

УДК 551.35(265.54)

В.Т. СЪЕДИН, В.Б. ЛОБАНОВ, А.А. КОПТЕВ, Н.Г. ВАЩЕНКОВА,
И.Б. ЦОЙ, В.Д. ХУДИК

Особенности геологического строения возвышенностей Первенца, Стащюка и Васильковского (Центральная котловина, Японское море)

Представлены результаты геологических исследований, проведенных в 58-м рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» на трех подводных возвышенностях в Центральной котловине Японского моря. Дана батиметрическая характеристика изученных участков. Приведены результаты геологических исследований, впервые выполненных на горсте Стащюка и хр. Васильковского. Уточнено строение юго-западной части возв. Первенца. Впервые в Японском море на горсте Стащюка обнаружен чистый пиролюзит в виде отдельных крупных обломков.

Ключевые слова: Японское море, Центральная котловина, возвышенность Первенца, горст Стащюка, хребет Васильковского, геологическое строение, батиметрические исследования.

Features of the geological structure of the Pervenets, Stashchuk and Vasilkovsky rises (Central Basin, Sea of Japan). V.T. S'EDIN, V.B. LOBANOV, A.A. KOPTEV, N.G. VASHCHENKOVA, I.B. TSOY (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok), V.D. KHUDIK (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

This paper presents the first results of the geological investigations obtained in the 58-th voyage of RV «Akademik M.A. Lavrentyev» on three submarine elevations located in the Central Basin of the Sea of Japan. Bathymetric characteristic for the explored areas is given. The results of the geological studies completed for the first time on the Stashchuk Horst and Vasilkovsky Ridge are given. The structure of the south-western part of the Pervenets Rise was specified. For the first time in the Sea of Japan on the Stashchuk Horst solid pyrolusite in the form of separate coarse wastes was discovered.

Key words: the Sea of Japan, the Central Basin, Pervenets Rise, Stashchuk Horst, Vasilkovsky Ridge, geological structure, bathymetric studies.

58-й рейс НИС «Академик М.А. Лаврентьев», организованный Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, выполнялся с 27 октября по 9 ноября 2011 г. (начальник экспедиции В.Б. Лобанов). В рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан» были проведены комплексные гидрологические, биогеохимические и геологические исследования в Японском море. Геологические работы включали изучение особенностей рельефа и геологического строения возвышенностей в Центральной котловине Японского моря. Геологические пробы поднимались с помощью драг. Батиметрические исследования осуществлялись с использованием штатного судового глубоководного эхолота ELAC LAZ-72 E-V.

*СЪЕДИН Владимир Тимофеевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ЛОБАНОВ Вячеслав Борисович – кандидат географических наук, заместитель директора, КОПТЕВ Андрей Анатольевич – ведущий инженер, ВАЩЕНКОВА Надежда Георгиевна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ЦОЙ Ира Борисовна – доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток), ХУДИК Владимир Дмитриевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: sedin@poi.dvo.ru

Результаты исследований

Геологические работы с детальными батиметрическими промерами проведены на трех участках Центральной котловины Японского моря: в юго-западной части возв. Первенца; в районе горста Стащук и хр. Васильковского (рис. 1). На каждом участке выполнено по два результативных драгирования. Описание геологических станций приведено в таблице.

Участок 1 (полигон 21) располагается в юго-западной части отрога возв. Первенца, где ранее сотрудниками ТОИ ДВО РАН неоднократно проводились геологические работы [1, 2, 5, 11 и др.]. По результатам промеров построена батиметрическая карта участка (рис. 2а). Наименьшая глубина на этом участке 1344 м, относительное превышение ~2000 м. Отрог в юго-восточной части возвышения представляет собой протяженную структуру (около 33 км) линейной формы, вытянутую в меридиональном направлении. Его привершинная зона в центральной части хорошо выражена в рельефе дна крутыми

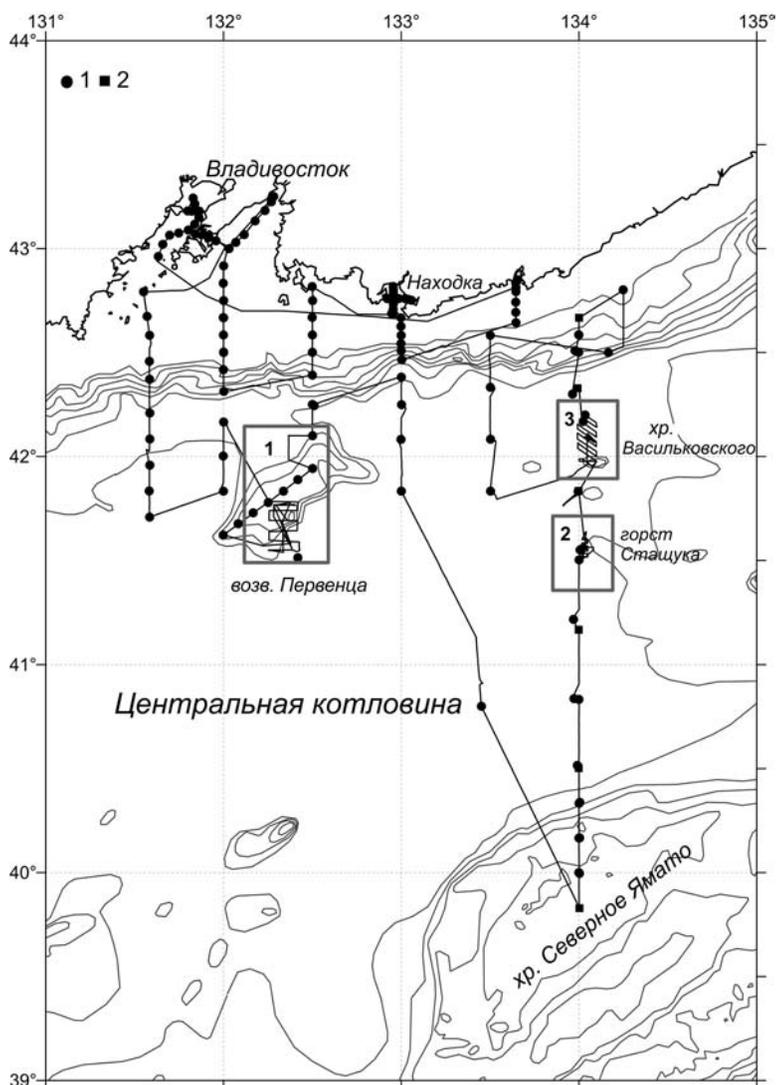


Рис. 1. Карта-схема работ в 58-м рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев».

Усл. обозначения: 1 – станции СТД-зондирования и отбора гидрохимических проб воды, 2 – станции отбора проб воды на радионуклиды. Цифрами на карте обозначены участки проведения геологических работ: 1 – юго-западная часть возв. Первенца, 2 – горст Стащук, 3 – хр. Васильковского

склонами. Восточный склон отрога более крутой (почти отвесный) и является идеальным местом для драгирования.

Проведенные батиметрические исследования позволили уточнить некоторые особенности положения и строения юго-западной части возв. Первенца. Во-первых, расположение юго-западного отрога возвышенности не соответствует конфигурации рельефа, приведенной на навигационной карте масштаба 1 : 500 000 (карта ГУНИО № 61001, 2009 г.). Во-вторых, осевая часть хребта на изученном участке не имеет строго линейного характера, как это показано в работе [3], а несколько отклоняется к востоку в своей самой южной и северной частях, т.е. имеет слабовыраженную дугообразность с выпуклостью на запад. В-третьих, минимальная глубина на этом участке составляет 1344 м, а не 1500 м, как это утверждалось в работе [3].

Геологическое опробование на изученном участке возв. Первенца выполнено на двух станциях – LV58-2 и LV58-3 (см. таблицу). Драгирование проводилось на восточном склоне отрога в интервале глубин 1800–1500 м. На обеих станциях поднято значительное количество (более 100 кг) каменного материала, представленного обломками и глыбами различных размеров (до 45 см). Поднятый материал представлен разными типами пород и минеральных образований. По составу среди них выделяются базальты, слаболитифицированные осадочные породы (туффы глинистые, пепловые туфы, глины), кварц-глауконитовые образования (глауконитовые силициты, кварцево-глауконитовые породы, по М.И. Липкиной [6, 7]), разнообразные Fe-Mn-образования обычно шлаковидного облика, глыбы, обломки, небольшие валуны и галька различных размеров «чужеродного» материала. Под «чужеродным» материалом для вулканических построек котловин Японского моря здесь имеется в виду комплекс пород, генетически не связанных с формированием постройки (вулканическая и поствулканическая деятельность) и дальнейшей ее эволюцией

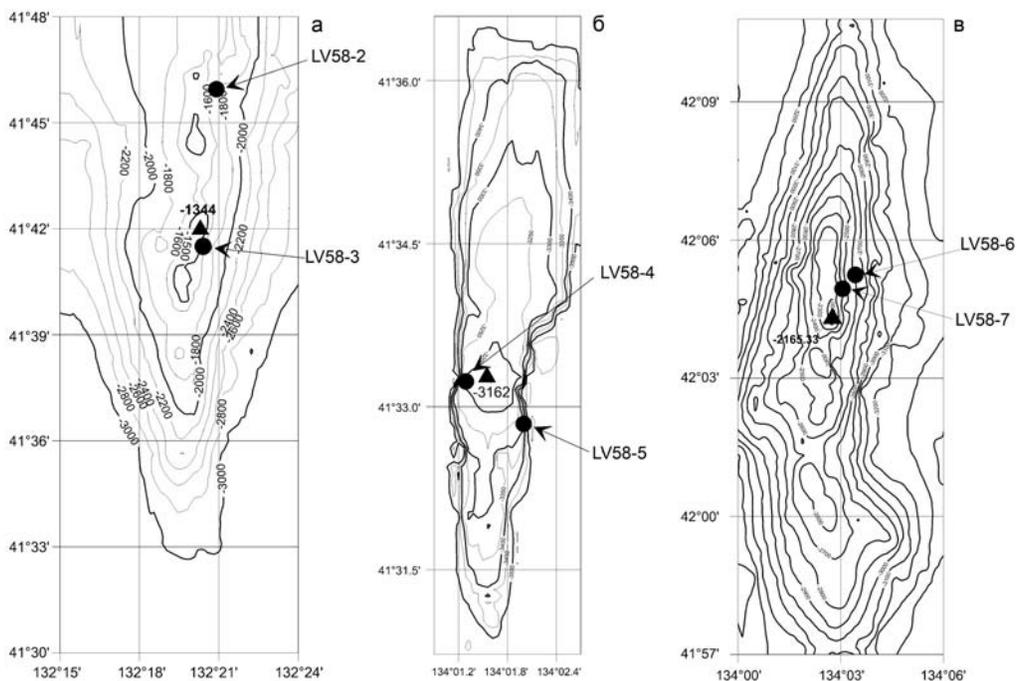


Рис. 2. Батиметрические карты поверхности и положение станций драгирования на изученных участках: а – участок 1 (полигон 21), возв. Первенца; б – участок 2 (полигон 36), горст Шашука; в – участок 3 (полигон 23-А), хр. Васильковского. Усл. обозначения: кружки – местоположение станций драгирования и их номера, треугольники – точки обнаружения минимальной глубины на исследуемых участках и ее значение (в м ниже у.м.)

Каталог станций драгирования на участках Центральной котловины Японского моря

| Номер участка и полигона* | Номер станции, координаты (глубина, м) | Положение станции | Характеристика пород |
|-----------------------------|---|---|---|
| Участок 1 (полигон 21) | LV58-2 41°46.054' 132°21.001' (1600–1400) | Юго-западная часть возв. Первенца (восточный склон) | Более 100 кг каменного материала (глыбы, обломки): 1) базальты (90–95 %); 2) слаболитифицированные неогеновые осадочные породы (обломки до 8 см); 3) кварц-глауконитовые породы (обломки < 10 см). Часть пород интенсивно проработана Fe-Mn-веществом; 4) единичные мелкие (до 10 см) обломки Fe-Mn-образований; 5) глыба и небольшое количество (около 10 шт.) хорошо окатанных галек различных «чужеродных» для вулкана пород; 6) небольшое количество нелитифицированных осадков (1,0–1,5 кг) |
| | LV58-3 41°41.500' 132°20.485' (1700–1500) | Там же | Более 100 кг каменного материала (глыбы до 40 см, обломки): 1) базальты (4 обломка размером 8–15 см); 2) кварц-глауконитовые породы (глыбы, обломки) – 93–95 % массы материала; 3) шлаковидные, рыхлые обломки (до 10 см) кварц-глауконитовых пород, пропитанных Fe-Mn-гидроксидами; 4) галька и мелкие обломки «чужеродных» для вулкана пород |
| Участок 2 (полигон 36) | LV 58-4 41°33.234' 134°01.316' (3500–3200) | Западный склон горста Сташука | Около 40 кг каменного материала (мелкие глыбы и обломки до 25 см): 1) слаболитифицированные осадочные породы (~3–5 %); 2) те же породы, покрытые Fe-Mn-корками толщиной до 1,5 см (10–12%); 3) Fe-Mn-образования шлаковидные, довольно рыхлые (обломки до 25 см), мощность Fe-Mn-корок до 6 см (70–80 % материала); 4) мелкие обломки (до 10 см) плотных на вид тяжелых минеральных образований (пирролюзит) – 10–12% |
| | LV58-5 41°32.848' 134°01.987' (3500–3200) | Восточный склон горста Сташука | Около 40 кг нелитифицированных осадков, а в них 3–5 кг мелких (до 12 см) обломков пород: 1) восемь обломков (до 7 см) пористых базальтов; 2) небольшое количество слаболитифицированных осадочных пород с корочками (до 1 см) Fe-Mn-образований; 3) Fe-Mn-корочки размером до 12 см, шлаковидной формы (70–75 % материала); 4) несколько галек (до 3 см) «чужеродных» пород |
| Участок 3 (полигон 23-А) | LV58-6 42°05.305' 134°03.316' (2700–2300) | Восточный склон хр. Васильковского | 12–15 кг каменного материала, представленного мелкими (до 25 см) обломками пород: 1) базальты пористые, обычно с коркой закалывания – около 20 % (6 обломков); 2) слаболитифицированные осадочные породы (30%), 3) мелкие обломки шлаковидных Fe-Mn-корок толщиной до 2 см; 4) такие же Fe-Mn-корочки, пропитанные зеленым веществом; 5) один мелкий обломок (~7 см) кварц-глауконитовых образований; 6) небольшое количество галек (до 5 см) пород, чужеродных для вулкана |
| | LV58-7 42°05.025' 134°02.270' (2500–2300) | Там же | Около 100 кг нелитифицированных осадков и 8–10 кг мелких обломков (до 12 см) пород: 1) слаболитифицированные осадочные породы (20%); 2) слаболитифицированные осадочные породы с Fe-Mn-корочками мощностью до 1,5 см (20–25 %); 3) Fe-Mn-корки шлаковидные, довольно рыхлые, иногда с зеленым оттенком; 4) плоские обломки плотных Fe-Mn-корок (5 шт.) толщиной до 1,0 см; 5) три обломка (менее 12 см) плотных тяжелых Fe-Mn-образований с почковидными Fe-Mn-образованиями на их поверхности; 6) два крупных валуна (около 20 см) и несколько галек (менее 5 см) «чужеродных» для вулкана пород |

* Номера полигонов соответствуют общей схеме геологической изученности Японского моря [1, 2, 5, 11].

как отдельной структуры. В результате непосредственно вулканических процессов образуются все разновидности вулкаников, а при поствулканической деятельности – различные минеральные образования (кварц-глауконитовые, Fe-Mn-образования и т.п.). После завершения активных процессов вулканизма на вулканической постройке, как и на других морфоструктурах Японского моря, формируются слаболитифицированные осадочные породы.

Среди поднятых пород преобладают базальты и кварц-глауконитовые образования. Базальты – обычно афировые (или редкопорфировые) сильно пористые, в различной степени измененные образования. Они часто представлены фрагментами (клиновидными сегментами) шаровой отдельности со стекловатой коркой закалывания, которая, как правило, сильно изменена и имеет буровато-желтый цвет. По текстурно-структурным особенностям это типичные базальты вулканических построек глубоководных котловин Японского моря. Согласно классификации [9], они относятся к пострифтовым вулканикам глубоководных котловин. Остальной каменный материал также принадлежит к характерным образованиям вулканических построек глубоководных котловин Японского моря. «Чужеродный» материал, по нашему мнению, может быть как ксенолитами фундамента, вынесенными на поверхность вулканическими процессами, так и продуктом ледового разноса.

Проведенные исследования на возв. Первенца позволяют сделать следующие выводы. Имеющийся каменный материал, аналогичный поднятому нами ранее, свидетельствует о том, что первичный рельеф юго-западной части возвышенности обусловлен в первую очередь вулканическими процессами, а изученный нами юго-западной отрог возвышенности является фрагментом вулканической постройки. Наличие протяженного обрывистого уступа на восточном склоне отрога указывает скорее всего на влияние тектонических (неотектонических) процессов на формирование его современного рельефа. Состав поднятого каменного материала (сильно измененные базальты, кварц-глауконитовые и Fe-Mn-образования, «ксенолиты» пород фундамента) свидетельствует о том, что юго-западный отрог возвышенности является частью кальдеры древнего вулкана.

Участок 2 (полигон 36) расположен в районе небольшой безымянной положительной структуры, обнаруженной в 1990 г. в 7-м рейсе НИС «Профессор Гагаринский» в ходе сейсмических работ [4]. Впервые проведенные нами детальные батиметрические исследования здесь показали, что в Центральной глубоководной котловине в районе пересечения координат 41°31.0' с.ш. и 134°00.0' в.д. находится небольшая возвышенность удлинённой формы (рис. 26). Наименьшая измеренная глубина 3162 м, относительное превышение ~400 м. Возвышенность располагается чуть северо-восточнее указанной точки и характеризуется линейными очертаниями, а также разной шириной в ее северной и южной частях. Возвышенность вытянута строго в меридиональном направлении и хорошо обособляется по изобате 3500 м. Ее западное подножие на всем протяжении структуры сопровождается неглубоким (40–60 м) желобом, отчетливо выраженным в рельефе дна. Длина возвышенности по изобате 3500 м составляет около 10,5 км, ширина по подножию в северной части – порядка 2,2 км, в южной (район 41°33.0' с.ш.) – около 1,2 км. Данная структура имеет платообразную (выровненную) вершинную поверхность, расположенную на глубине 3350–3300 м. В центральной части возвышенности прослеживается пологое поднятие с глубинами менее 3200 м (здесь же обнаружена и минимальная глубина – 3162 м). Характерными особенностями этой возвышенности является наличие линейной, практически отвесной западной стороны и очень крутых, почти обрывистых склонов, особенно в ее центральной части. Указанное своеобразие рельефа позволяет связывать происхождение этой структуры с активными тектоническими процессами.

В результате батиметрических исследований уточнены положение и строение изученной возвышенности. Она отсутствует на навигационной карте масштаба 1 : 500 000 (карта ГУНИО № 61001, 2009 г.) и не совсем соответствует положению и рельефу, приведенным в работе [4]. Строение и размеры возвышенности не позволяют отнести ее ни к одному из типов положительных форм подводного рельефа, предложенных в международной

классификации [8]. Особенности рельефа, формы и расположение этой структуры относительно прилегающей абиссальной части котловины более всего соответствуют понятию горста. Такие небольшие линейные положительные структуры тектонического происхождения с крутыми склонами широко распространены на континентах. Мы предлагаем назвать эту возвышенность горстом Стащука в честь профессора М.Ф. Стащука, много лет посвятившего изучению Fe-Mn-образований в океане и создавшего научную школу в ТОИ ДВО РАН.

Геологическое опробование в пределах горста Стащука было проведено впервые. Оно выполнено на двух станциях (LV58-4 и LV58-5) в интервале глубин 3500–3200 м (рис. 2б, см. таблицу). На обеих станциях поднято значительное количество каменного материала в виде мелких (до 25 см) обломков и щебня. Идентифицированы разные типы пород и минеральных образований: базальты, слаболигитифицированные осадочные породы плиоценового возраста (глины с пирокластикой, глинистые туффиты) часто с Fe-Mn-корочкой толщиной до 2 см, разнообразные Fe-Mn-образования шлаковидного облика и в виде плотных обломков, единичная мелкая галька. Среди поднятого материала преобладают Fe-Mn-образования различных морфологических типов. Особый интерес среди них вызывают темно-серые плотные (у поверхности микропористые) образования с высоким содержанием Fe и Mn, поверхность которых покрыта графитоподобным сильно пачкающим налетом. Согласно проведенным исследованиям (рентгенофазовый анализ на ДРОН-2, аналитики Н.А. Ряполова, ДВГИ ДВО РАН, и А.В. Можеровский, ТОИ ДВО РАН; ИК-спектрометрический метод, аналитик В.В. Кононов, ДВГИ ДВО РАН), они представлены чистым пиролузитом (двуокисью марганца – MnO_2). Такие минеральные образования в виде отдельных довольно крупных (до 10 см) обломков, причем в значительном количестве, в Японском море подняты впервые. Ранее пиролузит был обнаружен здесь М.И. Липкиной, а позднее П.Е. Михайликом в Fe-Mn-корках в виде отдельной фазы в ассоциации с другими марганцевыми минералами.

Базальты подняты только на одной станции (LV58-5). Они представлены 8 мелкими (до 7 см) обломками мелкопористых (поры составляют не менее 20% объема породы) афировых базальтов, в большинстве образцов интенсивно измененных. По внешнему виду они подобны базальтам вулканических построек глубоководных котловин Японского моря.

Возраст слаболигитифицированных осадочных пород установлен на основе изучения диатомей. Исследования показали, что эти породы формировались скорее всего в плиоцен-плейстоценовое время (около 5,3–2,0 млн лет назад) на глубинах, близких к современным. Наличие Fe-Mn-образований на их поверхности свидетельствует о сравнительно недавнем (плейстоценовом?) времени проявления поствулканических процессов в пределах горста Стащука, обеспечивших поставку растворов, обогащенных Fe-Mn-соединениями.

Анализ особенностей морфологии и геолого-геофизические данные позволяют предполагать два возможных варианта происхождения горста Стащука: 1 – горст сформирован тектоническими процессами и представляет собой выступ фундамента абиссальной части Центральной котловины; 2 – это фрагмент вершинной части (кальдеры) небольшой вулканической постройки, который еще не полностью погребен процессами осадконакопления или постоянно обновляется, периодически испытывая вулканическую и тектоническую активность. В любом случае очевидно, что особенности строения этой структуры и ее форма обусловлены тектоническими процессами.

Участок 3 (полигон 23-А) практически полностью охватывает хр. Васильковского и располагается в непосредственной близости (восточнее) хр. Берсенева (ранее возв. Тарасова) [1, 2, 5, 11 и др.]. Расстояние между подножиями этих хребтов по изобате 3300 м около 15 км. Наименьшая измеренная глубина на участке составляет 2165 м, относительное превышение ~1400 м (рис. 2в). Длина хребта около 26 км, ширина порядка 9 км. Хребет имеет четко выраженные линейные очертания и вытянут в меридиональном направлении.

Его осевая линия практически совпадает с линией меридиана 134°03.0' в.д., несколько смещаясь к западу в центральной части хребта. Западное подножие хребта расположено вдоль координаты 134°00.0' в.д. Осевая зона хребта в его центральной части (между координатами 42°00.0' и 42°08.0' с.ш.) характеризуется очень крутыми западным и восточным склонами. Четко выраженная линейность хребта и значительная крутизна склонов его привершинной части обусловлены скорее всего тектоническими процессами.

Проведенные нами батиметрические исследования позволили установить, что реальное положение и простирание хр. Васильковского не отвечает той структуре, которая показана в этом районе на навигационной карте масштаба 1 : 500 000 (карта ГУНИО № 61001, 2009 г.), и что его очертания и строение не совсем соответствуют положению и рельефу этой структуры, описанным в работе [4]. В частности, выяснилось, что осевая часть хребта расположена несколько восточнее, чем в упомянутой работе (между 134°02.0' и 134°03.0' в.д.), и представлена не двумя хорошо обособленными вершинами, а единым четко выраженным гребнем с незначительными перепадами высот в пределах его простирания. Кроме того, минимальная глубина в его пределах составляет 2165 м, а не 2550 м, как указывалось в работе [4].

Геологическое опробование на хр. Васильковского проводилось впервые. Драгирование выполнено на восточном склоне в привершинной части хребта, в интервале глубин 2700–2300 м (см. таблицу). Каменный материал представлен разными типами пород и минеральных образований: базальтами, слаболитифицированными осадочными породами (глинами с пирокластикой, глинистыми туффитами, диатомовыми глинами) позднемiocен-плейстоценового возраста, кварц-глауконитовыми образованиями («глауконитовыми силицитами», по М.И. Липкиной [7]), разнообразными Fe-Mn-образованиями обычно шлаковидного облика, небольшими валунами (до 20 см) и гальками. Среди поднятого материала существенно преобладают слаболитифицированные осадочные породы и Fe-Mn-образования. Слаболитифицированные осадочные породы нередко покрыты Fe-Mn-корочками толщиной до 1,5 см. Fe-Mn-образования представлены главным образом шлаковидными довольно рыхлыми обломками, часто имеющими зеленоватый цвет. Зеленоватая окраска, вероятно, обусловлена воздействием на уже сформированные Fe-Mn-образования более поздних поствулканических низкотемпературных гидротермальных растворов.

Небольшая часть Fe-Mn-образований (ст. LV58-7) представлена плотными разностями. В трех шлаковидных довольно рыхлых обломках, пропитанных Fe-Mn-образованиями (ст. LV58-6), обнаружены отпечатки и остатки раковин размером 2,0–2,5 см. Остатки раковин были изучены В.Д. Худиком [10]. Одна, наиболее сохранившаяся, раковина с перламутровой внутренней поверхностью представлена правой створкой ископаемого двустворчатого моллюска *Lucinoma annulata* (Reeve). Время существования моллюсков этого вида – поздний миоцен–настоящее время.

Базальты (6 обломков до 20 см) подняты только на станции LV58-6. Это высокопористые (количество пор до 40% объема породы) редкопорфировые плагиоклазовые разности, по текстурно-структурным особенностям – типичные базальты вулканических построек глубоководных котловин Японского моря. Согласно классификации [9], они относятся к пострифтовым вулканикам глубоководных котловин. Мелкие валуны и галька скорее всего являются продуктом ледового разноса.

Таким образом, породы и минеральные образования, поднятые на хр. Васильковского, в целом подобны тем, что установлены на изученных ранее вулканических постройках глубоководных котловин Японского моря. Иными словами, хр. Васильковского – это положительная структура вулканического происхождения, которая имеет геологическое строение, характерное для других небольших возвышенностей глубоководных котловин Японского моря.

Заключение

Детальные батиметрические исследования, впервые выполненные на горсте Стащук, показали, что он представляет собой небольшую возвышенность линейного очертания. Возвышенности с такой морфологией в Японском море ранее не были известны. Особенности рельефа и положение этой структуры относительно окружающей абиссальной части Центральной котловины более всего соответствуют понятию горста.

Особенности морфологии всех изученных структур (юго-западный отрог возв. Первенца, хр. Васильковского, горст Стащук) свидетельствуют о влиянии тектонического фактора на формирование их современного рельефа.

Впервые проведены геологические исследования на хр. Васильковского и горсте Стащук, что позволило получить представление об их геологическом строении. Хр. Васильковский – это вулканическая структура. Его геологическое строение аналогично строению других небольших возвышенностей глубоководных котловин Японского моря вулканического происхождения. Горст Стащук скорее всего также является вулканической постройкой, однако вопрос его генезиса пока остается открытым.

На всех исследованных возвышенностях подняты Fe-Mn-образования различных морфологических типов. Особый интерес представляет пиролюзит, обнаруженный на горсте Стащук. Чистый пиролюзит в виде отдельных крупных (до 10 см) обломков обнаружен в Японском море впервые.

Авторы благодарят за помощь в проведении исследований капитана В.Б. Птушкина и экипаж НИС «Академик М.А. Лаврентьев», а также Г.А. Крайникова за организацию и проведение палубных геологических работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология дна Японского моря / И.И. Берсенева, Е.П. Леликов, В.Л. Безверхний и др. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
2. Геология и основные типы горных пород дна Японского моря / Е.П. Леликов, И.Б. Цой, Н.Г. Ващенко и др. Владивосток: Дальнаука, 2006. 93 с.
3. Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Сейсмостратиграфия осадочного чехла и процессы осадконакопления на возвышенности Первенца и ее окрестностях (Японское море) // Океанология. 2005. Т. 45, № 1. С. 126–139.
4. Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Структура фундамента и сейсмостратиграфия осадочного чехла северной части Японской котловины в районе возвышенности Тарасова (Японское море) // Океанология. 2007. Т. 47, № 5. С. 691–704.
5. Каталог станций драгирования дна Японского моря. Препр. Владивосток: Тихоокеан. океанол. ин-т ДВО РАН, 1993. 43 с.
6. Липкина М.И. Глауконит подводных вулканов Японского моря // Новые данные по геологии дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 98–108.
7. Липкина М.И. Фосфатная и сопутствующая минерализация в магматических породах подводного вулкана Ченцова (Японское море) // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 3. С. 81–93.
8. Стандартизация наименований форм подводного рельефа. Монако: Изд-во Междунар. гидрогр. бюро, 2008. 24 с.
9. Съедин В.Т. Вулканизм Японского моря – индикатор кайнозойского рифтогенеза окраины Азии // Кайнозойский континентальный рифтогенез: материалы Всерос. симпозиума, посвященного памяти Н.А. Логачева. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2010. Т. 2. С. 138–142.
10. Худик В.Д. Кайнозойские люциномы Северной Пацифики и их стратиграфическое значение // Новые данные по стратиграфии Дальнего Востока и Тихого океана. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 41–51.
11. Geology and Geophysics of the Japan Sea / ed. by N. Isezaki et al. Tokyo: Terrapub, 1996. 488 p.