

Экологическая и прикладная геоморфология

УДК 551.462(261)

© 2014 г. И.В. ЕГОРОВ

НОВЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОМ ХРЕБТЕ В СВЯЗИ С ПОИСКАМИ И РАЗВЕДКОЙ СУБАКВАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДОВ

В последние годы растет интерес к глубоководным минеральным ресурсам Мирового океана. В 2010 г. на 16 сессии Международного органа по морскому дну – МОМД (International Seabed Authority) были утверждены “Правила поиска и разведки полиметаллических сульфидов в Районе” [1]. Россия подала заявку на получение участка на Срединно-Атлантическом хребте (САХ) в интервале 12.5–21° с.ш. (рис. 1), и в октябре 2012 г. в Москве между МОМД и Министерством природных ресурсов и экологии РФ был подписан контракт сроком на 15 лет на разведку полиметаллических сульфидов в указанном районе [2]. Кроме России, заявку на отрезок САХ, непосредственно примыкающий с севера к российскому участку (рис. 1), подала также Франция. Китай и Южная Корея выбрали участки в Индийском океане (данные приведены по состоянию на июль 2013 г.). Активную работу в этом направлении ведут и другие страны. Таким образом, дату принятия “Правил...” – 7 мая 2010 г. – можно считать началом новейшего этапа исследований – в том числе и геоморфологических – срединно-океанических хребтов (СОХ).

В соответствии с международными правилами [1] заявочная (после подписания контракта – “разведочная”) площадь для поисков и разведки полиметаллических сульфидов определяется в блоках, размер каждого из которых не должен превышать 100 км² (расположение разведочных блоков России и рудных объектов в их пределах приведено на рис. 2). Заявитель может претендовать на площадь в 100 таких блоков. Они должны располагаться “в пределах прямоугольного района площадью не более 300000 км², длинная сторона которого не превышает 1000 км”. Видимо, в обозримом будущем значительные сегменты САХ будут хорошо изучены и, вполне вероятно, что через 15 лет здесь могут начаться мероприятия по добыче. Современные технические средства уже сейчас позволяют вести добычу глубоководных полезных ископаемых. Так, например, к настоящему времени уже разработан и подготовлен к эксплуатации полный технологический комплекс добычи полиметаллических сульфидов с глубин 2–2.5 км в море Бисмарка [3], а средняя глубина расположения рудных полей САХ составляет около 3 км.

Контракт на поиски и разведку полиметаллических сульфидов заключается с МОМД на 15 лет и предусматривает четкую последовательность опосредованного исследования заявленных площадей в соответствии с планом работы по разведке [1, 4]. Роль геоморфологических исследований в данном процессе (на всех этапах) трудно переоценить. При этом, что характерно, помимо производственного обслуживания работ по контракту,

возможно решение целого комплекса собственно геоморфологических задач: *научных* – изучение рельефа дна и его эволюции, и, соответственно, внесение существенного вклада в общегеологические исследования такого весьма специфического объекта как рифтовая зона срединно-океанического хребта; *прикладных* – выработка представлений о позиции сульфидных руд в геоморфологической системе рифтовой зоны и определение критериев прогноза для их поиска; *методических* – разработка новых методов картографирования и анализа рельефа в столь необычных условиях.

Советские и российские специалисты исследовали САХ, начиная с 1985 г. Главной задачей были поиски гидротермальных полиметаллических сульфидных руд. Попутно проводилось мелко- и среднемасштабное изучение геолого-геоморфологического строения осевой зоны хребта. Но в настоящее время, что следует особо отметить, наступил период *принципиально нового уровня исследований*. С одной стороны, речь практически идет о планомерных комплексных средне- и крупномасштабных исследованиях САХ по заданной сети, сравнимых со съемочным процессом на суше. Результатом таких работ будет выявление новых рудных объектов. С другой – всестороннее детальное (насколько позволяет технология) изучение известных площадей проявления полиметаллических сульфидов. Поэтому, представляется необходимым уже сейчас определить основные проблемы, связанные с геоморфологическими исследованиями, наметить возможные пути их решения и определить место геоморфологического изучения САХ в ряду комплексных изысканий в рамках новейшего этапа. Ранее нами об этом уже писалось [5], но в настоящее время высказанные проблемы существенно актуализировались, кроме того, возникли новые задачи, связанные с детальными работами по разведке сульфидных месторождений.

Детальные работы проводились и раньше на рудных объектах САХ (например, рудные поля “Логачев”, “Ашадзе” [6, 7]), расположенных в пределах российского разведочного района глубоководных полиметаллических сульфидов (РРР–ГПС) или на рудном поле “ТАГ” [8 и др.], которое расположено в 5° к северу от РРР и уже давно является международным научным полигоном для изучения гидротермального рудогенеза¹. На вышеуказанных гидротермальных полях осуществлялся обширный комплекс исследований от крупномасштабной и даже детальной батиметрической

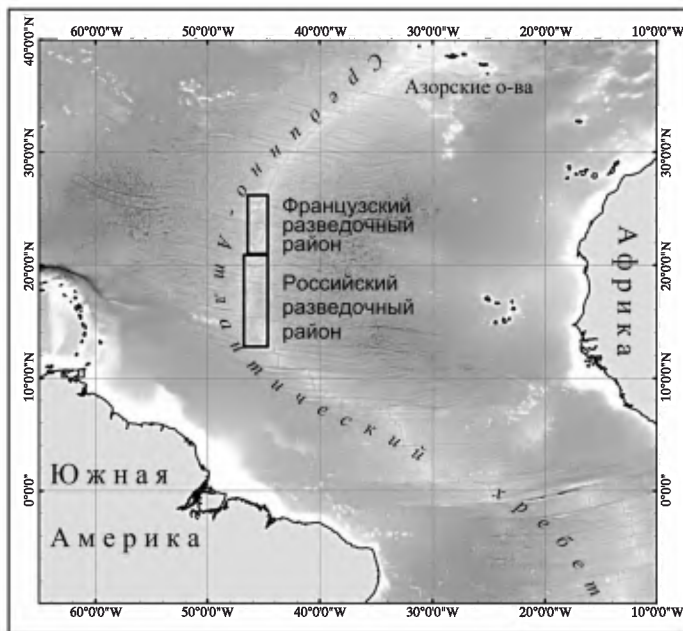


Рис. 1. Обзорная схема расположения разведочных районов глубинных полиметаллических сульфидов в Атлантическом океане

¹ В настоящее время поле “ТАГ” попадает в пределы заявочной площади Франции, но, в соответствии международными правилами, вхождение рудного объекта в состав чьей-либо заявки не закрывает доступ к нему с научно-исследовательскими целями для других участников процесса [1].

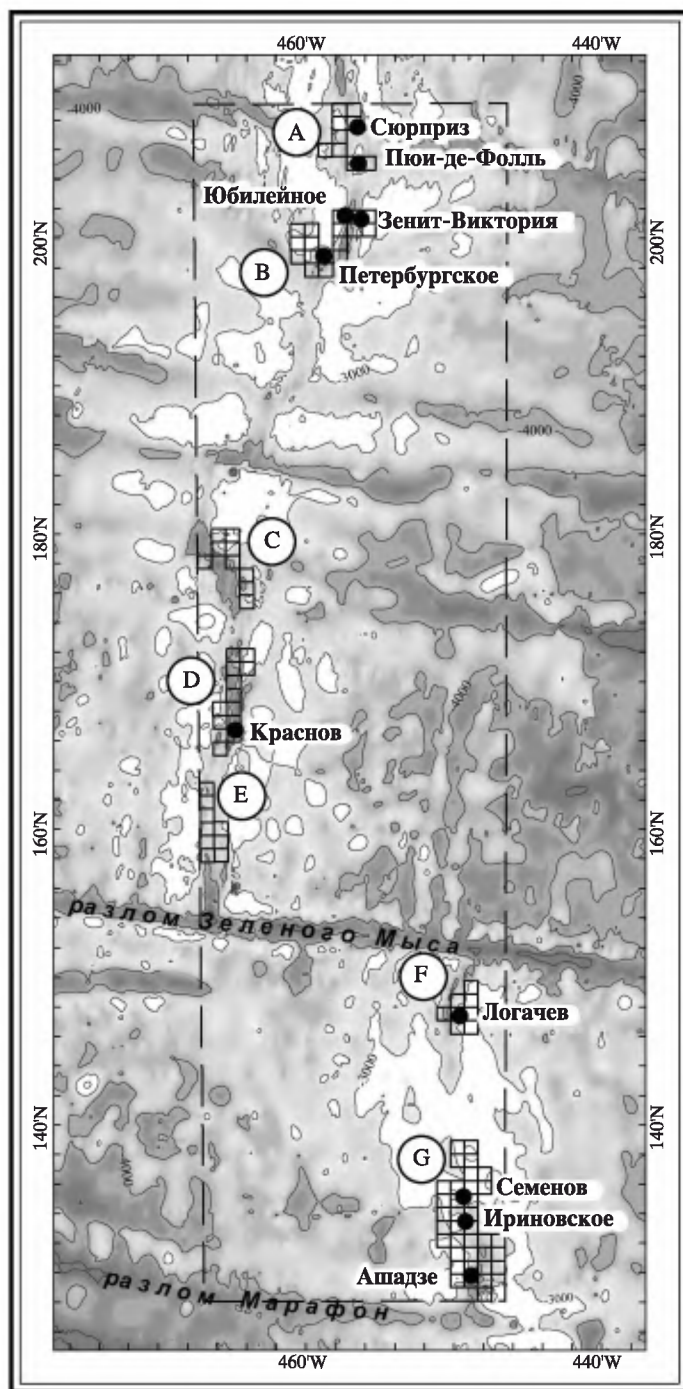


Рис. 2. Обзорная схема расположения разведочных блоков Российской Федерации на Срединно-Атлантическом хребте. Квадраты – разведочные блоки; латинские буквы А–В в кружках – индексы групп заявочных блоков; черные кружки – рудные узлы и рудные поля полиметаллических сульфидов и их названия, в т.ч. рудные узлы – Ашадзе (два рудных поля, два рудопроявления), Семенов (пять рудных полей), Логачев (два рудных поля, два рудопроявления)

съемки до буровых работ и визуального наблюдения при помощи глубоководных обитаемых аппаратов (DSRV – Deep-Sea Research Vehicle). Но в данном случае следует подчеркнуть, что речь идет не только о “точечном” изучении определенных ограниченных участков океанического дна, а, в первую очередь, о комплексном площадном средне-крупномасштабном исследовании рифтовой зоны САХ.

Отрадно, что в последнее время посредством многолучевой эхолотной съемки создаются крупномасштабные (а с использованием дистанционно управляемых подводных аппаратов (ROV – remotely operated vehicles) – и сверхдетальные с разрешением до первых сантиметров) батиметрические основы высокого качества, позволяющие уверенно воссоздавать морфологический облик поверхности дна. Но визуализация субаквальных поверхностей не является самоцелью. При переходе к крупномасштабным и детальным работам возникают такие проблемы как: *изучение структурно-генетических и возрастных аспектов, определение динамики и восстановление истории формирования рельефа, проведение крупномасштабного районирования и т.п.* То есть тот комплекс характерных для геоморфологии задач, недостаточная проработанность которых

при предыдущих мелкомасштабных исследованиях не являлась критичной, поскольку рельеф отображался на уровне крупных морфоструктурных единиц, ассоциирующихся с объектами геологического строения со всеми соответствующими характеристиками, что вполне удовлетворяло задачам сопутствующего (основному геологическому) картографирования. Но на современном этапе нерешенность их, без сомнения, отрицательно влияет на понимание целостной геоморфологической системы и эволюции рельефа региона, методологию картографирования, а также выполнение прикладных задач при разведке субаквальных месторождений.

Объективный фактор, усложняющий геоморфологические исследования здесь, конечно, их дистанционность (условным исключением можно считать придонное телевизионное наблюдение), в связи с чем приходится основываться преимущественно на батиметрических данных, т.е. на морфологии рельефа. Генетическая и временная информации, получаемые в результате геологического опробования весьма дискретны, и требуют широкой экстраполяции.

С методологической точки зрения, главные проблемы сводятся к следующему:

1) *Отсутствие четких принципов картографирования.* До настоящего времени не разработаны общие методические рекомендации по составлению синтетических средне- и крупномасштабных геоморфологических карт субаквального рельефа рифтовых зон, значительно более сложного геоморфологического объекта, чем, допустим, шельфовые или абиссальные области Мирового океана.

2) *Отсутствие структурно-геоморфологического комплексного анализа первичной (частные карты и схемы) и вторичной (синтетические карты) геоморфологической информации.* Здесь следует сказать, что как раз наличие качественных батиметрических данных выводит на первое место морфометрический анализ поверхности рифта с его ориентированностью на использование разнообразных частных характеристик строения рельефа. Более того, резкое развитие ГИС в последние несколько лет, дает возможность с высокой точностью составлять частные морфометрические карты и схемы и проводить их аналитические исследования. Известно большое количество морфометрических методов, позволяющих проводить многоцелевой анализ рельефа – от восстановления палеогеографических условий до выявления тектонических особенностей изучаемого региона [9]. Однако идеологией анализа большинства таких построений является оценка изменений рельефа под воздействием денудационных процессов. Понятно, что они просто неприменимы для глубоководных исследований. С другой стороны, существует значительное количество характеристик, которые вполне подлежат статистическому анализу при условии адаптации в плане геоморфологического истолкования сути их использования.

3) *Неопределенность в представлении конечной продукции.* На взгляд автора, в настоящее время составление сугубо геоморфологической карты при исследовании рельефа САХ не должно являться самоцелью. В большей степени сейчас необходимы результаты прикладного анализа, получаемые с использованием комплекса специальных частных вспомогательных карт для геологических исследований различной направленности: структурно-тектонических, прогнозно-минерагенических, морфолитодинамических и т.д. Кроме того, из-за значительной объективной дискретности геологического изучения океанических хребтов одним из возможных направлений представляется составление “морфо-геологических” карт под которыми подразумеваются карты, где именно рельеф поверхности (не просто батиметрия в виде изобат) являлся бы основой для геологического картографирования.

В связи с необходимостью одновременного проведения разномасштабных исследований (от среднего до детального масштаба) возник серьезный вопрос – *унифицированность легенды и сопоставляемость результатов.* Выше упоминалось, что на сегодня, как показывает практика, не существует четких общепринятых легенд и, главное, не определены однозначно принципы их создания. Появление в последние годы крупномасштабных и детальных батиметрических основ расширяет возможности геоморфологического картографирования до составления карт на морфогенетических

принципах, в отличие от морфоструктурных, в основном использовавшихся в предыдущие годы. Такой подход позволяет выделять объекты экзогенного происхождения, что крайне важно, например, при инженерно-геологических исследованиях. Экзогенные процессы в океане, конечно, не столь ярко выражены как на суше, тем не менее они создают микро- и мезоформы рельефа (речь не идет о глобальной аккумуляции в Мировом океане) и, соответственно, оползневые, обвально-осыпные, аккумулятивные и т.п. поверхности, которые в различных сочетаниях вполне могут быть отражены на картах. Насколько известно, подобный опыт существует в ГНЦ ФГУП «Южморгеология» (Геленджик), он применялся при картографировании поверхностей гайотов в Тихом океане и с успехом может быть адаптирован к рифтовым зонам.

Одним из направлений исследований, от которого следует ожидать серьезно-го продвижения по пути познания геоморфологии рифтовой зоны САХ (в широком смысле и, в первую очередь, – познания тектоники и эволюции рельефа на различных масштабных уровнях) является системно-морфологическое картографирование по методике А.Н. Ласточкина (СПбГУ), позволяющее создавать унифицированные разно-масштабные карты. Совместные работы ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грам-берга» и СПбГУ активно ведутся уже на протяжении нескольких лет [10 и др.].

Невозможно переоценить потенциальный вклад всестороннего изучения релье-фа площадей развития ГПС в проведение инженерно-геологических изысканий при подготовке месторождений к промышленной эксплуатации. В рамках инженерной геологии прикладные геоморфологические задачи в целом определяются достаточно четко: оценка пространственной организации рельефа, рельефообразующих процес-сов, устойчивости рельефа и геоморфологического риска [11].

К настоящему времени в пределах российской заявочной площади открыты 16 гидротермальных объектов в ранге «рудное поле» и 4 – в ранге «рудопроявление». Наибольший размер имеет рудное поле «Семенов-4» в составе рудного узла «Семенов» (рис. 2): протяженность по длинной оси (широтная ориентировка) – 2.7 км, площадь – 3.5 км². Большинство полей приурочено к склонам рифтовых мегаструктур. В пре-делах полей развиты как коренные породы, так и осадочные образования (мощность последних составляет первые десятки сантиметров – первые метры). Мезорельеф достаточно разнообразен. Наиболее распространены поверхности от субгоризонталь-ных и пологонаклонных (до 7°) слабо расчлененных до сильно расчлененных с угла-ми наклона до 30–35°. Менее распространены обвально-осыпные склоны крутизной до 50–60°. Микрорельеф пока практически не изучен. При визуальных наблюдениях с использованием подводного телевидения повсеместно фиксируются различного рода микро- и макротрещины, уступы. Значительные деформации в пределах рудных полей не отмечены, кроме поля «Краснов» (рис. 2), где наблюдался уступ высотой 60 м.

В этой связи главные задачи инженерной геоморфологии при разведке субакваль-ных месторождений и подготовке их к эксплуатации можно обозначить следующим образом. *Первая* задача – оценка «морфологической пригодности» рельефа для про-ведения работ. Работы на данном этапе должны быть ориентированы на всестороннее изучение строения рельефа дна на участках будущего промышленного освоения. *Вто-рая* задача – оценка геоморфологических рисков, как природных, так и техногенных. Незначительные последствия антропогенных воздействий и небольшие по размерам антропогенные формы рельефа ассимилируются природной средой, что означает не их разрушение, а включение в природный рельеф. Но значительные техногенные воздей-ствия человека на земную поверхность могут повлечь за собой развитие вторичных, естественных по своему механизму и зачастую катастрофических геоморфологических процессов, направленных на возвращение измененных форм рельефа в равновесное состояние. *Третья* задача – определение геоморфологической составляющей в оценке экологических рисков. Любое изменение рельефа земной поверхности влечет за собой изменение геотопологических параметров (высоты, уклона, экспозиции и др.) различ-ных местоположений (местообитаний) сообществ живых организмов, экологические последствия и, соответственно, приводит к изменениям экологической среды.

Крупномасштабные и детальные геоморфологические карты субаквального рельефа будут играть важнейшую роль при экологических исследованиях месторождений полиметаллических сульфидов. Изучению и сохранению окружающей среды в океане МОМД уделяет особое внимание, и в контрактных обязательствах [4] отдельным разделом прописаны необходимые мероприятия по мониторингу окружающей среды в районах разведки и добычи сульфидов.

Таким образом, глубоководные геоморфологические исследования сейчас являются одним из наиболее актуальных и перспективных развивающихся направлений в прикладной и теоретической геоморфологии. К настоящему времени определился широкий диапазон общих проблем и частных задач, которые необходимо и возможно решать, особенно в связи с прогрессирующим нарастанием технических возможностей и повышающимся интересом к полезным ископаемым Мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила поиска и разведки полиметаллических сульфидов в Районе. <http://www.isa.org.jm/files/documents/RU/Regs/Ru-PMS.pdf>
2. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation Press release. <http://www.isa.org.jm/en/node/789>
3. <http://www.nautilusminerals.com/s/Home.asp>
4. Стандартные условия контракта на разведку. <http://www.isa.org.jm/files/documents/RU/Regs/Code-Annex4.pdf>
5. *Егоров И.В.* Проблемы геоморфологических исследований Срединно-Атлантического хребта – по материалам рейсов 26, 28, 30 НИС “Профессор Логачев” // Отечественная геоморфология: прошлое, настоящее, будущее / М-лы XXX Пленума Геоморфологической комиссии РАН. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. С. 355–357.
6. *Petersen S. et al.* Shallow-drilling of the ultramafic c-hosted Logatchev hydrothermal field at 14°45' N on the Mid-Atlantic Ridge using a new lander-type seafloor drill / *InterRidge News*. Vol. 16. 2007. P. 11–13.
7. *Fouquet Y. et al.* Serpentine cruise – ultramafic hosted hydrothermal deposits on the MidAtlantic Ridge: First submersible studies on Ashadze 1 and 2, Logatchev 2 and Krasnov vent fields // *InterRidge News*. V. 17. 2008. P. 15–20.
8. *Богданов Ю.А., Лисицын А.П., Сагалевиц А.М. и др.* Гидротермальный рудогенез океанского дна. М.: Наука, 2006. 527 с.
9. *Ласточкин А.Н.* Рельеф земной поверхности. Принципы и методы статистической геоморфологии. Л.: Недра, 1991. 340 с.
10. *Ласточкин А.Н., Егоров И.В., Кузнецов Т.В.* Опыт традиционного и системного картографирования осевой зоны Срединно-Атлантического хребта (между параллелями 12°40' и 15°10' с.ш.) // *Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология и география*. 2011. Вып. 1. С. 54–67.
11. *Жиров А.И., Лопатин Д.В., Макаров А.С. и др.* Динамическая и инженерная геоморфология суши. Уч. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2012. 271 с.

ФГУП “ВНИИОкеангеология
им. И.С. Грамберга”, СПб

Поступила в редакцию
29.01.2013

NEW TASKS OF THE GEOMORPHOLOGICAL INVESTIGATIONS ON THE MIDDLE ATLANTIC RIDGE WITH THE RELATION TO THE SUBAQUATIC POLYMETALLIC SULPHIDE ORES PROSPECTING

I.V. EGOROV

Summary

The Middle Atlantic Ridge is one of the most complex geomorphic objects of the Ocean. The Russian part of the Ridge lies within the 12.5°–21° N interval. In the 2012 it was occupied for 15 years for the subaquatic polymetallic sulphides prospecting. The principally new stage of the deep water works is beginning. The large-scale investigations are needed for the ore deposits exploration. The main objectives of this stage are the different scale mapping of the rift zones, structural-genetic and age aspects of the sea-bottom forms, their evolution, and relation to geologic structure. Engineer-geomorphologic and ecogeomorphologic investigations of the hydrothermal deposits are also needed.