

УДК 550.8.05.64

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ФОТОТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОДВОДНЫХ ГОР

©2006 М.Е. Мельников, С.С. Сапрыкин, Т.М. Хулапова

Южное научно-производственное объединение по морским геологоразведочным работам ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», Геленджик, 353470; e-mail: m_e_melnikov@mail.ru

Статья посвящена проблемам интерпретации донного фототелевизионного профилирования и повышения ее информативности за счет считывания дополнительных данных геологического содержания. Рассмотрены вопросы распознавания различных типов геологических пород на фотоизображении, сопоставления полученных представлений с результатами геологического опробования. На примере детального фототелевизионного профилирования гайота Геленджик цепи Магеллановых гор, рассмотрена возможность привлечения фотоинформации для целей геологического картирования. Показано, что при составлении геологических карт фототелевизионное профилирование не может быть основным методом, однако, может дать ценную дополнительную информацию о распространенности различных типов пород. Отмечена необходимость совершенствования методики интерпретации донных изображений и показаны возможности ее существенного улучшения.

ВВЕДЕНИЕ

Подводное фотографирование и фототелевизионное профилирование позволяют получить информацию об облике поверхности исследуемого подводного объекта в его естественном состоянии. В первом случае информация является дискретной, во втором – непрерывной. Впервые фотографирование морского дна произведено Л.Бутаном в 1893 г. (Жулева, 2004), однако, систематическое использование этого вида исследований началось лишь во второй половине XX века, в качестве одного из основных методов поисков твердых полезных ископаемых морского дна. Первоначально фотографирование применялось ограниченно в экспедициях АН СССР и зарубежных академических институтов. Наиболее известны результаты работ, полученные в целом ряде рейсов НИС «Витязь» (Зенкевич, 1970; Железомарганцевые..., 1976), а также НИС «Дмитрий Менделеев» (Железо-марганцевые..., 1986), НИС «Петр Лебедев» (Ильин, 1987) и некоторых других.

До тех пор, пока фотоснимки дна были единственными, как правило, полученными специальными установками или установками, смонтированными на различных видах пробоотборников, исследователи не очень хорошо представляли, как

именно можно использовать получаемую фотоинформацию. Производились некоторые качественные описания, устанавливалось наличие в кадре того или иного объекта, предпринимались попытки классифицировать типы ландшафтов и идентифицировать типы пород, слагающих поверхность дна (Железо-марганцевые..., 1986; Ильин, 1987). Только с появлением возможности систематических фотонаблюдений, интерпретация снимков также приняла систематический характер. Это произошло после того, как метод был принят на вооружение производственными организациями, проводящими морские геологоразведочные работы, в частности, «Южморгеологией», «Севморгеологией» и «Дальморгеологией» на различных этапах их существования. Фотографирование выполнялось либо в дискретном режиме, позволяющем получить 2–6 снимков установкой, смонтированной на пробоотборнике типа дночерпателя, либо в профильном – при помощи специальных буксируемых фото- или фототелевизионных комплексов (Условия..., 1987; Сульфиды..., 1993; Кругляков и др., 1993). В последнем случае длина профиля может составлять десятки километров, количество получаемых кадров – до первых тысяч при расстоянии между снимками 20–50 м. Сходная ситуация имела место и в зарубежных производственных

организациях, но данные об их работах в периодической научной печати крайне ограничены.

Следует оговориться, что здесь мы не ведем речи о фотодокументации работ с подводных обитаемых аппаратов (ПОА), которую мы все-таки считаем относящейся к другой группе методов.

Первым объектом, на котором фотопрофилерование использовано как рабочий метод, были железомарганцевые конкреции. К началу широкомасштабных исследований имелись определенные наработки по количественной интерпретации донных фотографий, полученных в пределах полей развития этого вида полезных ископаемых (Felix, 1980; Жулева, 2004). В общем случае, при наличии масштаба снимка, мы можем получить следующие характеристики – размеры конкреций и форму их очертаний, занимаемую ими площадь (площадную концентрацию) и, с определенной степенью достоверности, весовую концентрацию, используя различные алгоритмы пересчета, базирующиеся на размере конкреций и площади покрытия. Получаемые данные позволяют проводить оконтуривание рудных залежей конкреций.

Кроме того, нередко конкреции расположены закономерно и явно или неявно образуют определенный узор. На некоторой части снимков можно получать информацию о подстилающих осадках, используя облик поверхности, особенности расположения и типы конкреций, результаты взаимодействия груза-разведчика с поверхностью осадка (Губенков, Лукьянов, 1988). Иногда удается зафиксировать визуальные признаки динамических процессов.

При проведении работ на кобальтоносные марганцевые корки задачи интерпретации фототелевизионного профилирования несколько изменились. Первоначально главным представлялось выделить доли площадей, свободных от неконсолидированных осадков, где обнажены коренные породы, на которых развиты корки. Однако, вскоре стало ясно, что, помимо степени присыпанности корок, с фотокадров можно снимать и другую качественную информацию, которую в той или иной степени удастся формализовать. В первую очередь, это условия локализации корок – расчлененность мезорельефа их поверхностей, степень нарушенности их покровов, присутствие ассоциирующих конкреционных образований (Мельников и др., 2004). В опыте работ производственных организаций эти параметры картируются при построении схем распространения железомарганцевых образований (Мельников и др., 1995а,б; Мельников, 2005).

В то же время, большое число фиксируемых параметров сделало процесс интерпретации весьма трудоемким, вследствие чего значитель-

ная часть дополнительной информации, которую можно было бы снять с этих материалов, остается за пределами рассмотрения. Здесь можно говорить и о наблюдениях за литодинамикой по структурам песчаных волн в зонах развития нанофораминиферовых карбонатных осадков, и о биоэкологических наблюдениях за распределением бентоса, и о многом другом. Но, в первую очередь, речь идет об идентификации характерных микроформ рельефа дна, создаваемых различными типами горных пород, например, характерных поверхностей пиллоу-лав, столбчатой отдельности в базальтах, нередко слоистости осадочных пород, выходящих под определенным углом к поверхности дна. Такие описания приводятся в ряде работ (Andrews, Meylan, 1972; Условия..., 1987; Сульфиды ..., 1993; Инженерная..., 2004), однако, все они носят эпизодический характер.

Попытке восполнить пробел в этом аспекте интерпретации фототелевизионной информации и посвящена данная статья. Причем задача ставилась более конкретно – отработать методику интерпретации донных фотоизображений с целью уточнения распространенности пород при геологическом картировании.

МЕТОДИКА РАБОТ

Статья базируется на результатах работ, проведенных ГНЦ «Южморгеология» с борта НИС «Геленджик» в 2004 г. на гайотах Ита-Май-Тай и Геленджик (Магеллановы горы, Тихий океан (рис. 1)).

В программу исследований входило фототелевизионное профилирование комплексом «Нептун-D» и геологическое опробование скальными драгами, а также бурение неглубоких скважин погружной установкой ГБУ-1/4000-2. Основой послужила батиметрическая карта масштаба

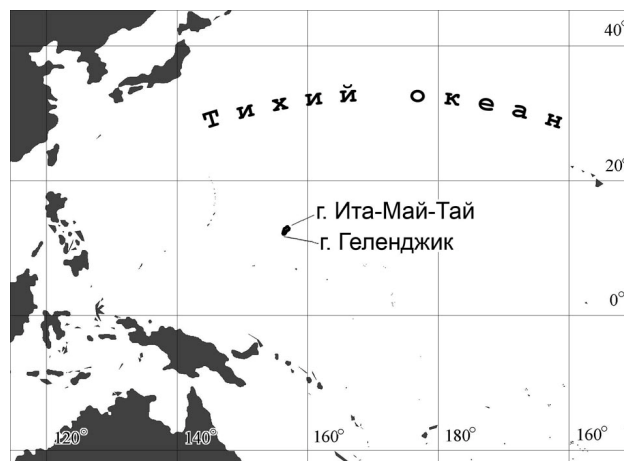


Рис. 1. Обзорная схема расположения гайотов Ита-Май-Тай и Геленджик.

1 : 200 000, полученная в рейсе НИС «Геленджик» в результате съемки многолучевым эхолотом Simrad EM-12 в 2002 г.

По всем видам осадочных пород проведены биостратиграфические исследования, что позволило получить достаточно детальные представления о строении разреза и разработать легенду геологических карт. Магматические породы подвергались петрографическим и петрохимическим исследованиям, для некоторых типов определен их абсолютный возраст.

Фотокомплекс «Нептун-Д» оснащен цифровыми фото- и видеокамерами, эхолотом для определения расстояния от дна, галогеновыми светильниками. Географические координаты каждого снимка определялись при помощи системы акустической подводной навигации Sonardyne.

Фототелевизионные профили пройдены в радиальных направлениях относительно центров гайотов, характеризуя все основные морфоструктуры горного сооружения; склоны отрабатывались вкрест простирания от вершины к подножию. Расстояние между фотоснимками в среднем составило 20 – 25 м. Фотосъемка производилась на отстоянии от дна 2.8 – 3.2 м для получения равномерной и достаточной освещенности кадра.

Такая методика работ позволила получить до нескольких сотен, даже тысяч, цифровых фотографий с одного профиля и охарактеризовать геологическую ситуацию на поверхности дна от вершинного плато до средних частей склона (до глубин 3800 – 4000 м). С фотоснимков была получена стандартная информация, касающаяся отсутствия или наличия железомарганцевых образований и их условий залегания. Кроме того, по возможности, выделялись различные типы пород, слагающие донные поверхности. Основанием для выделения служат характерные для породы признаки, выявляемые на донных фотографиях, главными из которых являются цвет и морфологические особенности.

Дальнейший анализ фотографий позволяет выделить на профиле интервалы, на которых встречены породы, имеющие сходные визуальные признаки. Важным фактором идентификации пород является сопоставление с результатами геологического опробования, проведенного на выделенных участках. Полученные таким образом данные позволяют более уверенно составлять или корректировать схематические геологические карты подводных гор.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДОННЫХ ФОТОГРАФИЙ

По описанной методике проанализированы 20 517 фотографий с 37 фотопрофилей, отработанных на гайотах Ита-Май-Тай и Геленджик. Следует понимать, что значительный объем этих снимков приходится на зоны развития плиоцен-четвертичных карбонатных осадков на вершинных плато. На многих других снимках фиксируются признаки склоновой аккумуляции, каменные развалы, выходы пород, в значительной степени присыпанных осадками, по которым сложно выделить какие-либо морфологические особенности. Тем не менее, количество кадров, которые дают возможность определения характерных черт коренных обнажений превышает несколько тысяч. Учен и опыт обработки фототелевизионных материалов, полученных на других гайотах Магеллановых гор – Федорова, Альба, Грамберга, полученных в экспедициях ГНЦ «Южморгеология» в течение последних пяти лет.

По этим фотоматериалам, по визуальным признакам, для исследованных гайотов были выделены несколько типов пород, отнесенных к породам с явно выраженной слоистостью (известняки, брекчии, песчаники, глины), массивным известнякам, лавовым потокам со столбчатой отдельностью и лавовым потокам с мозаично-полигональным обликом поверхности. За исключением последних, принадлежность пород подтверждена геологическим опробованием.

По данным предшествующих работ известно, что на фото по характерным признакам выделяются подушечные, реже канатные лавы (Кругляков, 1993; Andrews, Meylan, 1972). Однако, принятые нами работы в этом направлении показали, что в интерпретации изображений, встречающихся относительно часто и, обычно, относимых к подушечным лавам, существует значительный элемент неопределенности. Только на трех станциях драгирования, выполненных в пределах таких полей, подняты базальты, нередко с признаками шаровой отдельности, в трех случаях материал был представлен базальтами и эдафогенными брекчиями, в четырех - только брекчиями, в одном - базальтами и рифогенными известняками. Наконец, скважина, пробуренная на гребне северного отрога гайота Ита-Май-Тай, в пределах подобного поля вскрыла рифовые биогермные известняки. Таким образом, лишь в четверти случаев подобные изображения были

Рис. 2. Донные фотографии обнажений различных типов горных пород. А, Б - слоистые породы, В, Г - массивные известняки, Д, Е - лавовые потоки со столбчатой отдельностью, Ж, З - лавовые потоки с мозаично-блоковой поверхностью. Диаметр груза-разведчика на снимке а - 10 см. Площади снимков А-Г, Ж, З - от 16 до 18 м², снимков Д, Е - от 6 до 8 м².

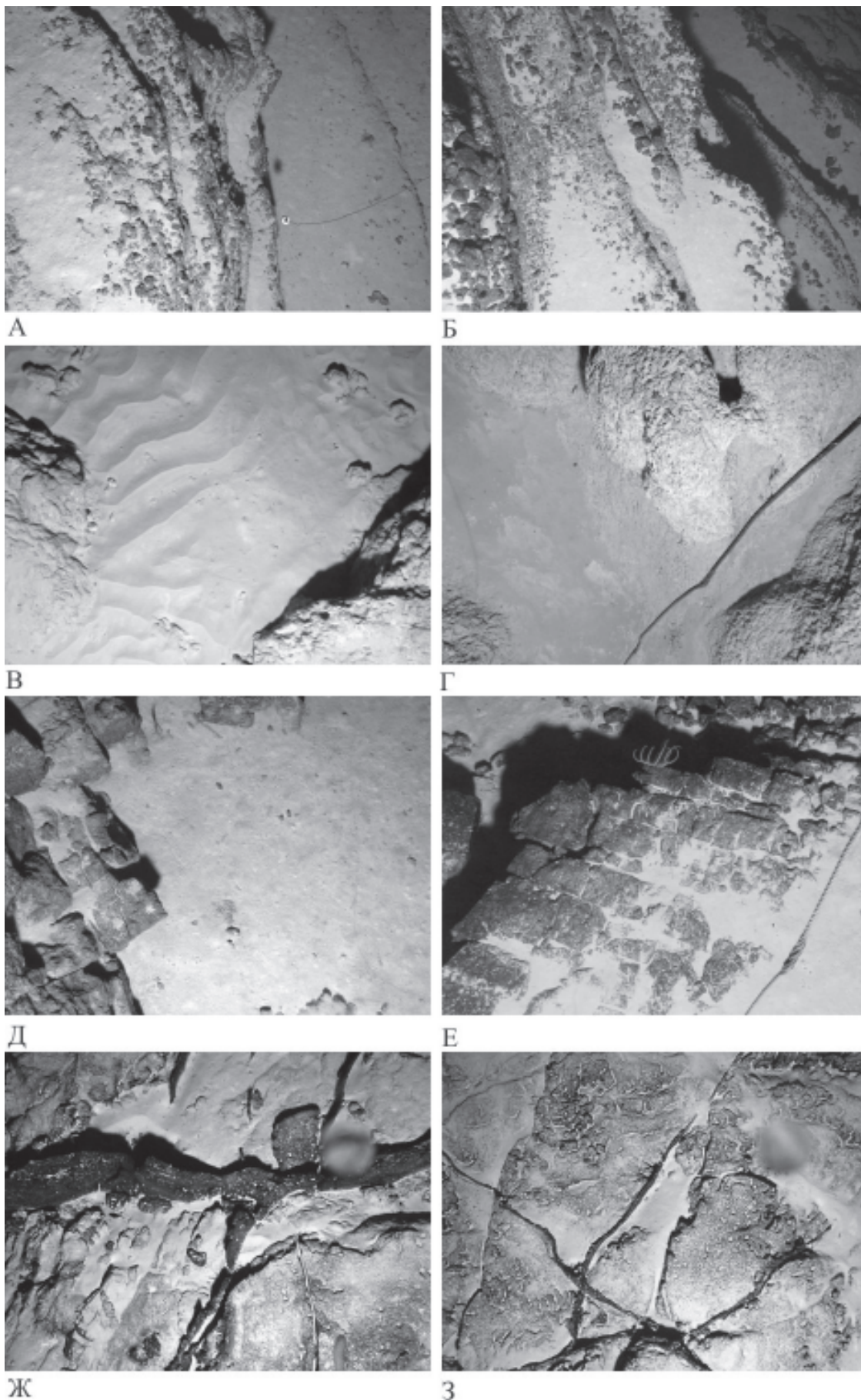


Рис. 2.

созданы действительно подушечными лавами. Не вызывает удивления, что в некоторых случаях поверхности брекчий и биогермных известняков могут иметь сходный вид. Поэтому одна из задач дальнейших исследований - научиться различать на донных фотографиях эти образования.

Главным отличительным признаком слоистых пород на донных фотографиях является хорошо выраженная ступенчатая линейная рельефность обнажений, создающая полосчатый характер рисунка кадра (рис 2А, 2Б). Очевидно, что наблюдаемая картина – результат длительной препарации обнажения под воздействием подводного выветривания. Менее прочные слои разрушаются быстрее, более прочные - медленнее. Это обуславливает появление нависающих в виде «козырьков» лучше сохранившихся слоев над другими, в большей степени разрушенными. Как правило, выступающие края слоев имеют относительно гладкую поверхность, что может свидетельствовать о воздействии интенсивных подводных течений в областях их развития. Иногда, по наличию многочисленных мелких и крупных угловатых обломков на поверхности обнаженных пород, можно предположить, что слоистые породы имеют брекчиевую текстуру и могут представлять собой одну из разновидностей брекчий, широко распространенных в краевых частях вершинных плато и на склонах гайотов. Узкие впадины, соответствующие наиболее нарушенным слоям, и другие отрицательные микроформы могут быть частично заполнены рыхлыми осадками. Присутствие в кадре груза-разведчика известных размеров позволяет оценить мощности слоев, которые обычно варьируют от 0.2 – 0.3 м до 1 м.

Породы с такими признаками встречены на 18 фотопрофилях гайотов Ита-Май-Тай и Геленджик. Анализ пространственной приуроченности показывает, что слоистые породы развиты, главным образом, в средних частях склонов. Около 80 % выявленных на донных фотографиях слоистых пород распространены на глубинах от 2500 до 3500 м (рис. 3). Остальные 20 % приходятся на привершинные части склонов, периферические части вершинных плато, иногда склоны вулканических конусов, осложняющих вершины. Драгирование на участках с такими визуальными особенностями обнажений выявило, что слагающие их породы преимущественно представлены известняками или эдафогенными брекчиями. В этих случаях поднятые известняки и брекчии имеют вид обломков плитчатой формы разных размеров. Железомарганцевые корки на поверхности этих слоистых пород либо отсутствуют, либо имеют незначительную мощность, что видно и на донных фотографиях.

Отличительными особенностями массивных известняков на донных фотографиях являются желтовато-белый цвет, признаки растворения пород с поверхности. Естественно, такие признаки различимы в случае, если породы свободны от железомарганцевых корок, или мощность последних невелика, и на участках их отсутствия, можно различить поверхность подстилающих пород субстрата. Обычно среди карбонатных осадков видны выходы известняков с характерной светлой (белой и желтовато-коричневой) окраской, нередко с мелко расчлененным, кавернозным рельефом поверхности (рис 2В, 2Г). В одних случаях на поверхности известняков отмечаются волнистые трещинки, свидетельствующие о разрушении породы по определенным плоскостям. В других, при развитии кавернозного микро-рельефа, направление его структурных линий хаотично, а под полуразрушенной поверхностью видны плотные, массивные породы. В непосредственной близости от выходов, в основном, отсутствует кластический материал, что может свидетельствовать о большей прочности известняков.

Выходы известняков встречены на семи фотопрофилях. На трех профилях, отработанных на гайоте Ита-Май-Тай, породы отмечены на склонах в интервале глубин от 2500 до 3000 м. Здесь выходы имеют незначительную протяженность – не более 800 м. На четырех фотопрофилях на гайоте Геленджик (рис. 3) известняки обнаружены в пределах вершинного плато, в промоинах в плаще нелигифицированных плиоцен-четвертичных карбонатных осадков. Здесь протяженность их выходов составляет три и более километров. Результаты опробования показали, что близкими чертами строения поверхностей могут обладать различные типы известняков. В привершинных частях склона г. Ита-Май-Тай в непосредственной близости от выделенных фотопрофилям участков подняты плотные рифогенные известняки позднемелового возраста. На вершинной же поверхности гайота Геленджик в промоинах обнажены среденезоценовые наннофораминиферовые известняки относительно невысокой степени литификации. Однако, хорошо уже то, что в обоих случаях выделенные породы действительно оказались известняками.

Характерной особенностью, которая позволяет отличать краевые участки лавовых потоков от других пород, является столбчатый облик (рис. 2Д, 2Е). На фотографиях видно, что обнажение разбито сетью ортогональных трещин на блоки приблизительно равных поперечных размеров. В одном из направлений трещиноватость просматривается лучше, в других - несколько хуже.

Участки развития пород со столбчатой отдельностью лавовых потоков встречены на 14

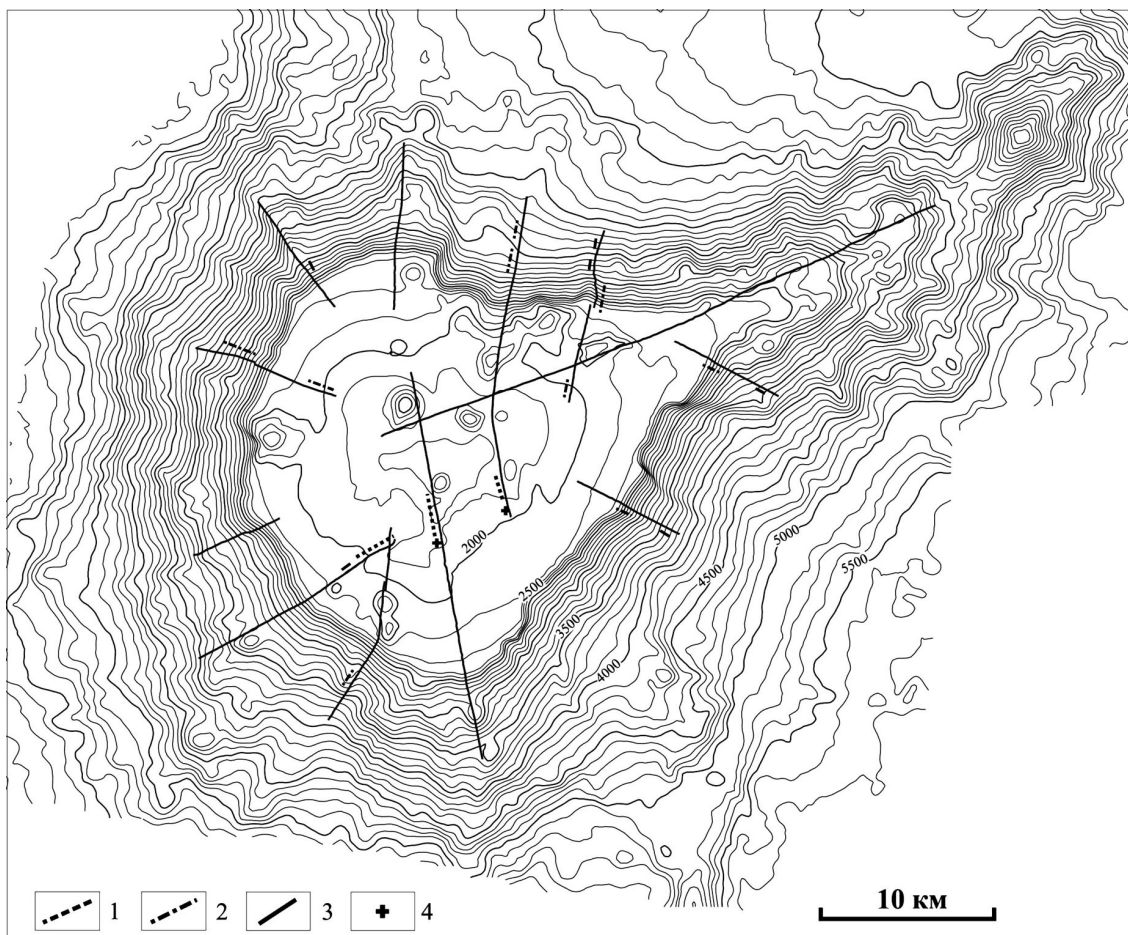


Рис. 3. Расположение выходов различных пород по данным фотопрофилеирования на гайоте Геленджик. Сплошными линиями показано положение фотопрофилей, параллельно им указаны выходы различных пород. Изобаты проведены через 100 м, утолщенные - через 500 м. 1 – массивные известняки; 2 – слоистые породы; 3 – лавовые потоки со столчатой отдельностью; 4 – лавовые потоки с мозаично-блоковой поверхностью.

фотопрофилях. Везде они приурочены исключительно к склоновым частям подводных гор на глубинах от 2500 до 4000 м. Максимальная протяженность прослеженных выходов составляет 4 км. При драгировании этих участков, как правило, поднимались преимущественно базальты, нередко представленные обломками близкой к кубической формы.

Еще один характерный тип поверхностей не был опробован, поэтому его принадлежность к конкретным породам остается под вопросом. В целом облик таких поверхностей можно определить как мозаично-блоковый. На фотографиях отмечаются тонкие, пересекающиеся друг с другом, ветвящиеся прожилки черного цвета (рис. 2Ж, 23). Падение теней показывает, что эти прожилки выступают над поверхностью дна, то есть, вероятно, сложены более прочными породами. Между прожилками поверхности пород относительно ровные, обладающие различной текстурой от зернистой до кавернозной. Такие образования были встречены только на двух фото-

профилях в центральной части вершинного плато гайота Геленджик. Их протяженность вдоль профиля составляет 300–400 м и они также приурочены к промоинам в плаще рыхлых осадков, контактируя с описанными известняками. На участке развития таких поверхностей было выполнено бурение скважины, однако точного попадания в намеченную точку осуществить не удалось, и скважина была пройдена по среднеэоценовым наннофораминиферовым известнякам. Однако у нас есть косвенные свидетельства, позволяющие судить о принадлежности этих пород.

Промоины, в которых обнажаются и описанные породы, и массивные известняки, приурочены к относительно протяженным низкоамплитудным уступам, структурно связанным с одним из вулканических конусов в центре вершинного плато. На этом конусе драгированы туффиты, содержащие в цементирующей массе комплекс планктонных фораминифер плиоценового возраста. Это наиболее молодые вул-

канические образования, установленные на Магеллановых горах. С другой стороны, на южном склоне гайота Ита-Май-Тай драгированы небольшие (менее 15 см в поперечнике) плитчатые обломки пузыристых базальтоидных лав, характер поверхности которых весьма сходен с описанным на фотографиях, между выступающими прожилками.

Наиболее вероятной представляется такая интерпретация материалов. На фотографиях мы видим молодые (постпалеогеновые) лавовые потоки, излившиеся на слаболитифицированные среднеэоценовые известняки. Неустойчивость субстрата привела к мозаичному растрескиванию лав на отдельные плитки, между которыми по трещинам выдавливался известняк. В результате контактового метаморфизма заполнившие трещины породы приобрели высокую прочность и создали своеобразную сетку, выступающую над поверхностью лав.

Следует заметить, что проявления вулканизма столь молодого возраста, конечно, должны быть подтверждены более надежными данными. В то же время, вулканическая активизация среднего миоцена на гайоте Альба Магеллановых гор, в относительной близости от гайота Геленджик, была установлена достаточно уверенно (Мельников и др., 2000).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГАЙОТА ГЕЛЕНДЖИК

Кратко приведем данные о геологическом строении гайота Геленджик, выбранного для примера проведения подобных исследований.

Вместе с гайотом Ита-Май-Тай гайот Геленджик входит в вулкано-тектонический массив, расположенный в юго-восточной части цепи Магеллановых гор. Гайоты расположены на едином цоколе, оконтуриваемом изобатой 5900 м, и соединяются перемычкой.

Гайот Геленджик в целом обладает изометричной формой, осложненной отрогом северо-восточного направления (рис. 3). Размеры основания 46x45 км, площадь около 2000 км². Вершинная поверхность, расположенная в интервале глубин 1750–2100 м, в целом повторяет форму основания, имеет размеры 18 x 25 км и площадь около 445 км². Бровка прослеживается на глубинах 2100–2250 м. Основное пространство плато характеризуется уклонами от 2° до 4°. Поверхность осложнена многочисленными вулканическими структурами, на которых фиксируются наименьшие отметки, и несколькими уступами. Минимальная глубина отмечена над вулканическим конусом в центре вершинного плато – 1284 м.

Протяженность северо-восточного отрога достигает 33 км. Удаленная от вершины часть

увенчана сателлитной постройкой конической формы. Склоны гайота сложены поверхностями крутизной от 4° до 25° и более. Крутые обрывистые поверхности, с уклонами более 20°, опоясывают вершинное плато. Крутизна поверхностей подножия 4° – 10°. В то же время, на локальных участках уклоны поверхностей увеличиваются до 20°, иногда до 25°. Переход к предгорной абиссальной равнине фиксируется вогнутым перегибом на глубинах от 5400 м к западу от вулкано-тектонического массива до 5800 м к востоку. Склоновые и вершинные поверхности гайотов осложнены многочисленными мезоформами рельефа – вулканическими конусами и куполами, грядами, террасами, ступенями и уступами.

На гайоте выделены три структурно-формационных яруса. Два нижних в целом соответствуют магматическим комплексам. Первый слагает пьедестал гайотов и, вероятно, самого вулкано-тектонического массива. Он построен дифференцированными толеитами гавайского типа, встречающимися в основном на глубинах свыше 3500 м (рис. 4). Второй ярус представлен разнообразными трахитоидными субщелочными и щелочными базальтами. Среди них наиболее часто встречаются пикриты, оливинные щелочные базальты, трахибазальты. Эти породы слагают склоны гайота в интервале 2500 – 3500 м. На западном склоне они встречаются, начиная с глубин 2100 м.

Верхний ярус представлен осадочной толщей, состоящей из биогенных и обломочных пород мезозоя – кайнозоя и нелитифицированных плиоцен-четвертичных осадков. Среди осадочных пород выделены комплексы апта – турона, сантона – маастрихта, позднего палеоцена – эоцена и миоцена. Три нижних комплекса сложены преимущественно сходным составом пород, включающим рифогенные и планктоногенные известняки, эдафогенные брекчии, а также вулкано-обломочные и вулкано-осадочные породы более узких возрастных промежутков. В миоценовом комплексе из перечисленных пород не обнаружены только рифогенные известняки, что может являться следствием более глубоководных условий его формирования. Сходное строение имеют и осадочные отложения других гайотов Магеллановых гор (Мельников, 2005; Мельников и др., 2006).

Рифогенные известняки апта-турона обнаружены в привершинной части северного склона гайота. Литифицированные глины и вулкано-миктовые песчаники сеномана-турона, также относимые к этому возрастному комплексу, установлены на юго-западном склоне в интервале глубин 2800–3400 м. Столь же ограниченно развиты и отложения сантона – маастрихта. Планктоногенные известняки отмечены в краевой части

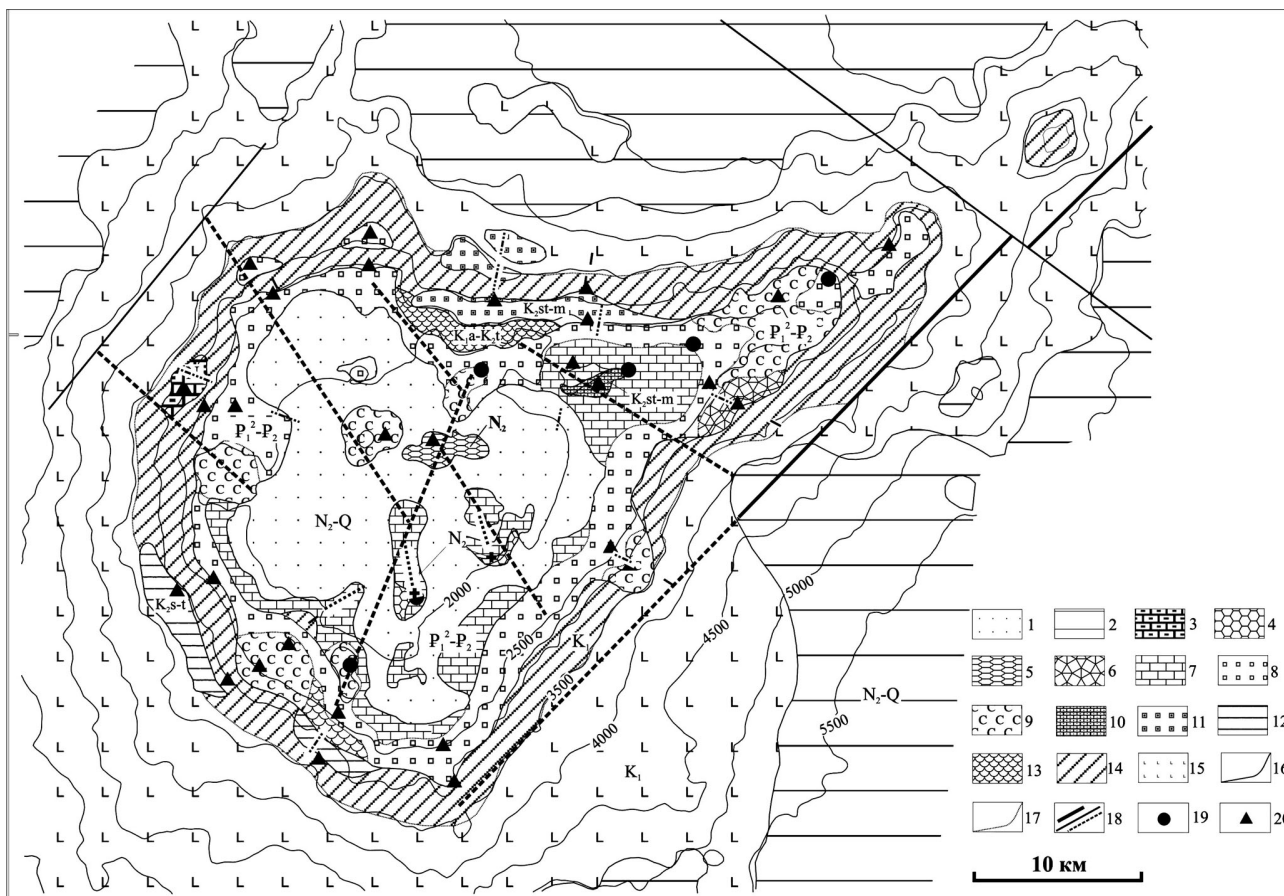


Рис. 4. Схематическая геологическая карта гайота Геленджик. 1, 2 – плиоцен-четвертичные отложения: 1 – карбонатные кокколит-фораминиферовые осадки; 2 – глинистые и карбонатно-глинистые осадки; 3-5 – плиоценовые отложения: 3 – слаболитифицированные известняки; 4 – базальтовые лавы; 5 – туфы и туффиты; 6–9 – верхнепалеоценовые-эоценовые отложения: 6 – известняки рифогенные органогенно-детритовые; 7 – известняки кокколит-фораминиферовые, плотные; 8 – эдафогенные брекчии; 9 – туфы, туффиты; 10, 11 – сантон-маастрихтские отложения: 10 – известняки кокколит-фораминиферовые, массивные; 11 – эдафогенные брекчии; 12 – сеноман-туронские литифицированные глины, вулканомиктовые песчаники; 13 – апт-туронские рифогенные органогенно-детритовые известняки; 14, 15 – нижнемеловые эффузивные породы: 14 – щелочные оливиновые базальты; 15 – дифференцированные толеиты гавайского типа; 16 – геологические границы установленные; 17 – фациальные границы; 18 – тектонические нарушения различного ранга; 19, 20 – станции геологического опробования; 19 – буровые скважины; 20 – драгирования. Другие условные обозначения см. на рис. 3. Изобаты проведены через 500 м.

вершинного плато, в зоне сочленения с северо-восточным отрогом, а эдафогенные брекчии – на северном склоне на глубинах 2400–3000 м.

Наиболее широким развитием из осадочных пород на поверхности гайота характеризуются отложения позднего палеоцена – эоцена. Они покрывают периферические части вершинного плато и верхние части склонов. Планктоногенные известняки преобладают в южной части вершины и в верхней части гребневой поверхности отрога. Рифогенные органогенно-обломочные известняки найдены на юго-западном склоне. Эдафогенные брекчии практически непрерывным кольцом опоясывают привершинную часть склона. На юге они опускаются до глубины 3000 м. На севере – покрывают краевую часть вершины, по склонам

опускаются не глубже 2500 м. Туфы и туффиты обычно имеют более узкую возрастную привязку, ранний или средний эоцен, но также включены в этот комплекс. Ими сложены поверхности вулканических конусов как в пределах вершинной поверхности, так и на склонах, и на поверхности отрога.

Неогеновые породы обычно слабо литифицированы и развиты крайне ограниченно. Миоценовые известняки подняты на северо-западном склоне. Туфы, туффиты и, возможно, лавовые потоки плиоцена локализованы в центральной части вершины.

Плиоцен-четвертичные нелитифицированные осадки слагают субгоризонтальные и пологонаклонные поверхности на вершинном плато

гайота и на нижних участках склонов. Вершина покрыта карбонатными нанофораминиферовыми осадками. Глубже залегают глинисто-карбонатные и карбонатно-глинистые отложения.

На гайотах Магеллановых гор развито три системы разрывных нарушений – субширотная, наиболее древняя, выраженная в магнитном поле линейными высокоамплитудными отрицательными аномалиями, субмеридиональная – северо-восточная и северо-западная (Smoot, 1989; Smoot, 1999).

На гайоте Геленджик магнитная съемка не была проведена, а в рельефе субширотная система отчетливо не проявлена. Две других в рельефе выделяются достаточно хорошо (рис. 4). В то же время неполнота проведенных геофизических исследований не позволяет составить четкое представление о тектонической структуре.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОИНФОРМАЦИИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ

Сразу оговоримся, что речь не идет о составлении кондиционных геологических карт. В практике наших работ составляются схематические геологические карты или геологические схемы (Мельников, 2005). При картировании используются все доступные данные. Основой служат батиметрические карты масштаба 1:200 000, полученные при помощи съемки многолучевым эхолотом. На многих гайотах Магеллановых гор выполнены геофизические исследования – сейсмоакустическое профилирование и гидромагнитная съемка. Широко использовались данные глубоководного бурения (DSDP и ODP) в пределах Магеллановых гор и на гайотах сопредельных районов. Но главной основой, естественно, являются результаты геологического опробования.

Мы не ставим задачи в этой статье обсуждать в деталях методику построения этих карт, но считаем важным перечислить фактический материал, который лег в их основу. После этого можно обсудить место фотоматериалов при построении карт.

Непосредственная информация о распространении различных видов пород и их возрасте получена в результате геологического опробования. Однако, она имеет фрагментарный, точечный характер. В отличие от сухопутных геологосъемочных работ, мы не имеем возможности проследить распространенность опробованных пород вдоль или вкрест изучаемых структур. Кроме того, драга нередко приносит разнородный материал, например, известняки и базальты. Это, в основном, связано с тем, что инструментом собирается обломочный материал, лежащий на поверхности обнажений, среди которого присут-

ствует и подводный элювий, и гравитационно перемещенные фрагменты с более высоких батиметрических отметок. В других случаях драгирование приходится на разнородные участки, и полученный материал реально соответствует различным породам, на них развитым. Эти случаи относительно редки, поскольку в практике наших работ протяженность драгирования редко превышает 200–300 м. Геологу приходится самому решать, какой тип субстрата действительно развит в исследованной точке, а какой поставлен сверху, что вносит дополнительный субъективизм в построение карт.

Бурением неглубоких скважин породы опробуются в залегании *in situ*. В то же время, как показывает наш опыт бурения по профилям, изменчивость типов пород на расстоянии нескольких сот метров может быть достаточно велика (Мельников и др., 2005). Поэтому и в этих случаях хотелось бы иметь информацию, сколь широко распространены вскрытые породы.

Функцию прослеживания выходов, в принципе, и должно решить фототелевизионное профилирование – его телевизионная составляющая позволяет идеально соблюсти непрерывность наблюдений, а дискретное фото дает возможность всесторонней обработки изображения. Однако для метода имеют место существенные ограничения. Как уже говорилось, значительная часть площадей вершинного плато и склонов перекрыта плиоцен-четвертичными и четвертичными неконсолидированными осадками различного состава. Впрочем, точно такая же ситуация существует и при картировании суши, поэтому это обстоятельство не следует считать специфическим. Для геологических наблюдений хуже другое – коренные выходы практически повсеместно покрыты железомарганцевыми корками мощностью от первых миллиметров до десятков сантиметров. Если в первом случае под рудным веществом достаточно легко распознаются первичные особенности микрорельефа субстрата, то во втором – эти особенности существенно сглажены, и идентификация серьезно затруднена.

Тем не менее, идентификация на отдельных участках типов обнаженных пород повышает объективность картосоставительского процесса. Из обсуждаемого примера – построение схематической геологической карты гайота Геленджик – видно, что интерпретация фототелевизионного профилирования не играет ведущей роли в процессе, однако, в ряде случаев позволяет решить конкретные задачи (рис. 4). Так, в южной части вершинного плато гайота выявлено широкое развитие известняков как по его периферии, так и в эрозионных окнах. Слоистые породы выявлены преимущественно на склонах раз-

личной экспозиции. Лишь в крайней западной части плато также отмечены эти образования. В сопоставлении с результатами дражирования они помогли установить здесь масштабы выхода эдафогенных брекчий позднего палеоцена – эоцена. Выходы таких же пород прослежены на юго-восточном склоне.

Более древние сходные образования – сантона-маастрихта – прослежены на северном склоне. Более того, с определенной степенью условности, эти образования показаны на значительных глубинах – от 3400 до 3750 м. Основанием для выделения послужил сходный облик пород, прослеженных выше по склону, принадлежность которых подтверждена опробованием. Границы распространения еще одного вида слоистых пород – миоценовых планктоногенных известняков – установлены на западном склоне.

Информация о развитии базальтоидов с выраженной столбчатой отдельностью вносит более скромный вклад. С одной стороны, краевые участки лавовых потоков, где собственно и может быть проявлена такая отдельность, не могут встречаться повсеместно и проследиваться на большие расстояния. С другой стороны, в нашем случае, такие изображения получены на тех участках, которые уже были отнесены к зонам развития базальтов, исходя из общей геологической ситуации. Исключением является небольшой участок в юго-западной краевой части вершинного плато, где обнажения базальтов выявлены именно благодаря косвенным визуальным наблюдениям.

Весьма важным представляется обнаружение при помощи фототелевизионных методов лавовых потоков с мозаично-блоковой поверхностью в эрозионных окнах вершинного плато, отнесенных нами к молодым (постпалеогеновым) базальтоидным. Однако, эти визуально прослеженные поля нуждаются в заверке геологическим опробованием.

Наконец, не следует забывать о плиоцен-четвертичных осадках, зоны развития которых легко картируются при интерпретации сонарных изображений многолучевого эхолота. В силу особенностей принципа работы прибора, мы получаем не точные, а ориентировочные границы развития этих зон. Уточнить же их положение позволяет фотопрофилирование. Кроме того, интерпретация фотоматериалов дает возможность выявить небольшие осадочные тела на склонах, которые не воспринимаются многолучевым эхолотом. В основном, речь идет о зонах распространения карбонатных плиоцен-четвертичных осадков. Но, в отдельных случаях, например, на северном склоне гайота, фотопрофилем достигнута граница устойчивого развития карбонатно-глинистых осадков глубже отметки 3800 м.

ВЫВОДЫ

Геологическая интерпретация фототелевизионных материалов, получаемых в процессе геолого-геофизических исследований подводных гор, может оказать существенную помощь при геологическом картировании этих объектов.

Для этих целей необходимо продолжить детальный анализ получаемых фотоматериалов, их сопоставление с результатами геологического опробования и выявление наиболее характерных признаков внешнего облика различных типов пород на океанском дне. В частности, необходимо найти дополнительные визуальные отличия поверхностей, создаваемых подушечными лавами, в некоторых случаях эдафогенными брекчиями и биогермными известняками.

Следует отдавать себе отчет, что данный метод в любом случае останется вспомогательным, тогда как основой картирования распространения различных типов пород останется геологическое опробование, а основных структурных особенностей – геофизические методы.

Морские и картосоставительские работы выполнены в рамках государственного контракта ПС-02-06/1931.

Список литературы

- Губенков В.В., Лукьянов В.Ю.* Влияние литодинамических и гидродинамических факторов на распределение осадков и конкреций в Северо-Восточной котловине Тихого океана // Геологическое строение Северо-Восточной котловины Тихого океана. Геленджик, 1988. С. 48–55.
- Ильин А.В.* О пространственной изменчивости ландшафтов подводных гор // Океанология. 1991. Т. 31. № 6. С. 1052–1059.
- Инженерная геология рудной провинции Клариян – Клиппертон в Тихом океане / Я.В. Нейзвестнов, А.В. Кондратенко, С.А. Козлов и др. СПб.: Наука, 2004. Тр. ВНИИОкеангеологии. Т. 197. 281 с.
- Железо-марганцевые конкреции Тихого океана / Под ред. П.Л. Безрукова. М.: Наука, 1976. 301 с.
- Железо-марганцевые конкреции центральной части Тихого океана. М.: Наука, 1986. 344 с.
- Жулева Е.В.* Геоморфология вулканических гор ложа океана. М.: ИО РАН, 2004. 185 с.
- Зенкевич Н.Л.* Атлас фотографий дна Тихого океана. М.: Наука, 1970. 205 с.
- Кругляков В.В., Мельников М.Е., Голева Р.В. и др.* Рудные корки подводных поднятий Мирового океана. Геленджик: ЦГГЭ, 1993. 129 с.
- Мельников М.Е.* Месторождения кобальтоносных марганцевых корок. Геленджик: ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», 2005. 230 с.

- Мельников М.Е., Подшувейт В.Б., Пуляева И.А., Невретдинов Эр.Б.* Среднемиоценовые вулканические постройки на гайоте Дальморгеология (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеан. геология. 2000. № 5. Т. 19. С. 38–46.
- Мельников М.Е., Плетнев С.П., Басов И.А. и др.* Новые геологические и палеонтологические данные по гайоту Федорова // Тихоокеан. геология. 2006. № 1. Т. 25. С. 3-13.
- Мельников М.Е., Пономарева И.Н., Туголесов Д.Д., Рождественский В.Х.* Результаты бурения кобальтоносных марганцевых корок на гайотах Магеллановых гор (Тихий океан) // Тихоокеан. геология. 2005. Т. 24. № 5. С. 36-49.
- Мельников М.Е., Седышева Т.Е., Хулапова Т.М.* Горно-геологические условия локализации кобальтоносных марганцевых корок // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 4. Геология, 2004. № 1. С. 34 – 41.
- Мельников М.Е., Школьник Э.Л., Пуляева И.А., Попова Т.В.* Результаты детального изучения оксидной железомарганцевой и фосфатной минерализации на гайоте ИОАН (Западная Пацифика) // Тихоокеан. геология. 1995а. Т. 14. № 5. С. 4-20.
- Мельников М.Е., Школьник Э.Л., Сенькова Т.В., Попова Т.В.* Геологическое строение и полезные ископаемые гайота Батиса (Тихий океан) // Тихоокеан. геология. 1995б. Т. 14. № 1. С. 23-40.
- Сульфиды Восточно-Тихоокеанского поднятия / Под. ред. В.В. Круглякова, Р.В. Голевой. М.: ВИМС, 1993. 135 с.
- Условия образования и закономерности размещения железомарганцевых конкреций Мирового океана / Под. ред. О.Д. Корсакова. Л.: Недра, 1987. 259 с.
- Andrews J.E., Meylan M.A.* Results of bottom photography: Kana Keoki cruise Manganese'72 // Investigations of ferromanganese deposits from Central Pacific. Hawaii Inst. Geoph., 1972. P. 83-111.
- Felix D.* Some problems in making nodule abundance estimates from sea floor Photographs // Mar. Mining. 1980. Vol. 2. № 3. P. 293-302.
- Smoot N.C.* The Marcus-Wake seamounts and guyots as paleofracture indicators and their relation to the Datton Ridge // Mar. Geol. 1989. Vol. 88. P. 117- 131.
- Smoot N.C.* Orthogonal intersections of megatrends in the Western Pacific ocean basin: a case study of the Mid-Pacific mountains // Geomorph. 1999. Vol. 30. P. 323-356.

GEOLOGIC INTERPRETATION OF SEAMOUNTS BASED ON PHOTOGRAPHIC AND TELEVISION DATA

M. E. Melnikov, S. S. Saprykin, T. M. Hulapova

State scientific centre of the Russia Federation - Federal state unitary geological enterprise "Southern scientific and production enterprise for offshore geological exploration"

The paper addresses the problems of interpretation of the seabed photoprofiling data, in particular increasing its informative value by way of obtaining additional geological data. Identification of various types of geologic rocks on seabed photographs, correlation of the obtained data with the results of geologic sampling were described. Using the example of detailed photoprofiling carried out in the area of the Gelendzhik guyot of the Magellan Seamount, raised a possibility to use photo information for geologic mapping. It was confirmed, that when planning geologic exploration photoprofiling surveys can not be considered as the main technique, however it can give additional valuable information about the development of various types of rocks. Upgrading the techniques for seabed pictures interpretation was justified and the ways of their improvement were outlined.