

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНОМУ КОМПЛЕКСУ НЕОГЕНА ИЧИНСКОЙ ВПАДИНЫ: РАЗРЕЗ ТЫРКАЧИН (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

© 2022 Т.В. Орешкина¹, М.М. Певзнер¹, В.В. Петрова¹, Т.Д. Каримов²

¹ФГБУН Геологический институт РАН, Москва, Россия, 19017;
e-mail: tanya.oreshkina@gmail.com

²Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel, 7610001

Поступила в редакцию 28.06.2022 г.; после доработки 03.09.2022 г.; принята к публикации 26.09.2022 г.

В 90-метровом береговом обрыве среднего течения р. Ича изучены мощные толщи вулканогенно-осадочных отложений, представленных туфрито-терригенными и кремнистыми разностями, содержащими прослой туфодиатомитов. Представительные комплексы диатомей (пачки 3 и 5), отнесенные к зоне *Denticulopsis hyalina* среднего миоцена (14.9–13.1 млн лет), указывают на относительно глубоководные обстановки прибрежного морского бассейна. Сопоставление с данными по диатомовым комплексам опорных разрезов Западной Камчатки указывает на принадлежность отложений разреза Тыркачин к верхней части какертской свиты. Петрографический состав и литологическое строение вулканогенных образований (пачки 1, 2 и 4) позволяют предположить, что они являются продуктом пирокластических потоков, связанных с вулканической активностью в центральной части Камчатки. Предполагается, что пачки 1 и 2 формировались в субаэральных условиях, на что указывает полное отсутствие в них морских микроорганизмов, признаки первичной вулканической стратификации, отсутствие слоистости. Отложения пачки 4 с размытыми контактами и выраженной слоистостью, по-видимому, накапливались в субаквальной обстановке.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, средний миоцен, Ичинская впадина, Западная Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

В геологическом строении Западной Камчатки существенная роль принадлежит вулканогенно-осадочным отложениям палеоген-неогенового возраста, приуроченным к серии прогибов. Ранее данные по литологии и стратиграфии были получены для ряда опорных обнажений на северо-западе Камчатки. Это Коврано-Утхолокский разрез и разрез Рекинникской губы (Пушкар и др., 1976), разрез по р. Хейсли и мыса Утхолок (Брутман и др., 1985), Точилинский разрез (Атлас..., 1984), разрез по р. Пустая Камчатского перешейка (Александрова и др., 2018). В Ичинской впадине, расположенной на юго-западе Камчатского п-ва (рис. 1), суммарная мощность отложений неогенового возраста по данным бурения достигает 2.5 км (Карнюшина и др., 2017; Супруненко, Корнюшина, 1981). Преобладают смешанные туфрито-терригенные и кремнистые разности, туфы имеют подчиненное

значение. Установлено два крупных трансгрессивно-регрессивных цикла — воямпольский (олигоцен-нижнемиоценовый) и кавранский (средне-верхнемиоценовый). Биостратиграфическое расчленение для Ичинской впадины было проведено по диатомовым водорослям (Долматова, 1980) и по бентосным фораминиферам (Дмитриева, 2007; Фрегатова, Дмитриева, 2004). Упоминания об отложениях палеоген-неогенового возраста Ичинской впадины можно также найти в объяснительных записках к геологическим картам (Государственная..., 2005, 2006).

В 2020 г. в среднем течении р. Ича (в 60 км выше устья) нами впервые была изучена серия береговых обрывов (рис. 2а), в которых по данным геологических карт (Государственная..., 2005) сохранились вулканогенно-осадочные отложения какертской и этолонской свит среднего миоцена. Опорный разрез (55.377806° с.ш. и 156.487333° в.д.), названный нами Тыркачин, расположен на юго-западном подножии г. Тыркачин,



Рис. 1. Местоположение опорных разрезов вулканогенно-осадочных отложений неогена Западной Камчатки: 1 — разрез Тыркачин на р. Ича (данная работа); 2 — Каврано-Утхолокский разрез (Пушкар и др., 1976); 3 — разрез по р. Хейсли — мыс Утхолок (Брутман и др., 1985), 4 — Точилинский разрез (Атлас..., 1984); 5 — разрез Рекиннинской губы (Пушкар и др., 1976); 6 — разрез по р. Пустая (Александрова и др., 2018).

Fig. 1. Location of reference sections of Neogene volcano-sedimentary deposits of Western Kamchatka: 1 — Tyrkachyn section, the Icha River (this work); 2 — Kavran-Utkholok section (Puchkar et al., 1976); 3 — Kheisly River — Cape Utkholok section (Brutman et al., 1985), 4 — Tochilinsky section (Atlas..., 1984); 5 — The Rekinniki Inlet section (Puchkar et al., 1976); 6 — Pustaya River section (Aleksandrova et al., 2018).

в 10–11 км ниже устья одноименного ручья. Первые данные о вещественном составе вулканогенных пород были опубликованы в работе М.Л. Толстых и др. (2021). При более подробном изучении разреза нами были обнаружены два уровня, содержащие остатки кремнистых микрофоссилий хорошей сохранности. Данная работа посвящена детальному анализу комплексов диатомей и вещественного состава биокремнистых

пачек, перекрывающих горизонты пирокластики, что позволяет уточнить возраст и условия формирования отложений разреза Тыркачин в целом.

СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА ТЫРКАЧИН

Разрез Тыркачин представляет собой обрыв правого берега р. Ичи. Высота обрыва около 90 м (урез реки в межень около 140 м). Над урезом реки вскрываются (снизу вверх) (рис. 2а, 2б):

Пачка 1 мощностью около 2 м представлена отложениями уплотненной стратифицированной тефры цементно-серого цвета с включением хрупких лапилли пемзы до 6 см в диаметре. Пемза голубовато-белая, легкая, волокнистая, в желто-охристой рубашке, заполнитель — разнотернистый пемзовый и минеральный песок с незначительным количеством мелких обломков резургентного материала плотных пород.

Пачка 2 мощностью до 25 м сложена пемзовыми песками тонко- и мелкозернистыми серовато-белого цвета. Пески слабомучнистые с примесью алевропелита, неясно слоистые, уплотненные, ближе к кровле обогащены гравием и лапилли пемзы. Выше контакта с пачкой 1 отложения неслоистые, по структуре напоминающие халву, существенно обогащены лапилли белой хрупкой пемзы до 5 см в диаметре. В верхней части пачки наблюдаются уплотненные пемзовые «баты» или трубки дегазации (Lipman, 2019; Scarpati et al., 2020), а также лапилли пемзы (снежно-белого цвета, легкой, тонковолокнистой, хрупкой) до 3–5 см в диаметре.

Пачка 3 мощностью около 10 м представлена туффилом кремового цвета, преимущественно пелитовой размерности с небольшой примесью песка и включениями единичной гальки до 15 см в диаметре. Текстура слоистая и скрытослоистая — отложения пачки местами расслаиваются на горизонтально залегающие плитки размером до 3×15 см, местами разрушающимися в разноразмерный щебень.

Пачка 4 мощностью около 10 м сложена пемзовыми песками серовато-белого цвета преимущественно алевропелитовыми и тонкозернистыми с небольшой примесью мелкозернистых, с обильными вкраплениями мелкого гравия пемзы ярко-белого цвета; пески слабомучнистые, уплотненные, с тонкой горизонтальной слоистостью, к нижней части приурочены некрупные «баты».

Пачка 5 мощностью около 20 м представлена туффилом кремового или светло-кремового цвета, пелитовой размерности. Отложения плотные, сцементированные, визуально массивные, но реально скрытослоистые — распадаются на горизонтально залегающие плитки от совсем

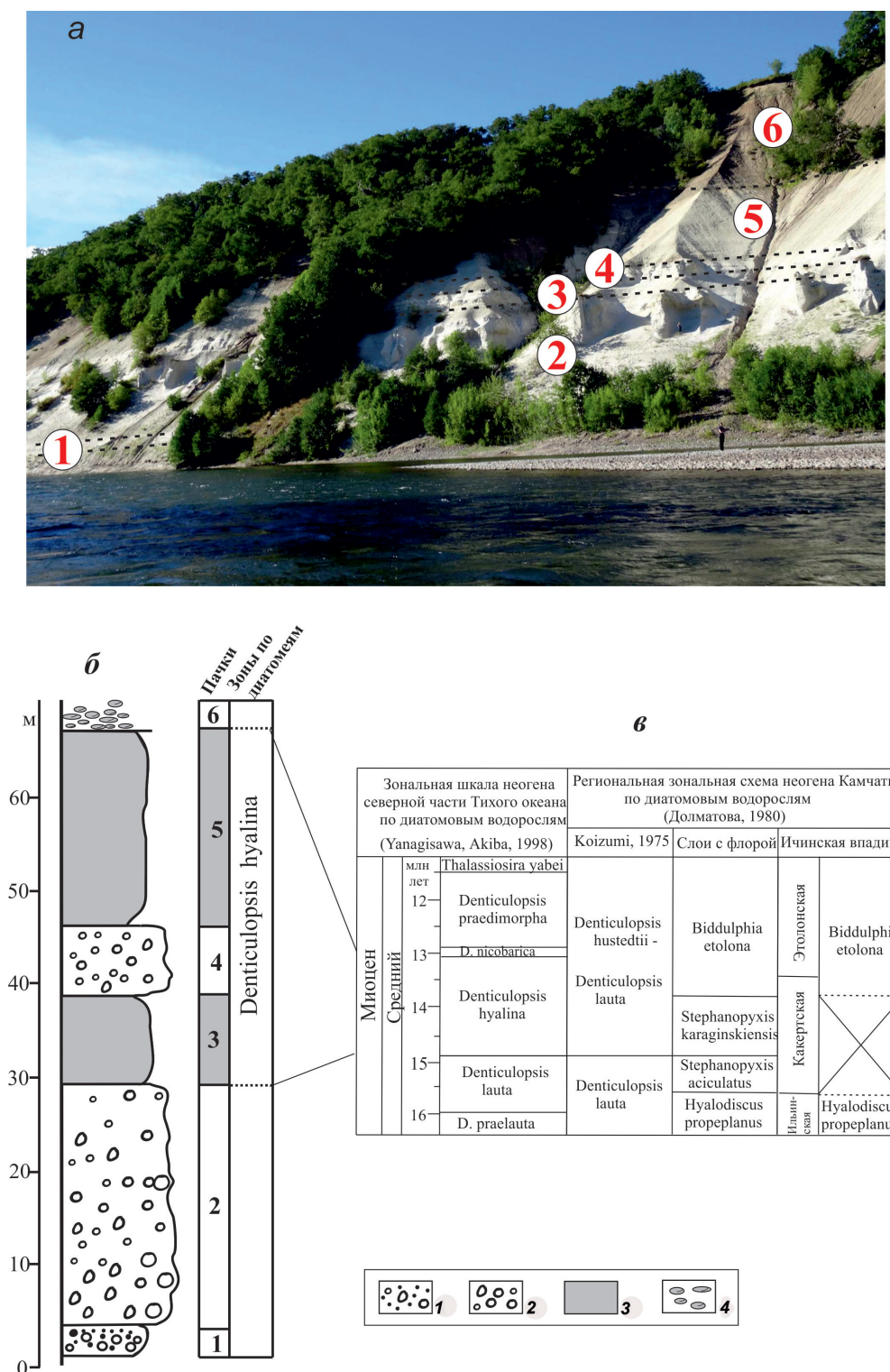


Рис. 2. Общий вид разреза Тыркахин на р. Ича (фото М.М. Певзнер) (а) и лито- и биостратиграфическое расчленение разреза (б): 1 — тефра; 2 — пирокластический поток; 3 — туфодиатомиты; 4 — галечник. в — корреляция диатомовой зоны *Denticulopsis hyalina*, выделенной в разрезе Тыркахин, с зональной диатомовой схемой северной части Тихого океана по диатомовым водорослям (Yanagisawa, Akiba, 1998) и с региональными подразделениями Ичинской впадины по диатомеям (Долматова, 1980), сопоставленными с ранней версией зональной диатомовой схемы Северной части Тихого океана (Koizumi, 1975).

Fig. 2. General view of Tyrkachyn section on the Icha River (photo by M.M. Pevzner) (a) and litho- and biostratigraphic framework of Tyrkachyn sequence (б): 1 — tephra; 2 — pyroclastic flow; 3 — diatom tuffites; 4 — gravel. в — correlation of the *Denticulopsis hyalina* diatom zone identified in the Tyrkachyn section with the North Pacific diatom zonal scheme (Yanagisawa et Akiba, 1998) and with the regional diatom subdivisions of the Icha Depression (Dolmatova, 1980) compared with the early version of the North Pacific diatom zonal scheme (Koizumi, 1975).

мелких до размера 5×20 см. Разрушенные плитки представляют собой только крупный щебень.

Пачка 6 мощностью около 30 м сложена разноразмерной, преимущественно крупной, галькой и обломками как метаморфических, так и вулканических пород. Присутствуют глыбы с оббитыми гранями до 0.5 м в поперечнике. Выше по обрыву разрез не изучался.

Для всех выделенных пачек характерны прямые резкие контакты (за исключением пачки 4) и субгоризонтальное залегание (параллельное плоскости течения реки).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексное изучение кремнистых пачек разреза включало петрографическое описание пород в шлифах и определение их микроэлементного состава с использованием микрозонда. Использованы оптический микроскоп фирмы Carl Zeiss Jena с увеличениями от ×30 до ×500 и сканирующий электронный микроскоп Vega Tescan MV-2300 (Tescan, Чехия) с увеличениями до ×30000 и аналитической микрозондовой приставкой. Классификация вулканогенно-обломочных пород дана по Е.Ф. Малееву (1977).

Для выделения силикофоссилий из образцов нижней и верхней пачки туфодиатомитов применялась стандартная обработка образцов с использованием пирофосфата натрия для дезинтеграции породы и тяжелой калиево-кадмиевой жидкости для обогащения (Диадомовые..., 1974). Полуколичественная оценка общего содержания диатомей и отдельных видов проводилась по балльной системе при увеличении ×500: А (в массе) = 1 или более экземпляров в каждом поле зрения (ПЗ); С (часто) = 1 экземпляр в 2 ПЗ; F (нередко) = 1–2 экземпляра в каждом ряду покровного стекла; R (единично) = несколько экземпляров в препарате. Микросъемка проводилась с использованием светового цифрового микроскопа Motic BA310 (Motic China Group Co. Ltd, Китай) и в сканирующем микроскопе Vega Tescan MV-2300 (Tescan, Чехия).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Петрографические особенности вулканогенно-осадочных туффитов (туфодиатомитов). Анализ серии шлифов выявил ряд особенностей состава пород и локальные условия седиментации вулканогенно-осадочных отложений пачек 3 и 5 разреза Тыркахин. Вещественный состав вулканогенных пачек 1, 2, 4 приведен в работе М.Л. Толстых и др. (2021).

Пачка 3. Туффит псаммитовой размерности с участками алевролитового мелкообломочного слабо сцементированного туффита. Наблюдается

примерно равное соотношение туфогенной и цементирующей глинистой частей. В туфогенной составляющей кристаллокласты представлены обломками кварца, плагиоклаза, реже роговой обманки, рогульчатым прозрачным неизмененным стеклом и шестоватым пористым измененным стеклом. Размер обломков кристалло- и витрокластов 0.1–0.4 мм. Отмечены плотно сцементированные алевролитовые шаровидные коричневатые образования размером от долей мм до 2 мм, обогащенные органическим и рудным веществами, кристаллокластами и, иногда, створками диатомовых водорослей. Встречены спикеры губок. Все компоненты погружены в аргиллитовый цемент. Общее количество диатомовых не больше 10%, но в отдельных обломках алевролитов может увеличиваться до 50%.

Пачка 5. Туффит псаммитовой размерности с участками гравийного крупнообломочного туффита, слабослоистый. Состоит из обломков литокластов (трахиты, пемзы, вулканические стекла разных генераций), кристаллокластов (кварц, плагиоклаз, пироксен, титаномагнетит); присутствуют биотит (в том числе измененный), циркон, рудные минералы. Кластиты сцементированы глинистым веществом. Количество лито-кристалло-витро-составляющих примерно равное, но точное соотношение определить трудно, так как шлиф сильно загрязнен поздним рудным (Fe-Mn?) веществом и, вероятно, разложившимся органическим материалом. Свободные пространства, в том числе в стекле, заполнены глауконитом, хлоритом. Содержание створок диатомовых водорослей максимально 5%.

Диатомовый анализ. Представительные в таксономическом и в количественном отношении комплексы диатомей были выделены только из пачек 3 и 5 вулканогенно-осадочных туффитов (рис. 2, табл. 1–3). Другие группы силикофоссилии встречаются в незначительном количестве: силикофлагеллаты представлены двумя видами, единично присутствуют различные морфотипы золотистых и эбридиевых водорослей. Споры и пыльца, цисты динофлагеллат при просмотре мацератов не были обнаружены.

Биокремнистый материал нельзя назвать идеальным — крупные створки в основном фрагментированы, более мелкие имеют удовлетворительную сохранность. В обоих образцах доминируют представители океанического рода *Denticulopsis* — *D. hyalina* (Schrader) Simonsen, *D. miocenica* (Schrader) Simonsen, а также тяготеющие к прибрежной зоне неритические виды *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, *Eupyxidicula schenckii* (Kanaya) Blanco et Wetzel. В составе стратиграфических маркеров отмечены *Actinocyclus ingens* Rattraу и его варианты, *Azpeitia endoi* (Kanaya) Sims et Fryxell, *Thalassiosira grunowii*

Таблица 1. Таксономический список и полуколичественная оценка встречаемости диатомей и силикофлагеллат пачек 3 и 5 разреза Тыркахин**Table 1.** Taxonomic list and semi-quantitative abundance of diatoms and silicoflagellates in Members 3 and 5 of the Tyrkachin section

Диатомовые водоросли/пачки	3	5
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs	R	F
<i>Actinocyclus ingens</i> Ratray	C	C
<i>Actinopterychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	F	F
<i>Arachnoidiscus</i> sp.	R	R
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims and Fryxell	F	F
<i>Cestodiscus kugleri</i> Lohman	R	R
<i>Chaetoceros incurvus</i> Bailey	R	R
<i>Cocconeis formosa</i> Brun	R	R
<i>Cocconeis vitrea</i> Brun	R	R
<i>Coscinodiscus apiculatus</i> Ehrenberg	F	
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg		R
<i>Coscinodiscus obscurus</i> A. Schmidt		R
<i>Cymatosira debyi</i> Tempere et Brun		
<i>Denticulopsis miocenica</i> (Schrader) Simonsen	A	C
<i>Denticulopsis. hyalina</i> (Schrader) Simonsen	A	C
<i>Diploneis subcineta</i> (A. Schmidt) Cleve		R
<i>Eupyxidicula schenckii</i> (Kanaya) Blanco and Wetzel	C	C
<i>Goniothecium rogersii</i> Ehrenberg	R	R
<i>Goniothecium</i> sp.		R
<i>Hemiaulus oceanica</i> Dolmatova	R	R
<i>Hyalodiscus</i> sp.		R
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	A	A
<i>Kisseleviella carina</i> Sheshukova	R	
<i>Odontella etolona</i> Dolmatova	R	
<i>Paralia polaris</i> (Grunow) Glezer	R	
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	R	
<i>Pseudopyxilla directa</i> (Pantocsek) Forti	F	
<i>Pseudopyxilla tempereana</i> Forti		R
<i>Pyxidicula</i> sp.		R
<i>Rhaphoneis angularis</i> Lohman	R	
<i>Rhizosolenia miocenica</i> Schrader	R	
<i>Rutilaria epsilon f. longicornis</i> (Tempere et Brun) Schmidt	R	
<i>Skeletonema utriculosum</i> Brun		R
<i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya	F	F
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville and Arnott) Ralfs	F	F
<i>Stictodiscus hardmanianus</i> Greville	R	
<i>Synedra kamschatica</i> Grunow	R	
<i>Thalassionema</i> sp.	R	
<i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa	F	
<i>Thalassiosira praeyabei</i> (Schader) Akiba et Yanagisawa	R	
<i>Vallodiscus</i> sp.		
Силикофлагеллаты		
<i>Distephanopsis</i> aff. <i>crux</i> (Ehrenberg) Dumitrica	R	R
<i>Distephanus speculum</i> (Ehrenberg) Haeckel	R	

Примечание. Содержание силикофоссилий: А — в массе, С — часто, F — нередко, R — единично.

Note. Taxonomic list and siliceous microfossil abundance in Members 3 and 5 of the Tyrkachin section: A — abundant, C — common, F — frequent, R — rare.

Таблица 2. Изображения диатомовых водорослей и силикофлагеллат разреза Тыркахин (пачка 3), сделанные с помощью сканирующего электронного микроскопа: 1 — *Eupyxidicula schenckii* (Kanaya) Blanco and Wetzel; 2 — *Thalassiosira grunowii* Akiba et Yanagisawa; 3 — *Actinocyclus ingens* Rattray; 4, 9 — *Denticulopsis hyalina* (Schrader) Simonsen; 5, 6 — *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba; 7, 8 — *Denticulopsis miocenica* (Schrader) Simonsen; 10 — *Goniothecium rogersii* Ehrenberg; 11 — *Hemiaulus oceanicus* Dolmatova; 12 — *Kisseleviella carina* Sheshukova; 13 — *Stephanopyxis aciculata* Dolmatova; 14 — *Biddulphia etolona* Dolmatova; 15 — *Thalassiosira praeayabei* (Schrader) Akiba et Yanagisawa; 16 — *Trochosira spinosa* Kitton; 17 — *Cymatosira debyi* Tempère et Brun; 18 — *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel; 19 — *Stephanogonia hanzawae* Kanaya; 20 — Genus et sp. indet.

Table 2. Scanning micrographs of diatoms and silicoflagellates of the Tyrkachin section (Member 3): 1 — *Eupyxidicula schenckii* (Kanaya) Blanco et Wetzel; 2 — *Thalassiosira grunowii* Akiba et Yanagisawa; 3 — *Actinocyclus ingens* Rattray; 4, 9 — *Denticulopsis hyalina* (Schrader) Simonsen; 5, 6 — *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba; 7, 8 — *Denticulopsis miocenica* (Schrader) Simonsen; 10 — *Goniothecium rogersii* Ehrenberg; 11 — *Hemiaulus oceanicus* Dolmatova; 12 — *Kisseleviella carina* Sheshukova; 13 — *Stephanopyxis aciculata* Dolmatova; 14 — *Biddulphia etolona* Dolmatova; 15 — *Thalassiosira praeayabei* (Schrader) Akiba et Yanagisawa; 16 — *Trochosira spinosa* Kitton; 17 — *Cymatosira debyi* Tempère et Brun; 18 — *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel; 19 — *Stephanogonia hanzawae* Kanaya; 20 — Genus et sp. indet.

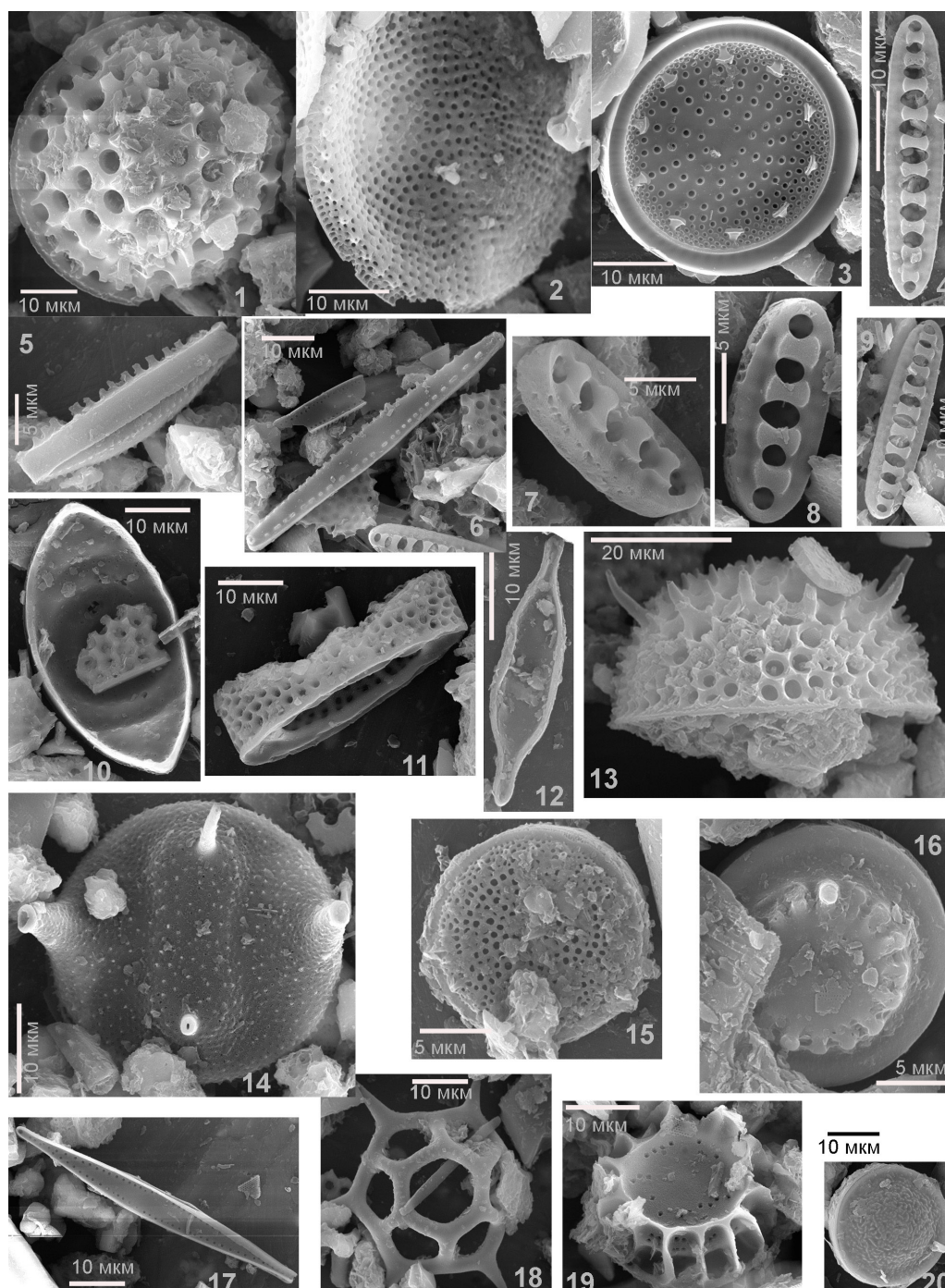
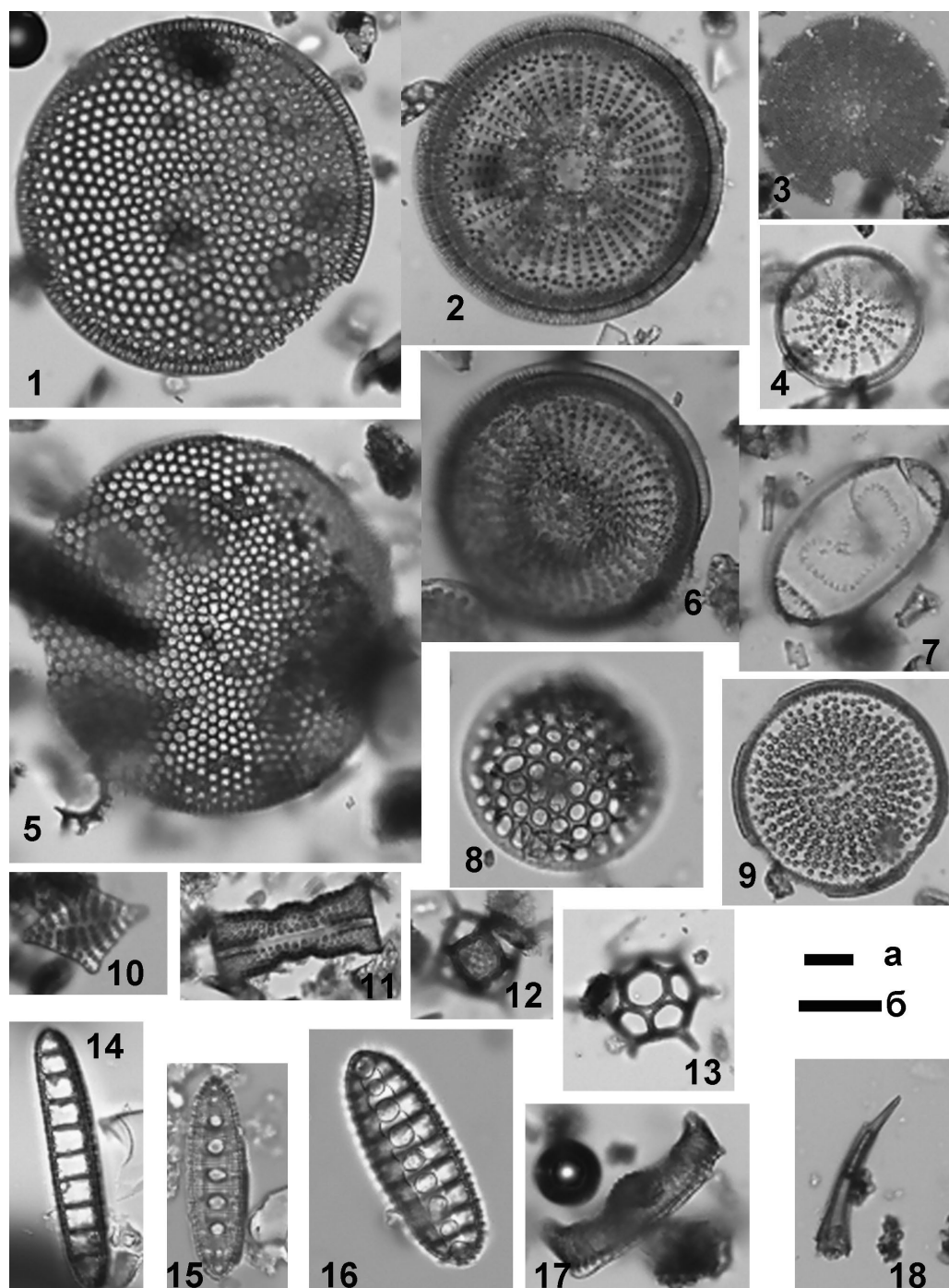


Таблица 3. Изображения диатомовых водорослей и силикофлагеллат разреза Тыркахин, сделанные в световом микроскопе. Для фигур 14, 15, 16 масштабная линейка 10 мкм (б), для остальных фигур масштабная линейка 10 мкм (а). Фигуры 1, 3, 5, 7, 9, 11, 17 — пачка 5, остальные — пачка 3: 1 — *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg; 2, 6 — *Actinocyclus ingens* Rattray; 3 — *Actinocyclus ehrenbergii* Ralfs; 4, 9 — *Azpeitia endoi* (Kanaya) Sims et Fryxell; 5 — *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg; 7 — *Goniothecium?* sp.; 8 — *Eupyxidicula schenckii* (Kanaya) Blanco et Wetzel; 10 — *Rhaphoneis* sp.; 11, 17 — *Eucampia* sp.; 12 — *Distephanus crux* (Ehrenberg) Dumitrica; 13 — *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel; 14 — *Denticulopsis hyalina* (Schrader) Simonsen; 15, 16 — *Denticulopsis miocenica* (Schrader) Simonsen; 18 — *Rhizosolenia miocenica* Schrader.

Table 3. Light micrographs of diatoms and silicoflagellates of the Tyrkachin section. For figures 14, 15, 16, the scale bar is 10 μm (b), for other figures scale bar is 10 μm (a). Figures 1, 3, 5, 7, 9, 11, 17 — Member 5, the rest — Member 3: 1 — *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg; 2, 6 — *Actinocyclus ingens* Rattray; 3 — *Actinocyclus ehrenbergii* Ralfs; 4, 9 — *Azpeitia endoi* (Kanaya) Sims et Fryxell; 5 — *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg; 7 — *Goniothecium?* sp.; 8 — *Eupyxidicula schenckii* (Kanaya) Blanco et Wetzel; 10 — *Rhaphoneis* sp.; 11, 17 — *Eucampia* sp.; 12 — *Distephanus crux* (Ehrenberg) Dumitrica; 13 — *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel; 14 — *Denticulopsis hyalina* (Schrader) Simonsen; 15, 16 — *Denticulopsis miocenica* (Schrader) Simonsen; 18 — *Rhizosolenia miocenica* Schrader.



Akiba et Yanagisawa, *T. praeyabei* (Schrader) Akiba et Yanagisawa, *Rhizosolenia miocenica* Schrader. Фоновая ассоциация представлена *Actinocyclus ehrenbergii* Ralfs, *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Arachnoidiscus* sp., *Cocconeis formosa* Brun, *C. vitrea* Brun, *Coscinodiscus apiculatus* Ehrenberg, *C. asteromphalus* Ehrenberg, *C. obscurus* A. Schmidt, *Diploneis subcincta* (A. Schmidt) Cleve, *Paralia polaris* (Grunow) Cleve, *P. sulcata* (Ehrenberg) Cleve, *Pseudopyxilla directa* (Pantocsek) Forti, *P. tempereana* Forti, *Rhaphoneis angularis* Lohman, *Stictodiscus kittonianus* Greville, *Rutilaria epsilon f. longicornis* (Tempère et Brun) Schmidt, *Skeletonema utriculosum* Brun, *Stephanogonia hanzawae* Kanaya, *Eupyxidicula turris* (Greville et Arnott) Blanco et Wetzel. Также отмечено присутствие эндемичных видов, описанных Л.М. Долматовой из какертской и этолонской свит Точилинского разреза Западной Камчатки (Атлас..., 1984) *Odontella etolona* и *Hemiaulus oceanica*. Силикофлагеллаты представлены двумя видами *Distephanus speculum* (Ehrenberg) Haeckel, *D. aff. crux* (Ehrenberg) Dumitrica. Последний отличается от типового вида базальными отростками одинаковой длины и более крупным размером апикального окна.

Стабильное присутствие зонального индекса вида *Denticulopsis hyalina* позволяет отнести этот интервал разреза к одноименной зоне *Denticulopsis hyalina* (средний миоцен; 14.9–13.1 млн лет) северотихоокеанской зональной диадомовой шкалы (Yanagisawa, Akiba, 1998). Подтверждением принадлежности к этой зоне является и совместная встречаемость *Denticulopsis hyalina*, *D. miocenica* и *Actinocyclus ingens* var. *nodus* Baldauf, что характерно для этого интервала диадомовой шкалы. Экологическая структура комплекса с доминированием океанического рода *Denticulopsis* и присутствием силикофлагеллат предполагает условия нормальной солености, а высокое содержание представителей рода *Eupyxidicula* — относительно высокие значения летних температур поверхностных вод.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Имеющиеся в литературе данные по литолого-петрографическому изучению Ичинской впадины (Карньюшина и др., 2017; Супруненко, Карньюшина, 1981) свидетельствуют о том, что отложения неогена здесь развиты в полном стратиграфическом объеме и представлены несколькими вулканогенно-осадочными типами пород. Это туфы (пласты от 0.05 до 3 м), ортотуффиты или собственно туффиты (с пачками до 100–150 м) с примесью биокремнистой составляющей (до 20–30%), паратуффиты (мощностью до 100 м), кремнистые породы (туфопородности диатомитов и опок с пластами мощностью до 20 м). Тер-

ригенные породы в основном характерны для воямпольской серии. По мнению В.И. Гречина (1976) в составе вулканического материала неогена Западной Камчатки преобладают продукты наземной эксплозивной деятельности — пирокластический материал. Относительное обогащение гомогенным пепловым материалом наблюдается в среднемиоценовой части разреза. Предполагается, что центры вулканических извержений находились в центральной части Камчатки, на островной вулканической суше.

Для разреза Тыркахин впервые получены комплексные данные по литолого-петрографическому составу пород и биостратиграфии, что дает возможность более детально реконструировать этапы осадконакопления и генезис пирокластических и вулканогенно-осадочных отложений пород.

Вулканические отложения. Генетически отложения пачки 1 могут представлять собой тефру извержения, с которым был связан и мощный пирокластический поток (пачка 2). Прямой контакт с подстилающей тефрой, большая мощность (25 м), отсутствие слоистости, текстура «пемзовой халвы», крупные «баты» (трубки дегазации) с обогащением лапилли пемзы, которые приурочены к верхней части потока — все эти признаки характерны для субаэральных отложений мощных пирокластических потоков (Ponomareva et al., 2004; Scarpati et al., 2020). У пирокластического потока пачки 2 размыта только самая кровля. Можно предположить, что море затопило отложения пачек 1 и 2 уже после того, как пирокластический поток полностью остыл и консолидировался.

Совершенно иная ситуация с формированием пачки 4. Эти отложения также можно интерпретировать как пепловый пирокластический поток, однако у него размыты и кровля и подошва. Кроме того явно выражена горизонтальная слоистость, что совершенно не характерно для субаэральных обстановок, но часто встречается при субаквальном отложении (Jutzeler et al., 2017). По-видимому, этот пирокластический поток отлагался непосредственно в море.

Результаты петрографического анализа свидетельствуют о том, что в отложениях пачек 1, 2 и 4 наиболее распространено пузырчатое пемзоподобное стекло, слегка желтоватое, просвечивающее и прозрачное, с низким содержанием железа. Реже и не во всех образцах встречается шестоватое белое и зеленовато-белое непрозрачное, содержание SiO₂ в котором ниже, чем в прозрачном стекле. При этом нужно отметить, что и в той и в другой разновидности стекол количество калия преобладает над количеством натрия. По сравнению с пачками 1 и 2 пирокластический

пачки 4 отличается несколько большей щелочностью, о чем свидетельствуют и более высокая сумма щелочей ($K_2O + Na_2O$) в шестоватых стеклах, и повышенное количество кристаллокластов вермикулита и роговой обманки.

По данным (Толстых и др., 2021) пемзовые лапилли пачек 1, 2 и 4 по составу весьма близки и отвечают риодацитам (SiO_2 67–72 мас. %) высококалиевой серии (около 4.2 мас. % K_2O), с низкими концентрациями FeO и MgO (1–2 и 0.3–0.6 мас. %, соответственно). При этом вулканическое стекло этих пачек отвечает риодацитам с высокими концентрациями воды (до 9 мас. %), пониженными концентрациями Nb, Ta, Th и U, что отличает их от ранее изученных стекол тефры четвертичных вулканов Западной Камчатки. Особенности распределения микроэлементов позволили авторам предполагать (там же), что извержения были связаны с активностью миоценовой островной дуги, фронт которой располагался на современном водоразделе Срединного хребта Камчатки (рис. 1), а возраст обсуждаемых извержений — доплиоценовый.

Вулканогенно-осадочные отложения. Наиболее глубоководное морское осаджение предполагается для отложений пачки 3, в которых наблюдается максимальное содержание остатков морских микроорганизмов и наибольшее количество глинистого материала. В пачке 5 содержится меньше остатков морских организмов, больше крупноразмерного туфогенного и осадочного (цементирующего) материала, чем в пачке 3. Значительное разнообразие состава вулканокластов, включающих помимо отдельных минералов еще и обломки трахитов, позволяет предполагать интенсивный привнос терригенного материала. В отличие от пачки 3, материал пачки 5 формировался при участии большего количества источников сноса, что могло быть обусловлено относительной близостью к береговой линии, что, в свою очередь, также может подразумевать более мелководные условия морского бассейна.

В целом, сходная ситуация с эпизодами морского биогенного кремненакопления в составе комплекса вулканогенных пород типична для островодужных образований и наблюдается в миоцен-плиоценовых отложениях о. Итуруп Курильского архипелага (Витухин и др., 1996), в разрезе лиманской свиты миоцена Южного Сахалина (Ковтунович и др., 2021).

Биостратиграфическая корреляция. Первые данные по диатомовым Ичинской впадины были получены Л.М. Долматовой (1980) по керну разведочных скважин. Для стратиграфического расчленения была использована стратиграфическая последовательность «слоев с флорой» — диатомовыми водорослями, разработанная ей для Камчатского региона в целом (рис. 2в). В качестве

названия слоев выбраны эндемичные таксоны диатомей, описания которых были частично опубликованы ранее (Атлас..., 1984; Долматова, 1986). Так, ильинская свита отвечает слоям с *Hyalodiscus properplanus*, верхняя часть какертской свиты и этолонская свита отнесены к слоям с *Biddulphia etolona*. Выделенные слои с флорой были скоррелированы с зональной шкалой неогена северной части Тихого океана (Koizumi, 1975). Так, слои с *Hyalodiscus properplanus* отвечают части зоны *Denticulopsis lauta*, а слои с *Biddulphia etolona* — верхней части зоны *Denticulopsis hustedtii*-*Denticulopsis lauta* среднего миоцена. В более поздней версии зональной шкалы (Yanagisawa and Akiba, 1998) эта зона подразделена на четыре самостоятельных зоны (рис. 2в).

Диатомовый комплекс разреза Тыркачин соответствует слоям с *Biddulphia etolona* по региональной шкале Л.М. Долматовой (1980), а в общепринятой зональной шкале неогена для северной части Тихого океана — зоне *Denticulopsis hyalina* с возрастом 14.9–13.1 млн лет. Значительную долю в структуре комплексов занимают представители группы *Denticulopsis*, тяготеющей к глубоководным участкам северо-тихоокеанской области. Характерно, что близкая картина распределения диатомей наблюдается в современных поверхностных осадках Охотского моря. Здесь комплекс с родственным видом *Neodenticula seminae* (Simonsen et Kanaya) Akiba et Yanagisawa вместе с *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, установлен в южной, наиболее глубоководной части Охотского моря, включая ее юго-западный сектор (Sancetta, 1981, 1982). Предполагается (там же), что этот комплекс связан с двумя источниками относительно теплых и соленых вод — Цусимским течением из Японского моря и Восточно-Камчатским течением. На более глубоководные условия Ичинской впадины по сравнению с расположенными севернее разрезами, также указывают данные Т.В. Дмитриевой (2007) по бентосным фораминиферам. Максимум трансгрессии в какертской свите маркирует уровень верхней части зоны *Martinottiella communis* — *Spirosigmoilinella compressa*, которая соответствует биофафии верхней батили с глубинами более 200 м.

Четкая возрастная привязка выделенного нами комплекса отличает его от изученных ранее диатомовых ассоциаций неогена Западной Камчатки. Следует отметить, что немногочисленные данные по диатомеям Западной Камчатки, полученные к 80-ым гг. прошлого века, довольно трудно интерпретировать с позиций современной диатомовой биостратиграфии северо-тихоокеанского региона. Прежде всего, это связано со спецификой неогеновых толщ Западной Камчатки — значительным терриген-

ным разбавлением, сходным литологическим составом разновозрастных толщ, перерывами, размывами, переотложением. Как правило, для них характерно в целом низкое содержание силикофоссилий и их плохая сохранность, редкая встречаемость или отсутствие зональных видов на фоне преобладания мелководных проходящих видов, что не дает возможности уверенно выделять зональные последовательности.

В разрезе северо-западной оконечности бухты Квачина от нижнего течения р. Хейсли до мыса Утхолк (Брутман и др., 1985) диатомовые комплексы, найденные в нижней части какертской свиты в целом типичны для фоновой ассоциации среднего миоцена, но представители группы *Denticulopsis* там не встречены, подразделения зональной шкалы не выделены. В этолонской свите отмечается присутствие зональных видов-индексов конца среднего — первой половины верхнего миоцена (*Denticulopsis praedimorpha* Barron ex Akiba, *D. dimorpha* (Schradler) Simonsen), но границы зональных подразделений установить не удалось. В стратотипическом Точилинском разрезе (Атлас..., 1984) в нижней части какертской свиты была выделена зона *Denticulopsis lauta*, в верхней части какертской свиты и в низах этолонской свиты — зона *Denticulopsis lauta*-*Denticulopsis hustedtii*, соотносимая с верхней частью среднего-нижней частью верхнего миоцена. В публикации по диатомовым водорослям Кавранского разреза и разреза Рекинникской губы (Пушкарь и др., 1976) диатомовые комплексы из какертской и этолонской свит были отнесены к зоне *Denticulopsis lauta*-*Denticulopsis hustedtii*, однако таксономический состав комплексов безусловно характерен для отложений более молодого — позднемиоценового и плиоценового возраста. Диатомовый комплекс, выделенный из отложений по р. Пустая на Камчатском перешейке (Александрова и др., 2018), был отнесен нами к зоне *Thalassiosira praeefraga* нижнего миоцена.

Исходя из рассмотренных выше данных, вулканогенно-осадочные отложения разреза Тыркачин, соответствующие диатомовой зоне *Denticulopsis hyalina*, предположительно соотносятся с верхней частью какертской свиты. В региональной стратиграфической схеме неогена Камчатки (Решения..., 1998) зона *Denticulopsis hyalina* соответствует этолонской свите Западной Камчатки. Это противоречит, прежде всего, данным по стратотипическому Точилинскому разрезу, где в верхней части этолонской свиты присутствует комплекс диатомей, типичный для верхнего миоцена, а также данным по разрезу р. Хейсли, где в этолонской свите присутствуют зональные индекс-виды конца среднего-начала верхнего миоцена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные по вулканогенно-осадочному комплексу разреза Тыркачин дали возможность реконструировать новый эпизод в развитии диатомовых водорослей миоцена Западной Камчатки. Впервые на территории полуострова установлена зона *Denticulopsis hyalina* среднемиоценового возраста с типовым зональным комплексом, отражающим открытоморские обстановки. Сопоставление с имеющимися данными по неогеновым последовательностям диатомовых комплексов опорных разрезов Западной Камчатки указывает на принадлежность вулканогенно-осадочных отложений разреза Тыркачин к верхней части какертской свиты. Как и данные по фораминиферам, структура диатомовых комплексов с доминированием открытоокеанического рода *Denticulopsis* свидетельствует об относительно глубоководных обстановках Ичинской впадины.

Особенности петрографического и минерального состава вулканогенных пачек разреза Тыркачин позволяют охарактеризовать их как отложения тефры и крупных пирокластических потоков, по-видимому, связанных с мощными кальдерообразующими извержениями. Можно предположить, что пачки 1 и 2 формировались в субаэральных условиях, о чем свидетельствуют как полное отсутствие в них морских микроорганизмов, так и хорошая сохранность первично-вулканической стратификации при отсутствии слоистости. Пачка 4, напротив, захоранивалась в субаквальной обстановке, на что указывают размытые нижний и верхний контакты, слоистость толщи. Исходя из возраста пачек туфодиатомитов (14.9-13.1 млн лет), возраст извержений, сформировавших пачки 1 и 2, можно считать не моложе этого возрастного интервала, а возраст верхней пачки 4 соответственно не древнее. Согласно данным геологической карты (Государственная..., 2006) в указанном возрастном интервале среднего миоцена масштабные извержения с выбросом пемзового материала риодацитового состава, которые могли бы оказаться источником изученных нами пирокластических потоков, зафиксированы в центральной части Срединного хребта Камчатки.

Полученные данные подтверждают перспективность комплексного изучения разрезов неогена Западной Камчатки для определения возраста вулканогенно-осадочных комплексов и актуализации региональных стратиграфических схем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Г.Н. Александровой за помощь в лабораторной обработке образцов, Н.В. Горьковой за съемку микро-

фоссилий в сканирующем микроскопе и микрондовый анализ минералов. Работа выполнена в рамках тем Госзаданий ГИН РАН (№ FMMG-2021-0003 и FMMG-2022-0002) и при финансовой поддержке РФФИ (№ 20-05-00085).

Список литературы [References]

- Александрова Г.Н., Орешкина Т.В., Домингес-Самалеа Я. и др.* Микрорепалеонтологическая характеристика кайнозойских отложений западной части Камчатского перешейка // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 2018. Т. 93. Вып. 3. С. 33–62 [*Aleksandrova G.N., Oreshkina T.V., Dominguez-Samalea Ya. et al.* Micropaleontological characteristics of Cenozoic deposits of the western part of Kamchatsky Isthmus. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2018. V. 93. Pt. 3. P. 33–62 (in Russian)].
- Атлас фауны и флоры неогеновых отложений Дальнего Востока. Точилинский опорный разрез Западной Камчатки. Тр. ГИН РАН. Вып. 385. М.: Наука, 1984. 335 с. [Atlas of fauna and flora of Neogene sediments of the Far East. Tochilinsky key section of Western Kamchatka. GIN RAN Transection. 1984. V. 385. 335 p. (in Russian)].
- Брутман И.Я., Архипова А.Л., Выпова И.Ю.* Палинологическая и диатомовая характеристика палеоген-неогеновых отложений р. Хейсли (Западная Камчатка). Стратиграфия кайнозоя Дальнего Востока СССР. Ред. Л.С. Жидкова. Л.: Изд-во ВНИГРИ. 1985. С. 46–53 [*Brutman I.Ya., Arkhipova A.L., Vypova I.Yu.* Palynological and diatom characteristics of Paleogene-Neogene of river Kheisly (West Kamchatka). Cenozoic stratigraphy of the USSR Far East. L.S. Zhidkova (ed.). Leningrad: VNIGRI. 1985. P. 46–53 (in Russian)].
- Витухин Д.И., Орешкина Т.В., Пушаровский Ю.М. и др.* Новые данные по геологии о-ва Итуруп (Курильская островная дуга) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1996. Т. 4. № 6. С. 61–74 [*Vitukhin D.I., Oreshkina T.V., Pushcharovskii Yu.M. et al.* New Data on geology of the Iturup Island (Kuril Island Arc) // Stratigraphy. Geol. Correlation. 1996. V. 4. № 6. P. 61–74 (in Russian)].
- Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист N-57. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 376 с. [State Geological Map of Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (3rd Generation). Koryak-Kuril islands series. Sheet N-57. Explonatory note. S-Peterburg: VSEGEI, 2006. 376 p. (in Russian)].
- Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:200 000 (издание второе). Серия Западно-Камчатская. Листы N-56-VI, N-57-I. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. 113 с. [State Geological Map of Russian Federation. Scale 1:200 000 (2nd second edition). West Kamchatka series. Sheet N-56-VI, N-57-I. Explonatory note. S-Peterburg: VSEGEI, 2005. 113 p. (in Russian)].
- Гречин В.И.* Миоценовые отложения Западной Камчатки (седиментация и катагенез). Тр. ГИН РАН. Вып. 282. М.: Наука, 1976. 138 с. [*Grechin V.I.* Miocene deposits of the West Kamchatka (sedimentation and catagenesis) // GIN AN SSSR transactions. V. 282. M.: Nauka, 1976. 138 p. (in Russian)].
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1974. Т. 1. 404 с. [Diatomaceous algae of the USSR Fossil and Recent. Leningrad: Nauka, 1974. V. 1. 404 p. (in Russian)].
- Дмитриева Т.В.* Прикладные аспекты микропалеонтологии на примере изучения фораминифер из продуктивных отложений верхнего палеогена и неогена Западной Камчатки // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. <https://www.ngtp.ru> [*Dmitrieva T.V.* Applied aspects of micropaleontology on the example of the study of foraminifers from productive deposits of the Upper Paleogene and Neogene of Western Kamchatka // Petroleum Geology - Theoretical and Applied Studies. 2007. <https://www.ngtp.ru> (in Russian)].
- Долматова Л.М.* Диатомовая флора позднего кайнозоя Камчатки и ее стратиграфическое значение. Автореф. на соискание ученой степени канд. геол.-мин. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1980. 25 с. [*Dolmatova L.M.* Diatom flora of the Late Cenozoic of Kamchatka and its stratigraphic significance. Dissertation abstract for the degree of candidate of sciences in the specialty stratigraphy and paleontology. Vladivostok: DVNTS AN SSSR. 25 p. (in Russian)].
- Карньюшина Е.Е., Бурлин Ю.К., Свистунов Е.П. и др.* Физико-литологические свойства олигоцен-миоценовых формаций Охотско-Камчатского бассейна (к 85-летию профессора Юрия Константиновича Бурлина) // Георесурсы. 2017. Спецвыпуск. Ч. 1. С. 12–18. <https://doi.org/10.18599/grs.19.3> [*Karnyushina E.E., Burlin Yu.K., Svistunov E.P et al.* Physical and lithological properties of the Oligocene-Miocene formations of the Okhotsk-Kamchatka Basin (To 85-th anniversary of professor Yu.K. Burlin). Georesursy. 2017. Special issue. Part 1. P. 12–18. <https://doi.org/10.18599/grs.19> (in Russian)].
- Ковтунович П.Ю., Сафронова Л.С., Орешкина Т.В. и др.* Новые данные о возрасте и вещественном составе лиманской свиты о. Сахалин // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40. № 6. С. 34–49. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2021-40-6-34-49> [*Kovtunovich P.Yu., Safronova L.S., Oreshkina T.V. et al.* New data on the age and lithological composition of the Liman Formation, Sakhalin Island // Russian Journal of Pacific Geology. 2021. V. 15. № 6. P. 523–537. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2021-40-6-34-49> (in Russian)].
- Малеев Е.Ф.* Вулканогенные обломочные горные породы. М.: Недра, 1977. 214 с. [Volcanogenic clastic rocks. M.: Nedra, 1977. 214 p. (in Russian)].
- Пушкар В.С., Куклина Т.А., Синельникова В.Н.* Диатомей кавранской серии Западной Камчатки // Известия АН СССР. Сер. Геол. 1976. № 6. С. 101–110. [*Pushkar V.S., Kuklina T.A., Sinelnikova V.N.* Diatoms of Kavran series of Western Kamchatka // Izvestiya AN SSSR. Ser. geol. 1976. № 6. P.101–110 (in Russian)].
- Решения рабочих межведомственных региональных стратиграфических совещаний по палеогену и неогену восточных районов России — Камчатки, Корякского нагорья, Сахалина и Курильских островов // Объяснительная записка к стратиграфическим схемам. М.: ГЕОС, 1998. 147 с. [Resolution of interdisciplinary regional stratigraphic

- workshops on Paleogene and Neogene of Eastern Russia: Kamchatka, Koryak Highland, Sakhalin, and Kurile Islands. Explanatory note to stratigraphic schemes. Moscow: GEOS. 1998. 147 p. (in Russian)].
- Супруненко О.И., Карнюшина Е.Е. Литолого-геохимическая характеристика неогеновых отложений Ичинского района Западной Камчатки // Кайнозой Дальнего Востока СССР. Л.: Изд-во ВНИГРИ, 1981. С. 92–99 [Suprunenko O.I., Karnyushina E.E. Lithological and geochemical characteristics of the Neogene deposits of the Icha region of Western Kamchatka // Cenozoic of the Far East of the USSR. L.: VNIIGRI. 1981. P. 92–99 (in Russian)].
- Толстых М.Л., Певзнер М.М., Каримов Т.Д. и др. Пирокластические потоки Тыркахин (Западная Камчатка): особенности составов вулканического стекла // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIV ежегодной научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 29–30 марта 2021 г. Петропавловск-Камчатский. ИВиС ДВО РАН: 2021. С. 64–67. http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2021/ [Tolstykh M.L., Pevzner M.M., Karimov T.D. et al. Pyroclastic flows of Tyrkachin (Western Kamchatka): composition features of volcanic glass // Volcanism and related processes. Materials of the XXIV annual scientific conference dedicated to the Volcanologist's Day, 29–30 march 2021, Petropavlovsk-Kamchatsky: IViS DVO RAN. 2021. P. 64–67 (in Russian)].
- Фрегатова Н.А., Дмитриева Т.В. Разработка зонального стандарта верхнего олигоцена-миоцена Западной Камчатки по бентосным фораминиферам // Стратиграфия нефтегазоносных районов. СПб: Недра, 2004. С. 177–198 [Fregatova N.A., Dmitrieva T.V. Development of the zonal standard of the Upper Oligocene-Miocene of Western Kamchatka based on benthic foraminifers // Stratigraphy of oil and gas regions. St. Petersburg: Nedra, 2004. P. 177–198 (in Russian)].
- Jutzeler M., Manga M., White J.D.L. et al. Submarine deposits from pumiceous pyroclastic density currents traveling over water: an outstanding example from offshore Montserrat (IODP 340) // Geological Society of America bulletin. 2017. V. 129. № 3–4. P. 392–414. <https://doi.org/10.1130/B31448.1>
- Koizumi I. Late Cenozoic diatom biostratigraphy in the Circum-North Pacific region // The Journal of the Geological Society of Japan. 1975. № 81. P. 611–627.
- Lipman P.W. When ignimbrite meets water: Megascala gas-escape structures formed during welding // Geology. 2019. V. 47 (1). P. 63–66. <https://doi.org/10.1130/G45772.1>
- Ponomareva V.V., Kyle P.R., Melekestsev I.V. et al. The 7600 (14 C) year BP Kurile Lake caldera-forming eruption, Kamchatka, Russia: stratigraphy and field relationships // Journal Volcanology and Geothermal Research. 2004. V. 136. P. 199–222.
- Sancetta C. Oceanographic and ecologic significance of diatom in surface sediments of the Bering and Okhotsk seas // Deep-Sea researches. 1981. V. 28A. № 8. P. 798–817.
- Sancetta C. Distribution of diatom species in surface sediments of the Bering and Okhotsk seas // Micropaleontology. 1982. V. 28. № 3. P. 1–6.
- Scarpati C., Sparice D., Perrotta A. Dynamics of large pyroclastic currents inferred by the internal architecture of the Campanian Ignimbrite // Scientific Reports. 2020. 10–22230. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79164-7>.
- Yanagisawa Y., Akiba F. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons // The Journal of the Geological Society of Japan. 1998. V. 104. № 6. P. 395–414.

NEW DATA ON THE NEOGENE VOLCANO-SEDIMENTARY COMPLEX OF THE ICHA DEPRESSION: THE TYRKACHYN SECTION (WESTERN KAMCHATKA)

T.V. Oreshkina¹, M.M. Pevzner¹, V.V. Petrova¹, T.D. Karimov²

¹Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 119017; e-mail: tanya.oreshkina@gmail.com

²Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel, 7610001

Received June 28, 2022; revised September 03, 2022; accepted September 26, 2022

In the 90-m river bank of the middle reaches of the Icha River, thick strata of volcano-sedimentary deposits represented by pyroclastic rocks and siliceous tuffites with layers of diatomites were studied. Representative diatom assemblages assigned to the Middle Miocene Denticulopsis hyalina Zone (14.9–13.1 Ma) indicate relatively deep-water conditions of the marine basin. Comparison with the data on diatom assemblages from reference sections of Western Kamchatka indicates that the deposits of the Tyrkachin section belong to the upper part of the Kakert Formation. The petrographic composition and lithological structure of volcanogenic formations (members 1, 2, and 4) suggest that they are the product of pyroclastic flows associated with volcanic activity in central Kamchatka. It is assumed that Members 1 and 2 were formed in subaerial conditions, as indicated by the complete absence of marine microfossils, signs of primary volcanic stratification, and the absence of layering. The sediments of Member 4 with eroded contacts and pronounced layering apparently accumulated in a subaqueous setting.

Keywords: diatoms, Middle Miocene, Icha Depression, Western Kamchatka.