающегося) берега. Наземная фотография.

Среди валунных образований характерны выходы коренных пород.



337

Береговой вал, образованный выбросами морской травы, на глыбово-галечном пляже. Наземная фотография.

Скопления морской травы на абразионных берегах встречаются редко и приурочены только к участкам, защищенным от сильных волнений (в заливах, проливах и т. п.).



338

Развал глыб у нейтрального абразионного берега, сложенного массивными ракушечными горизонтальнолежащими известняками. Наземная фотография.

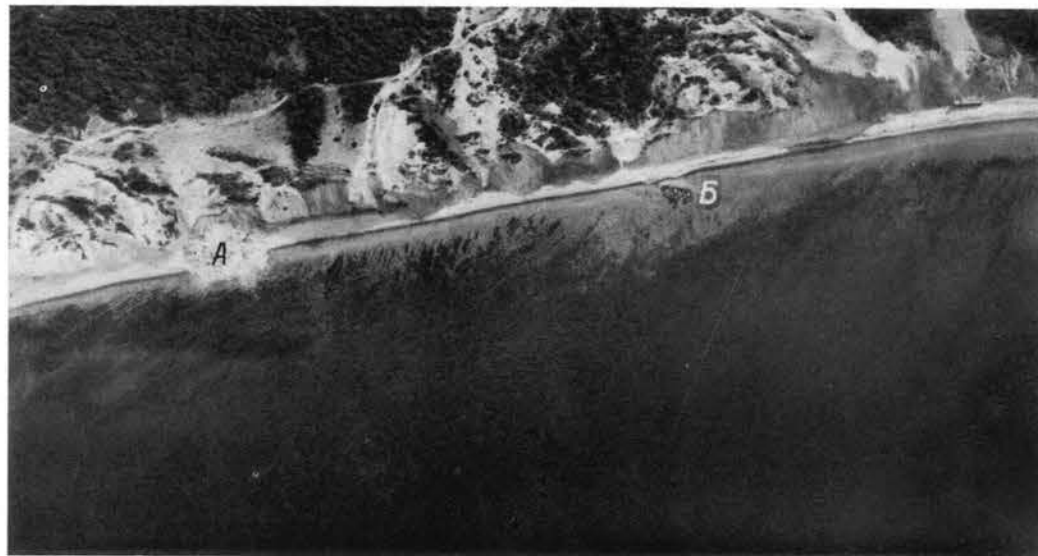
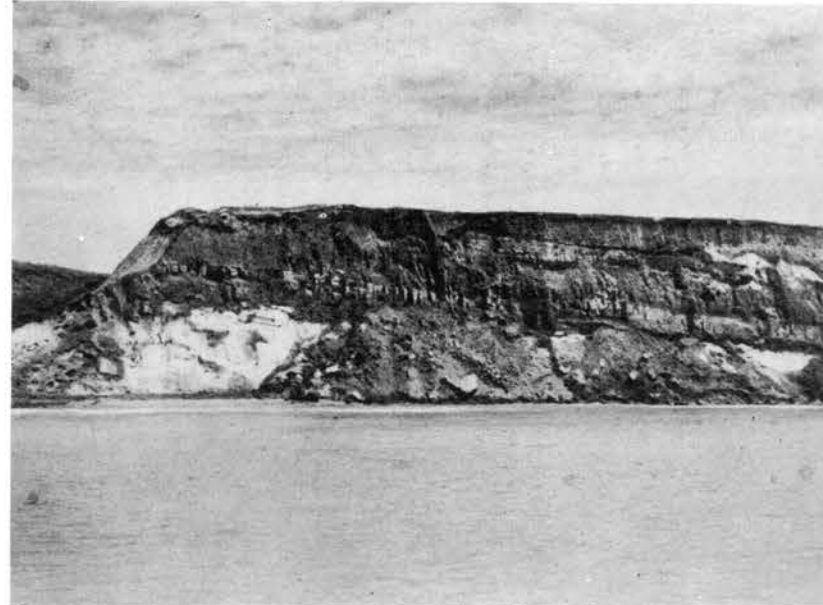
339

Обвальная брекчия у активного абразионного клифа. Наземная фотография.

340

Крупный обвал с абразионного клифа. Плановый аэрофотоснимок.

Обвал вызвал возникновение временно существующего мыса (А). Свидетельством аналогичного обвала, но в настоящее время уже размытого, является хаотическое нагромождение глыб на подводном склоне, часть из которых поднимается над поверхностью воды (Б).



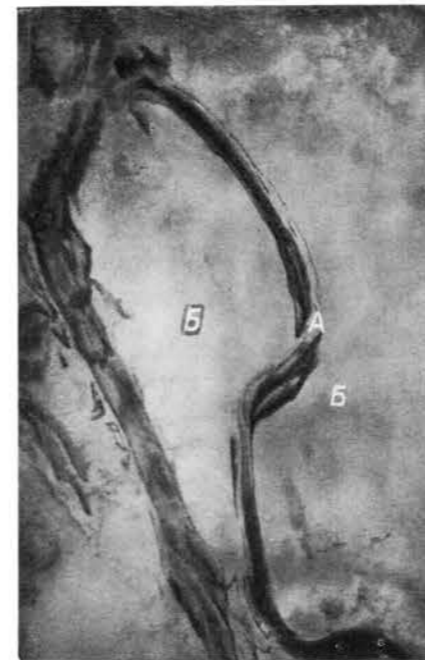
Навалы полуокатанных глыб, вымытых из сопочной брекчии. Наземная фотография.



342

Затопленное меандрирующее речное русло, заполненное илстыми отложениями, заросшими подводной растительностью *Zostera nana*. Плановый аэрофотоснимок.

Русло (А) окружено поем песчано-ракушечных отложений (Б). Образование подобных русел возможно только в наземных условиях, поэтому их современное подводное положение является верным признаком трансгрессии и предшествующего более низкого стояния уровня бассейна. Глубина моря 4 м.



343

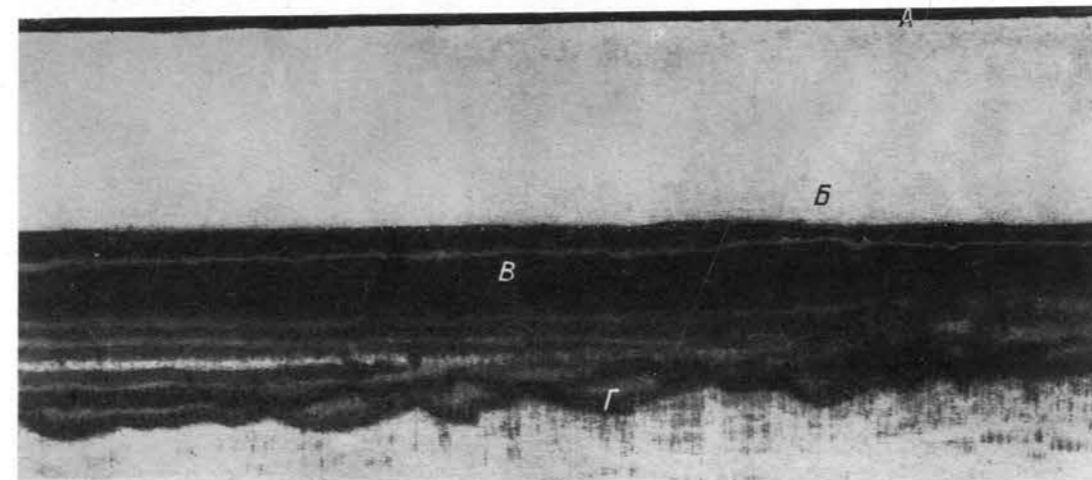
Затопленная речная дельта, свидетельствующая о трансгрессии моря или недавнем более низком стоянии уровня бассейна. Плановый аэрофотоснимок.

Рукава дельты заполнены илстыми осадками. Окружающие участки дна сложены ракушей. Глубина моря 4 м.

344

Эхограмма геолокатора, анализ которой позволяет установить признаки трансгрессий и недавнего более низкого стояния уровня моря.

А — уровень моря; Б — поверхность дна; В — толщина современных отложений; Г — погребенный рельеф. Хорошо виден погребенный под современными осадками рельеф коренных пород, формирование которого могло произойти только в наземных условиях. По вертикальному масштабу эхограммы представляется возможным определить минимальную амплитуду трансгрессии, величина которой в данном случае достигала 30 м.





345

Аккумулятивный берег тектонически погружающегося участка, формирующийся в условиях некомпенсированного осадконакопления. Плановый аэрофотоснимок.

Увеличение глубин моря, вызванное погружением некомпенсированным осадконакоплением, предопределило

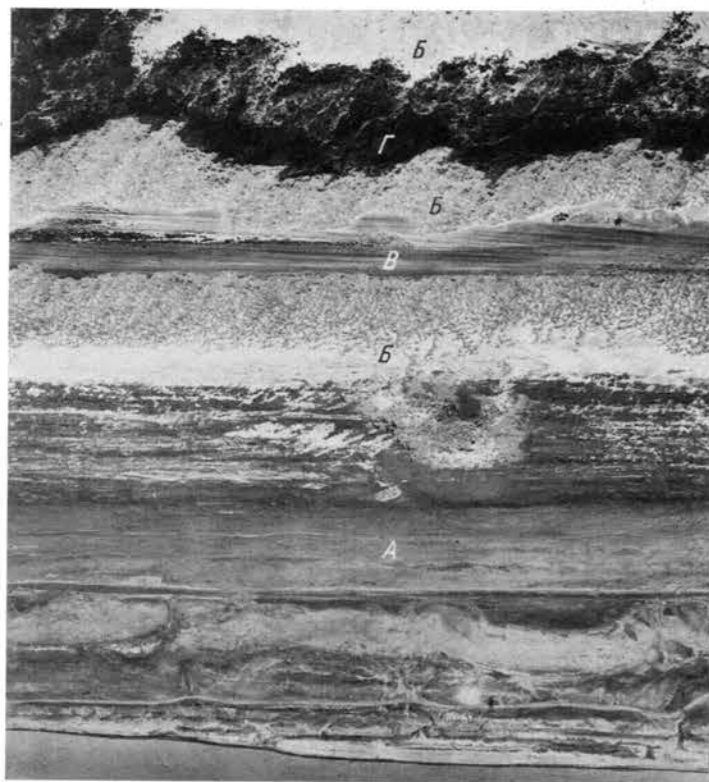
воздействие волн на берег с мало-растроченной энергией, что привело к размыву отложений, его слагающих, и формированию берегового откоса размыва. В отличие от типичных абразивных уступов (клифов) откос размыва сложен молодыми рыхлыми осадками.



346

Откос размываемого берега, сложенного рыхлыми отложениями (см. рис. 345). Наземная фотография.

ВЫРОВНЕННЫЕ АККУМУЛЯТИВНЫЕ БЕРЕГА



348

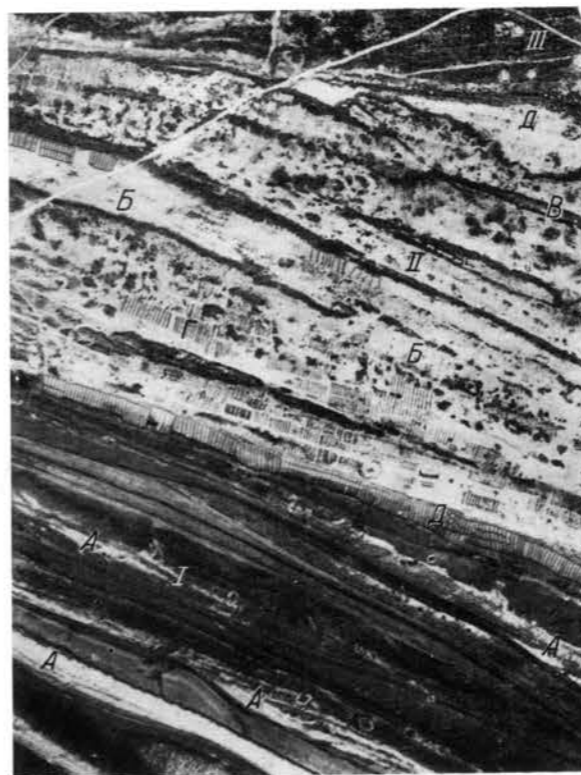
Выровненный берег с двумя аккумулятивными террасами. Плановый аэрофотоснимок.

I — молодая терраса со слабоизмененной поверхностью; II — древняя терраса с поверхностью, осложненной золовыми формами и частично покрытой растительностью.

347

← Выровненный аккумулятивный берег, свидетельствующий о регрессии бассейна. Плановый аэрофотоснимок.

Молодая аккумулятивная терраса (A) недавно освободилась от водного покрова. Берег приурочен к синклинорию, испытывающему современное погружение, а значительный прирост суши объясняется регрессией моря, темп которой превосходит темп погружения. Серия перевенных береговых валов (баров) осложняет поверхность более древней террасы (B). Валу разделены межваловыми понижениями (B), часть которых покрыта болотной растительностью (Г). Вероятно, в прошлом эти понижения являлись лагунами.



349

Небольшой участок выровненного берега с тремя террасами. Плановый аэрофотоснимок.

I — молодая терраса, сложенная мелкозернистыми песками; поверхность ее осложнена редкими береговыми валами (A); II — средняя терраса, образованная серией перевенных валов (B), понижения между которыми заболочены или заняты солончаками (B); к ней приурочены бахчи (Г); III — высокая терраса, с поверхности перекрытая делювиальными суглинками. На снимке четко выделяются древние береговые линии (D).

350

Выровненный берег с тремя аккумулятивными террасами. Перспективный аэрофотоснимок.

I — молодая низкая терраса, возникшая при недавней регрессии бассейна; II — средняя терраса, поверхность которой осложнена золовыми формами, частично покрытыми растительностью; III — высокая терраса, занятая полями. Все террасы отделены друг от друга уступами (A), выработанными в рыхлых отложениях.

351

Выровненный аккумулятивный берег, сложенный мелкозернистым детритовым песком. Наземная фотография.

Виден изрезанный микроуступ, возникший в результате воздействия волн на песчаный берег в период шторма.



352

Волновая рябь в зоне заплеска на отмелем песчаном берегу. Наземная фотография.

353

Две генерации береговых валов на выровненном аккумулятивном берегу. Плановый аэрофотоснимок.

Молодая генерация (А) береговых валов отличается свежестью форм и срезает более древние (Б) береговые валы под углом. Последние претерпели некоторые изменения — потеряли правильную форму валов и частично покрылись растительностью. На морском дне вблизи береговой линии видны подводные пересекающиеся песчаные валы, возникшие под влиянием волн противоположных направлений.



354

Береговые валы, сложенные ракушей вдоль выровненного аккумулятивного берега. Наземная фотография.

355

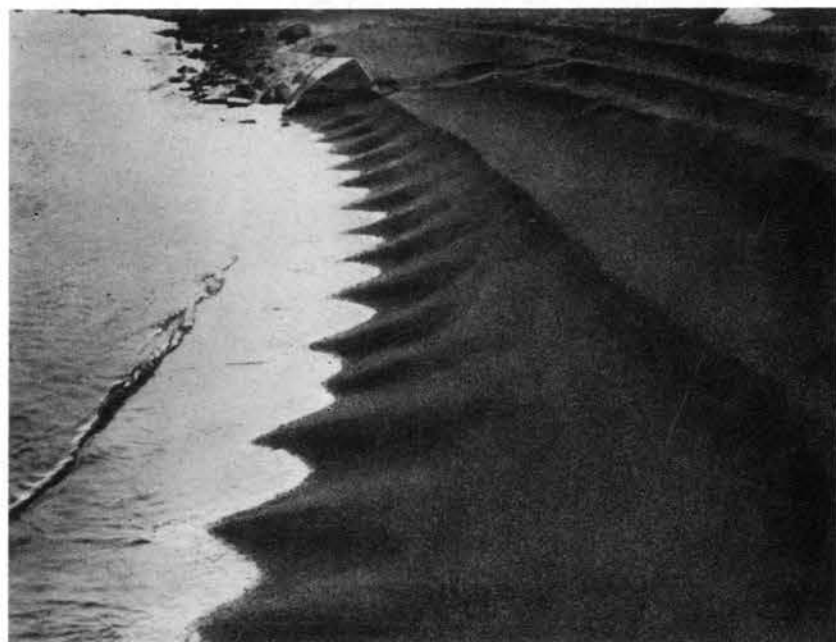
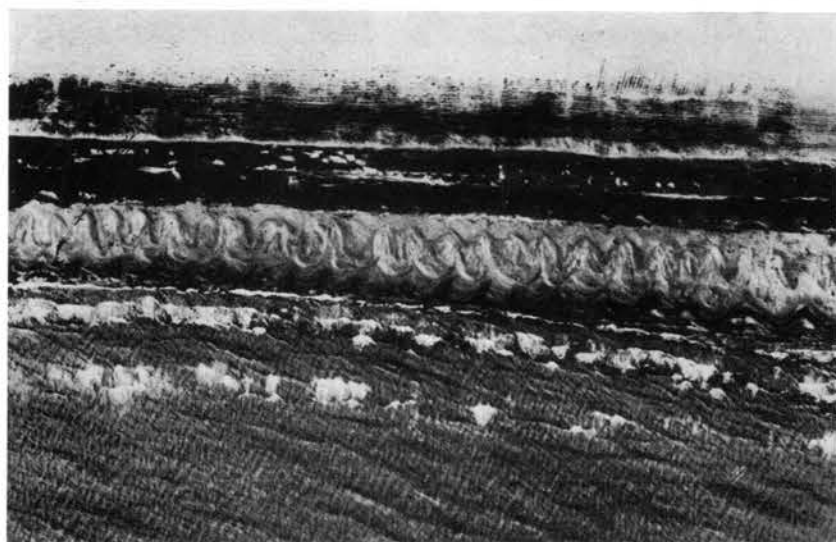
Два ряда пляжевых фестонов с мысами полукруглой формы и клиновидными бухтами. Плановый аэрофотоснимок.

Характерно, что мысы и бухты более молодого ряда местами смещены относительно более древнего.

356

Пляжевые фестоны в песчаных отложениях. Наземная фотография.

Хорошо виден характер заплеска волн на берег.

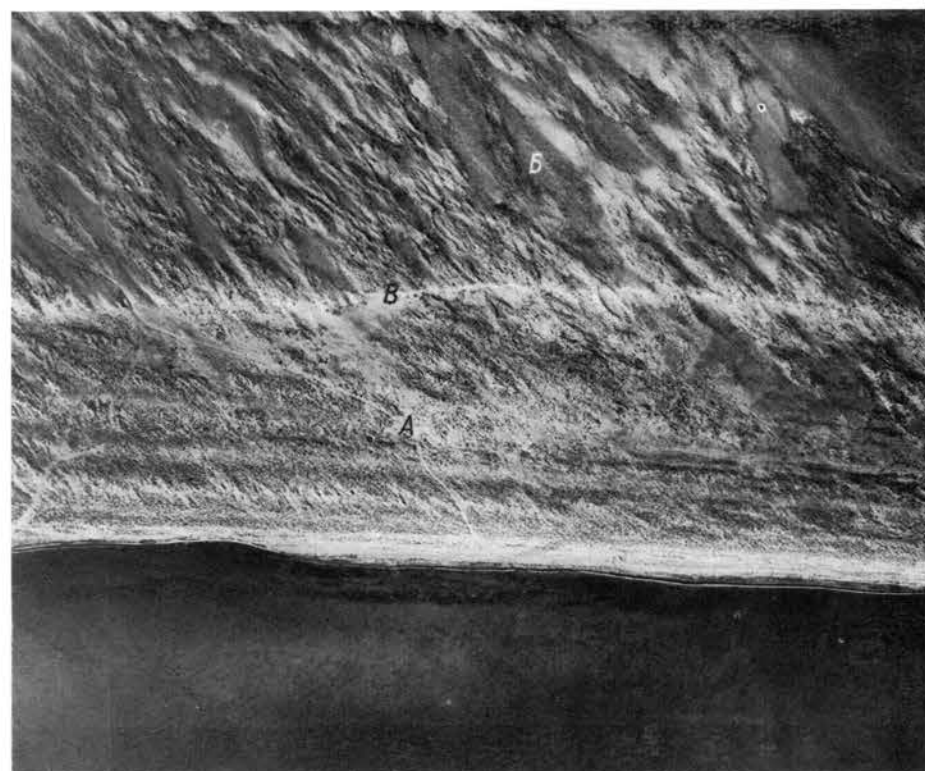


АККУМУЛЯТИВНЫЕ БЕРЕГА, ОСЛОЖНЕННЫЕ
ЭОЛОВЫМИ ФОРМАМИ РЕЛЬЕФА

357

Выровненный аккумулятивный берег с двумя террасами, поверхность которых сильно осложнена эоловыми формами рельефа. Плановый аэрофотоснимок.

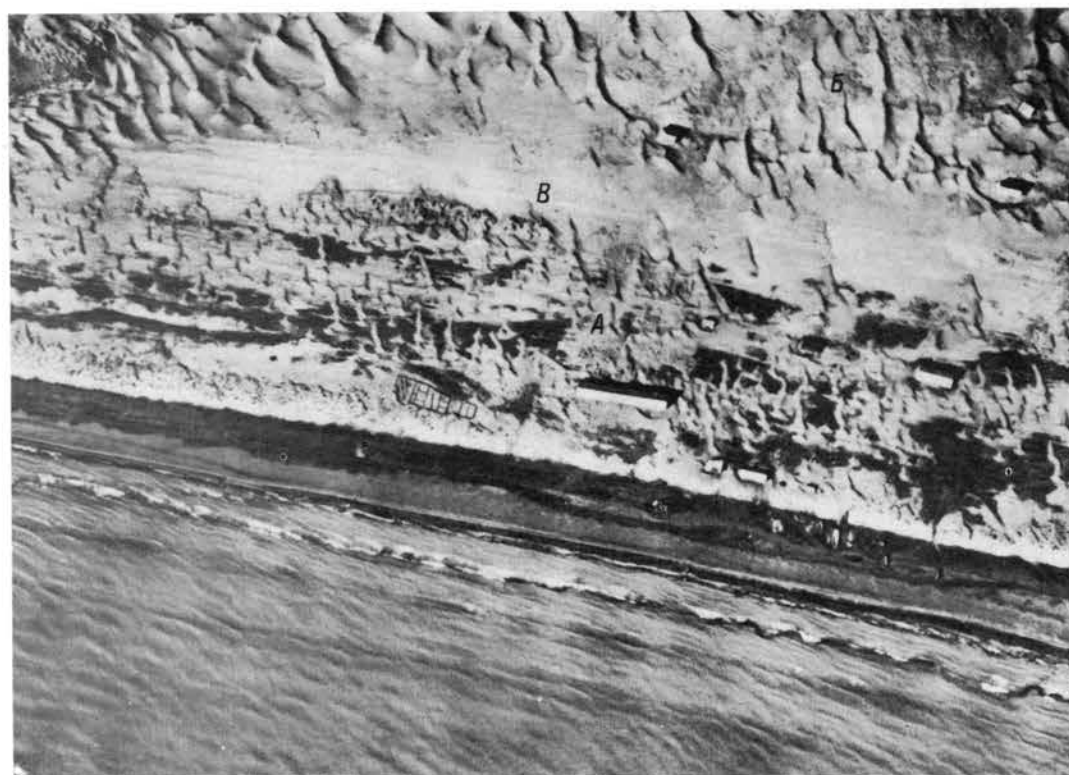
А — первая (низкая) терраса; Б — вторая (высокая) терраса; В — террасовый уступ, перекрытый эоловыми песками.



358

Выровненный аккумулятивный берег. Плановый аэрофотоснимок.

А — молодая (современная) терраса; Б — поверхность древней террасы, осложненная барханами; В — уступ древней террасы.



359

Прибрежные эоловые пески, засыпающие строения. Наземная фотография.

360

Песчаные бугры, закрепленные растительностью. Наземная фотография.

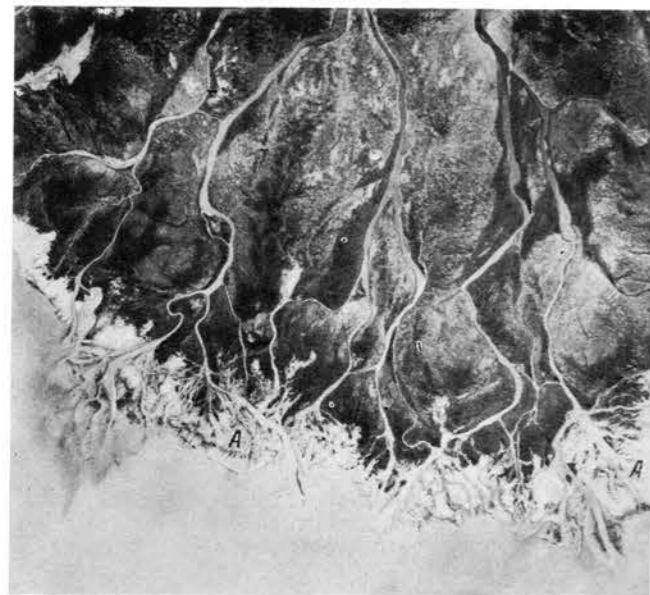
361

Кучугуры, осложняющие пересыпь. Плановый аэрофотоснимок (а) и наземная фотография (б).

362

Фрагмент много рукавной мелколопастной дельты, сформированной на отмеле устьевом участке взморья при значительном твердом стоке, компенсирующем тектоническое погружение. Плановый аэрофотоснимок. Хорошо видна полоса вновь сформированного края дельты, отличаю-

щаяся отсутствием растительности (А). Для этой полосы характерно сильное ветвление русел с образованием многочисленных рукавов, островов, култуков, ериков, приустьевых кос и т. п., определяющих мелкое, но интенсивное расчленение края дельты.



363

Лопатная дельта, далеко выдвинутая в акваторию и сформированная на отмеле приустьевом участке при значительном твердом стоке, компенсирующем тектоническое погружение. Плановый аэрофотоснимок.



364

Клювовидная дельта, формирующаяся на открытом приглубом морском берегу. Плановый аэрофотоснимок.

Достаточно сильные волны с равнодействующей, заметно не отклоняющейся от нормали, в случае бифуркации потока в состоянии забить одно из русел рыхлым материалом. Поэтому этого типа дельты часто имеют одну рукавную русла. Река строит локализованный выступ, сильно подвергающийся воздействию волн, вследствие чего большая часть аллювиального материала смещается в стороны от устья и идет на создание двух «фланговых» кос. Характерно образование фланговых баров (А), отделяющих лагуны (В). Видны древние, ныне переветренные бары (В). Клювовидные дельты, вероятно, часто приурочены к тектонически погружающимся побережьям с некомпенсированным осадконакоплением.



365

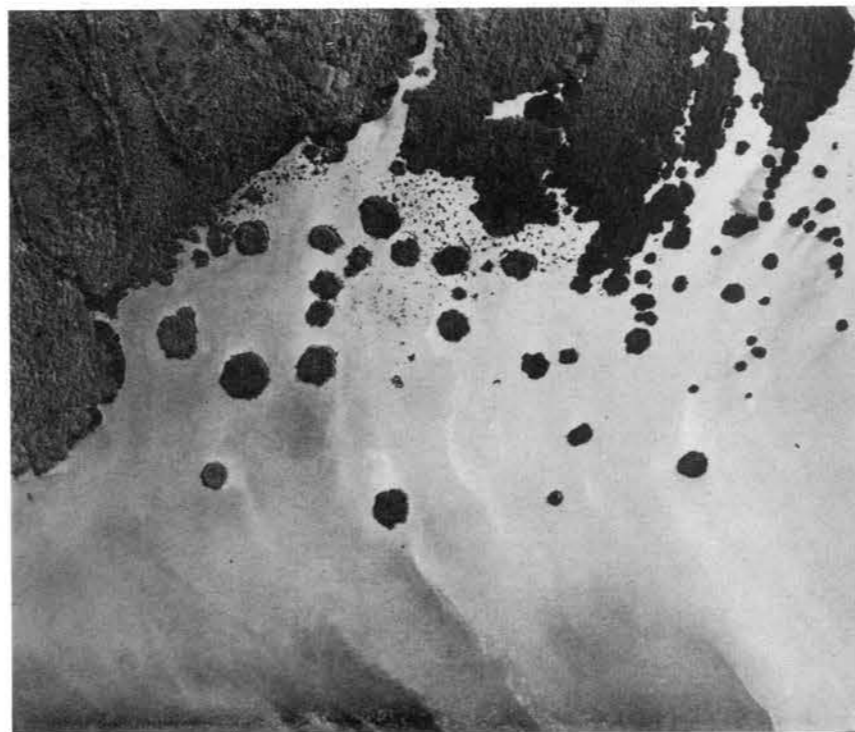
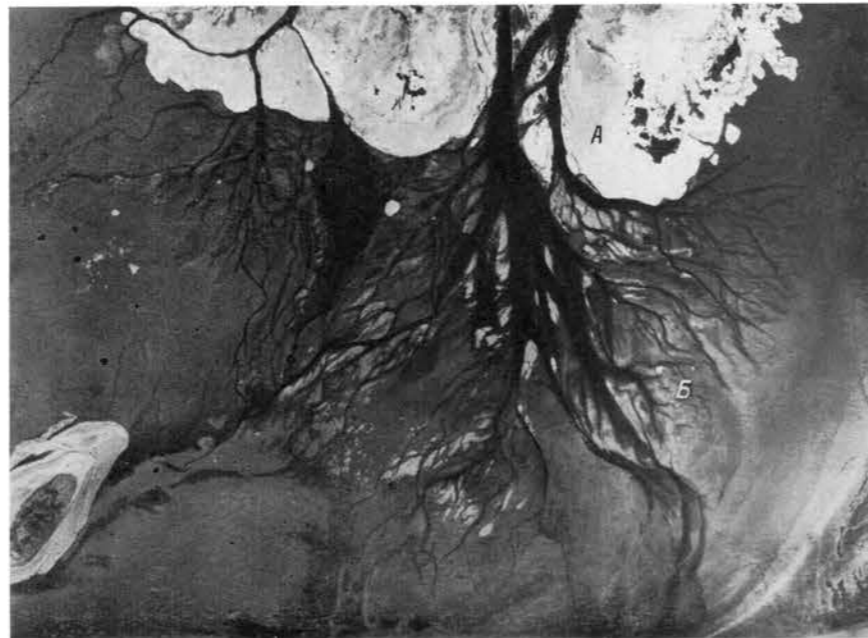
Много рукавная, выдвинутая в море дельта (А) с округлым морским краем. Плановый (а) и перспективный (б) аэрофотоснимки.

Край дельты располагается в пределах приглубого устьевом взморья, вследствие чего подвергается действию волн с большим запасом энергии. Волны препятствуют значительному выдвиганию в море приустьевых кос отдельных рукавов. Материал, выносимый реками, распределяется волнами по внешнему краю дельты. У последнего образуются бары, отделяющие лагуны. Сочетание баров и приустьевых валов создает ячеистый рельеф.



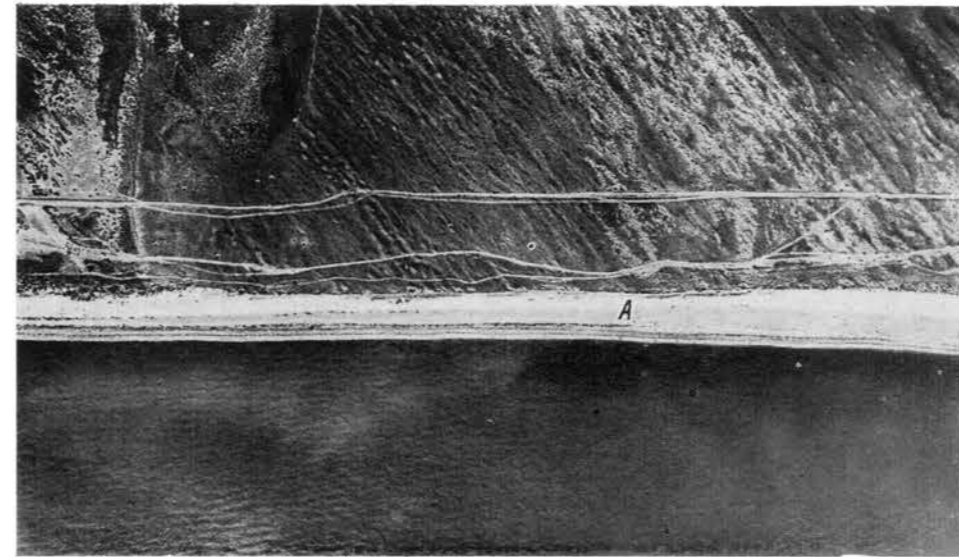
Дельта в лагунах приливных морей. Плановый аэрофотоснимок Камчатской экспедиции Лаборатории аэрометодов.

Дельты этого типа часто характеризуются наличием ветвящихся подводных русел. А — дельта; Б — подводные ветвящиеся русла.



Фрагмент края дельты с многочисленными фитогенными островками, образованными зарослями тростника. Плановый аэрофотоснимок.

Тростник появляется иногда в море на отмелях, удаленных на 1,5 км от морского края дельты. Заросли куртин тростника имеют среднюю отметку 0,25 м над уровнем воды.



368

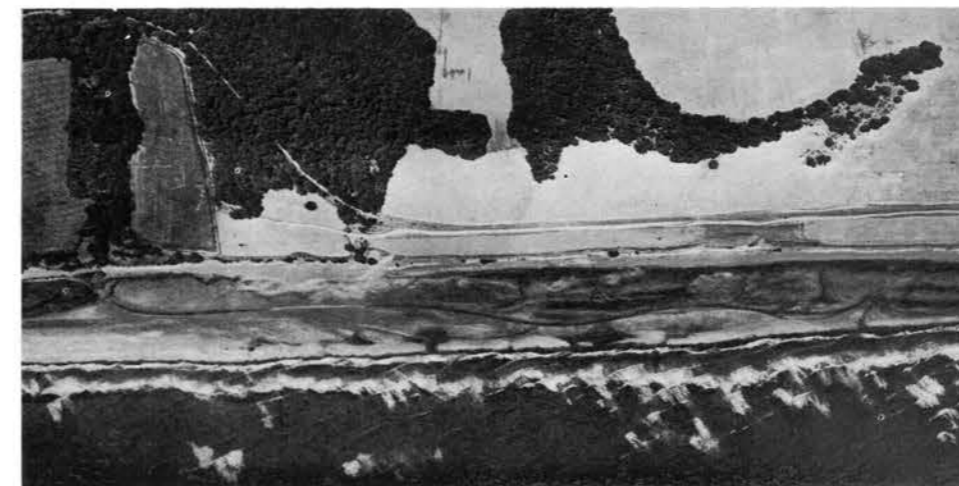
Надводная терраса, сложенная ракушкой и детритусовым песком (А). Плановый аэрофотоснимок.

Состав отложений террасы свидетельствует о донном питании и преимущественно поперечном перемещении материала. Терраса осложнена береговыми валами, простирающимися параллельно тыловому шву террасы и береговой линии моря.

369

Надводная терраса, сложенная минеральными песками с небольшой примесью ракушечного материала. Плановый аэрофотоснимок.

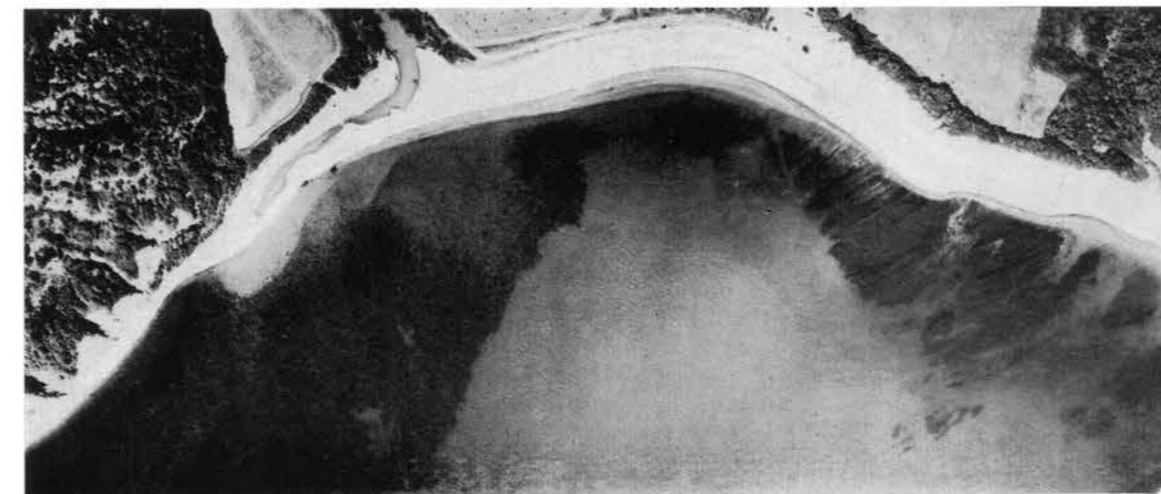
Состав песков доказывает наличие вдольберегового питания при незначительном участии поперечного (донного) перемещения материала.



370

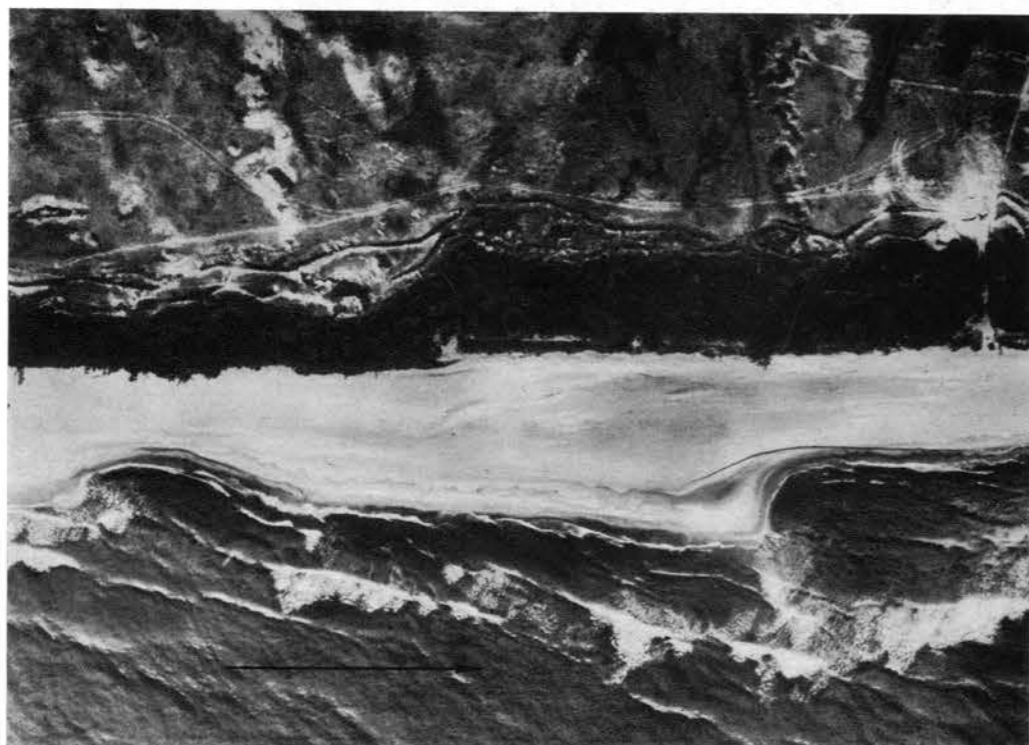
Терраса выполнения вогнутости берега. Плановый аэрофотоснимок.

Отклонение устья реки на запад свидетельствует о результирующем вдольбереговом движении материала с востока на запад.



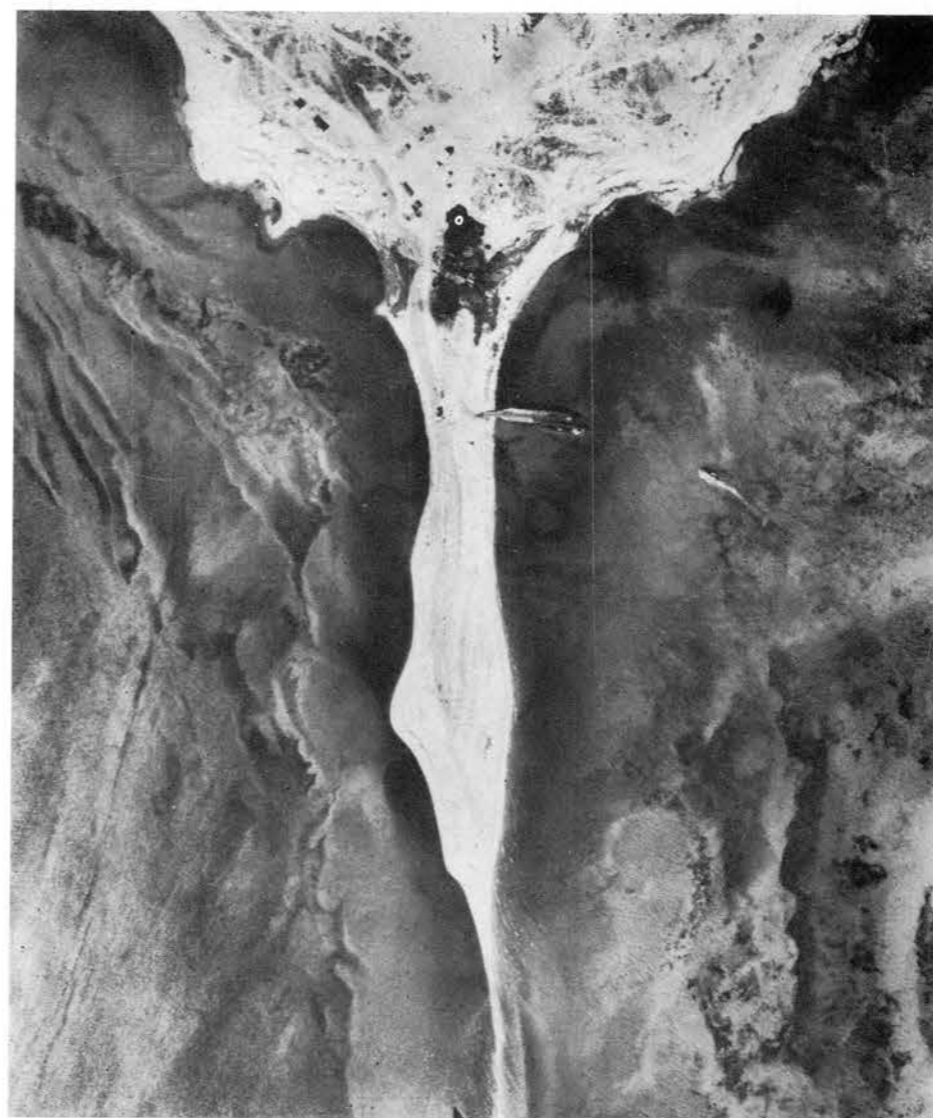
371

Симметричный выступ, или наволок, формирующийся в результате двухстороннего вдольберегового питания. Плановый аэрофотоснимок.



372

Асимметричные выступы, или наволоки, формирующиеся при преобладающем юго-западном волнении, вызывающем результирующее вдольбереговое перемещение материала с запада на восток. Плановый аэрофотоснимок.



373

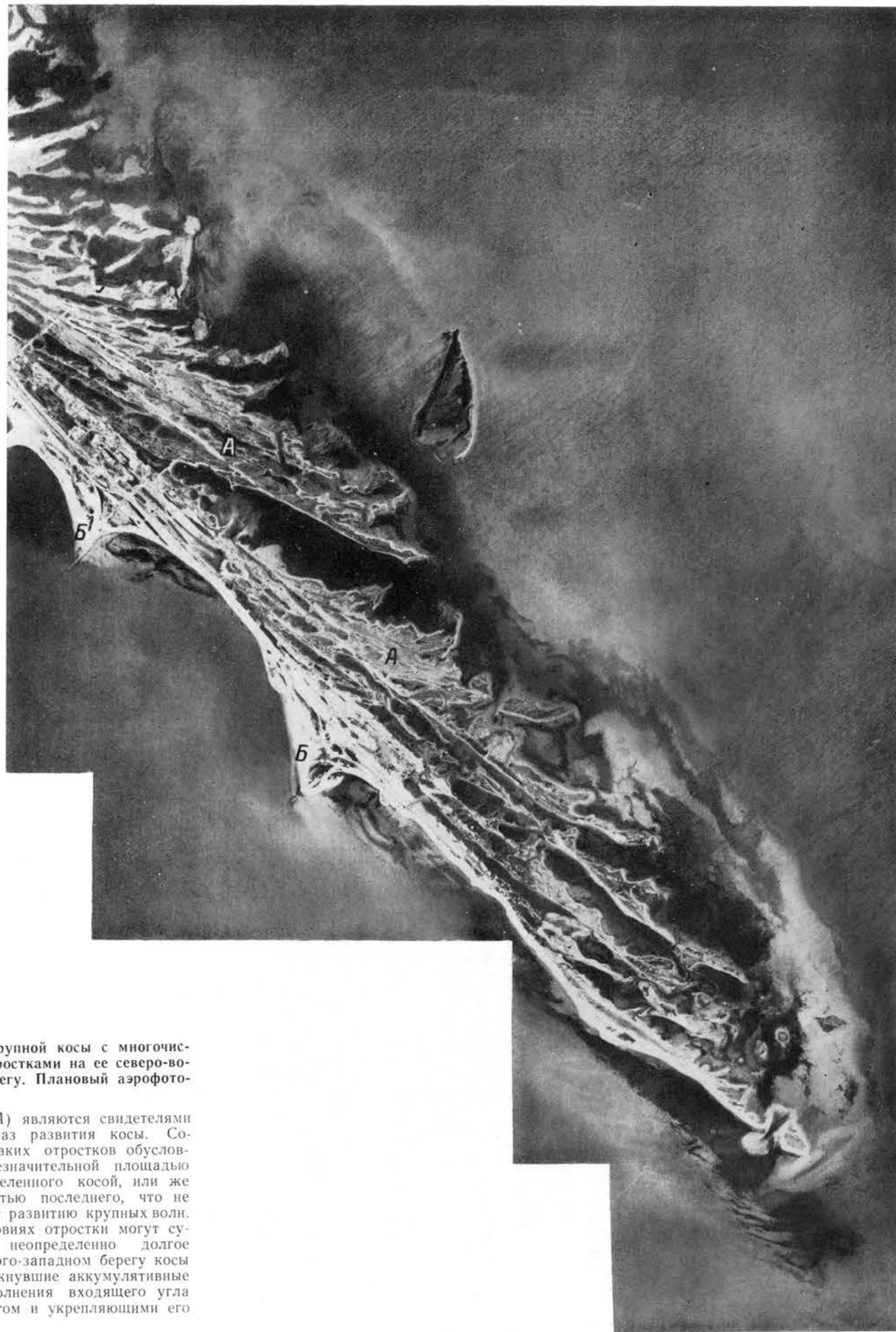
Аккумулятивная терраса, сформировавшаяся в результате заполнения входящего угла, образованного берегом и дамбой (А). Плановый аэрофотоснимок.

Наибольшее скопление материала наблюдается к западу от дамбы, что свидетельствует о преобладающем вдольбереговом перемещении материала с запада на восток. Менее широкая терраса наблюдается к востоку от дамбы. Она формируется под влиянием более редких волн северо-восточного направления.

374

Стрелка, возникшая на южном берегу грязевулканического острова в результате двухстороннего питания при волнении и течениях, имеющих преобладающее направление с севера на юг. Плановый аэрофотоснимок.

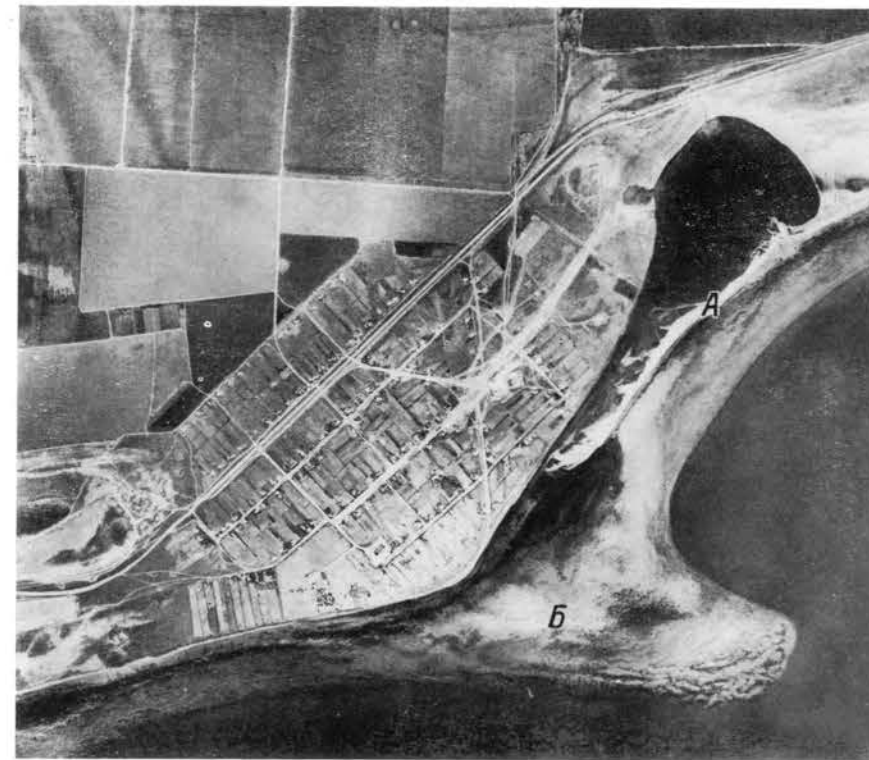
Остров защищает участок роста стрелки от волн и течений преобладающих направлений, что и предопределяет аккумуляцию материала на площади стрелки. Ясно выраженные на стрелке валы и значительное участие в ее строении ракушки (донного материала) свидетельствуют о существовании наряду с продольным потоком наносов поперечного перемещения материала, вызванного более редкими волнами восточного и западного направлений.



375

Фрагмент крупной косы с многочисленными отрогками на ее северо-восточном берегу. Плановый аэрофотоснимок.

Отрогки (А) являются свидетелями прошлых фаз развития косы. Сохранность таких отрогков обусловлена или незначительной площадью залива, отделенного косой, или же мелководностью последнего, что не способствует развитию крупных волн. В этих условиях отрогки могут существовать неопределенно долгое время. На юго-западном берегу косы видны примкнувшие аккумулятивные формы заполнения входящего угла между берегом и укрепляющими его бунами (Б).



376

Коса-бар. Плановый аэрофотоснимок.

Коса-бар (А) образовалась в результате регрессии моря и выхода из-под воды подводного бара. Окончательная моделировка косы обусловлена нарастанием ее в восточном направлении и формированием отрогков на внутренней стороне. Поверхность молодой террасы (Б), возникшей при регрессии моря, характеризуется наличием прерывающихся валов — в прошлом баров (1), разделенных понижениями — ныне осушенными лагунами (2).

377

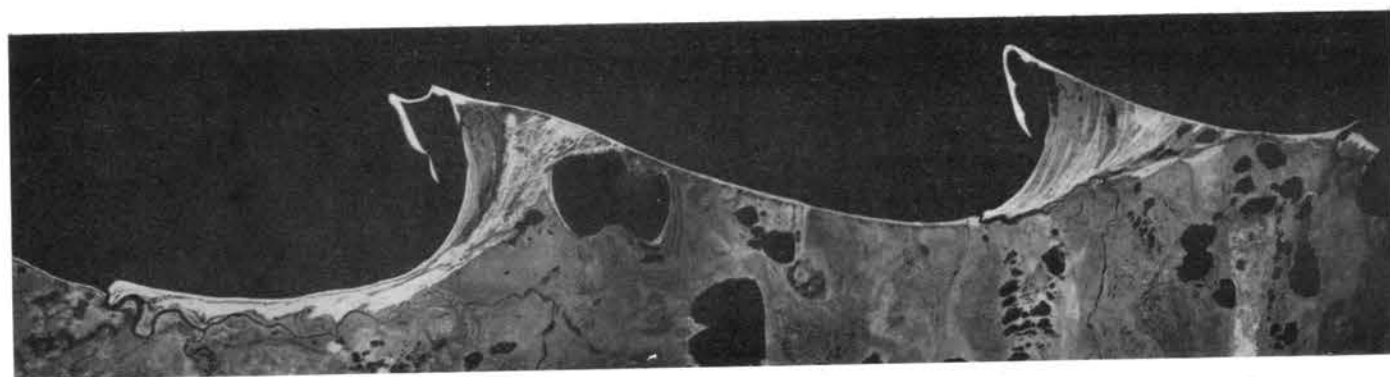
Коса (А) и подводный асимметричный выступ-наволок (Б). Плановый аэрофотоснимок.

Коса образовалась в результате падения емкости потока наносов за северо-восточным мысом небольшого залива. Расположение косы свидетельствует о том, что на данном участке берега преобладает перемещение наносов с северо-востока на юго-запад. Асимметричный подводный наволок ориентирован с запада на восток. Он блокирует северо-восточную часть побережья от волнений западного, юго-западного и южного направлений, чем, очевидно, и определяется местное преобладающее движение наносов к северу от него в юго-западном направлении, за счет которого формируется коса.

378

Косы, образовавшиеся при переменном воздействии волн двух систем противоположных направлений с примерно одинаковой повторяемостью и одинаковыми параметрами. Плановый аэрофотоснимок.

Косы образуются на участках берега, где происходит падение энергии волнового поля. Вначале образуются аккумулятивные выступы, при этом если нормальные волны (с лучом, перпендикулярным к берегу) редки, эти формы переходят в остроконечные косы, на продолжении дистальных концов которых образуются вытянутые мели.



379

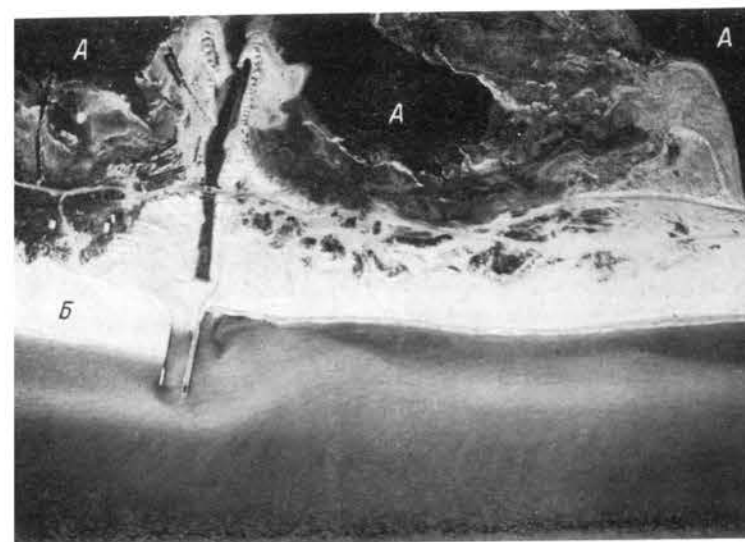
Косы азовского типа, образующие общую систему взаимосвязанных форм. Плановый аэрофотоснимок.

Формируются при подходе волн под очень острым углом к береговой линии, что предопределяет медленное перемещение и аккумуляцию наносов даже при небольшом изменении направления берега. Блокировка косой участка берега от волн господствующего направления вызывает здесь действие волн второстепенных направлений, обуславливающих поступление материала к корню косы, заполняющего входящий угол между берегом и основным телом косы.



380

Пересыпь, перегораживающая небольшую бухту. Плановый (а) и перспективный (б) аэрофотоснимки.



381

Участок пересыпи. Плановый аэрофотоснимок.

Отделяет от открытого моря ряд лиманов (А). Хорошо видно формирование террасы (Б) в результате заполнения входящего угла между берегом и одной из стенок искусственного канала, что свидетельствует о преобладающем перемещении наносов с запада на восток.

382

Переймы (томболо). Плановый аэрофотоснимок (а) и наземная фотография (б).

А — межостровные переймы; Б — подводная перейма; В — перейма, соединяющая остров с берегом (томболо).

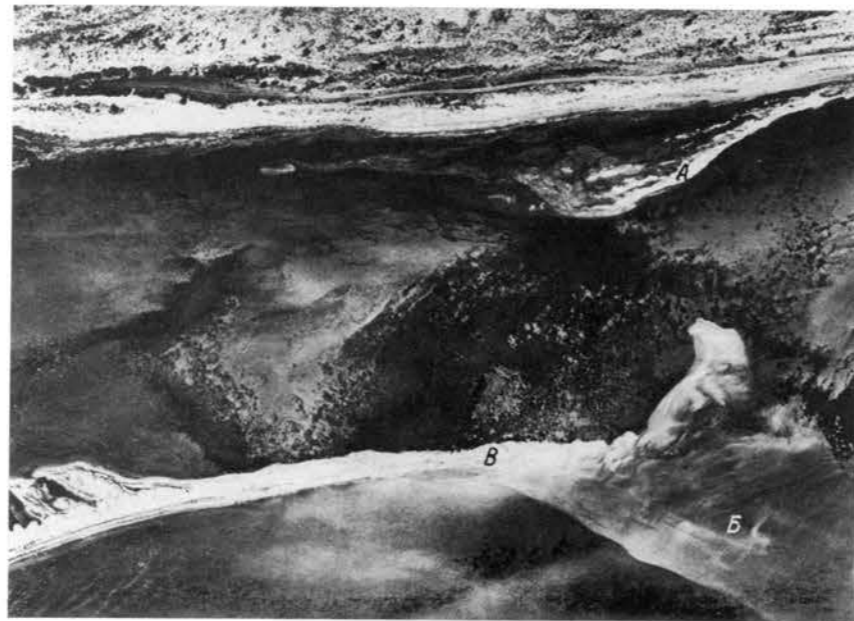
Образуются при внешней блокировке островами некоторых участков акваторий. Острова создают волновую тень, что предопределяет аккумуляцию обломочного материала и формирования аккумулятивных тел — перейм.



383

Блокировка берега скалистой подводной грядой с отдельными надводными камнями. Плановый аэрофотоснимок.

Защита грядой (А) берега от волн открытого моря предопределила аккумуляцию материала на дне и, в частности, образование подводной перемычки (В). Поступление материала происходит за счет потока наносов, перемещающегося с запада на восток, что определило асимметрию подводной перемычки, формирование косы (В), вторичной косы (Г), ориентированных в восточном направлении, и индуцирование косы (Д).



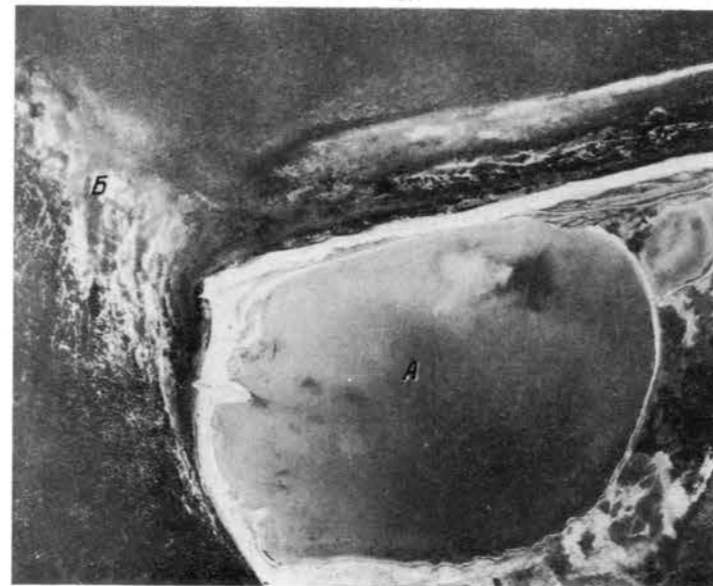
384

Наволоч (А), образовавшийся вследствие блокировки берега подводной мелью (Б) и баром (В). Плановый аэрофотоснимок.

385

Скобковидная коса двухстороннего питания.

Коса возникла за мысом в результате роста двух кос, дистальные концы которых соединились и отделились от моря лагунное озеро округлой формы (А). На продолжении этой аккумулятивной формы видна подводная вытянутых очертаний мель (Б), местами покрытая цветковой растительностью (участки темного цвета). Растительность указывает на то, что поступление обломочного материала вдоль кос в последнее время ослаблено.



386

Сложная окаймляющая форма, дистальный конец которой переходит в подводную перемычку. Плановый аэрофотоснимок.

387

Петлевидная коса-бар (А) у ровного берега. Плановый аэрофотоснимок.

Формируется под влиянием комбинации продольного потока наносов и поперечного перемещения материала.

388

Две асимметричные петлевидные косы (А), формирующиеся у ровного берега перемычки. Плановый аэрофотоснимок.

Резко выраженная асимметричная форма кос позволяет установить преобладание перемещения наносов с востока на запад.

389

Сложная петлевидная коса (А) и своеобразная аккумулятивная форма в виде кольца (Б), образовавшаяся, вероятно, в результате действия волн переменных направлений и течений. Плановый аэрофотоснимок.



390

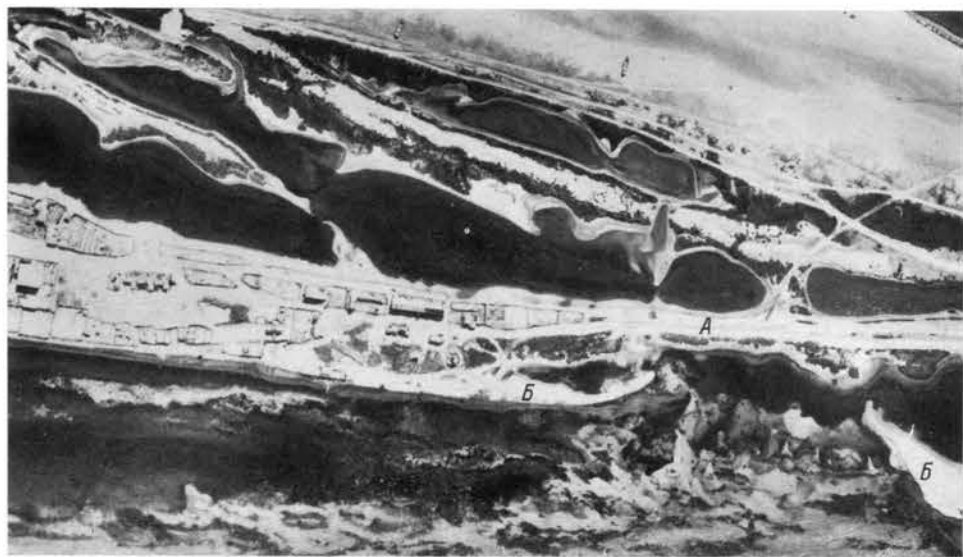
Береговой бар, концы которого не примыкают к берегу. Плановый аэрофотоснимок.

На внутренней (береговой) стороне бара формируются косы.

391

Береговой бар, прижатый к выступам берега острова. Плановый аэрофотоснимок.

Бар (А) отделяют многочисленные лагунные озера, ограниченные отрогками бывших кос и береговых баров, образование которых можно проследить по косам (Б) у южного берега.



392

Аккумулятивный остров, отчлененный от берега в результате прорыва, возникшего у основания аккумулятивной косы. Плановый аэрофотоснимок.



393

Подводная коса (А), образовавшаяся вследствие торможения вдольберегового потока наносов течением реки. Плановый аэрофотоснимок.

Струйное течение на продолжении устья реки оказывает тормозящее действие на вдольбереговой поток наносов, в результате чего происходит аккумуляция обломочного материала, формирующего подводную косу на



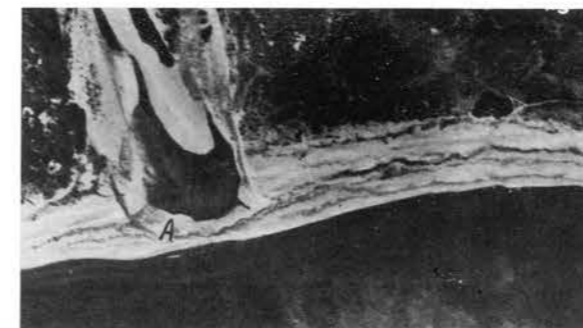
продолжении левого берега реки.

394

Приустьевые косы. Плановый аэрофотоснимок.

Симметричное строение кос (А) может служить указанием на то, что в пределах данного участка побережья отсутствует мощный поток вдольбереговых наносов, вследствие

чего нарастание приустьевых кос происходит равномерно по обе стороны берегов реки. Отсутствие мощного вдольберегового потока наносов доказывается и наличием на дне скоплений валунов (Б), не перекрытых молодыми морскими отложениями (дефицит наносов). Устье реки перегорожено приустьевым баром (В), мористее которого наблюдается значительная аккумуляция современных наносов (Г).



395

Приустьевой бар (А) и приустьевые косы (Б). Плановый аэрофотоснимок.

Отклонение устья реки к западу и вытянутость восточной приустьевой косы на юго-запад свидетельствует о результирующем перемещении вдольбереговых наносов с востока на запад.

396

Приустьевой бар с узким проливом, через который в период межени идет речной сток в море. Плановый аэрофотоснимок.

397

Пересыпь (А), отделяющая в межень устье реки от моря. Плановый аэрофотоснимок.

Речной сток в море осуществляется фильтрацией воды через галечные образования, слагающие пересыпь. Последняя формируется ежегодно в сухой сезон под действием волн. В штормовые дни пересыпь может размываться.

398

Приустьевая яма (А), возникшая вследствие возрастающей скорости течения, обуславливающей усиленную глубинную эрозию в устьевой части реки, и осередок (Б), формирующийся ниже участка размыва. Плановый аэрофотоснимок.

В результате наращивания осадков в половодье в межень период осередок превращается в остров.



399

Волноприбойная коса, формирующаяся у относительно приглублого берега. Перспективный аэрофотоснимок.

Берег подвергается сильному воздействию волн одного направления, что вызывает рост косы в направлении перемещения вдольбереговых потоков наносов. Нарастание волноприбойной косы заставляет русло реки отклоняться в сторону перемещения наносов. В формировании таких кос принимает участие и поперечное перемещение наносов, в связи с чем в составе отложений, слагающих косы, значительный процент составляет материал, поступающий с морского дна, например ракушка.



400

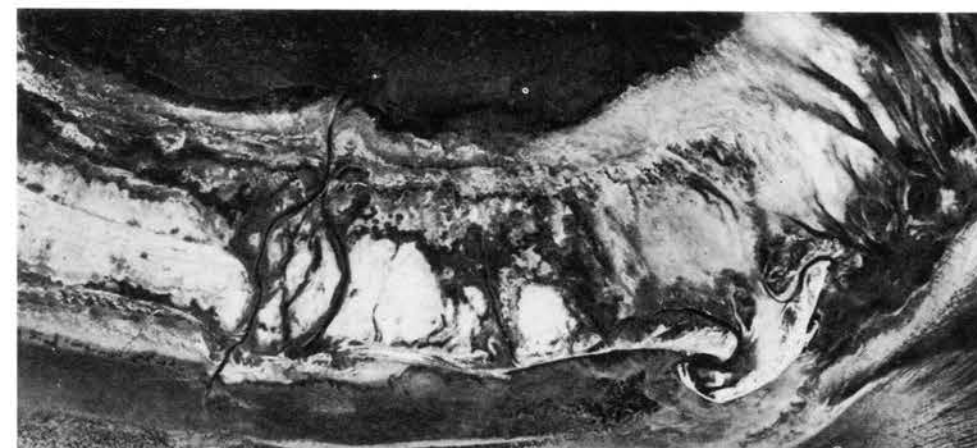
Отклонение русла реки к западу, вызванное береговым баром, осушившимся в результате недавней регрессии бассейна. Плановый аэрофотоснимок.

В пределах бывшей лагуны русло реки сильно меандрирует.



401

Смещение устьев рек волноприбойными косами в сторону движения потока наносов. Фрагмент фотосхемы.



402

Сезонные миграции устья реки. Плановый аэрофотоснимок.

Русло реки, выходя на пляж, сначала отклоняется к югу, а затем примерно с середины пляжа поворачивает на север и течет в этом направлении до впадения в море. Это объясняется сезонными изменениями направления и силы волнения: штормовые волны северных румбов в осенне-зимний период срезают часть пляжа и смещают русло реки к югу, а слабые волнения южных румбов наращивают пляж и поворачивают русло на север (интерпретация Р. И. Голоудина).

403

Срезание стариц крупной реки береговой линией моря. Плановый аэрофотоснимок.

404

Ложбины прорыва, пересекающие песчаный остров. Плановый аэрофотоснимок.

Ложбины образовались в результате перемещения масс воды в виде локализованных линейных потоков, вызванного нагонными явлениями под действием волн в периоды сильных штормов. На концах ложбин прорыва видны зачатки аккумуляции материала (начало формирования дельт — конусов выноса).

405

Дельта — конус выноса (А) — в устьевой части ложбины прорыва (Б), пересекающей песчаный остров. Плановый аэрофотоснимок.

В ложбине прорыва сохранилось вытянутое озеро, свидетельствующее о том, что дно ложбины находится ниже современного уровня моря.





406

Ложбина прорыва (А), пересекающая относительно широкую пересыпь, осложненную кучугурами (Б), и дельта (В). Плановый аэрофотоснимок.

На акватории лимана, отделенного от моря пересыпью, хорошо видна подводная дельта — конус выноса.

407

Подводные дельты — конусы выноса, образовавшиеся в результате аккумуляции рыхлого материала, выносимого через ложбины прорыва, возникшие под действием волн во время сильного шторма. Плановый аэрофотоснимок.



1. Александров С. М., Леонтьев О. К. Закономерности неотектонических проявлений на побережье и шельфе Сахалина. — В кн.: Сб. статей по геологии и гидрогеологии. Вып. 7. М., 1969, с. 174—183.
2. Альтер С. П. Ландшафтный метод дешифрирования аэрофотоснимков. М.—Л., «Наука», 1966. 86 с.
3. Афанасьев Н. Ф., Янутш Д. А. Микрофотометр МФА-2 для измерений по аэрофильмам. — В кн.: Методика, техника и экономика аэрогеол. и аэрофототопограф. работ. М., 1965, с. 63—66.
4. Аэрометоды геологических исследований. Отв. ред. А. И. Виноградова. Л., «Недра», 1971. 702 с.
5. Бузо С. А. Об акустическом определении грунтов дна. — Автореф. дис. Л., 1964. 25 с.
6. Геолого-геоморфологическое изучение морских мелководий и берегов по материалам аэрофотосъемки. Л., «Наука», 1968. 370 с. Авт.: З. И. Гурьева, К. М. Петров, Н. С. Рамм, В. В. Шарков.
7. Гурьева З. И. Использование материалов аэрофотосъемки при геоморфологических исследованиях берегов морей и озер. — «Труды Лаб. аэрометодов», 1959, т. 8, с. 145—159.
8. Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов. Гл. 1. Волновые процессы. — М., «Морской транспорт», 1946. 496 с.
9. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
10. Зубенко Ф. С. Применение аэрофотосъемки для изучения процесса формирования рельефа морского дна. — В кн.: Сб. статей Лаб. аэрометодов. М.—Л., 1954, с. 44—48.
11. Зубенко Ф. С. К вопросу образования песчаных валов на морском дне. — «Труды Лаб. аэрометодов», 1955, т. 4, с. 148—152.
12. Зубенко Ф. С., Гурьева З. И., Кошечкин Б. И. Извержение подводного грязевого вулкана Бузовнинская сопка. — Там же, с. 144—148.
13. Зубов Н. Н. Динамическая океанология. М.—Л., Гидрометеоиздат, 1947. 430 с.
14. Использование материалов аэрофотосъемки при геологическом изучении дна морских мелководий Сахалина. — «Изв. Сахалинск. отд. географ. о-ва СССР», 1970, вып. 1, с. 115—123. Авт.: В. В. Шарков, А. Я. Таболяков, З. И. Гурьева, К. М. Петров.
15. Кобец Н. В. Формы аккумулятивного рельефа подводного склона Каспийского моря. — «Труды Лаб. аэрометодов», 1958, т. 6, с. 213—221.
16. Леонтьев О. К. Основы геоморфологии морских берегов. — М., Изд-во Моск. ун-та, 1961. 416 с.
17. Леонтьев О. К. Краткий курс морской геологии. — М., Изд-во Моск. ун-та, 1963. 163 с.
18. Леонтьев О. К., Мякокин В. С., Никифоров Л. Г. Изучение побережья Каспийского моря для целей нефтепоисковой геологии. — В кн.: Геоморфология и литология береговой зоны морей и др. крупных водоемов. М., 1971, с. 8—13.
19. Мирошниченко В. П. Применение аэрометодов в геологии. — «Труды Лаб. аэрометодов», 1959, т. 8, с. 14—39.
20. Никифоров Л. Г. Морфоструктурный анализ морских побережий. — Автореф. дис. М., 1972. 47 с.
21. Петрусевич М. Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. М., Госгеолтехиздат, 1962. 406 с.
22. Применение аэрометодов для геологических исследований морского дна. Под ред. В. В. Шаркова и Д. М. Кудрицкого. Л., Гостоптехиздат, 1956. 254 с.
23. Применение аэрометодов для исследования моря. Под ред. В. Г. Здановича. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963. 526 с.
24. Углев Ю. В. Использование микрофотометрического анализа аэрофотографических изображений для количественной оценки подводных объектов. — В кн.: Опыт геолого-геоморфол. и гидробиол. исследований береговой зоны моря. Л., 1967, с. 236—245.
25. Шарков В. В. Геология подводного склона западного берега Каспийского моря. М.—Л., «Наука», 1964. 429 с.
26. Шарков В. В. Роль тектонических движений в формировании морских берегов. — В кн.: Опыт геол.-геоморфол. и гидробиол. исслед. береговой зоны моря. М., 1967, с. 5—28.
27. Шарков В. В., Зубенко Ф. С. Разрушение о. Кумани по данным аэрофотосъемки. — В кн.: Сб. статей Лаб. аэрометодов. М.—Л., 1954, с. 17—20.
28. Шарков В. В., Гурьева З. И. Опыт изучения ландшафтов мелководных участков морского дна западного берега Каспийского моря и Кавказско-Таманского побережья Черного моря. — В кн.: Применение аэрометодов в ландшафтных исслед. М.—Л., 1961, с. 255—277.
29. Шарков В. В., Таболяков А. Я., Гурьева З. И. Опыт использования материалов аэрофотосъемки при геологическом изучении и картировании дна морского мелководья некоторых участков акватории о. Сахалин. — В кн.: Морская геология и геофизика. Т. 1. Рига, 1970, с. 197—204.
30. Шульц С. С., Можаяев Б. Н. Оползни полуострова Тюб-Караган. — «Вест. Ленингр. ун-та», 1956, № 24, с. 127—141.
31. Янутш Д. А. Микрофотометрирование как средство дешифрирования аэроснимков. — В кн.: Вопр. дешифрирования и фотограмметрирования обработки аэроснимков. М.—Л., 1963, с. 5—23.

Предисловие	5	Современные морские отложения	29
Краткие сведения о морской аэрофотосъемке	7	Древние (коренные) породы, обнажающиеся на морском дне	30
Природные факторы, контролирующие применение аэрофотометодов изучения дна морских мелководий	8	Элементы геологической структуры	32
Аэрофотометоды изучения морского волнения и поверхностных течений	10	Элементы залегания горных пород	—
Разработка дешифровочных признаков	12	Стратиграфические несогласия	33
Преобразование аэрофотографических изображений к виду, удобному для дешифрирования	18	Истинные и горизонтальные мощности	—
Полевое дешифрирование аэрофотоснимков (техника морских работ)	19	Разрывные нарушения	34
Работа с борта судна	—	Трещиноватость	—
Подводные исследования	20	Элементы складок	—
Методы морской геофизики	22	Рельеф	—
Предметы и явления в толще воды, на ее поверхности и в атмосфере	24	Аккумулятивный рельеф	35
Подводные ландшафты береговой зоны моря	25	Абразионно-скульптурный рельеф	36
Морфологические единицы горизонтального расчленения	26	Берега	37
Морфологические единицы вертикального расчленения	28	Абразионные тектонически поднимающиеся берега	38
Вещественный состав и стратиграфическое положение горных пород	29	Аккумулятивные тектонически погружающиеся берега	40
		Аккумулятивные формы рельефа прибрежной зоны моря	41
		Морфология устьев малых рек	42
		Атлас аннотированных аэрофотоснимков	43
		Список литературы	225

Preface	5	Matter composition and stratigraphic position of the rocks	29
Brief information about the sea aersurvey	7	Recent sea deposits	—
Natural factors influence over the airphotosurvey application to study the shallow sea bottom	8	Old (indigenous) rocks, exposed on the sea bottom	30
Airphotomethods in study of the rough sea and surface flows	10	Elements of geological structure	32
Working up the interpretative signs	12	Elements of rock occurrence	—
Transformation of the airphotos into the material convenient for interpretation	18	Stratigraphic unconformities	33
Field interpretation of airphotos (technique of the work in sea)	19	Real and horizontal thickness	—
Shipboard work	—	Faults	—
Underwater investigations	20	Fissuring	34
Methods of the sea geophysics	22	Elements of folds	—
Objects and phenomena in water thickness, on surface and in atmosphere	24	Relief	—
Underwater landscapes of the sea shore zone	25	Accumulative relief	35
Morphological units of horizontal separation	26	Abrasional-sculpture relief	36
Morphological units of vertical separation	28	Shores	37
		Abrasional tectonically uplifting shores	38
		Accumulative tectonically plunging shores	40
		Accumulative forms of relief in coastal sea	41
		Morphology of mouths of small rivers	42
		Collection of annotated airphotos	43
		References	225

*Зоя Ивановна Гурьева,
Кирилл Михайлович Петров,
Виталий Васильевич Шарков*

АЭРОФОТОМЕТОДЫ
ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННЕГО ШЕЛЬФА
И БЕРЕГОВ МОРЕЙ

Редактор издательства *В. И. Невельштейн*
Переплет, суперобложка и титул художника *Е. Т. Киселева*
Техн. редактор *А. Б. Яцуржинская*
Корректор *М. И. Витис*

Сдано в набор 24/II 1975 г. Подписано в печать 29/I 1976 г.
М-30034. Формат 60×90^{1/8}. Бумага мелованная.
Печ. л. 28,5. Уч.-изд. л. 21,92. Тираж 1000 экз.
Заказ 655/942. Цена 2 р. 78 к.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение.
193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.
Тип. № 2 Ленуприздата. 192104. Ленинград, Литейный пр., 55