

УДК 551.462.64:002.53(265)

© Коллектив авторов

Е.В. Жулева, В.А. Рашидов, А.А. Метальников, Е.И. Чесалова

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС «МАГЕЛЛАНОВЫ ГОРЫ (ТИХИЙ ОКЕАН)»

Постановка проблемы

Изучение подводных гор является важным элементом планирования и проведения поисковых, промысловых, инженерных, экологических и любых иных работ, связанных с освоением Мирового океана. Накопление большого объема фактических данных по морфологии и геолого-геофизическому строению подводных гор со всей остротой ставит вопрос об их организованном хранении для того, чтобы максимально избежать потерь имеющейся информации и обеспечить возможность ее использования и свободный доступ к ней всех заинтересованных лиц. Работа с обширными и разнообразными наборами данных требует инновационного подхода к их анализу, моделированию и обработке. Решению этой проблемы может служить создание информационных ресурсов (ИР) по подводным горам, ориентированных на интернет-технологии хранения и передачи информации. Специализированные базы данных по подводным горам представлены в Интернете в рамках таких международных программ, как: NYC Open Accessible Space Information System (OASIS) (<http://www.oasisnyc.net/>), Seamount Biogeoscience Network (SBN) (<http://earth.ref.org/SBN>), Seamount Online (<http://seamounts.sdsc.edu>). Распределение подводных гор и геохимия внутриплитового магматизма Атлантического океана рассматриваются в проекте Электронная Земля (<http://earth.jssc.ru/gim>). В рамках проектов, поддержанных РФФИ и ДВО РАН, камчатскими учеными создан специализированный сайт по геофизическому изучению позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана (http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/index.html). Все эти информационные системы построены по тематическому принципу.

Однако в настоящее время на карте Мирового океана появились географические объекты – горные массивы, которые были достаточно подробно и разносторонне исследованы в ходе экспедиционных работ и по которым накоплен значительный объем научной информации. Таким объектом исследования являются, например, Магеллановы горы в Тихом океане. Для обобщения оригинальных данных и доступных материалов, полученных при изучении гайотов

Магеллановых гор отечественными и зарубежными исследователями, с целью объединения, хранения, обработки и интерпретации имеющейся информации создан ИР «Магеллановы горы (Тихий океан)». ИР расположен по адресу <http://guyot.ocean.ru/> и включает в себя веб-сайт «Магеллановы горы (Тихий океан)», геоинформационную систему (ГИС) «Магеллановы горы Тихого океана» и базу данных (БД) по 26 гайотам и подводным горам. Организовано взаимодействие веб-сайта, ГИС и БД [1, 5-8, 18].

Магеллановы горы как объект исследования

Магеллановы горы представляют собой дугообразную цепь вулканических построек длиной более 1200 км, которая располагается в центральной части Восточно-Марианской котловины на участке между 10° с.ш. и 22° с.ш., и 149° в.д. и 160° в.д. (рис. 1). Интерес к Магеллановым горам в большой мере связан с тем, что на склонах и вершинах этих гор были обнаружены значительные скопления кобальто-марганцевых корок (КМК) и железомарганцевых конкреций. Магеллановы горы являются перспективными для добычи марганца, никеля и кобальта.

Объектом непрерывных исследований как отечественных, так и зарубежных ученых Магеллановы горы стали в 80-х годах XX века. Эти горы активно изучались в ходе экспедиций организаций Академии наук СССР (Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Институт вулканологии ДВО РАН, Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН), а также ВНИРО, ПО «Дальморгеология» Мингео РФ, ГНЦ «Южморгеология». Кроме того, в районе Магеллановых гор выполнялись экспедиционные работы Гавайского института геофизики и Скрипсовского океанографического института (США). Экспедиционные работы проводились на научно-исследовательских судах «Академик Александр Несмеянов», «Академик Мстислав Келдыш» (с использованием глубоководных подводных обитаемых аппаратов «Пайсис»), «Морской геолог», «Север», «Севморгеология» (переименованное впоследствии в «Дальморгеология»), «Профессор Федынский», «Геолог Петр Андропов», «Вулканолог», «Томас Вашингтон» (США), «Конрад» (США).

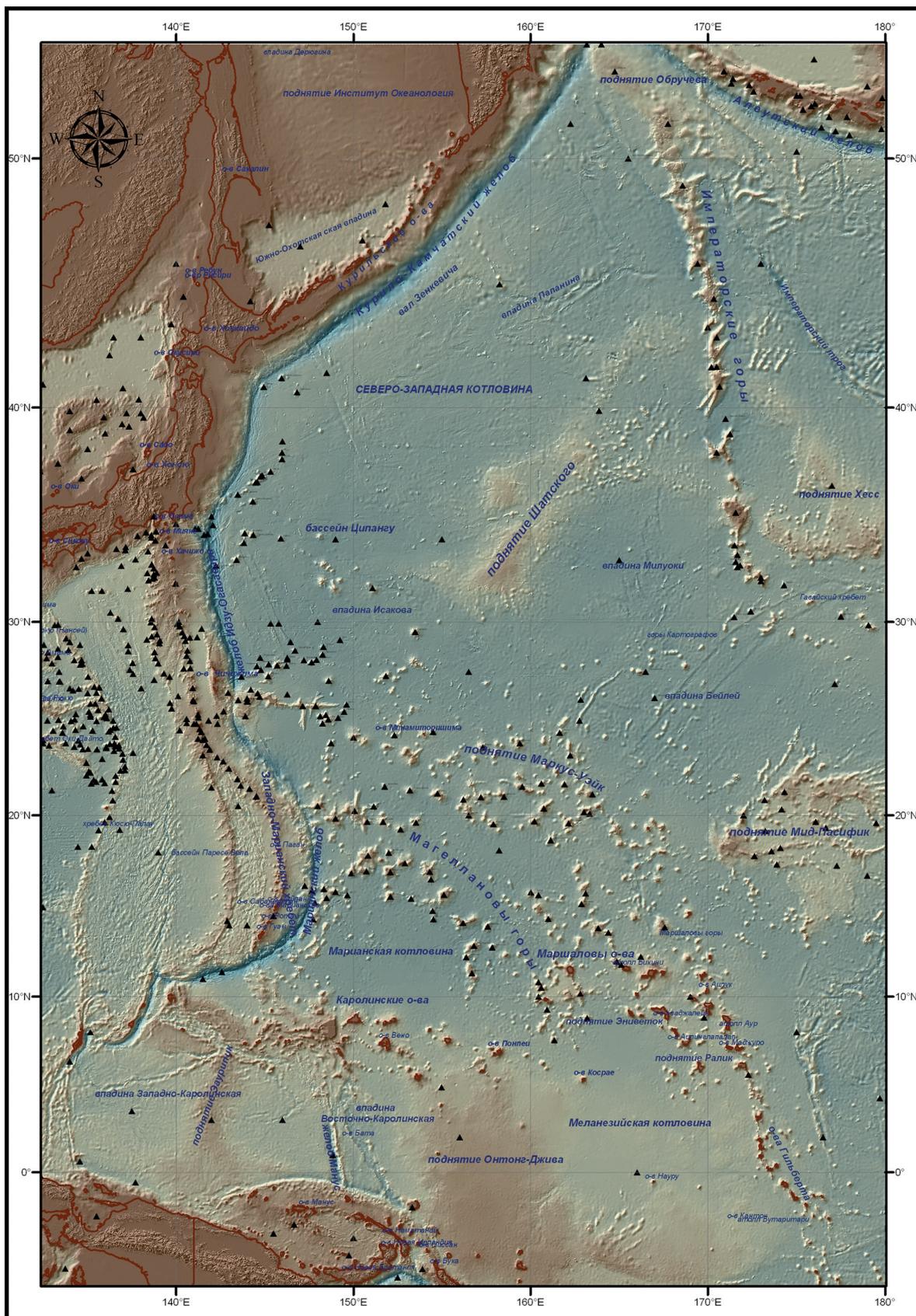


Рис. 1. Батиметрическая карта северо-западной части Тихого океана. Исходные данные – единая батиметрическая карта океанического дна GEBCO модели 2008 г. (<http://www.gebco.net>)

Со специализированных судов «Гломар Челленджер» (США) и «Гломар Эксплорер» (США) в районе Магеллановых гор были пробурены скважины глубоководного бурения [13].

В результате проведенных исследований появились научные работы, посвященные описанию отдельных гайотов Магеллановых гор, выявлению их геофизических и геолого-геоморфологических характеристик, особенностей распространения и состава железомарганцевых образований [10, 11]. В ряде работ было сделано обобщение относительно морфоструктурной позиции Магеллановых гор в целом, их геологического строения и рудоносности [3, 14]. В последние годы появились работы, направленные на выяснение природы Магеллановых гор [15, 16] и механизма формирования рудных тел [9, 12], изучение морфоскульптуры отдельных гайотов [4] и субстрата кобальтомарганцевых корок [19]. Данные определения абсолютного возраста пород, слагающих гайоты Магеллановых гор, полученные зарубежными исследователями, представлены на веб-сайте <http://www.ufp/geos>.

В настоящее время внимание к Магеллановым горам и необходимость их исследования усугубляются тем, что 12 марта 2015 г. Россия получила эксклюзивное право разведки рудных полезных ископаемых на площади 3 тыс. км² в районе Магеллановых гор Тихого океана на 15 лет [20]. Соответствующее соглашение было подписано министерством природных ресурсов Российской Федерации и Международным органом по морскому дну.

В созданном ИР обобщены результаты научных исследований гайотов Магеллановых гор, полученные в рейсах Института вулканологии ДВО РАН, Института океанологии РАН и ГНЦ «Южморгеология», а также литературные данные и материалы из сети Интернет на май 2015 г. и использованы современные методики их обработки.

Особенности организации веб-сайта

ИР «Магеллановы горы (Тихий океан)» построен на базе универсального портала для сбора и хранения океанологической информации, разработанного Отделом информационных технологий Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Программной платформой портала является конфигурация, включающая сервер Linux/Unix, HTTP-сервер Apache, сервер баз данных MySQL, интегрированные необходимые языки программирования и серверные приложения. Портал сформирован по блочно-модульному принципу, что позволяет проводить обновление отдельных элементов портала без остановки его работы, а также в случае необходимости достаточно быстро

изменять и наращивать его функционал. Дизайн портала задан набором PHP-файлов – темплейтом, с использованием технологии каскадных таблиц стилей CSS. «Дружественный» интерфейс административной панели позволяет проводить работу с данными научным сотрудникам, не обладающим специфическими навыками в области программирования и разработки веб-сайтов, без привлечения конкретных специалистов.

Особенностью административного интерфейса является возможность назначения различных прав доступа разным группам пользователей (обычный пользователь, менеджер, редактор, администратор и т.д.). Кроме того, предусмотрено создание групп пользователей с заданными правами, ориентированными под выполнение конкретных задач. Все функции управления аппаратной или программной частью портала доступны только пользователям с правами доступа «суперадминистратор» или, с некоторыми ограничениями, «администратор». Этим категориям пользователей, в частности, доступно изменение общих настроек системы, добавление и удаление отдельных компонент и модулей системы, их настройки, а также настройка параметров сервера и доступа к данным. Вмешательство в данные процессы пользователей с правами ниже указанных категорий исключено.

На веб-сервере размещен текстовый, табличный и графический материал с произвольным набором полей со структурированием неограниченной степени вложенности. Картографические материалы представляются в наиболее распространенных форматах: JPG, GIF, PNG.

На главной странице сайта размещена интерактивная батиметрическая карта Магеллановых гор, с которой осуществляется переход непосредственно в БД к описаниям отдельных гайотов (рис. 2).

Веб-сайт включает в себя ряд разделов. В разделе «Характеристика региона» приводится описание рельефа и основных структур, стратиграфии, магматизма, тектоники и полезных ископаемых Магеллановых гор. Базовой картой по рельефу северо-западной части Тихого океана является единая батиметрическая карта океанов GEBCO модели 2008 г. (<http://www.gebco.net>). В качестве базовых представлены также карта гравиметрического поля региона и карта поверхности Мохоровичича.

Раздел «Что такое гайоты?» содержит обзор становления представлений о гайотах, как о самостоятельных структурах дна океана, описание их геоморфологического и геологического строения, условий развития и истории формирования.

В разделе об экспедициях научно-исследовательских судов перечисляются рейсы и проводится



Рис. 2. Интерактивная батиметрическая карта Магеллановых гор (<http://guyot.ocean.ru/>)

характеристика основных работ, которые были выполнены в исследуемом регионе.

Библиография в созданном ИР содержит 159 наименований, из них 115 на русском языке и 44 – на иностранных языках.

В «Базу данных гайотов района Магеллановых гор» включена информация о 26 подводных постройках.

Набор данных о гайотах представлен текстом, таблицами и разнообразными крупномасштабными картами (батиметрическими, геоморфологическими, морфометрическими, геологическими, геофизическими). Объем описания гайота зависит от степени его изученности.

ГИС-технологии в морфометрическом анализе рельефа гайотов и оценке их рудоносности

ГИС «Магеллановы горы Тихого океана» представляет собой два набора карт различных масштабов. Кроме тематических мелкомасштабных карт на северо-западную часть Тихого океана, представленных в разделе «Характеристика региона», она содержит крупномасштабные карты отдельных построек Магеллановых гор, включенных в БД.

На базе высокоточных данных спутниковой альтиметрии с использованием встроенных инструментов Spatial Analyst ArcGIS 10.1 строились высо-

коточные трехмерные 3D-карты рельефа гайотов и подводных гор (рис. 3)

Использование ГИС-технологий исследования поверхностей позволило не только выявить новые морфометрические характеристики гайотов, но и определить важные элементы их геоморфологического строения. На основе батиметрической карты и ее различных трансформаций (карты градиента, криватуры, особых точек), рассчитывались координаты вершины, глубина основания и вершины, относительная высота постройки, азимут простирания, степень изометричности и изрезанности, наличие террас, площадь, объем и т.д. [13]. Для численного моделирования и пространственного анализа данных используются модули Spatial Analyst и Geostatistical Analyst. Эти модули позволяют строить трехмерную модель подводной горы, рассчитывать ее морфологические характеристики, а также имеют алгебраические и статистические инструменты для поиска пространственных закономерностей. В результате сопоставления неограниченного количества параметров путем оперативного совмещения любых тематических карт в общей географической системе устанавливаются скрытые пространственные зависимости различных величин друг от друга.

С использованием ГИС-методов анализа пространственных данных для различных гайотов

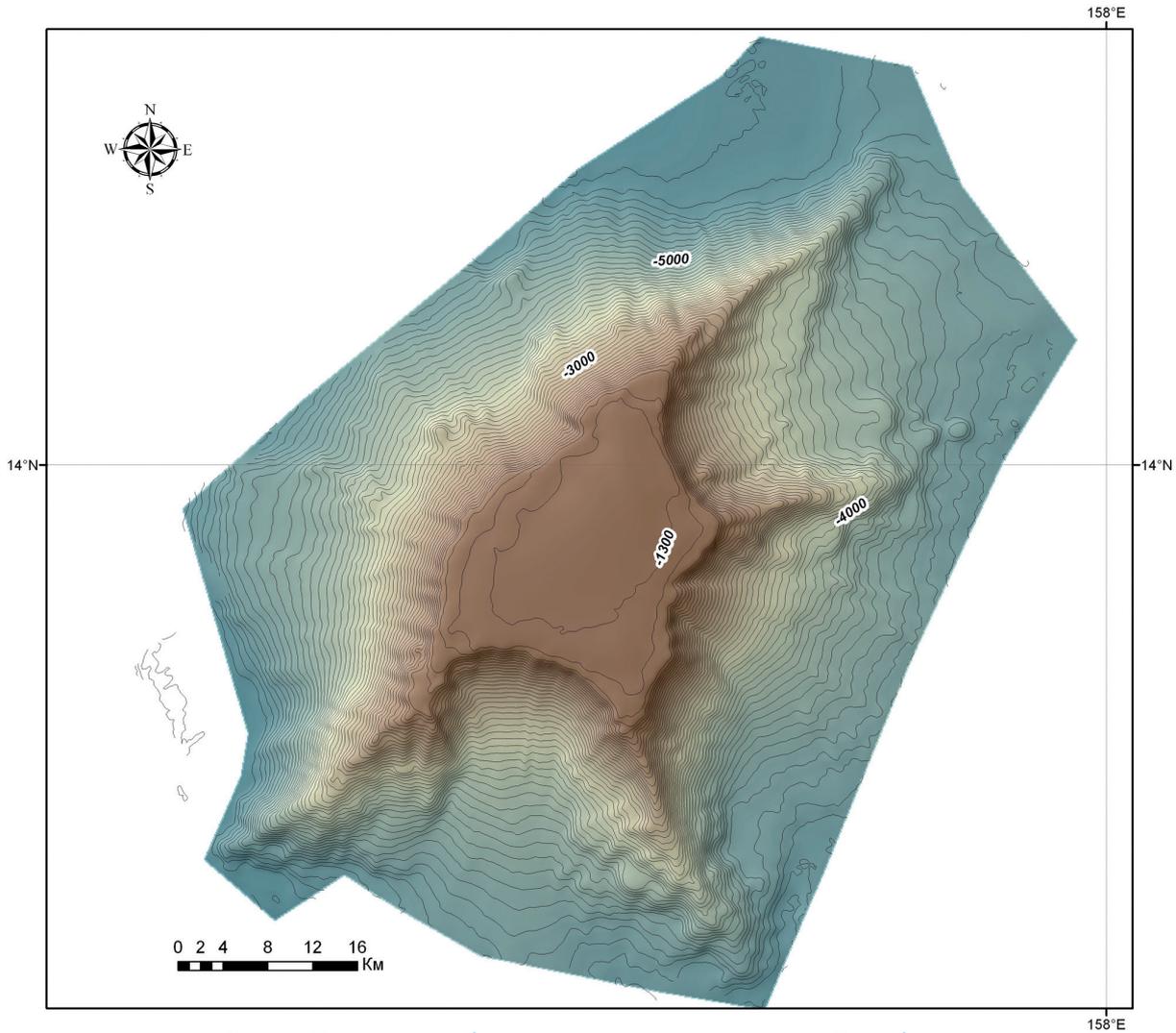


Рис. 3. Трехмерная батиметрическая карта гайота Грамберга

Магеллановых гор были построены карты уклонов поверхности склонов (рис. 4), карты криватуры, характеризующие степень кривизны исследуемой поверхности, отражая выпуклые и вогнутые формы рельефа; карты вертикальной изрезанности поверхности, в значительной мере связанной с проявлением тектонических нарушений и последующей активизации вулканической деятельности, карты экспозиции склонов. Эти карты позволяют говорить об активности протекания тектонических и экзогенных процессов, формирующих сложную конфигурацию поверхности склонов. С учетом данных по бурению, драгированию и подводному фотопрофилированию для ряда гайотов с помощью программы Arc/Info v.9.0 прослежены границы распространения рудных корок и построены карты железомарганцевых образований, на которых отражено распределение КМК различной мощности (рис. 5). А с использованием статистических инструментов ArcGis были исследованы зависимости распределения корок от различных морфометрических характеристик гайотов [17].

Построенные карты с анализом изображения и интерпретацией его результатов включены в описание гайотов, представленные в БД.

База данных гайотов района Магеллановых гор

Набор данных, содержащих графическую, текстовую и табличную информацию, сгруппирован в БД по географическому принципу. На основании упорядочения всей доступной информации проводится описание каждого из гайотов Магеллановых гор.

Степень изученности отдельных гайотов Магеллановых гор довольно неравномерна. Детально исследованы гайоты, на которых проводились целенаправленные экспедиционные работы (гайоты Ита-Май-Тай, Федорова, Ильичева, Коцебу, Вулканолог, Альба, Гордина, Бутакова, Геленджик, Грамберга, Говорова, Ома-Влиндер). Наиболее полное описание хорошо изученных гайотов включает характеристику рельефа, геолого-геофизического строения и рудных

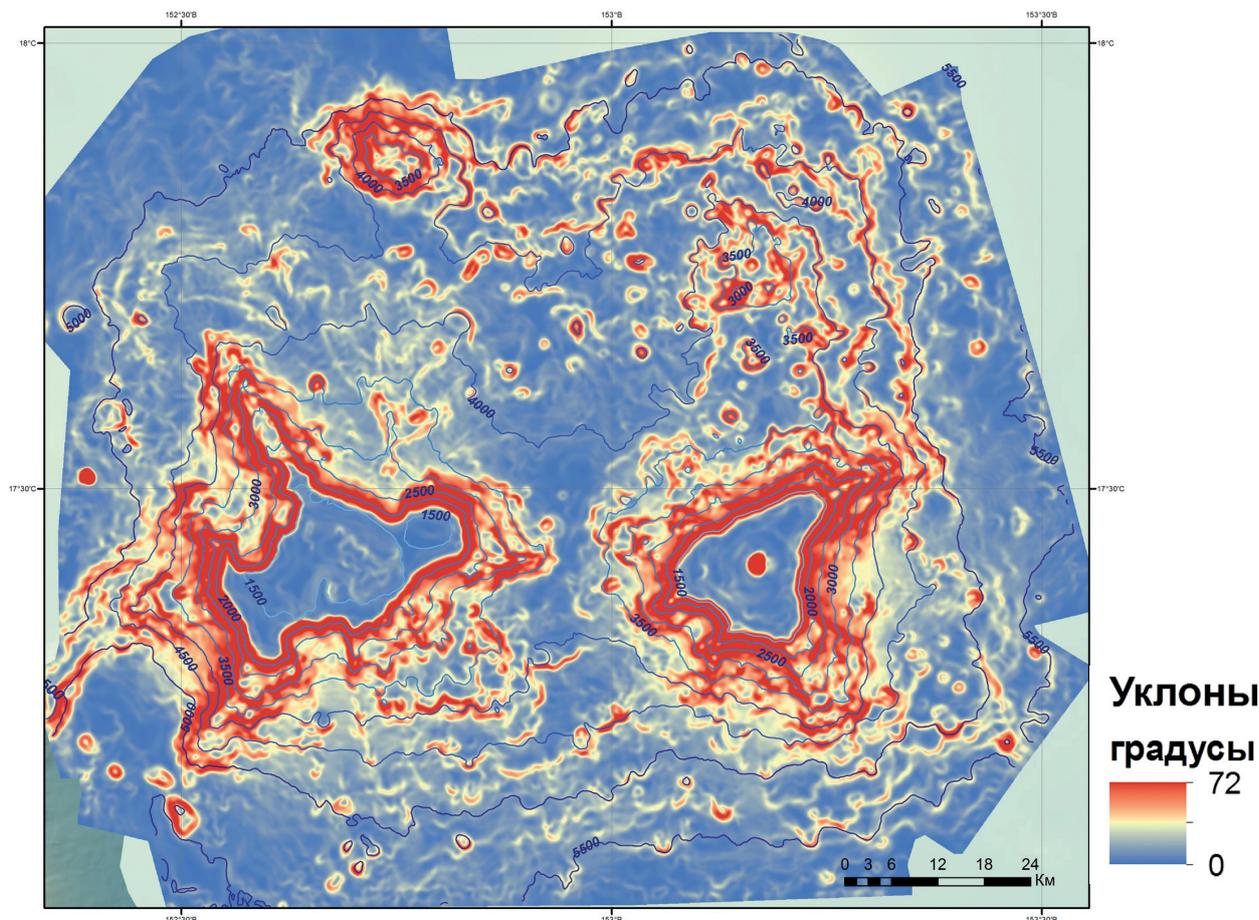


Рис. 4. Карта-схема уклонов поверхности склонов гайота Коцебу

образований. Менее изучены гайоты, которые были включены в комплекс региональных исследований, проводившихся в северо-западной части Тихого океана (гайоты Ариранг, Затонского, Паллада, Пегас, Скорняковой, Хемлер, D-4, Голден Драгон, подводная гора Химу). Изученность гайотов МА-3, МА-4, МА-7, МА-29, МА-31 крайне слабая.

Для сбора фактической информации проводятся натурные измерения, обработка результатов экспедиционных съемок, получение количественных и временных характеристик, компьютерное моделирование.

Описание каждого гайота завершается таблицей «Описание объекта», в которой приводится краткая характеристика объекта, объединяющая основные пространственно-временные и морфологические данные о нем и позволяющая судить о степени его изученности.

Структура метаданных в таблице по подводным горам построена с целью их описания в качестве природного объекта мультидисциплинарных исследований и ориентирована на составление его наиболее полной и лаконичной характеристики [2]. Поскольку предусматривается возможность

применения историко-генетического подхода к анализу рельефа подводных гор, в базу данных включена не только морфологическая, но и некоторая геологическая и геофизическая информация, как числовая, так и текстовая. Предлагаемый тематический стандарт на метаданные представлен в таблице на примере гайота Гордина (табл. 1).

Заключение

ИР «Магеллановы горы (Тихий океан)» представляет собой первый образец сбора аналитической, картографической и библиографической информации об океанической структуре. Он не только объединяет и позволяет организованно хранить существующие первичные данные и результаты научных исследований Магеллановых гор, но дает возможность использовать эти материалы для настоящих и последующих региональных и специализированных работ. Созданный специализированный ИР предоставляет многочисленным исследователям уникальную информацию для изучения Магеллановых гор Тихого океана.

Опытная эксплуатация ИР «Магеллановы горы (Тихий океан)», проводившаяся в течение последних

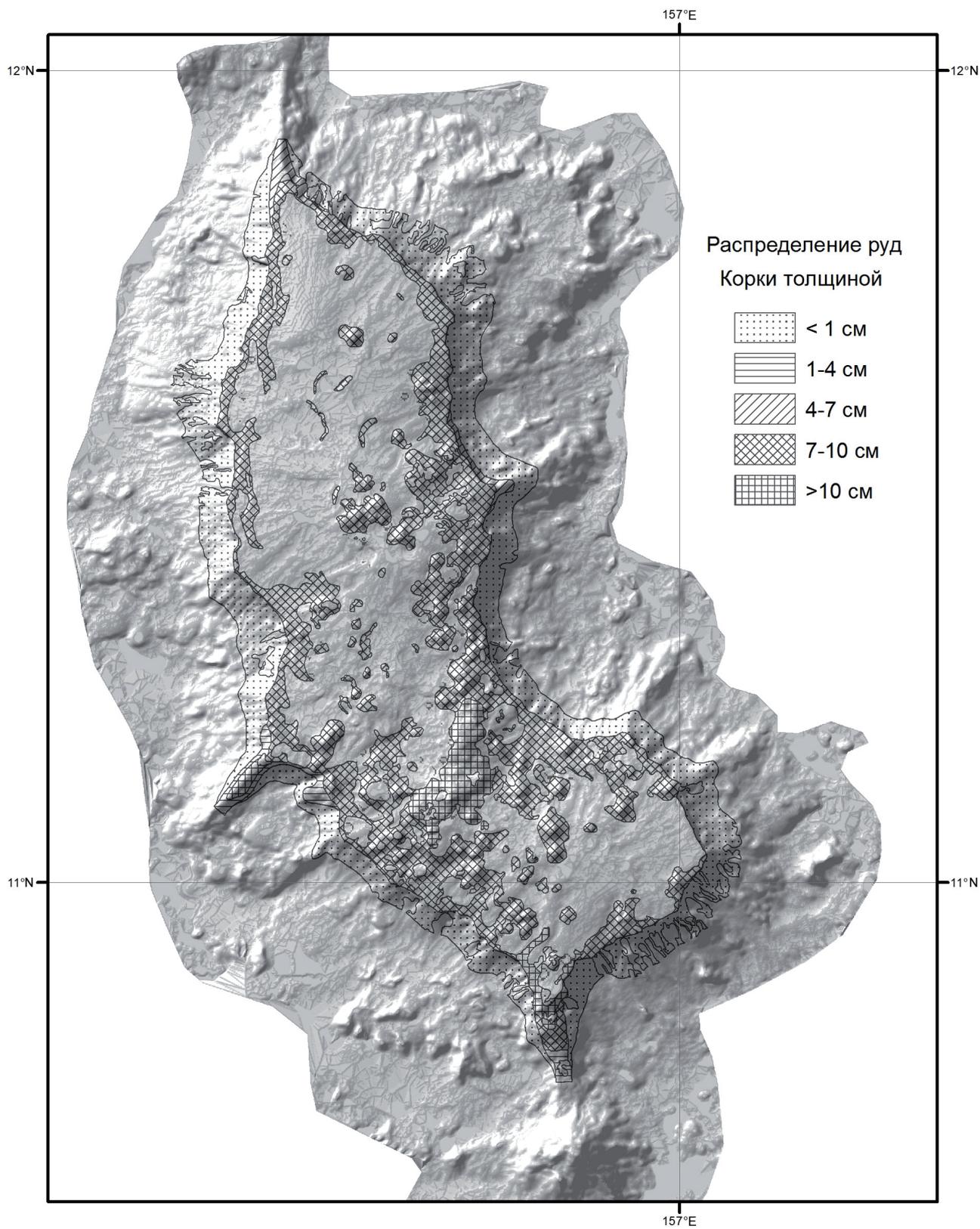


Рис. 5. Трехмерная карта рельефа гайота Бутакова с границами развития КМК различной мощности

Таблица 1

Морфология гайота Гордина

Геоинформационные системы

№	Название	Английское обозначение	Содержание признака		
1	Номер	NUMBER	11		
2	Название	SEAMOUNT_NAME1	Гордина (МА-11)		
3	Международное название	SEAMOUNT_NAME2	Gordin		
4	Название горной системы	SEAMOUNT_SYSTEME NAME	Магеллановы горы		
5	Тип горы	SEAMOUNT_SHAPE	гайот		
6	Географические координаты	LATITUDE	16,97°		
		LONGITUDE	150,73°		
7	Приуроченность к форме рельефа дна	LOCATION	Восточно-Марианская котловина		
8	Батиметрические характеристики	DEPTH_SUMMIT	2000 м (min 1274 м)		
		DEPTH_BASIS	3700-5000 м		
9	Морфометрические характеристики	SEAMOUNT_HEIGHT	3000 м		
		BASIS_AREA	88 × 55 = 4840 км ²		
		BASIS_EXTENSION	0,625		
		BASIS_AZIMUT	98°		
10	Возраст	SEAMOUNT_AGE	K ₁		
		METHOD_AGE	палеонтологический		
		PLATE_AGE	170 млн лет		
11	Геолого-геофизическая изученность	SAMPLING	НИС «Академик Александр Несмеянов», рейс № 1, 1983 г.; НИС «Академик Мстислав Келдыш», рейс № 9, 1986 г.; НИС «Морской геолог», рейс № 6, 1986-1987 гг.; НИС «Морской геолог», рейс № 8, 1987-1988 гг.; НИС «Геленджик», 2006-2007 гг.		
12	Рудные образования	ORE_FORMATIONS	ж-м конкреции, корки		
13	Извержения	ERUPTION AGE			
		ACTIVITY TYPE	вулканические конусы		
14	Эрозионно-абразионные террасы	TERRACE_DEPTH	3000-3500 м	2500-3000 м	3000-3500 м
		TERRACE_WIDTH	4,8 × 2,9 км		
		TERRACE_HIGHLY			
		SLOPE	С	СВ	СВ
15	Олистоостромы	LANDSLIDES_TYPE	подводные оползни		
		LANDSLIDES_SIZE			
16	Библиография	BIBLIOGRAPHY	Гайоты..., 1995; Железо-марганцевые..., 1990; Мельников, 2005; Рашидов и др., 2009		

двух лет, показала его устойчивость, безотказность в работе, удобство в эксплуатации, просмотре, пополнении и редактировании данных.

Ключевые слова: информационный ресурс, Магеллановы горы, гайоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акманова Д.Р., Асавин А.М., Жулева Е.В., Мельников М.Е., Рашидов В.А., Чесалова Е.И. Интегрированный анализ геолого-геофизических материалов с использованием ГИС-методов как новый способ исследования гайотов Магеллановых гор Тихого океана // Вулканизм и связанные с ним процессы : материалы конференции, посвященной Дню вулканолога. – Петропавловск-Камчатский : ИВиС ДВО РАН, 2012. – С. 93-97.
2. Асавин А.М., Жулева Е.В. Основы построения стандарта метаданных по рельефу подводных гор // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2009. – № 2. – Вып. 14. – С. 143-152.
3. Гайоты Западной Пацифики и их рудоносность / отв. ред. д. г.-м. н. И.Н. Говоров и д. г.-м. н. Г.Н. Батурин. – М. : Наука, 1995. – 368 с.
4. Жулева Е.В. Геоморфология вулканических гор ложа океана. – М. : ИО РАН, 2004. – 185 с.
5. Жулева Е.В., Рашидов В.А., Метальников А.А., Акманова Д.Р., Чесалова Е.И. Создание информационного ресурса по гайотам Магеллановых гор Тихого океана на основе универсальных технологий хранения геолого-геофизических данных // Современные методы и средства океанологических исследований : материалы XIII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2013». – М. : АПР, 2013. – С. 40-45.
6. Жулева Е.В., Рашидов В.А., Метальников А.А., Чесалова Е.И. Информационный ресурс «Магеллановы горы (Тихий океан)»: строение и пользовательский интерфейс // Современные методы и средства океанологических исследований : материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Том II, М., 2015. – С. 261-264.
7. Жулева Е.В., Рашидов В.А., Метальников А.А., Чесалова Е.И. Информационный ресурс «Магеллановы горы (Тихий океан)» в изучении геоморфологии гайотов // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике : Всероссийская конференция «VII Щукинские чтения» (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 18-21 мая 2015 г.) : материалы конференции. – М. : МАКС Пресс, 2015. – С. 418-420.
8. Жулева Е.В., Рашидов В.А., Чесалова Е.И., Акманова Д.Р., Метальников А.А. Современные технологии в геолого-геоморфологическом изучении Магеллановых гор Тихого океана // Геология морей и океанов : материалы XX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – Т. V. – М. : ГЕОС, 2013. – С. 106-110.
9. Мельников М.Е. Месторождения кобальтоносных марганцевых корок. – Геленджик : ФГУПП ГНЦ «Южморгеология», 2005. – 231 с.
10. Мельников М.Е., Плетнев С.П., Басов И.А. и др. Новые геологические и палеонтологические данные по гайоту Федорова (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеанская геология. – 2006. – Т. 25. – № 1. – С. 3-13.
11. Мельников М.Е., Плетнев С.П., Басов И.А., Седышева Т.Е. Новые данные о морфологии и геологическом строении гайота Грамберга (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеанская геология. – 2009. – Т. 28. – № 4. – С. 105-115.
12. Михайлик Е.В., Хешберг Л.Б., Чудаев О.В. О механизме формирования кобальтомарганцевых корок на гайотах Магеллановых гор Тихого океана // Вестник ДВО РАН. – 2003. – № 6. – С. 87-93.
13. Рашидов В.А. Магеллановы горы (Тихий океан): состояние геологической изученности // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2006. – № 2. – С. 13-20.
14. Сваричевский А.С. Морфоструктурная позиция Магеллановых гор (Тихий океан) // Тихоокеанская геология. – 1993. – № 1. – С. 21-32.
15. Седов А.П., Матвеев В.В., Волокитина Л.П. и др. Качественная модель формирования цепей подводных гор // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2005. – № 5. – С. 24-44.
16. Уткин В.П., Ханчук А.И., Михайлик Е.В., Хешберг Л.Б. Роль сдвиговых дислокаций океанической коры в формировании гайотов Магеллановых гор (Тихий океан) // ДАН. – 2004. – № 5. – С. 646-650.
17. Чесалова Е.И. Использование ГИС-технологий для классификации подводных форм рельефа и оценки их рудной продуктивности (на примере Магеллановых подводных гор, Тихий океан) // Геоинформатика. – 2014. – № 3. – С. 18-25.
18. Чесалова Е.И., Асавин А.М., Жулева Е.В., Мельников М.Е., Рашидов В.А. Геоинформационная система (ГИС) «Магеллановы горы Тихого океана» // Геология морей и океанов : материалы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – Т. V. – М. : ГЕОС, 2011. – С. 219-223.
19. Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Пономарева И.Н. и др. Результаты изучения субстрата кобальтомарганцевых корок по керну скважин на гайотах ИОАН и Дальморгеология (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеанская геология. – 2004. – Т. 23. – № 1. – С. 76-96.
20. Россия получила право разведки руды в районе Тихого океана [Электронный ресурс] // РИАОВОСТИ. – URL: ria.ru/economy/20150312/1052102620.html (дата обращения: 25.06.2015).