

УДК 551.35:551.77+561.26 (265.54)

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА ПРИМОРЬЯ В РАЙОНЕ ЗАЛИВА ВЛАДИМИРА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

© 2014 г. Н. Г. Ващенко, И. Б. Цой

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток

e-mail: vashenkova@poi.dvo.ru, tsoy@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 19.07.2011 г., после доработки 15.04.2013 г.

Петрографическое и микропалеонтологическое изучение пород осадочного чехла континентального склона Приморья в районе залива Владимира (Японское море) позволило установить, что осадочный чехол в данном районе представлен двумя разнофациальными комплексами пород позднего миоценового возраста. Первый фациальный комплекс состоит из терригенных пород (алевролиты, песчаники, конгломераты), накапливавшихся в относительно мелководных условиях шельфа — самой верхней части материкового склона. Второй состоит из диатомово-глинистых пород, накапливался в более глубоководных условиях, преимущественно в верхней части материкового склона. Карбонатные конкреции, широко развитые среди отложений первого комплекса, но отмеченные и во втором комплексе, образовались в результате диагенетических процессов в уже сформировавшихся терригенных или кремнисто-терригенных осадках. В возрастном отношении позднемиоценовые отложения характеризуются полной последовательностью диатомовых зон в интервале 10.0–5.5 млн лет. Осадки первого фациального комплекса накапливались в течение первой трети позднего миоцена (10.0–8.5 млн лет), а второго начали накапливаться несколько позже, но их накопление продолжалось до конца позднего миоцена (9.2–5.5 млн лет).

DOI: 10.7868/S0030157414030149

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение процессов и условий осадконакопления в зоне перехода от континента к океану является одной из важнейших задач современной морской геологии. Первой и очень важной ступенью в решении этих задач является петрографическое изучение конкретных природных объектов — разных типов осадочных пород, что в дальнейшем служит фактической вещественной основой для различных палеогеографических и палеотектонических построений, воссоздания истории развития региона.

Японское море отличается среди окраинных морей Восточной Азии высокой степенью геологической изученности. Систематические геологические работы здесь проводились с 70-х годов прошлого века, в результате чего были опробованы практически все подводные морфоструктуры [4, 18, 20, 22, 23, 25, 26]. Изученные геологические материалы позволили получить информацию о составе и возрасте пород осадочного чехла и фундамента и реконструировать историю развития этого моря. Наиболее подробно изучен осадочный чехол континентального склона Приморья. Он прорезан многочисленными долинами и каньонами, в бортах которых имеются выходы не-

огеновых осадочных пород, удобные для драгирования. В данной работе мы представляем результаты изучения осадочных пород северной части континентального склона Приморья в районе залива Владимира (рис. 1). По результатам драгирования в 20-м рейсе НИС “Первенец” (1973 г.) в долине Смирнова (полигон 11) на основе визуального сходства с породами других районов были выделены отложения среднего миоцена и плиоцена [3]. В дальнейшем по предварительным результатам микропалеонтологических анализов пород, полученных драгированием в 28-м рейсе НИС “Первенец”, был построен схематический стратиграфический разрез осадочного чехла в районе долины Смирнова [4], который включал средний, верхний миоцен и плиоцен. Однако, детальное изучение диатомей из образцов этого района и использование зональной диатомовой шкалы Акибы [17] показало, что большинство пород содержат диатомовые комплексы только двух зон: *Denticulopsis dimorpha* (11.3–10.4 млн лет) и *D. katayamae* (10.4–9.0 млн лет) позднего миоцена [14]. Мы пересмотрели ранее изученные материалы и дополнительно изучили образцы, имеющиеся в коллекции Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН, что поз-

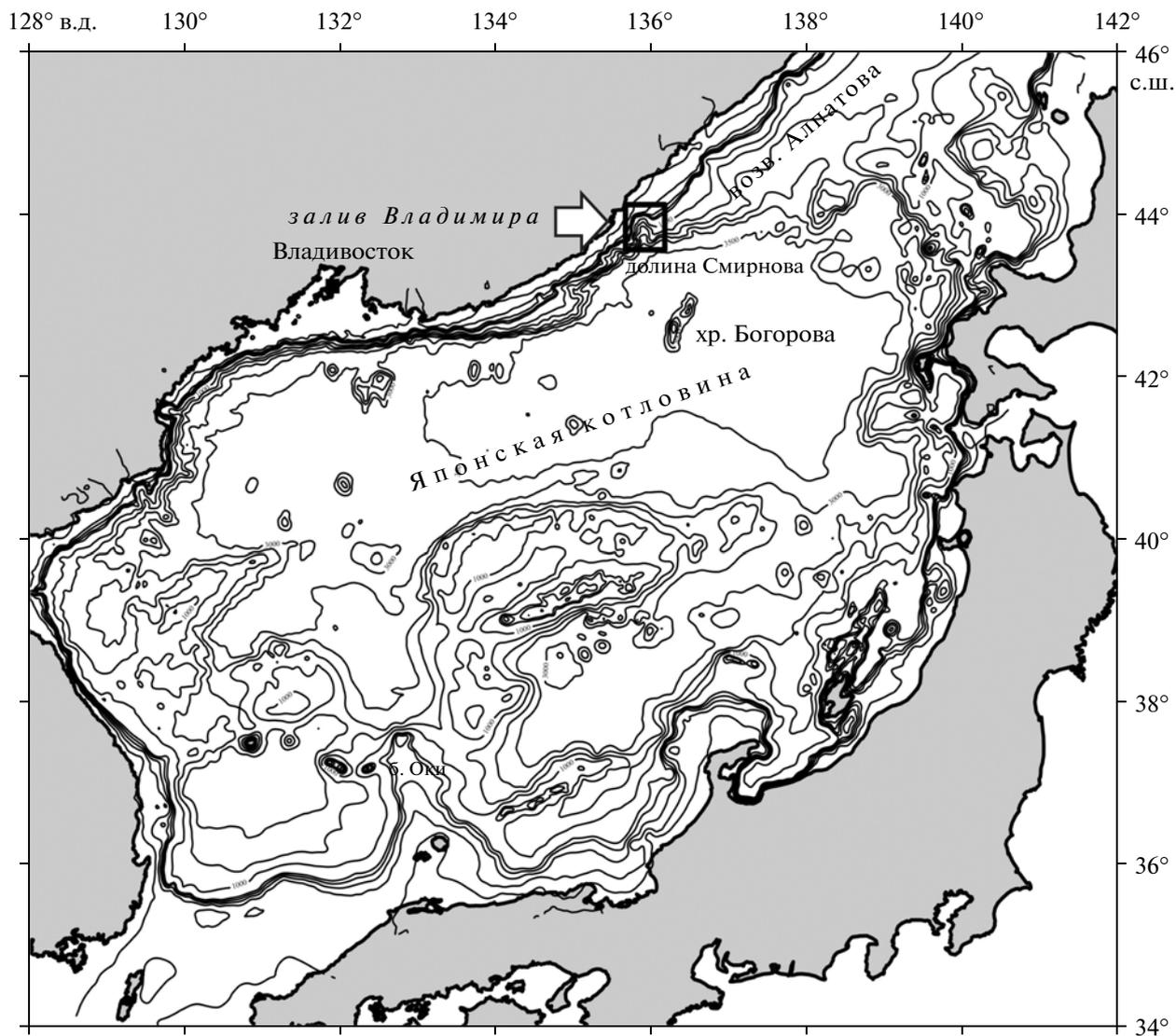


Рис. 1. Местоположение района исследований в Японском море (Батиметрическая основа по [6]).

волило уточнить возраст, состав и условия образования осадочного чехла в этом районе.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалы для исследования были получены драгированием в 20-м (1973 г.) и 28-м (1977 г.) рейсах НИС «Первенец», проведенных ТОИ ДВО РАН [3, 4, 11, 12]. В пределах полигона 11 выполнено 22 станции драгирования в интервале глубин 1600–200 м (рис. 2, таблица). Минералого-петрографический состав пород изучался в шлифах под поляризационными микроскопами Полам Р-111 и Amplival. Выделение диатомей и силикофлагеллат проводилось с использованием тяжелой калиево-кадмиевой жидкости [5]. Изучение и фотографирование микроископаемых проводились с помощью световых микроскопов Микмед-6 и IMAGER.A1.

Для определения возраста использовалась усовершенствованная северотихоокеанская неогеновая диатомовая шкала Янагизавы и Акибы [27] и японские зоны по силикофлагеллатам Кобаяси [21] и Линга [24]. Реконструкция условий формирования осадков проводилась на основе анализа экологической структуры диатомовых комплексов [15, 16].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

Материковый склон Приморья в районе залива Владимира сильно расчленен подводными долинами, объединенными в общую систему дендритовидного типа – долину Смирнова [3]. Глубина вреза долин от 200–300 до 500–600 м. В верхней части склона (до глубины около 500 м) долины имеют V-образный поперечный про-

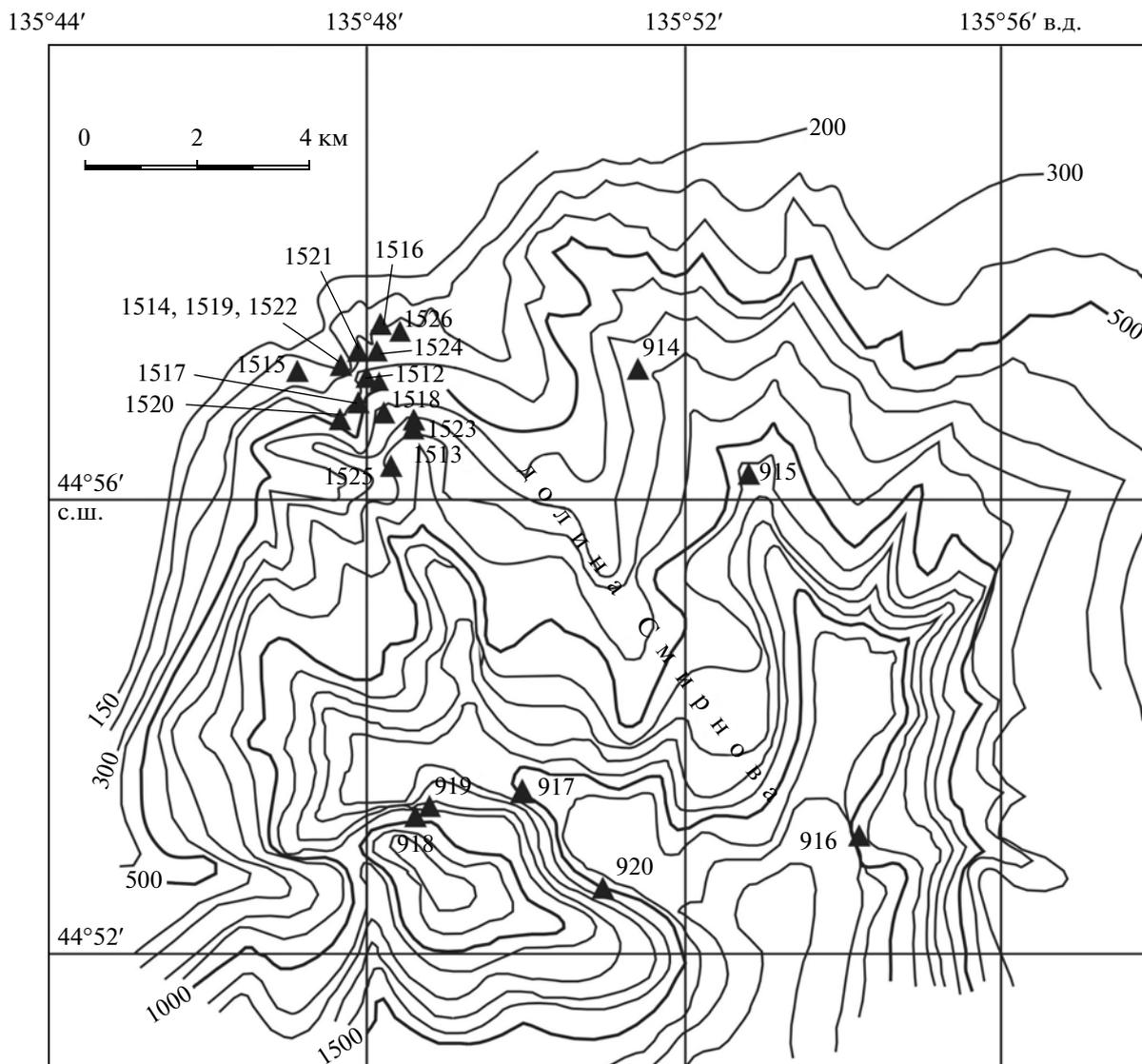


Рис. 2. Местоположение станций драгирования на континентальном склоне в долине Смирнова (Батиметрическая основа по [11, 12]).

филь. С возрастанием глубины долины расширяются, принимают округлую, а затем трапециевидную форму, продольные уклоны уменьшаются. Участки расчлененного материкового склона, изрезанного подводными долинами, располагаются на траверсах устьев крупных рек, которые являются поставщиками терригенного материала. В верховьях подводных долин терригенный материал переносится полностью, производя эрозирующую работу. По достижению выположенных участков долин глубинная эрозия ослабевает, и рыхлый обломочный материал выпадает на дно долины. Местами склоны долин осложнены уступами или обрывами высотой до 200 м.

Осадочный чехол на изученном участке материкового склона залегает на базальтах (ст. 916),

сходных с базальтами кузнецовской свиты палеоценового возраста, развитой на востоке Приморья [4, 10]. В осадочном чехле установлены разнообразные породы, которые объединены в три группы по характерным признакам (состав, структура, органические остатки, степень литификации) и местоположению. Названия групп даны по наиболее характерной породе: 1 – алевролитовые, 2 – диатомовые, 3 – карбонатные породы.

**Алевролитовые породы** (группа 1) являются терригенными и представлены алевролитами песчанистыми, алевролитами глинистыми и алевролитами глинистыми диатомовыми. Они установлены в верхней части материкового склона (станции 1512–1526, гл. 200–700 м) (рис. 2, таблица). Породы серые и зеленовато-серые на свежем разломе,

Каталог изученных образцов осадочного чехла континентального склона Приморья в районе залива Владимира (долина Смирнова, полигон 11), Японское море

№ станции	с.ш.	в.д.	Глубина, м	№ образца	Название породы	Диатомовая зона и возраст, млн лет
20-й рейс НИС "Первенец", 1973 г.						
914	43°57.2'	135°51.4'	800–600	914*	Глина алевритовая диатомовая	<i>N. seminae</i> , 0.0–0.3
				914-1	Глина алевритовая диатомовая	<i>N. seminae</i> , 0.0–0.3
				914-4	Алевропелит	<i>N. seminae</i> , 0.0–0.3
				914-7*	Глина диатомовая	<i>N. seminae</i> , 0.0–0.3
				914-8*	Глина алевритовая диатомовая	<i>P. curvirostris</i> , 0.3–1.0
915	43°56.2'	135°54'	1100–1000	914-9	Алеврит диатомовый	Q
				915	Глина алевритовая диатомовая	<i>P. curvirostris</i> , 0.3–1.0
				915-1*	Глина алевритовая диатомовая	
				915-2*	Глина алевритовая диатомовая	
				915-3*	Глина алевритовая диатомовая	
916	43°56.1'	135°49.9'	1700–1750	915-4*	Глина алевритовая диатомовая	
				916	Породы фундамента (ороговикованные песчаники)	
917	43°53.4'	135°49.9'	1400–1300	917-1	Алевролит диатомовый	
				917-2	Алевропесчаник известковистый	Единичны
				917-3	Диатомит алевритовый	
918	43°53.2'	135°48.6'	1000–900	918*	Диатомит глинистый	
				918-1	Диатомит алевритистый	<i>R. californica</i> , 7.6–6.4
919	43°53.3'	135°48.7'	1200–1100	918-2*	Диатомит алевритистый	<i>T. schraderi</i> , 8.5–7.6
				919	Диатомит алевритистый	<i>N. rolandii</i> , 6.4–5.5
920	43°52.4'	135°51.5'	1600–1500	919-1	Диатомит алевритистый	
				919-2	Диатомит алевритистый	<i>D. katayamae</i> , 9.2–8.5
				919-3*	Диатомит алевритистый	
				919-4	Диатомит алевритистый	
				919-5*	Диатомит алевритистый	
920	43°52.4'	135°51.5'	1600–1500	920*	Известняк пелитоморфный	
				920-1	Диатомит алевритистый	<i>R. californica</i> , 7.6–6.4
				920-2*	Диатомит глинистый	
28-й рейс НИС "Первенец", 1977 г.						
1512	43°57.1'	135°48.0'	420–400	1512-1*	Алевролит глинистый диатомовый	<i>D. katayamae</i> , 9.2–8.5
				1512-2*	Алевролит глинистый диатомовый	
				1512-3*	Конкреция карбонатная	
				1512-5	Конкреция карбонатная	<i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2
1513	43°56.8'	135°48.6'	700–650	1513	Ил алевритистый с гравием	<i>N. seminae</i> , 0.0–0.3
				1513-1	Алевролит песчанистый	<i>D. katayamae</i> , 9.2–8.5
1514	43°57.1'	135°47.7'	360–300	1514-1a*	Конкреция карбонатная	
1515	43°57.1'	135°47.2'	270–250	1515-1a	Конкреция карбонатная	<i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2
				1515-2*	Конгломерат известковистый	
				1515-3	Песчаник карбонатный	
1516	43°57.7'	135°48.1'	250–200	1516-1*	Ил песчанистый с гравием и галькой	
				1516-2	Конкреция карбонатная	

Таблица. Окончание

№ станции	с.ш.	в.д.	Глубина, м	№ образца	Название породы	Диатомовая зона и возраст, млн лет
1517	43°56.9'	135°47.9'	450–425	1517	Ил с галькой	<i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2 Не обнаружены Не обнаружены <i>D. katayamae</i> , 9.2–8.5
				1517-1	Алевролит	
				1517-2*	Конгломерат известковистый	
				1517-3	Конкреция карбонатная	
1518	43°56.8'	135°48.3'	650–620	1517-4*	Конкреция карбонатная	<i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2 <i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2 <i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2
				1518-1*	Алевролит песчанистый	
				1518-2*	Алевролит	
1519	43°57.2'	135°47.9'	400–370	1518-3*	Алевролит	Единичны <i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2 <i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2
				1519-1	Алевролит песчанистый	
				1519-2	Алевролит	
1520	43°56.8'	135°48.0'	500–450	1519-3	Конкреция карбонатная	<i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2 <i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2
				1520-1*	Конкреция карбонатная	
1521	43°57.4'	135°48.0'	370–350	1521	Ил алевритовый	<i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2  <i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2
				1521-1*	Конкреция карбонатная	
				1521-2	Конкреция карбонатная	
1522	43°56.9'	135°48.1'	550–500	1521-3	Алевролит	<i>D. dimorpha</i> , 10.0–9.2
				1522	Ил песчано-алевритовый с гравием	
1523	43°56.9'	135°48.6'	640–600	1523-1	Алевролит	
1524	43°57.1'	135°48.4'	550–500	1524-1	Алевролит	
1525	43°56.3'	135°48.4'	600–550	1525-1	Алевролит песчанистый	
1526	43°57.5'	135°48.5'	300–250	1526а*	Конкреция карбонатная	

\* Образцы, по шлифам которых проведено минералого-петрографическое изучение.

грязно-зеленые и бурые с поверхности образца, слабо литифицированные (легко ломаются руками и режутся ножом), массивные или тонкопараллельнослоистые, в разной степени песчанистые (в отдельных образцах переходящие в тонкозернистые алевритистые песчаники). Алевролиты подняты как из коренного выхода (образцы 1518-1, 1518-2; 1519-1, 1519-2), так и из свала. Образцы из свала подняты в виде “корявых” (изъеденных илоедами и измененных гальмиролизом?) обломков. Алевролиты из коренных выходов представлены крупными (до 20–25 см) уплощенными обломками толщиной от 1–2 до 6–10 см, серого, зеленовато-серого цвета, с параллельной слоистостью. В песчанистых алевролитах (образцы 1518-1, 1519-1) распределение песчанистого материала неравномерное, нечеткая слоистость подчеркнута черным обугленным растительным детритом (доли мм, до 1–2 мм). В отдельных образцах (обр. 1512-1) наблюдаются переслаивание серо-зеленых алевролитов (1–2 см) и серого тонкозернистого песчаника (1–1.5 мм). Песчаные прослои невыдержанные, прерывистые, выклиниваются по простиранию. Более тонкозернистые разности алевролитов (обр. 1517-1) имеют голубоватый оттенок и повы-

шенное содержание светлой слюды. Однако в этом образце, хоть он более тонкозернистый, присутствует единичный гравий (3–5 мм) и следы взмучивания.

Алевролиты характеризуются невысоким (около 50%) содержанием обломочных зерен размером 0.02–0.15 мм. Распределение их очень неравномерное от 5–10% до пятен (0.5–5 мм в поперечнике), где обломочные зерна почти соприкасаются. Иногда наблюдается микрослоистость: чередование прослоев с минимальным количеством обломочных зерен (1–5%) и алевропесчанистых прослоев, в которых обломочные зерна составляют более 50%. Толщина слойков от 1–2 до 3–4 мм. Обломочные зерна угловатые, преобладают обломки пород (40–50%), в основном кислые эффузивы, встречаются осадочные породы и средние эффузивы. Минеральные зерна представлены кварцем (30–40%), пелитизированным полевым шпатом (5–30%), реже встречаются гидратизированный биотит и амфибол. Цемент базальный, состоит из неориентированного слабо анизотропного глинистого вещества с небольшой примесью крошки панцирей диатомей (~10%). В заметном количестве встречаются темно-бурые

растительные остатки размером 0.15–0.5 мм, иногда с характерной клетчатой структурой, а также тонкий (менее 0.01 мм) распыленный в цементирующей массе растительный детрит. Встречаются единичные спикулы губок и пирит.

Из алевролитов выделены комплексы диатомей зон *Denticulopsis dimorpha* (10.0–9.2 млн лет) и *D. katayamae* (9.2–8.5 млн лет) и силикофлагеллат зон *Mesocena hexalitha* и *Dictyocha pseudofibula* позднего миоцена (рис. 3, фототаблица).

**Диатомовые породы** (группа 2). В эту группу входят породы, в которых опаловые панцири диатомовых водорослей преобладают, либо составляют значительное количество. Такие породы слагают осадочный чехол в более глубокой (900–1600 м) части материкового склона в юго-западной части полигона (станции 917–920, рис. 2) и представлены диатомитами глинистыми, диатомитами глинистыми алевролитистыми, изредка встречаются алевролиты диатомовые. **Диатомиты глинистые** – светлые, чуть желтоватые, очень легкие, с редкими крупными ходами илоедов, с неясно выраженной плитчатой отдельностью. Это наиболее чистые разновидности диатомовых пород, содержащие очень малое количество терригенного обломочного материала (3–4%). Основная масса породы (матрикс) сложена почти изотропным пелитоморфным веществом, состоящим из смеси тонкораздробленных остатков кремнистых панцирей диатомей и глинистого вещества. В нее погружены многочисленные опаловые панцири диатомовых водорослей.

**Диатомиты глинистые алевролитистые** – светло-серые, в выветренных разностях буровато-серые, часто покрыты корочками (1–2 мм) глауконитизации, обычно содержат линзочки (1–2 мм) белого пирокластического материала. Породы пронизаны ходами илоедов (5–25% объема), диаметром от 1–2 до 15–20 мм, внутренняя поверхность которых покрыта железистой корочкой, а полость выполнена илом. После высыхания породы становятся хрупкими, но режутся ножом с усилием. Содержат 15–25% обломочных зерен размером от 0.02 до 0.15–0.16 мм. Форма зерен угловатая, изредка встречаются зерна кварца оскольчатой формы. Представлены обломочные зерна преимущественно кварцем и пелитизированным ортоклазом. В редких и единичных зернах встречается плагиоклаз (вероятно, олигоклаз), вулканическое стекло, мусковит, гидратированный биотит, эпидот-цоизит, амфибол, а также гранитоиды и фельзиты. Диатомиты песчано-алевритовые аналогичны вышеописанным, отличаются немного более высоким содержанием мелкопсаммитовых обломочных зерен.

В породах 2-й группы установлены комплексы диатомей зон *Denticulopsis katayamae* (9.2–8.5 млн лет), *Thalassionema schraderi* (8.5–7.6 млн лет), *Rouxia*

*californica* (7.6–6.4 млн лет) и *Neodenticula kamschatica* (подзона *Nitzschia rolandii*, 6.4–5.5 млн лет) позднего миоцена (рис. 3, фототаблица). В этих комплексах диатомей, как и в комплексах из пород 1- и 3-й групп, доминируют неритические виды (53–88%), содержание бентических видов незначительно (1.6–4%), океанические виды составляют 11–43%. Такая экологическая структура диатомовых комплексов указывает на формирование осадков в зоне внешнего шельфа–верхней части континентального склона.

**Карбонатные породы** (группа 3) подняты на 12 станциях (таблица) и составляют более трети всех образцов неогеновых отложений в данном районе. Это твердые литифицированные породы, чем резко отличаются от слаболитифицированных пород 1- и 2-й групп, описанных выше. Они встречаются в основном в виде конкреций разной формы и размеров, обломки угловатой формы единичны. Конкреции чаще всего имеют неправильную форму и размеры от 5–6 до 30–60 см. Встречаются конкреции экзотической изогнуто-ветвистой и бобовидной формы. Сверху конкреции покрыты зеленовато-коричневой корочкой толщиной 1–1.5 мм, далее идет несколько сантиметров коричневато-серого цвета и внутренняя серая наиболее плотная часть. Поверхность конкреций, как правило, неровная, дырчато-ямчатая, края ямок и дырок сглажены, вероятно, это следы жизнедеятельности роющих организмов.

Сложены конкреции чаще всего известковистым песчаником. Встречаются также известковистые конгломераты, известняки алевро-песчаные, пелитоморфные известняки и карбонаты по диатомовой породе.

**Известковистые песчаники** серые и светло-серые, в выветренном состоянии с зеленоватым или буроватым оттенком, мелко и тонкозернистые, обычно массивные, реже с тонкой невыдержанной слоистостью. В большинстве образцов отмечается редкий гравий и единичные мелкие хорошо окатанные гальки докайнозойских пород. Характерны линзочки и гнезда более грубозернистого материала (крупнопесчаного, гравийного). Содержание обломочного терригенного материала составляет 50–60%, зерна полуокатанные и угловатые, нередко со следами разъедания карбонатом. Преобладают (50–60%) обломки пород – кислые эффузивы и их туфы, гранитоиды, кремнистые породы; много кварца (20–30%). Встречаются пелитизированный полевой шпат, цоизит, плагиоклаз, средние эффузивы, биотит, в единичных зернах амфибол и вулканическое стекло. Цементом является мелкозернистый карбонат. Встречаются редкие диатомей плохой сохранности, замещенные карбонатом. В некоторых шлифах отмечены редкие фораминиферы и детрит карбонатной фауны.

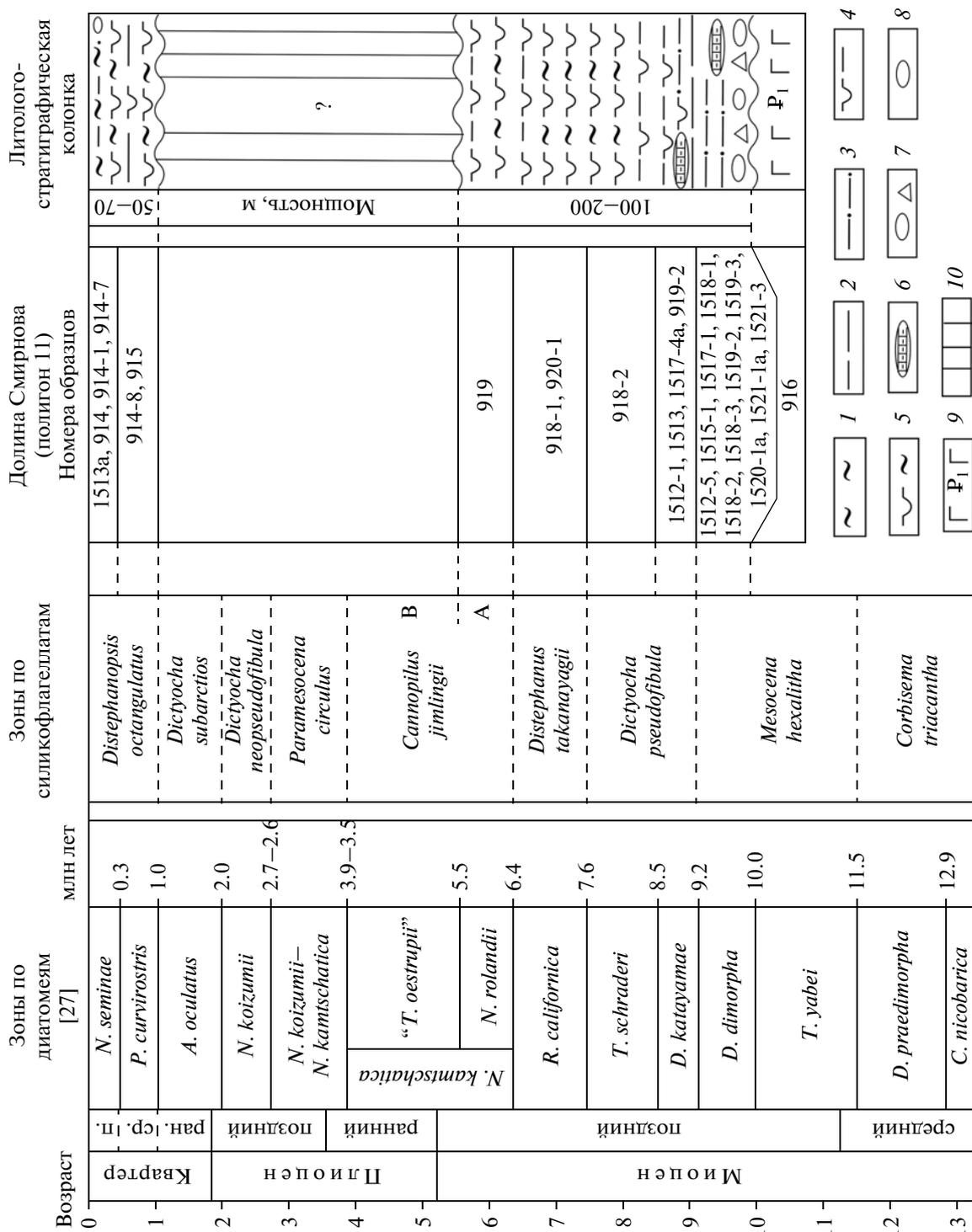


Рис. 3. Схема стратиграфии осадочного чехла континентального склона Приморья в районе залива Владимира (Японское море) на основе диаграммы и силикофлагеллат.  
 1 – глина, илы; 2 – алевролит; 3 – алевропесчаник, алевролит песчаный; 4 – диагомит алевролитный; 5 – диагомит глинистый; 6 – конкреция карбонатная; 7 – конгломерат; 8 – галька, гравий; 9 – базальты палеоценовые; 10 – несогласие стратиграфическое предполагаемое.

**Известковистые конгломераты** мелко-, средне-галечные, галька и гравий составляют 30–60%. Галька хорошо окатанная, преимущественно изометричная, сложена различными осадочными и изверженными докайнозойскими породами фундамента. Заполнителем является серый разнозернистый известковистый песчаник с редкими раковинами двустворок.

**Пелитоморфный известняк** с диатомеями. Основная масса породы сложена пелитоморфным кальцитом. Обломочные зерна, размером 0.02–0.1 мм, реже до 0.2 мм, представленные в основном кварцем и полевым шпатом, составляют от 2–5 до 20% объема породы. Большинство зерен окружено каемкой более раскристаллизованного кальцита. Встречаются остатки диатомей, замещенных более крупнозернистым карбонатом. В некоторых образцах (1520-1) содержание диатомей значительно повышается.

В карбонатных породах установлены комплексы диатомей тех же позднемиоценовых зон *Denticulopsis dimorpha* и *D. katayamae*, что и в поднятых вместе с ними алевролитах (рис. 3, таблица). Диатомовые комплексы из алевролитов и карбонатов характеризуются доминированием неритических видов (54–84%), океанические виды составляют 16–32%, разнообразны бентические виды (5–15%), единично отмечены пресноводные виды. Бентические виды (*Arachnoidiscus ehrenbergii* Bailey, *Istmia nervosa* Kützing, *Rhaphoneis amphiceros* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Cocconeis costata* Gregory и др.) представлены в основном эпифитами, эпипсаммитами и эстуарными видами. Такая экологическая структура диатомовых комплексов характерна для шельфовых осадков.

## ОБСУЖДЕНИЕ

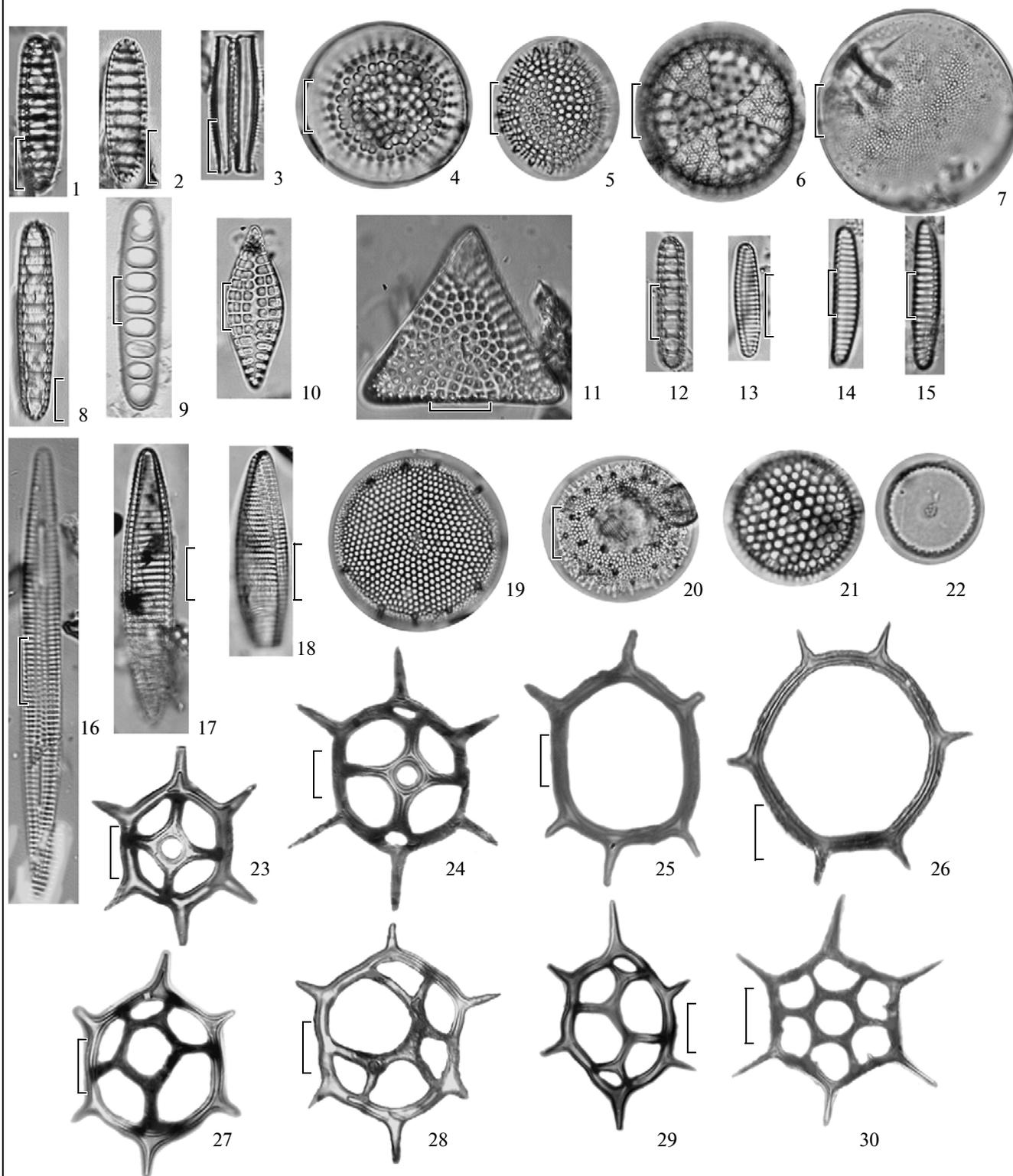
Практически все образцы карбонатных пород (группа 3) имеют конкреционную форму. Микроскопическое изучение показало, что они состоят из пелитоморфного, реже мелкозернистого вторичного карбоната и содержат примесь терригенных обломочных зерен от 2–5% в известняках до немного более 50% в песчаниках и алевролитах. Пелитоморфный карбонат интенсивно разъедает поверхность обломочных зерен, образуя вокруг них реакционные каемки. Во многих образцах встречаются реликты диатомей и перекристаллизованные раковины планктонных и бентосных фораминифер. В некоторых шлифах наблюдается хорошо сохранившаяся первичная органогенная (диатомовая) структура, хотя кремнезем полностью замещен карбонатом. Образование карбонатных пород произошло в результате диагенетических процессов в уже сформировавшихся терригенных или кремнисто-терригенных осадках. Карбонат осаждался из поровых вод, источником углекислоты служили продукты анаэробного раз-

ложения органики, а кальция – придонные морские воды и карбонатная фауна. Наличие в некоторых образцах единичных карбонатных раковин, свидетельствует о том, что они могли быть точками зарождения и центрами роста конкреций при циркуляции поровых растворов. Процесс происходил на небольших глубинах [1, 2].

Карбонатные породы подняты в основном в верхней части материкового склона совместно с алевролитовыми породами (группа 1). В них установлены комплексы диатомей тех же позднемиоценовых зон *Denticulopsis dimorpha* и *D. katayamae*, что и в алевролитах. Но следует понимать, что это возраст накопления осадков, по которым образовались карбонатные конкреции. Сами же карбонатные породы образовались позднее путем замещения уже сформировавшихся осадков независимо от их состава.

Основная часть осадочного чехла в изученном районе представлена алевритовыми (группа 1) и диатомовыми (группа 2) породами. Группа 1 состоит из терригенных пород (алевролиты, песчаники, конгломераты), содержащих примесь биоигенного материала (диатомеи, силикофлагеллаты). Группа 2 состоит главным образом из диатомово-глинистых пород (диатомиты глинистые и диатомиты алевритистые). Карбонатные породы слагают конкреции, образовавшиеся в диагенезе главным образом по породам 1-й группы.

Все образцы пород 1-й группы подняты из верхней части материкового склона с глубин от 200 до 700 м (рис. 2, станции 1512–1526). Для них характерно присутствие значительного количества рассеянного растительного детрита, а также примесь гравия и гальки. Гравий и галька окатанная и хорошо окатанная, в то время как песчано-алевролитовый материал плохо сортированный, угловатый и полуокатанный. В то же время имеется некоторая параллельная ориентация как обломочного материала, так и тонкого алевро-пелитового материала основной массы. Повсеместное присутствие морских диатомей и силикофлагеллат, а также единичных радиолярий говорит о седиментации в нормальном морском бассейне. Доминирование в диатомовых комплексах неритических видов, а также разнообразие прибрежных бентических диатомей свидетельствует о мелководных шельфовых условиях. Присутствие гравия и гальки, единичных двустворчатых моллюсков, а также преобладание терригенного материала, значительное количество растительного детрита также свидетельствуют о прибрежных шельфовых условиях осадконакопления. О мелководном характере осадков свидетельствуют находки в этих породах листовых отпечатков клена и каштана [8]. По мнению Красилова и Терехова [8], захоронение листьев произошло благодаря значительной скорости осадконакопления, а



**Фототаблица.** Кремнистые микроводоросли позднего миоцена из отложений континентального склона Приморья в районе залива Владимира (Японское море). Диатомеи: 1 – *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba; 2, 9 – *D. dimorpha* (Schrader) Simonsen; 3 – *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba; 4 – *Coscinodiscus gracilis* Dolmatova; 5 – *Thalassiosira temperei* (Brun) Akiba et Yanagisawa; 6 – *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg; 7 – *Thalassiosira manifesta* Sheshukova; 8 – *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa et Akiba; 10 – *Rhaphoneis rhombicus* Tsoy; 11 – *Sheshukovia condecora* (Brightwell) Gleser; 12 – *Denticulopsis katayamae* Maruyama; 13, 14 – *Nitzschia rolandii* Schrader; 15 – *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Akiba et Yanagisawa; 16 – *Rouxia californica* Peragallo; 17 – *Nitzschia fossilis* (Frenguelli) em. Kanaya ex Schrader; 18 – *Nitzschia pliocena* (Brun) Mertz; 19 – *Thalassiosira marujamica* Sheshukova; 20 – *Porosira punctata* (Jousé) Makarova; 21 – *Thalassiosira antiqva* Cleve; 22 – *Th. sheshukovae* Makarova. Силикофлагеллаты: 23, 24 – *Distephanopsis pseudocrux* (Schulz) Desikachary et Prema; 25, 26 – *Mesocena hexalitha* Bukry; 27 – *Distephanopsis* cf. *pseudocrux* (Schulz) Desikachary et Prema; 28 – *Dictyocha* cf. *pseudofibula* (Schulz) Tsumura; 29 – *D. pseudofibula* (Schulz) Tsumura; 30 – *Distephanus boliviensis* (Frenguelli) Bukry et Foster.

Комплексы диатомей зоны *Denticulopsis dimorpha* (10.0–9.2 млн лет) и силикофлагеллат зоны *Mesocena hexalitha* из алевролитов (1–7 – обр. 1518-1; 8, 9, 23 – обр. 1519-2; 10, 11, 25 – обр. 1521-3) и карбонатной конкреции (24, 26, 27, 28, 30 – обр. 1521-1a). Диатомеи и силикофлагеллаты зоны *Denticulopsis katayamae* (9.2–8.5 млн лет) из алевролитов (13, 16 – обр. 1513-1) и диатомитов (12, 29 – 919-2). Диатомеи и силикофлагеллаты зоны *Rouxia californica* (7.6–6.4 млн лет) из диатомитов (14, 15, 19, 21, 22 – обр. 918-1; 17, 18, 20 – 920-1).

формировались вмещающие их осадки в мелководных условиях “в сфере влияния большой древней дельты и активной транспортировки материала береговыми течениями”.

Поднятые здесь же карбонатные конкреции сложены чаще всего известковистыми песчаниками, а также известковистыми конгломератами и алевропесчанистыми известняками. То есть карбонатные конкреции образовались по терригенным осадкам. Диатомовые комплексы из алевролитов и карбонатов соответствуют позднемиоценовым зонам *D. dimorpha* (10.0–9.2 млн лет) и *D. katayamae* (9.2–8.5 млн лет), следовательно накопление этих отложений происходило после значительного понижения глобального уровня моря 10.5 млн лет назад [19]. Экологический состав диатомовых комплексов указывает на прибрежные, близкие к современным шельфовым, условия их захоронения. Следовательно, накопление рассматриваемых осадков происходило в шельфовой зоне морского бассейна.

В юго-западной части полигона в более глубоководной части материкового склона (ст. 917–920, гл. 900–1600 м) отложения осадочного чехла представлены диатомовыми породами (группа 2). Это более тонкозернистые диатомово-глинистые отложения (диатомиты глинистые и диатомиты алевролитистые, реже диатомовые алевролиты). В их составе преобладают биогенная и пелитовая составляющая. Алевролитовая фракция, как правило, присутствует в подчиненном количестве. Диатомовые комплексы, установленные в этих породах, представлены полной последовательностью позднемиоценовых зон от зоны *Denticulopsis katayamae* (9.2–8.5 млн лет) до подзоны *Neodenticula kamtschatica*-*Nitzschia rolandii* (6.4–5.5 млн лет) включительно. Экологический состав диатомовых комплексов говорит о формировании вмещающих осадков в зоне внешнего шельфа–верхней части континентального склона. Породы второй группы являются морскими более глубоководными, они накапливались преимущественно в верхней части

континентального склона. Из карбонатных пород в этой части полигона встречены лишь пелитоморфные известняки по диатомитам.

Таким образом, мы имеем дело с двумя разными фациями позднемиоценовых отложений. В верхней части склона (глубины 250–500 м) установлены относительно мелководные терригенные песчано-алевритовые отложения. На глубинах более 900 м установлены тонкозернистые относительно глубоководные терригенно-биогенные отложения. Оба фациальных комплекса имеют позднемиоценовый возраст. Осадки первого начали накапливаться раньше и накапливались в течение первой трети позднего миоцена (10.0–8.5 млн лет). Осадки второго комплекса начали накапливаться несколько позже, но их накопление продолжалось до конца позднего миоцена (9.2–5.5 млн лет).

Довольно узкий шельф и относительно крутой континентальный склон у берегов Приморья приводит к тому, что в его пределах происходит смещение зон накопления осадков и транзитных зон, где какое-то время осадки не накапливаются. Кроме того, изначально наклонная поверхность склона приводит к формированию клиноформ – линзовидных осадочных тел с первично наклонными слоями. При боковом наращивании клиноформ происходит омолаживание осадков от шельфа к центру бассейна. Что мы и наблюдаем в изученном районе. В верхней части склона в начале позднего миоцена накапливались терригенные песчаные и песчаноалевритовые осадки. Высокая биопродуктивность поверхностных вод обеспечивала поставку на дно большого количества биогенных кремнистых остатков, однако сильное разбавление терригенным материалом и снос легких ажурных панцирей диатомей течениями, приводили к формированию осадков лишь с примесью биогенных компонентов. Ниже по склону, куда уже не доходил крупный обломочный материал, а поступала лишь тонкая пелитовая взвесь, начали накапливаться диатомово-глинистые осадки. По-

сколькo тонкозернистые осадки, в связи с их более широким разномом, медленнее заполняют неровности рельефа, процесс выравнивания продолжается более длительное время. Это может быть одной из причин того, что в верхней части склона процесс осадконакопления прервался около 8.5 млн лет назад, а в средней части продолжается до настоящего времени.

Присутствие в изученном районе отложений почти всего позднемиоценового интервала (10.0–5.5 млн лет), говорит о том, что падение уровня Мирового океана в позднем миоцене сказалось на седиментации в Японском море незначительно. Перерыв в осадконакоплении наблюдался в этот период, вероятно, только в районе современного шельфа [7]. В верхней части материкового склона отложения начала позднего миоцена характеризуются широким развитием песчано-алевритовых пород и присутствием гравия и гальки. На материковом склоне происходило смещение зон интенсивного осадконакопления. Как известно материковые склоны представляют собой области активных геологических (тектонических, магматических) процессов. Из-за крутизны и сейсмичности склонов осадки находятся в неустойчивом состоянии и часто возникают оползни, обвалы и мутьевые потоки [9]. Смещение области осадконакопления на континентальных склонах связано не только с глобальными эвстатическими колебаниями и тектоническими процессами, но и с заполнением впадин, выравниванием рельефа, изменением крутизны поверхности склона в данном районе.

### ВЫВОДЫ

1. В осадочном чехле континентального склона Приморья в районе залива Владимира установлен разрез верхнемиоценовых отложений, характеризующийся полной последовательностью диатомовых зон в интервале 10.0–5.5 млн лет.

2. Верхнемиоценовые отложения представлены двумя разнофациальными комплексами. Первый фациальный комплекс состоит из терригенных пород (алевриты, песчаники, конгломераты), содержащих примесь биогенного материала (диатомеи, силикофлагеллаты), накапливавшихся в относительно мелководных условиях шельфа – самой верхней части материкового склона. Второй фациальный комплекс, состоящий из диатомово-глинистых пород, накапливался в более глубоководных условиях, преимущественно в верхней части материкового склона. Карбонатные конкреции, широко развитые среди отложений первого комплекса, но отмеченные и во втором комплексе, образовались в результате диагенетических процессов в уже сформировавшихся терригенных или кремнисто-терригенных осадках.

3. Оба фациальных комплекса имеют позднемиоценовый возраст, однако осадки первого накапливались в течение первой трети позднего миоцена (10.0–8.5 млн лет). Осадки второго фациального комплекса начали накапливаться несколько позже, и их накопление продолжалось до конца позднего миоцена (9.2–5.5 млн лет).

Авторы благодарят Е.П. Терехова за критическое прочтение рукописи и конструктивные замечания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы “Мировой океан” и ДВО РАН (проект № 12-III-A-07-136).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахова Н.В., Ващенко Н.Г., Горбаренко С.А. Карбонатные образования из неогеновых отложений материкового склона Приморья // Тихоокеан. геология. 1993. № 1. С. 32–38.
2. Астахова Н.В., Сорочинская А.В. Аутигенные карбонаты в верхнеплейстоцен-голоценовых отложениях окраинных морей северо-западной части Тихого океана // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18. № 1. С. 41–49.
3. Берсенева И.И., Берсенева Ю.И., Леликов Е.П. и др. Новые данные о геологическом строении дна Японского моря (по материалам 20-го рейса НИС “Первенец”) // Геология окраинных морей Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 3–14.
4. Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
5. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Л.: Наука, 1974. 404 с.
6. 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.
7. Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Сейсмостратиграфия осадочного чехла и процессы осадконакопления на шельфе и материковом склоне залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. 2007. Т. 47. № 2. С. 282–293.
8. Красилов В.А., Терехов Е.П. Находка миоценовых растений на материковом склоне залива Ольги // Палеоботаника и флоростратиграфия Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 77–79.
9. Логвиненко Н.В. Морская геология. Л.: Недра, 1980. 343 с.
10. Назаренко Л.Ф., Бажанов В.А. Геология Приморского края. Часть II. Интрузивные образования. Препринт: Дальневосточный геол. ин-т ДВНЦ АН СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 28 с.
11. Отчет о геолого-геофизических исследованиях в 20 рейсе НИС “Первенец” (Японское море) / Под ред. Берсенева И.И. и др. Владивосток: ТОИ ДВНЦ АН СССР, 1974. 122 с.
12. Отчет о геологических и гидрографических исследованиях в 28 рейсе НИС “Первенец” (Японское и Во-

- сточно-Китайское моря) / Под ред. Берсенева И.И. и др. Владивосток: ТОИ ДВНЦ АН СССР, 1977. 114 с.
13. Цой И.Б. Силикофлагеллаты кайнозоя Японского и Охотского морей и Курило-Камчатского желоба. Владивосток: Дальнаука, 2011. 226 с.
  14. Цой И.Б., Шастина В.В. Кремнистый микропланктон неогена Японского моря (диатомеи и радиолярии). Владивосток: Дальнаука, 1999. 240 с.
  15. Цой И.Б., Шастина В.В. Кайнозойский кремнистый микропланктон из отложений Охотского моря и Курило-Камчатского желоба. Владивосток: Дальнаука, 2005. 181 с.
  16. 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.
  17. Akiba F. Middle Miocene to Quaternary Diatom Biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and Modified Lower Miocene through Quaternary Diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific // Init. Repts. DSDP. Washington: U.S. Govt. Print. Office, 1986. V. 87. P. 393–481.
  18. Geology and Geophysics of the Japan Sea / Eds. Isezaki N. et al. Tokyo: TERRAPUB, 1996. 488 p.
  19. Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // Science. 1987. V. 235. P. 1156–1167.
  20. Karig D.E., Ingle J.C., Haile N. et al. Init. Repts. DSDP. V. 31. Washington: Govt. Print. Office, 1975. 927 p.
  21. Kobayashi H. Neogene silicoflagellate biostratigraphy of the Japan Sea coastal region, with reference to DSDP Hole 438A // Tohoku Univ. Sci. Rep. 2nd Ser. (Geol.). 1988. V. 59. № 1. P. 1–98.
  22. Lelikov E.P., Tsoy I.B., Terekhov E.P. et al. Geology and dredged rocks from the Sea of Japan Floor: Part 1 // New Concepts in Global Tectonics Newsletters. 2007. № 45. P. 5–20.
  23. Lelikov E.P., Tsoy I.B., Terekhov E.P. et al. Geology and dredged rocks from the Sea of Japan Floor: Part 2 // New Concepts in Global Tectonics Newsletter. 2008. № 46. P. 4–18.
  24. Ling H.Y. Late Neogene silicoflagellates and ebridians from Leg 128, Sea of Japan // Proc. ODP. Sci. Results. V. 127/128, Pt. 1. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1992. P. 237–248.
  25. Pisciotta K.A., Ingle J.C., von Breymann Jr. et al. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 127/128, Pt. 1. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1992. 776 p.
  26. Tamaki K., Suyehiro K., Allan J. et al. Tectonic Synthesis and implications of Japan Sea ODP drilling // Proc. ODP. Sci. Results. V.127/128. 1992. Pt. 2. P. 1333–1348.
  27. 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. Japan. 1998. V. 104. № 6. P. 395–414.

## Composition and Formation Conditions of the Primorye Continental Slope Neogene Sediments in the Vladimir Bay Area (Sea of Japan)

N. G. Vashchenkova, I. B. Tsoy

A petrographic and micropaleontological study of the sedimentary cover rocks on Primorye continental slope in Vladimir Bay region (Sea of Japan) was carried out. These data suggest that the sedimentary cover in this area is presented by two different facial complexes of the Late Miocene age. The first complex consists of the clastic rocks (siltstones, sandstones, conglomerates), accumulated in a relatively shallow-water conditions, on the shelf and on the uppermost continental slope. The second complex consists of a diatomaceous-clayey rocks accumulated in a deep-water conditions, mainly in the upper continental slope. Carbonate concretions are widespread among the sediments of the first set, but are also found in the second complex. Nodules formed as a result of diagenetic processes in the previously formed terrigenous or siliceous-terrigenous sediments. In the study area, the Late Miocene sediments are presented by a complete sequence of the diatom zones in the range 10.0–5.5 million years. Sediments of the first facies complex were accumulated during the first third of the Late Miocene (10.0–8.5 Ma), and the second complex began to accumulate later, but their accumulation continued up to the end of the Late Miocene (9.2–5.5 Ma).