

УДК 551.462.(265.5)

© 2016 г. Е.В. ЖУЛЕВА<sup>1</sup>, В.А. РАШИДОВ<sup>2</sup>, Е.И. ЧЕСАЛОВА<sup>3</sup>**ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС “МАГЕЛЛАНОВЫ ГОРЫ  
(ТИХИЙ ОКЕАН)” КАК СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЯ  
СВЕДЕНИЙ О РЕЛЬЕФЕ ПОДВОДНЫХ ГОР**<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*<sup>2</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, Россия*<sup>3</sup>*Государственный геологический музей им. В.И.Вернадского РАН, Москва, Россия  
e-mail: lenageo@rambler.ru, rashidva@kscnet.ru, rwm@sgm.ru*

Создан информационный ресурс (ИР) “Магеллановы горы (Тихий океан)”. Он объединяет оригинальные результаты экспедиционных исследований и ГИС-технологий обработки морфометрических данных и печатные материалы по геоморфологии и геологии гайотов Магеллановых гор. ИР включает в себя web-сайт, геоинформационную систему в ArcGIS Online и базу данных по 26 гайотам. ИР, расположенный по адресу <http://guoyot.ocean.ru/>, обеспечивает исследователей исключительной информацией по морфологии и геофизическим полям гайотов, а также о составе и распределении развитых на них железомарганцевых корок.

**Ключевые слова:** информационный ресурс, геоинформационная система, Магеллановы горы, гайоты, геоморфология.

*Памяти исследователя Магеллановых гор  
Тихого океана М.Е. Мельникова посвящается*

**Введение**

Изучение и освоение дна Мирового океана является актуальной проблемой в связи с планированием и проведением поисковых, промысловых, инженерных, экологических и некоторых других работ. Важную роль при этом играют геоморфологические исследования. Обычно информация о подводном рельефе представляется в виде батиметрических карт различного масштаба. Однако в настоящее время благодаря проведению комплексных региональных экспедиционных исследований на различных участках Мирового океана, появились структуры, подробно изученные в геоморфологическом и геолого-геофизическом плане. Это, прежде всего, подводные горы. Накопление большого объема фактических данных по морфологии, геологическому строению и геофизическим полям подводных гор со всей остротой ставит вопрос об организованном хранении полученной информации.

Районом комплексных экспедиционных исследований, по которому накоплен значительный объем информации, являются Магеллановы горы – цепь подводных гор в средней части Восточно-Марианской котловины в Тихом океане.

Внимание к Магеллановым горам и необходимость их изучения российскими исследователями усугубляются тем, что 12 марта 2015 г. Россия получила эксклюзивное право разведки рудных полезных ископаемых на площади 3000 км<sup>2</sup> в районе Магеллановых гор Тихого океана на 15 лет [1]. Соответствующее соглашение было подписано Министерством природных ресурсов Российской Федерации и Международным советом по морскому дну.

## Материалы и методы

Члены авторского коллектива многие годы в ходе научно-исследовательских экспедиций участвуют в систематическом сборе данных о вулканических постройках Магеллановых гор, большинство из которых являются гайотами, и проводят различную камеральную обработку полученной геолого-геоморфологической информации.

Гайот – это плосковершинная подводная гора, представляющая собой погружившийся древний вулканический остров, вершина которого срезана абразией у поверхности океана [2]. В тропической зоне процесс образования гайота часто включает в себя развитие на вулканических островах коралловых рифов. Основание гайота сложено базальтами второго слоя океанической земной коры. Перекрыты они осадочными образованиями первого слоя, среди которых особенно развиты рифогенные известняки.

Стремление объединить и грамотно организовать имеющиеся материалы привело авторов к созданию информационного ресурса (ИР) по Магеллановым горам. Работа с обширными и разнообразными комплектами данных требует инновационного подхода к их получению, анализу и хранению. Для решения этой проблемы создаются тематические ИР по подводным горам, ориентированные на Интернет-технологии хранения и передачи информации.

Таковыми ИР являются, например, электронные каталоги по биологии подводных гор [3, 4], по геохимии внутриплитного вулканизма Атлантического океана (<http://earth.jssc.ru/gim>), по геофизическому изучению позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана [5]. Все эти информационные системы построены по тематическому принципу.

При решении географо-картографических задач первостепенное значение приобретают цифровые модели рельефа, представляя собой способ структурного описания базовой части географического пространства. Расчет геометрических параметров рельефа подразумевает вычисление таких характеристик, как объем его форм и площадь их реальной поверхности, а также площадь проекций рельефа на плоскость. К морфометрическим параметрам рельефа принято относить углы наклона и экспозицию склонов, плановую и профильную кривизну поверхности [6].

При построении ИР по рельефу подводных гор предлагается включить в его организацию территориальный признак и ограничить создаваемый каталог одной горной провинцией. Для обобщения оригинальных данных и доступных материалов, полученных при геолого-геоморфологическом 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 [7] и включает в себя web-сайт “Магеллановы горы (Тихий океан)”, геоинформационную систему (ГИС) “Магеллановы горы Тихого океана” и базу данных (БД) по 26 гайотам. В рамках ИР организовано взаимодействие web-сайта, ГИС и БД.

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 служит конфигурация, включающая сервер Linux/Unix, HTTP-сервер Apache, сервер баз данных MySQL, интегрированные необходимые языки программирования и серверные приложения [8]. Портал сформирован по блочно-модульному принципу, что позволяет проводить обновление его отдельных элементов без остановки работы. Дизайн портала задан набором PHP файлов – шаблоном, построенным 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 web-сайтов, без привлечения конкретных специалистов.

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

## Результаты работ

На главной странице web-сайта “Магеллановы горы (Тихий океан)” перечислены разделы, объединяющие региональную и тематическую информацию об исследуемом регионе, и расположена интерактивная батиметрическая карта Магеллановых гор, с которой осуществляется переход непосредственно в БД к описаниям отдельных гайотов (рис. 1). В разделе “Характеристика региона” приводится описание рельефа и основных структур, стратиграфии, магматизма, тектоники и полезных ископаемых. Исходной картой по рельефу северо-западной части Тихого океана является единая батиметрическая карта океанов GEBCO модели 2008 г. [9]. В качестве базовых представлены также геологическая карта м-ба 1 : 10 000 000, карта гравиметрического поля региона и карта поверхности Мохоровичича.

Раздел “Что такое гайоты?” содержит обзор становления представлений об этих формах, как о самостоятельных структурах дна океана, описание особенностей их геоморфологического и геологического строения, условий развития и истории формирования. В разделе об экспедициях научно-исследовательских судов перечисляются рейсы, и проводится характеристика основных работ, которые были выполнены в исследуемом регионе. Библиография в созданном ИР содержит 159 наименований, из них 115 на русском и 44 на иностранных языках. На главной странице web-сайта также помещена информация об учреждениях, сотрудники которых приняли участие в создании ИР, и в которых активно организовывались экспедиционные исследования Магеллановых гор.

База данных содержит информацию о 26 подводных постройках. Набор данных о гайотах представлен текстом, таблицами и разнообразными крупномасштабными картами (батиметрическими, геологическими, геофизическими, геоморфологическими, морфометрическими). Объем описания гайота зависит от уровня его изученности. Использование ИР “Магеллановы горы (Тихий океан)” позволяет получить новые данные о геоморфологии подводных вулканических построек.

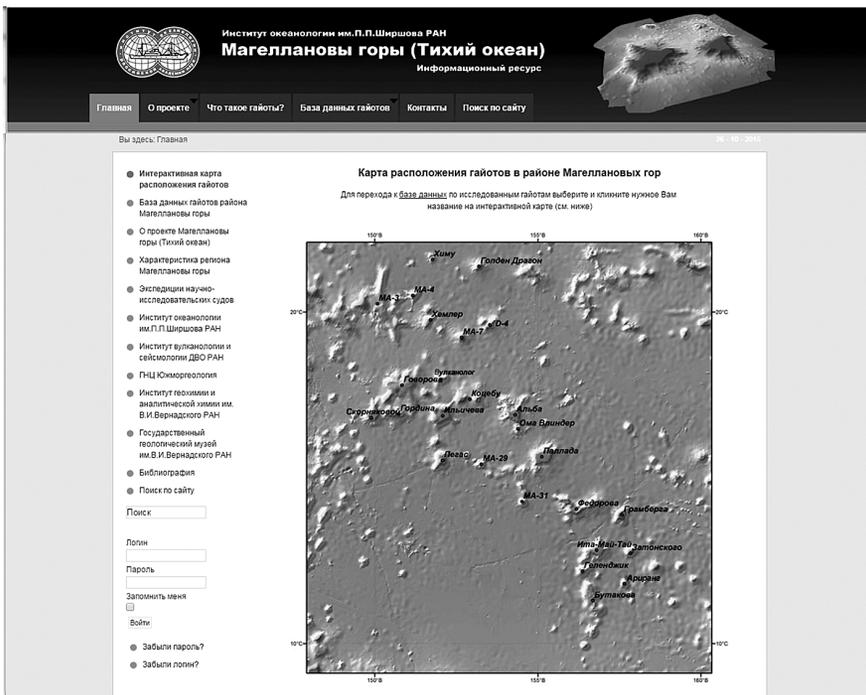


Рис. 1. Главная страница web-сайта “Магеллановы горы (Тихий океан)” [7]

На базе прецизионных данных спутниковой альтиметрии с использованием инструментов Spatial Analyst ArcGIS 10.1 были построены высокоточные 3D-карты рельефа подводных гор (рис. 2). В ГИС “Магеллановы горы Тихого океана”, основанной на оригинальных методах анализа пространственных данных, опробован новый алгоритм выделения контура основания подводной горы на фоне окружающей абиссальной равнины [10]. Рассчитываются градиенты изменения уклона поверхности дна океана, и в качестве подводных гор выделяются замкнутые области положительного градиента, превышающего  $5^\circ$ , соответствующие изолированным положительным формам рельефа дна. Затем на основе различных трансформаций рассчитывались такие характеристики, как координаты вершины, высота, азимут простираения и площадь горы и ее отдельных элементов, степень расчлененности поверхности, размеры террас и т. п., которые затем были включены в БД.

Использование ГИС-технологий обработки морфометрических данных не только пополняет сведения о рельефе гайотов, но позволяет выявлять новые особенности и закономерности их морфологии. Так, например, с применением этих методов для анализа пространственных данных по гайотам Грамберга, Ита-Май-Тай, Геленджик, Коцебу построены карты уклонов поверхности склонов и проведен анализ особенностей распределения этого показателя [7]. Карты кривизны поверхности, созданные для гайотов Говорова, Ильичева, Ита-Май-Тай, Геленджик, характеризуют соотношение разнообразных выпуклых (положительные значения) и вогнутых (отрицательные значения) элементов рельефа через условную оценку изменения абсолютного значения локального изгиба поверхности, обратно пропорционального радиусу описывающей кривой (рис. 3). На картах вертикальной расчлененности поверхности дна на гайотах Ита-Май-Тай и Геленджик хорошо отражается степень изрезанности вершины и скло-

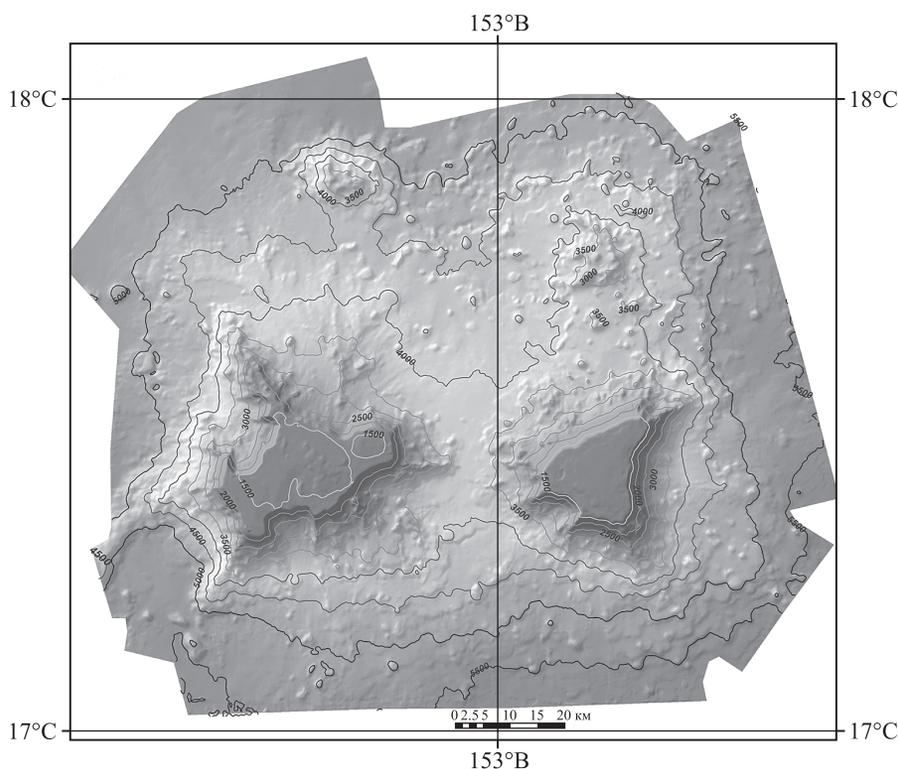


Рис. 2. Батиметрическая карта гайота Коцебу

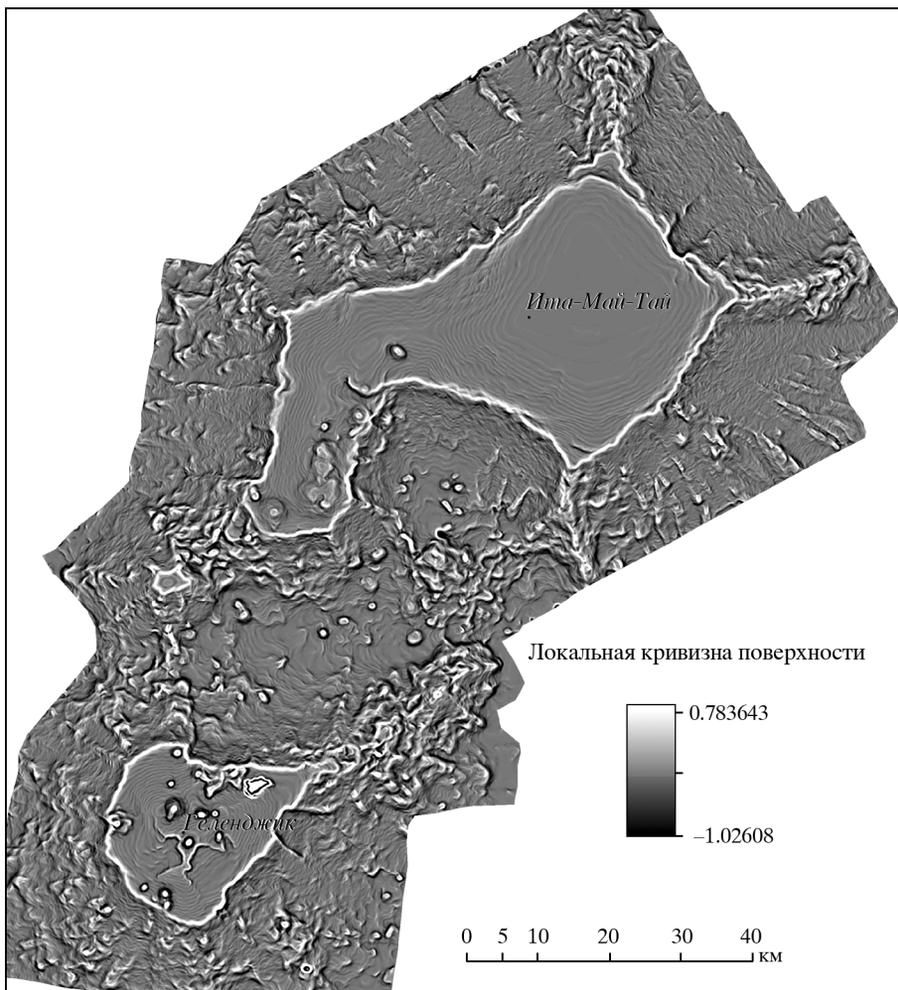


Рис. 3. Карта кривизны поверхности гайотов Ита-Май-Тай и Геленджик

нов, в значительной мере связанная с проявлением тектонических нарушений; а карты азимутов простираения склонов позволяют говорить об активности тектонических и экзогенных процессов, формирующих сложную конфигурацию поверхности этих гайотов [7]. На основе моделирования пространственного развития железомарганцевых образований на гайотах Бутакова и Ита-Май-Тай выявлены особенности распространения корок данного состава и закономерности их распределения в зависимости от морфометрических характеристик подводных гор (рис. 4) [11].

Построенные с использованием ГИС-технологий карты можно, с одной стороны, рассматривать как репрезентативный результат компьютерной обработки большого объема первичных данных, а с другой – как основу для проведения новых исследований.

Для каждого гайота в БД создана таблица описания объекта, ориентированная на составление его наиболее полной и лаконичной характеристики [12], позволяющей судить о степени его изученности (таблица). Поскольку предусматривается возможность применения историко-генетического подхода к анализу рельефа подводных гор, в БД включены морфологическая, геологическая и геофизическая информация, как текстовая, так и числовая.

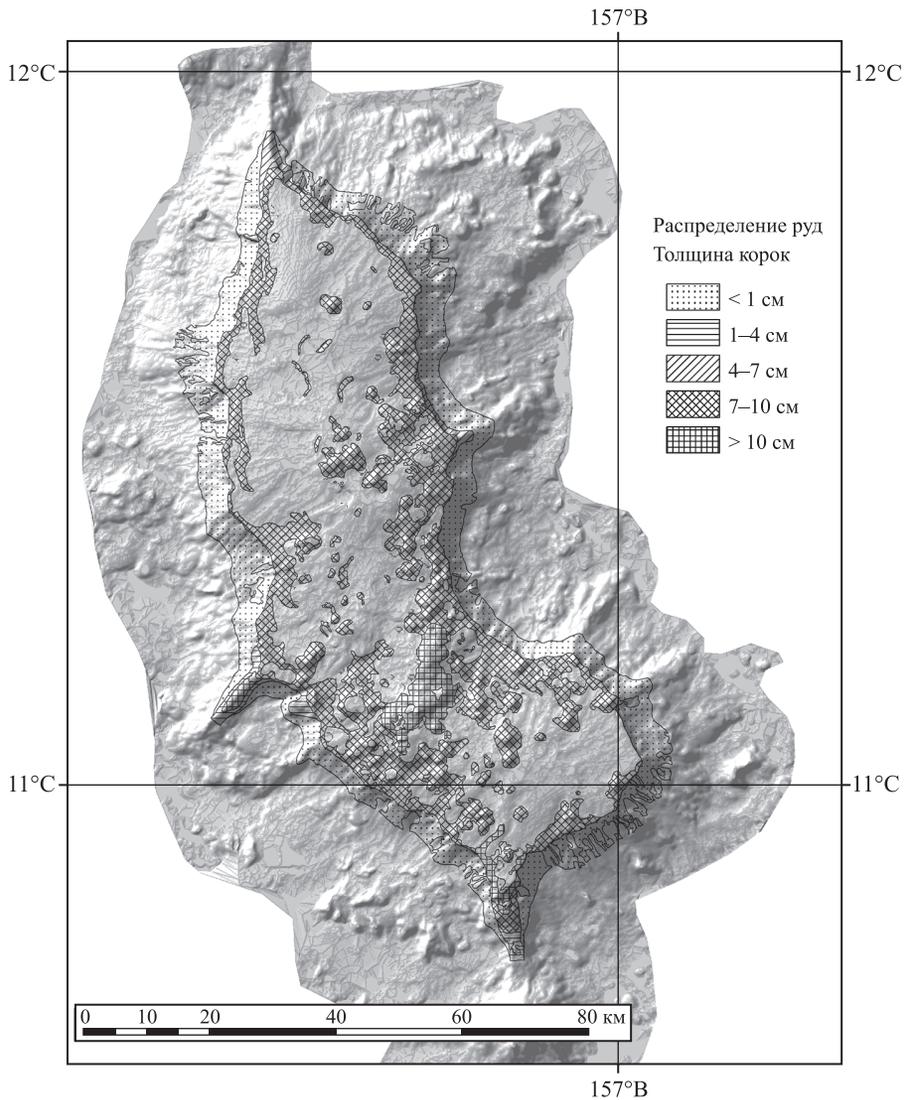


Рис. 4. Развитие кобальтмарганцевых корок различной мощности на гайоте Бутакова [11]

Методической основой применения современных технологий для решения морфологических задач служит создание электронных карт, совмещенных с базой фактических данных. Такое совмещение дает возможность сопоставить неограниченное количество параметров, оперативно накладывая одна на другую любые тематические карты в общей географической системе, и устанавливать скрытые пространственные зависимости различных величин друг от друга.

Оригинальные морфометрические характеристики были использованы в прикладных работах по моделированию и выявлению пространственных закономерностей распределения на гайотах кобальтмарганцевых корок [13]. Так, с использованием инструментов ArcGIS было установлено, например, что: в зависимости от уклонов поверхности дна наличие корок резко уменьшается на склонах крутизной более 25° и менее 3°; а из анализа карт кривизны поверхности выявлено, что корки преимущественно распространены на

## Гайот Вулканолог

№	Название	Английское обозначение	Содержание признака
1	Номер	NUMBER	9
2	Название	SEAMOUNT_NAME1	Вулканолог (МАГЛ 1, МА-9, MAGL 1)
3	Международное название	SEAMOUNT_NAME2	Vulkanolog
4	Название горной системы	SEAMOUNT_SYSTEME NAME	Магеллановы горы
5	Тип горы	SEAMOUNT_SHAPE	гайот
6	Географические координаты	LATITUDE	17°59.2'
		LONGITUDE	152°00'
7	Приуроченность к форме рельефа дна	LOCATION	Восточно-Марианская котловина
8	Батиметрические характеристики	DEPTH_SUMMIT	1300–1400 м (1 min – 1200 м; 2 min – 1380 м)
		DEPTH_BASIS	5175 м
9	Морфометрические характеристики	SEAMOUNT_HEIGHT	~ 4000 м
		BASIS_AREA	62–52 км (2600 км <sup>2</sup> )
		BASIS_EXTENSION	0.8 СВ
		BASIS_AZIMUT	~ 70°
10	Возраст	SEAMOUNT_AGE	123–127 млн лет
		METHOD_AGE	магнитное моделирование
		PLATE_AGE	155–170 млн лет
11	Геолого-геофизическая изученность	SAMPLING	23 рейс НИС “Вулканолог” (комплексная геофизика, драга); 10 рейс НИС “Академик Александр Несмеянов” (драга, НСП, магнитная съемка); 8 рейс НИС “Морской геолог” (НСП, магнитная съемка, дночерпатель, драга); рейс НИС “Геленджик” (драга, фотопрофилирование)
12	Рудные образования	ORE_FORMATIONS	железомарганцевые корки
13	Извержения	ACTIVITY TYPE	побочные вулканические конусы (13.5 на 1 тыс. км <sup>2</sup> )
14	Эрозионно-абразионные террасы	TERRACE_DEPTH	1800 м
		TERRACE_HIGHLY SLOPE	2100 м   3900 м 1.6–1.0км
15	Олистоостромы	LANDSLIDES_TYPE	ю-в   ю-в   с-з
		LANDSLIDES_SIZE	акваколлювиальные осыпи
16	Библиография	BIBLIOGRAPHY	На С склоне – до 25–30 км <sup>2</sup> ; на Ю склоне – до 70 км <sup>2</sup>
			Брусиловский, Соколов, 1992; Рашидов и др., 2003; Рашидов и др., 2009; Седышева, Мельников, 2009

протяженных выпуклых формах рельефа, таких как бровка плоской вершины и крупные отроги.

### Заключение

Предложенный способ сбора, обработки, хранения и отображения информации о комплексных геоморфологических и геолого-геофизических исследованиях гайотов Магеллановых гор в виде ИП отвечает четко сформулированным современным требованиям к развитию геоморфологии, предоставляя информационную базу для поиска полезных ископаемых и для использования морфометрических характеристик в ГИС-технологиях обработки данных о рельефе [14]. Находящийся в открытом доступе тематический ИП “Магеллановы горы (Тихий океан)” позволяет всем заинтересованным специалистам про-

водить геоморфологическое картографирование и интерпретацию геоморфологических данных, основываясь на огромном объеме информации, полученной отечественными и зарубежными исследователями при геолого-геоморфологическом изучении этого района.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [ria.ru/economy/20150312/1052102620.html](http://ria.ru/economy/20150312/1052102620.html)
2. Hess H.H. Drowned ancient islands of the Pacific Basin // *Am. J. Sci.* 1946. Vol. 244. No. 11. P. 772–791.
3. <http://www.oasisnyc.net/>
4. <http://earth.ref.org/SBN>
5. [http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/index.html](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/index.html)
6. Пермяков P.B. Применение геоинформационных технологий для решения географо-картографических задач (по материалам дистанционного зондирования) // *Геоинформатика*. 2014. № 3. С. 10–17.
7. <http://guyot.ocean.ru/>
8. Жулёва Е.В., Рашидов В.А., Метальников А.А., Чесалова Е.И. Специализированный информационный ресурс “Магеллановы горы (Тихий океан)” // *Геоинформатика*. 2015. № 4. С. 54–62.
9. <http://www.gebco.net>
10. Жулёва 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 / Мат-лы XX междунар. науч. конф. (школы) по морской геологии*. Т. V. М.: ГЕОС, 2013. С. 106–110.
11. Асавин А.М., Чесалова Е.И., Мельников М.Е. Прогнозная ГИС-модель формирования кобальтмарганцевых корок гайота Бутакова (Магеллановы горы, Тихий океан) // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2007. № 2. С. 105–117.
12. Асавин А.М., Жулёва Е.В. Основы построения стандарта метаданных по рельефу подводных гор // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2009. № 2. Вып. 14. С. 143–152.
13. 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.
14. Лопатин Д.В. Вектор развития геоморфологии (приглашение к дискуссии) // *Геоморфология*. 2015. № 3. С. 24–27.

Поступила в редакцию 07.12.2015

#### INFORMATION RESOURCE “THE MAGELLAN SEAMOUNTS (THE PACIFIC OCEAN)” AS A SYSTEM OF SEAMOUNTS RELIEF DATA STORAGE AND DISPLAY

E.V. ZHULEVA<sup>1</sup>, V.A. RASHIDOV<sup>2</sup>, E.I. CHESALOVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

<sup>3</sup>*V.I. Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow, Russia*  
*e-mail: lenageo@rambler.ru, rashidva@kscnet.ru, rwm@sgm.ru*

#### Summary

The information resource (IR) “The Magellan Seamounts (The Pacific Ocean)” was produced. This IR embodied original results of field works and GIS-technologies of morphometric data’s processing and published materials on the geomorphology and geology of Magellan seamount’s guyots. The IR includes the website, the geoinformation system in the ArcGIS Online, and the database on 26 guyots. The IR is located on <http://guyot.ocean.ru/> and provides researches with especial information about the morphology and geophysics of guyots and about the composition and distribution of ferromanganese crusts.

**Keywords:** information resource, geoinformation system, Magellan seamounts, guyots, geomorphology.

doi:10.15356/0435-4281-2016-4-35-42