

УДК 550.83(26)/.834+561.26

В.Н. КАРНАУХ, И.Б. ЦОЙ, Е.П. ЛЕЛИКОВ, Т.А. ЕМЕЛЬЯНОВА,  
Н.Г. ВАЩЕНКОВА, Е.П. ТЕРЕХОВ

## Геологическое строение подводной горы Петра Великого (Японское море)

*Геолого-геофизические исследования горы Петра Великого позволили уточнить ее географическое положение, рельеф и геологическую структуру. На основе вещественного состава и возраста пород геологического фундамента и осадочного чехла установлено, что гора Петра Великого сходна по геологическому строению с другими вулканическими возвышенностями Японской глубоководной котловины. Формирование осадочного чехла горы, материкового склона Приморья и возв. Первенца происходило сопряженно.*

*Ключевые слова: акустический фундамент, осадочный чехол, базальты, песчаники, диатомовые глины, туфодиадомиты, диатомеи, поздний миоцен, плиоцен, гора Петра Великого.*

**Geology of the Peter the Great Seamount (Sea of Japan).** V.N. KARNAUKH, I.B. TSOY, E.P. LELIKOV, T.A. EMEL'YANOVA, N.G. VASHCHENKOVA, E.P. TEREKHOV (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

*The geologic and geophysical researches of the Peter the Great Seamount allowed correct its geographic position, topography and geological structure. On the basis of composition and age of rocks of geologic basement and sedimentary cover it has been determined that geological structure of the Peter the Great Seamount and other volcanic rises of the deep-sea Japan Basin are similar. There was a conjugated formation of Peter the Great Seamount sediment cover, continental slope of Primorye and Pervenetz Rise.*

*Key words: acoustic basement, sedimentary cover, basalts, sandstones, diatomaceous clays, tuffaceous diatomites, diatoms, Late Miocene, Pliocene, Peter the Great Seamount.*

Гора Петра Великого (ГПВ) расположена у подножия материкового склона одноименного залива, рядом с подводной возв. Первенца. В 1973–1981 гг. эти морфоструктуры были подробно исследованы геолого-геофизическими экспедициями Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН на НИС «Первенец» [2, 3, 6–9, 13, 15, 16 и др.], за исключением ГПВ, которая по ряду причин была закрыта для исследований и долго оставалась «белым» пятном. В 1990–2003 гг. в районе горы в экспедициях на НИС «Профессор Гагаринский» были выполнены эхолотный промер и непрерывное сейсмическое профилирование (НСП) с пневмоисточником [7]. В результате составлены детальная батиметрическая карта, карта поверхности акустического фундамента и карта мощности осадочного чехла района ГПВ. В 2010 г. в 52-м рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» здесь были продолжены батиметрические работы и впервые проведено геологическое опробование склонов горы [10]. В настоящей работе приводятся результаты совместных

\*КАРНАУХ Виктор Николаевич – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, ЦОЙ Ира Борисовна – доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией, ЛЕЛИКОВ Евгений Петрович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, ЕМЕЛЬЯНОВА Татьяна Андреевна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ВАЩЕНКОВА Надежда Георгиевна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ТЕРЕХОВ Евгений Петрович – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток). \*E-mail: karnaukh@poi.dvo.ru

Работа проводилась при финансовой поддержке ДВО РАН (проекты (№ 12-III-A-07-116, 12-III-A-07-122, 12-III-A-07-136, 12-II-CO-07-021) и ФЦП «Мировой океан»).

геолого-геофизических исследований с целью изучить геологическое строение ГПВ и восстановить историю ее развития.

### Материал и методы

Нами выполнена интерпретация профилей НСП, которые были получены в районе ГПВ Японского моря. На основе данных однолучевого эхолотного промера составлена карта рельефа морского дна (рис. 1).

По результатам обработки сейсмических данных построены карты поверхности акустического фундамента и мощности осадочных отложений (рис. 2). Для пересчета временных значений глубин акустического фундамента и мощности осадков в метрические единицы использована вычисленная ранее зависимость средней скорости в осадках от двойного времени распространения отраженной волны [8].

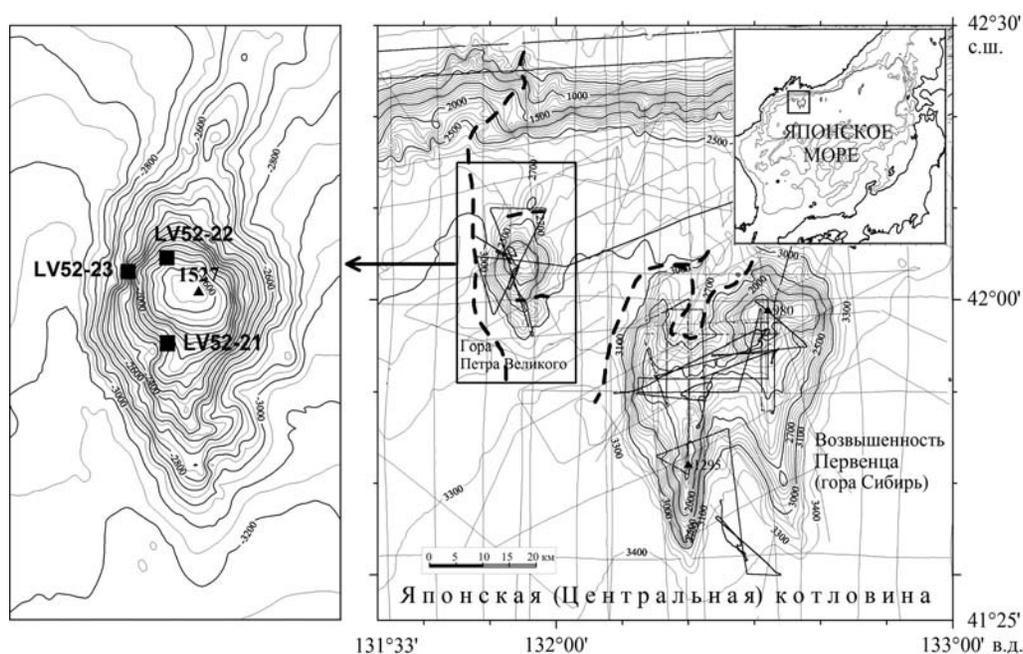


Рис. 1. Карта рельефа морского дна района горы Петра Великого. При вычислении глубины использовано значение скорости звука в воде 1500 м/с. Сплошными линиями обозначены профили эхолотного промера, пунктирными – эрозийные каналы. Черными квадратами показаны местоположения станций драгирования, треугольником – вершина ГПВ и глубина в этой точке

#### Каталог станций драгирования на горе Петра Великого (Японское море)

Номер станции	Координаты		Глубина, м	Типы пород
	с.ш.	в.д.		
LV52-21	42°02.2'	131°53.6'	2000–1600	Два мелких (до 3 см) угловатых обломка ороговикованных алевролитов; пелитовые илы (обр. 21)
LV52-22	42°05.6'	131°53.5'	1750–1550	Округлые обломки (4–5 кг) желтовато-сероватых слаболитифицированных туфодиадомитов с ходами илоедов (обр. 22-1а, 22-1б, 22-2а, 22-2б)
LV52-23	42°05.0'	131°51.4'	2350–1850	Глыба аркозового песчаника размером 25 x 25 x 20 см (обр. 23-1); единичные обломки граувакковых песчаников (обр. 23-4); остроугольные обломки (до 15 см) базальтов (обр. 23-3); мелкие (до 4 см) округлые обломки диатомовой глины (обр. 23-8а, 23-8б, 23-8в)

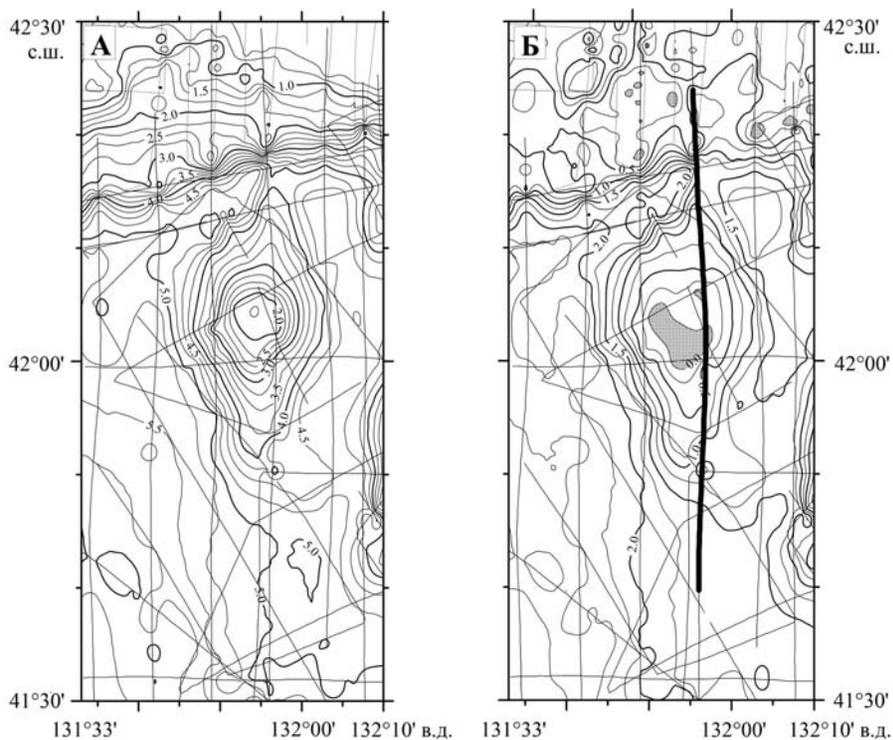


Рис. 2. Карта поверхности акустического фундамента (А) и карта мощности осадочных отложений (Б) горы Петра Великого. Изолинии проведены через 0,25 км. Тонкими линиями показаны сейсмические профили, толстой – положение сейсмического профиля (см. рис. 3). Заштрихованные зоны – выходы акустического фундамента

Геологический материал получен драгированием склонов горы в интервале глубин 2350–1550 м на трех станциях (см. таблицу, рис. 1).

Вещественный состав пород изучался с применением петрографического, рентгеноструктурного и химического анализов. Возраст базальтов определен калий-аргоновым методом в ИГЕМ РАН (Москва). Возраст и условия формирования осадочного чехла устанавливались по кремнистым микроводорослям (диатомеям и силикофлагеллатам). Для определения возраста осадков использовалась зональная диатомовая шкала Янагизавы–Акибы [18]. Восстановление палеоусловий проводилось на основе экологической структуры комплексов, количественно выраженной в батиметрическом диатомовом (Bd) и температурном (Td – по диатомеям, Ts – по силикофлагеллатам) индексах, отражающих изменение уровня моря и температуры поверхностных вод, соответственно [12, 15].

### Результаты и обсуждение

Основными морфоструктурами в районе исследований являются гора Петра Великого, Японская (Центральная) глубоководная котловина, возв. Первенца (гора Сибирь) и материковый склон зал. Петра Великого (рис. 1).

ГПВ (координаты 41°55'–42°15' с.ш., 131°48'–132°10' в.д.) вытянута в меридиональном направлении (длина 37 км, ширина 15 км) и возвышается над окружающей котловиной на высоту около 1700 м. Ее вершина располагается на глубине 1527 м. Гора соединяется с подножием материкового склона пологим подводным поднятием, возвышающимся над окружающим дном на 100–200 м. В рельефе дна исследованной площади выделяется целый ряд эрозионных каналов, один из них располагается вдоль основания западного склона горы.

В результате анализа батиметрических данных и изучения рельефа выяснилось, что ГПВ (координаты вершины 42°04.20' с.ш., 131°55.27' в.д.) расположена северо-западнее точки с координатами 42°00' с.ш., 132°15' в.д., указанной в работе [1] для ГПВ. Приведенные в работе [1] координаты приходятся на северную часть возв. Первенца. Видимо, за ГПВ авторами данной работы была принята одна из вершин этой возвышенности либо координаты приведены ошибочно. В любом случае наши исследования позволили детально описать рельеф ГПВ и уточнить ее географическое положение. Чтобы в дальнейшем не было путаницы, наименование горы и ее географическое положение необходимо оформить в соответствии с национальными и международными правилами и рекомендациями международных организаций [14].

Акустический фундамент хорошо распознается на всех сейсмических профилях. ГПВ в рельефе акустического фундамента (рис. 2А) представлена вытянутым в меридиональном направлении поднятием, замкнутым изолинией 4,0 км и увенчаным конусообразной горой. Пологим топографическим поднятиям между материковым склоном, возв. Первенца и горой соответствуют невысокие поднятия фундамента.

Мощность осадков на склонах ГПВ достигает 0,5 км, в вершинной части – около 0,2 км (рис. 2Б, 3). В нижней части материкового склона она составляет 0,25–0,75 км, уменьшаясь вверх по склону. Наибольшая мощность осадков (2,5 км) в исследованном районе обнаружена в Японской котловине.

Осадочный чехол Японской котловины на площади исследований разделяется на два акустических комплекса: верхний стратифицированный и нижний полупрозрачный. К западу от возв. Первенца в низах осадочного слоя котловины выделяется нижний стратифицированный комплекс (рис. 3). На северном продолжении ГПВ разрез осадков представлен только стратифицированным комплексом. Вершинная поверхность горы покрыта тонким слоем хорошо стратифицированных отложений. В основании западного, южного и восточного склонов наблюдаются осадочные тела, сложенные хаотическими (неупорядоченными) сейсмофациями.

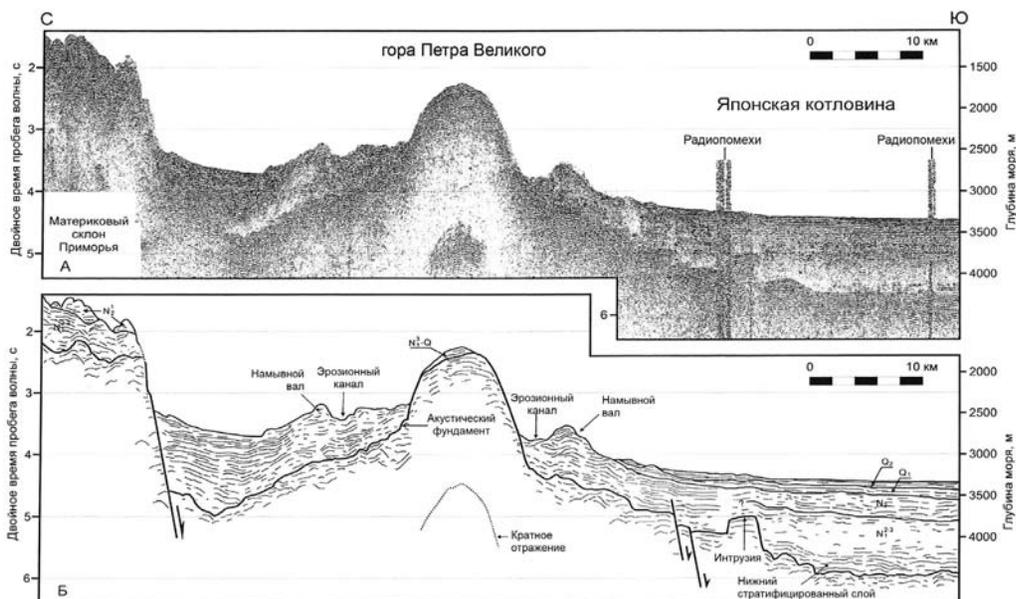


Рис. 3. Сейсмический профиль (А) и интерпретированный разрез через гору Петра Великого и смежные районы материкового склона и Японской котловины (Б). Положение профиля показано на рис. 2.  $N_1^{2-3}$  – средний и поздний миоцен,  $N_1^3$  – поздний миоцен,  $N_2$  – плиоцен,  $N_2^1$  – ранний плиоцен,  $Q_1$  – ранний плейстоцен,  $Q_2$  – поздний плейстоцен

Драгированием на трех станциях ГПВ были подняты многочисленные остроугольные обломки базальтов, глыба аркозового и единичные обломки граувакковых песчаников, а также слаболитифицированные осадочные породы (диатомовые глины, туфодиатомиты) и илы. Базальты и песчаники были подняты только на ст. LV52-23 в интервале глубин 2350–1850 м (см. таблицу).

*Базальты* – пористые породы, представленные оливин-плагиоклазовыми и оливин-клинопироксен-плагиоклазовыми разностями, составляющими 15–20 % объема пород. Оливин-плагиоклазовые базальты содержат вкрапленники (до 20%) размером от 1 до 4,5 мм, вулканическое стекло (20–25 %) и гиалопилитовую основную массу (50–55 %), полностью состоящую из микролитов плагиоклаза, микрозерен оливина и черно-бурого вулканического стекла. Вкрапленники представлены битовнитом (25–30 %) и оливином (25%), замещенным зеленовато-буроватым боулингитом. В качестве вторичного минерала выступает смектит (20–25 %), развитый по вулканическому стеклу, оливину и выполняющий поры. Пористые редко-, крупнопорфировые оливин-клинопироксен-плагиоклазовые базальты сложены фенокристаллами (10–15 %), толеитовой основной массой (60–70 %) и вулканическим стеклом (10%). Фенокристаллы представлены плагиоклазом и оливином. Плагиоклаз образует удлиненные таблицы до 4–5 мм в длину, иногда содержит включения зерен оливина (до 1 мм). Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза, микрозерен клинопироксена и магнетита, а также небольшого количества черно-бурого вулканического стекла. Вторичные минералы, выполняющие поры и микропрожилки, представлены буровато-зеленоватым смектитом (15%), замещающим стекло.

По петрографическому составу и геохимическим особенностям изученные вулканисты аналогичны окраинно-морским базальтоидам среднемиоцен-плиоценового комплекса, широко распространенным на подводных вулканических постройках в Японском море [5]. Базальты ГПВ характеризуются повышенным содержанием  $TiO_2$  (2,76%), щелочей ( $Na_2O + K_2O$ , 4,63%), четко выраженным фракционированным спектром распределения редкоземельных элементов. Значение отношения  $(La / Sm)_N$  в них составляет 2,53,  $(La / Yb)_N - 5,59$  ед., т.е. находится в пределах значений, характерных для окраинно-морских вулканитов. По геохимическим особенностям эти базальты близки к вулканитам океанических островов и поднятий. Изотопные данные свидетельствуют об их глубокой (плюмовой) природе [4, 5].

Позднемиоценовый возраст оливин-клинопироксен-плагиоклазового базальта ( $11,3 \pm 0,4$  млн лет) установлен калий-аргоновым методом (обр. 23-3). Можно предположить, что вулканическая активность по периферии ГПВ сохранялась до начала плиоцена, учитывая факт деформации плиоценовых осадков локальными излияниями лав на ее южном склоне (рис. 3).

*Песчаник аркозовый* (обр. 23-1). Крупнозернистый, состоит из обломков кварца, полевого шпата, мусковита, эпидота, турмалина, апатита, кварц-мусковитовых сланцев, гранита и рудного минерала. Количество обломков пород менее 25%. Вторичные минералы представлены серицитом, развитым по полевым шпатам и на контакте зерен, и агрегатами (0,03–1,5 мм) чешуек биотита.

*Песчаник граувакковый* (обр. 23-4). Состав обломков: кварц, полевой шпат, мусковит, эпидот, циркон, кварц-мусковитовые сланцы, роговики, алевролиты. В отличие от аркозовых в этом типе песчаников преобладают (более 50%) обломки пород. Им свойственны значительная примесь роговиков и присутствие алевролитов. Для пород характерны высокая пористость и вторичная минерализация: серицитизация, хлоритизация и ожелезнение.

Состав породообразующих минералов (полевые шпаты, кварц, мусковит) и обломков пород описанных выше песчаников говорит об определяющем влиянии сиалических источников сноса – гранитоидов, кварц-мусковитовых сланцев. Кроме того, существенный объем обломочного материала кислого состава при формировании граувакковых песчаников поставляли роговики и незначительный – алевролиты.

Литологическое сходство песчаников с юрскими и триасовыми отложениями прибрежной части Приморья [11] позволяет отнести их к образованиям мезозойского возраста. Вероятно, они представляют собой фрагменты («ксенолиты») фундамента, захваченные и вынесенные магмой в процессе извержения. Подобные «ксенолиты» песчаников и гранитов установлены на склонах и в жерлах вулканических построек возвышенностей Первенца, Богорова, Гэбасс и др. [3, 16]. Их наличие может свидетельствовать о формировании этих вулканических построек на блоках коры континентального типа. Дополнительным доказательством этого могут служить широкие пьедесталы, на которых располагаются вышеупомянутые возвышенности. Пьедесталы идентифицируются как реликты редуцированной континентальной коры, сохранившиеся при рифтогенном образовании Японской котловины [9].

Стратифицированный осадочный комплекс представлен преимущественно диатомовыми глинами и туфодиатомитами, содержащими диатомовые комплексы почти полной последовательности зон конца верхнего миоцена–плиоцена, а также пелитовыми илами позднелайстоценового возраста.

*Диатомовые глины*, состоящие из глинистого вещества и опаловых панцирей диатомей, содержат также примесь глауконитовых (около 5%) и терригенных (1–2 %) обломочных зерен (кварц, полевые шпаты, кислые эффузивы) и мелкого (0,01–0,03 мм) вулканического стекла. Из них выделены комплексы диатомей зон *Thalassionema schraderi* (8,5–7,6 млн лет) и *Rouxia californica* (7,6–6,4 млн лет) верхнего миоцена (рис. 4).

Диатомовые комплексы и ассоциирующие с ними силикофлагеллаты указывают на изменение условий в течение формирования отложений верхнего миоцена. В позднем миоцене (интервал 8,5–7,6 млн лет) накопление осадков происходило в нижнебатиальных условиях ( $Bd = 0,7$ ) при холодных поверхностных водах ( $Td = 0,1$ ,  $Ts = 0,1$ ); в самом конце позднего миоцена (7,6–6,4 млн лет) – при более низком положении уровня моря ( $Bd = 0,2$ ), но, вероятно, при относительно теплом климате ( $Td = 0,4$ ,  $Ts = 0,2$ ) (рис. 5).

*Туфодиатомиты* состоят из панцирей диатомей, глинистого вещества и пирокластического материала. Пирокластика представлена осколками бесцветного вулканического стекла, а также оскольчатыми зернами кварца, плагиоклаза и пироксена. Присутствует незначительная примесь более крупных зерен туфоалевролитов, алевролитов, кислых эффузивов, измененного полевого шпата, сильно пелитизированного плагиоклаза (вероятно, альбит-олигоклаза), кварц-полевошпатовых агрегатов. По данным рентгеноструктурного анализа (обр. 22-1а и 22-2а), основным глинистым минералом является плохо упорядоченный смектит с незначительным количеством смешанослойных образований типа гидрослюда–смектит. Отмечается незначительная примесь обломочных пород гидрослюда, хлорита, кварца, плагиоклаза и большое количество аморфной фазы, вероятно, представленной диатомеями и вулканическим стеклом.

Диатомеи, выделенные из туфодиатомитов, отнесены к комплексам плиоценовых зон *Neodenticula kamtschatica* (подзона *Thalassiosira oestrupii*, 5,5–3,9 / 3,5 млн лет) и *Neodenticula kamtschatica*–*N. koizumii* (3,9 / 3,5–2,7 / 2,6 млн лет). Осадконакопление происходило в более глубоководных условиях ( $Bd = 0,4$ – $0,7$ ), чем в самом конце позднего миоцена, при прогрессирующем похолодании, которое привело к появлению сезонных льдов.

*Пелитовые илы*, поднятые на станции LV52-21 (глубина 2000–1600 м), содержат комплекс диатомей зоны *Neodenticula seminae* (0,3–0,0 млн лет), который характеризуется доминированием океанических видов, заметным количеством и видовым разнообразием бентических прибрежных видов и присутствием пресноводных диатомей. Накопление илов происходило в нижнебатиальных условиях ( $Bd = 0,7$ ) при заметном влиянии берегового сноса. Такие условия, вероятно, были в ледниковую эпоху, когда уровень моря был значительно ниже современного, а береговая линия проходила у бровки шельфа.

Таким образом, ГПВ имеет вулканическое происхождение и формировалась предположительно на блоке континентальной коры, в состав которого входят песчаники

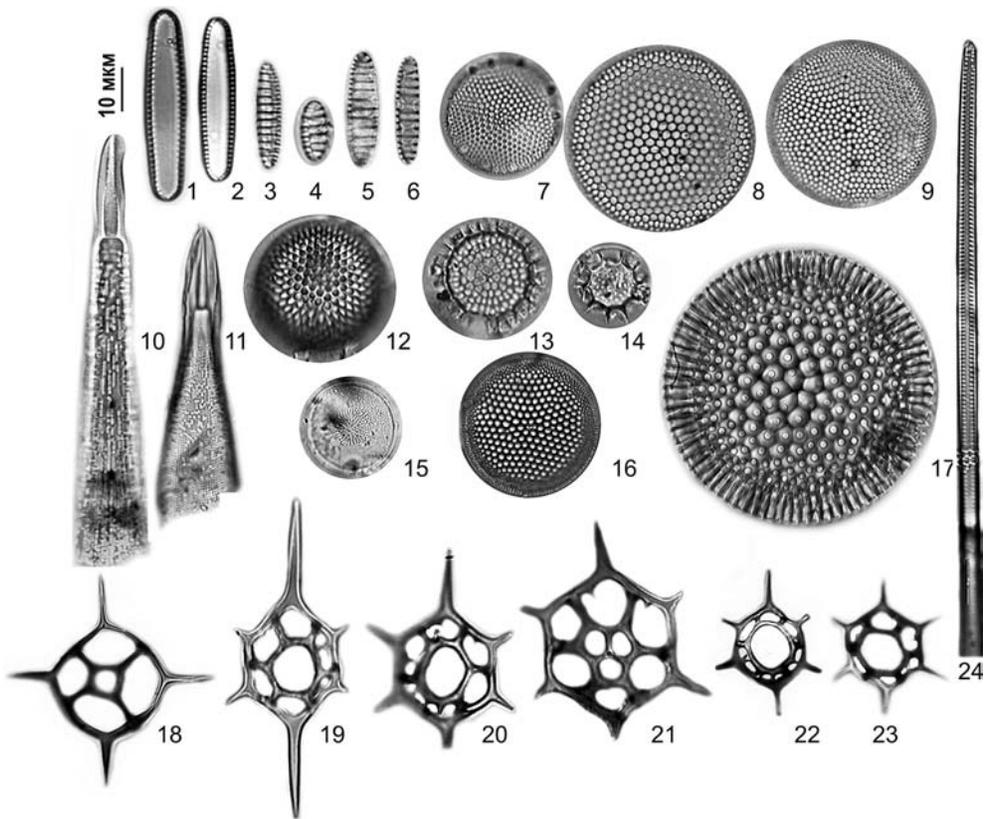


Рис. 4. Характерные виды диатомей и силикофлагеллат осадочного чехла горы Петра Великого (Японское море). 1, 2 – *Thalassionema schraderi* Akiba; 3, 4 – *Neodenticula kamschatica* (Zabelinae) Akiba et Yanagisawa; 5, 6 – *N. koizumii* Akiba et Yanagisawa; 7 – *Thalassiosira marujamica* Sheshukova; 8 – *Shionodiscus biporus* (Shiono) Alverson, Kang et Theriot; 9 – *Actinocyclus curvatulus* Janisch; 10 – *Rhizosolenia hebetata* Bailey; 11 – *Rh. cf. hebetata* Bailey; 12 – *Pyxidicula zabelinae* (Jousé) Makarova et Moisseeva; 13 – *Th. nidulus* Tempère et Brun; 14 – *Th. jouseae* Akiba; 15 – *Bacterosira bathyomphala* (Cleve) Syversten et Hasle; 16 – *Shionodiscus exceptiunculus* (Shiono) Alverson, Kang et Theriot; 17 – *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg; 18 – *Distephanopsis crux* (Ehrenberg) Dumitrica; 19 – *Distephanus takanayagi* Kobayashi; 20 – *D. speculum bispicatus* Bukry; 21 – *Cannopilus jimlingii* (Bukry) Desikachary et Prema; 22 – *Distephanus lingii* Kobayashi; 23 – *D. speculum* (Ehrenberg) Haeckel; 24 – *Thalassiothrix longissima* Cleve et Grunow. 1, 2, 17 (обр. 23-8в) – зона *Thalassionema schraderi* (8,5–7,6 млн лет); 7, 11, 19 (обр. 23-8а); 18 (обр. 23-8б) – зона *Rouxia californica* (7,6–6,4 млн лет); 3, 4, 12, 13, 20, 21 (обр. 22-1б); 14–16, 24 (обр. 22-2б) – подзона *Thalassiosira oestrupii* (5,5–3,9 / 3,5 млн лет); 5, 6, 22 (обр. 22-2а) – зона *Neodenticula kamschatica*–*N. koizumii* (3,9 / 3,5–2,7 / 2,6 млн лет); 8–10, 23 (обр. 21) – зона *Neodenticula seminae* (0,3–0,0 млн лет)

предположительно мезозойского возраста. В позднем миоцене на склонах ГПВ накапливались преимущественно диатомовые глины, в плиоцене – туфодиатомиты. Регрессивные условия, характерные для конца позднего миоцена–начала плиоцена, в позднем плиоцене–плейстоцене сменились трансгрессивными. В это же время усилилась изоляция ГПВ от материкового склона, что, вероятно, было связано с тектоническим погружением прогиба между материковым склоном и горой. Для плиоценовых отложений ГПВ и возв. Первенца характерно появление пирокластического материала кислого состава, который в одновозрастных отложениях материкового склона практически отсутствует. Возможный источник пирокластического материала предположительно находился в южной или юго-восточной части моря.

В целом формирование осадочного чехла ГПВ, материкового склона и возв. Первенца в позднем миоцене–плейстоцене происходило сопряженно (рис. 5). Характер изменения батиметрического диатомового индекса верхнекайнозойских осадков этих структур [15]

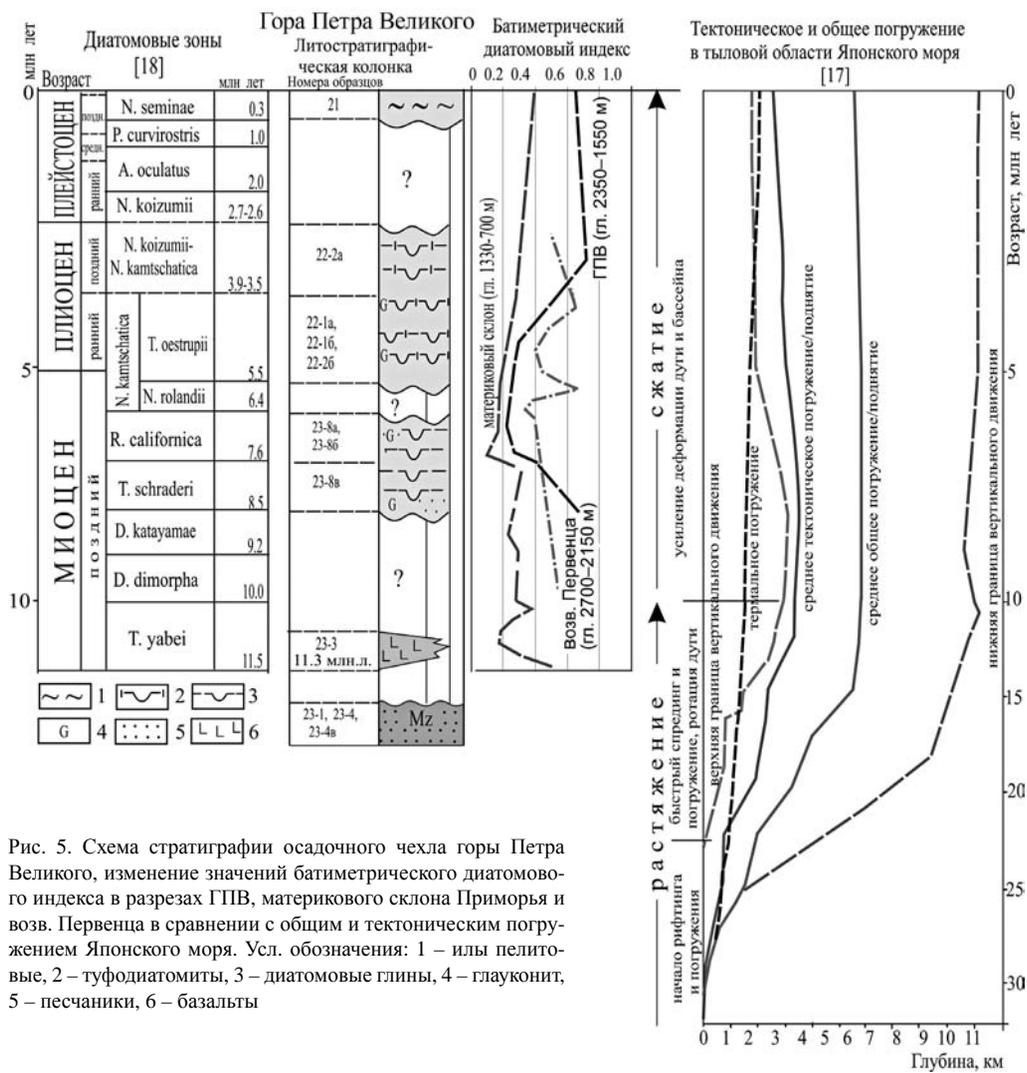


Рис. 5. Схема стратиграфии осадочного чехла горы Петра Великого, изменение значений батиметрического диатомового индекса в разрезах ГПВ, материкового склона Приморья и возв. Первенца в сравнении с общим и тектоническим погружением Японского моря. Усл. обозначения: 1 – илы пелитовые, 2 – туфодиатомиты, 3 – диатомовые глины, 4 – глауконит, 5 – песчаники, 6 – базальты

соответствует направлению изменений тектонического и общего погружения в Японском море [17], а погружение ГПВ в плиоцен-плейстоценовое время, видимо, обусловлено общим термальным охлаждением литосферы Японского моря.

### Выводы

В результате комплексного геолого-геофизического исследования уточнено географическое положение и рельеф ГПВ, определен состав и возраст пород фундамента и перекрывающих его осадочных отложений. Установлено, что ГПВ является вулканической постройкой, сложенной базальтами позднемиоценового возраста, которые формировались в условиях, близких к геодинамической обстановке океанических островов. В строении фундамента ГПВ предположительно участвуют песчаники мезозойского возраста, состав которых предполагает формирование горы на блоке коры континентального типа. Формирование осадочного чехла ГПВ в позднем миоцене–плейстоцене происходило сопряженно с материковым склоном Приморья и возв. Первенца. В плиоцен-плейстоценовое время

усилилась изоляция ГПВ от материкового склона, что было связано, вероятно, с тектоническим погружением прогиба между материковым склоном и горой.

Авторы благодарят А.В. Можеровского за проведение рентгеноструктурного анализа, Л.В. Осипову за химико-техническую обработку образцов на микропалеонтологический анализ, Н.К. Вагину и В.Т. Съедина за конструктивные замечания по рукописи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агапова Г.В., Виноградова Н.В., Кашникова И.П. Словарь географических названий форм подводного рельефа. М.: ГИН РАН, 1993. 311 с.
2. Геологическая карта дна Японского моря. Масштаб 1 : 2 500 000 / ред. И.И. Берсенева, Л.И. Красный. Л.: ВСЕГЕИ, 1988.
3. Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
4. Емельянова Т.А., Леликов Е.П. Вулканизм как индикатор глубинного механизма формирования Японского и Охотского морей // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 2. С. 63–72.
5. Емельянова Т.А., Леликов Е.П. Роль вулканизма в формировании Японского, Охотского и Филиппинского окраинных морей // Петрология. 2010. Т. 18, № 6. С. 649–670.
6. Карнаух В.Н. Рельеф дна северо-западной части Японского моря // Геоморфология. 2010. № 1. С. 42–51.
7. 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.
8. Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Сейсмостратиграфия осадочного чехла и условия осадконакопления на шельфе и материковом склоне в районе залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. 2007. Т. 47, № 2. С. 282–293.
9. Карнаух В.Н., Карп Б.Я. Тектоника Японской котловины по результатам сейсмических исследований (Японское море) // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16, № 5. С. 10–24.
10. Отчет по результатам комплексных геолого-геофизических и океанологических исследований в прикурильском районе Тихого океана и Японском море НИС «Академик А.М. Лаврентьев», рейс 52. Сент.–окт. 2010. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2010. 145 с.
11. Триас и юра Сихотэ-Алиня. Кн. 1. Терригенный комплекс / ред. П.В. Маркевич, Ю.Д. Захаров. Владивосток: Дальнаука, 2004. 417 с.
12. Цой И.Б. Значение батиметрического диатомового индекса (Bd) для восстановления палеоглубин окраинных морей Северо-Западной Пацифики в кайнозое // Геол. и геофиз. 2008. Т. 49. С. 476–480.
13. Цой И.Б., Шастина В.В. Кремнистый микропланктон неогена Японского моря (диатомеи и радиолярии). Владивосток: Дальнаука, 1999. 241 с.
14. Цой И.Б., Карнаух В.Н., Леликов Е.П. Наименования подводных морфоструктур Японского моря – история и современные проблемы // Океанология (в печати).
15. Цой И.Б., Вагина Н.К. Палеонтологическая характеристика верхнекайнозойских осадков и изменение среды в районе залива Петра Великого (Японское море) // Тихоокеан. геология. 2008. Т. 27, № 3. С. 81–98.
16. Geology and Geophysics of the Japan Sea / eds N. Isezaki, I.I. Bersenev, K. Tamaki et al. Tokyo: Terrapub, 1996. 487 p. (Japan-Russia Monograph Series; vol. 1).
17. Tamaki K., Suyehiro K., Allan J. et al. Tectonic synthesis and implications of Japan Sea ODP drilling // Proc. ODP, Sci. Results. 1992. Vol. 127/128, pt 2. P. 1333–1348.
18. Yanagisawa Yu., Akiba F. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons // Geol. Soc. Jap. 1998. Vol. 104, N 6. P. 395–41.