

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ И ВЕЩЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ ЛИМАНСКОЙ СВИТЫ О. САХАЛИН

П.Ю. Ковтунович¹, Л.С. Сафронова¹, Т.В. Орешкина², И.Б. Цой³, Т.В. Дмитриева⁴

¹ООО «РН-Шельф-Арктика», пр. Мира 426/1, г. Южно-Сахалинск, 693004; e-mail: pkovt@mail.ru,
safroнова.lyudmila2012@yandex.ru

²ФГБУН Геологический институт РАН, Пыжевский пер. 7, стр. 1, г. Москва, 119017;
e-mail: tanya.oreshkina@gmail.com

³ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43,
г. Владивосток 690041; e-mail: tsoy@poi.dvo.ru

⁴АО ВНИГРИ, ул. Салова 28, г. Санкт-Петербург, 192102; e-mail: dmitrievatv_ds@mail.ru

Поступила в редакцию 14 апреля 2021 г.

Из нижней части стратотипа лиманской свиты (район г. Лиман) впервые получены данные по диатомовым водорослям и силикофлагеллатам, позволившие датировать эту часть разреза лиманской свиты концом среднего–началом позднего миоцена (зоны по диатомеям *Denticulopsis praedimorpha*, 12.9–11.5 млн лет и *Thalassiosira yabei*, 11.5–10.0 млн лет) и установить морской генезис вмещающих отложений. Верхняя часть стратотипа лиманской свиты (район м. Пята), содержащая континентальные отложения с комплексом пресноводных диатомей, с большой долей условности, может быть отнесена к позднему миоцену (?)-эоплейстоцену (калабрийскому ярусу).

Ключевые слова: диатомовые водоросли, силикофлагеллаты, средний миоцен, поздний миоцен, плейстоцен, лиманская свита, Сахалин.

ВВЕДЕНИЕ

Лиманская свита, получившая свое название от г. Лиман, была выделена Ю.М. Ковтуновичем в 1961 году, в центральной части о. Сахалин (рис. 1) [17]. В качестве составного стратотипа свиты им были предложены два различных по литолого-фациальному составу разреза, расположенных на юго-западном побережье п-ова Терпения. Один из них находится в районе м. Пята, другой – в районе г. Лиман. Первый сложен преимущественно осадочными и вулканогенно-осадочными отложениями, второй – преимущественно вулканогенными образованиями [10].

Разрез лиманской свиты, расположенный в районе м. Пята, представлен песчаниками, часто слабоцементированными, туфопесчаниками, гравелитами, конгломератами, туфоконгломератами и туфоконгломерато-брекчиями вулканических турбидитов, реже псаммитовыми и псефитовыми туффитами и туфами среднего и кислого состава (рис. 2). Подробное послонное описание разреза приведено в работе Ю.М. Ковтуновича [10]. В верхней части разреза выявлены линзы и пласты углистых аргиллитов и углей

мощностью до 1.4 м. Отражательная способность витринита этих углей в кедровом масле составляет 0.55 %. В песчаниках отмечаются многочисленные остатки раковин морских (литоральных и сублиторальных) моллюсков: *Spisula polynyma voyi* (Gabb), *Liocyma fluctuosa* (Gould), *Nuculana majamraphensis* Khom., *Nemocardium sachalinensis* Laut., *Macoma calcarea dissimilis* Mart., *Mya arenaria japonica* Jay, *M. truncate* Linn., *Cyclocardia majanatschensis* Iijina и др., на основании которых В.О. Савицкий определил время формирования свиты как поздний миоцен–ранний плиоцен [4, 10, 17]. Общая мощность вскрытого разреза составляет около 1100 м [10]. На образованиях мелового возраста лиманская свита залегает с угловым несогласием [10]. Перекрывающих отложений не выявлено.

В районе г. Лиман описываемая свита сложена агломератовыми и псефитовыми гиалокластитам и гидроэксплозивными туфами и туффитами среднего состава с пластовыми и рвущими телами андезитов, трахиандезитов и андезибазальтов (мощностью до 50 м), при подчиненном значении туфопесчаников и

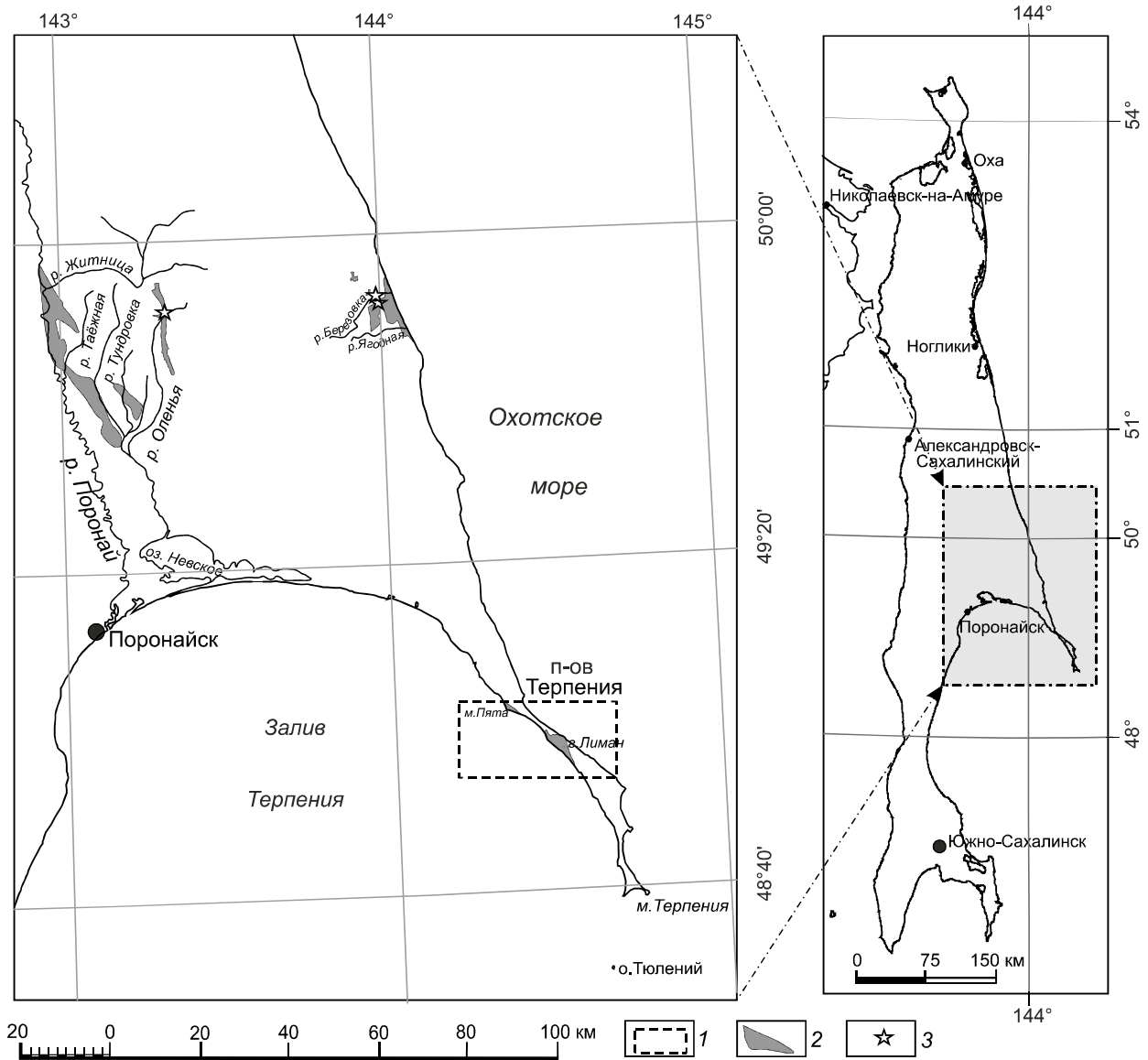


Рис. 1. Район исследования лиманской свиты, о. Сахалин.

1 – район исследований, 2 – поля распространения пород лиманской свиты, 3 – места радиоизотопных датировок пород лиманской свиты.



Рис. 2. Вулканогенно-осадочные отложения лиманской свиты, мыс Пята, западное побережье полуострова Терпения.

алевролитов. Перекрывающих и подстилающих свиту отложений не выявлено. Общая мощность вскрытого разреза оценивается около 570 м. Образования, слагающие разрез в районе г. Лиман, по литолого-петрографическим характеристикам, отчетливо сопоставляются с породами нижних пачек (пачки 1–8) разреза, обнаженного в береговом клифе в районе м. Пята (рис. 3).

За пределами стратотипической местности лиманская свита развита на Охотоморском побережье Восточно-Сахалинских гор, между устьями рек Березовка и Ягодная, и на левобережье среднего течения р. Поронай (ниже впадения в нее р. Житница) в бассейнах рек Оленья и Таёжная [4] (рис. 1).

В районе рек Березовка-Ягодная свита согласно залегает на борской свите и с отчетливым небольшим размывом перекрывается уранайской (севернее р. Березовка) [10]. В этом районе, при подготовке к изданию Госгеолкарты-200/2, лиманскую свиту В.Ф. Евсеев и В.Г. Гальверсен, из-за полученной радиоизотопной даты, предложили именовать ягодной (по р. Ягодная) толщей, которую они включили в состав одноименного вулканического комплекса [6].

Разрез лиманской свиты в междуречье Березовки и Ягодной представлен чередованием пачек агломератовых туфов и туффитов трахибазальтов (возможно гидроэксплозивного генезиса), туфопесчаников, туфов и туффитов риолитов (мощностью до 4 м) и пластовых тел трахиандезитов и трахибазальтов (мощностью до 60 м). Вскрытая мощность свиты по разрезу составляет до 867 м. Радиологический возраст (U-Pb-метод) цирконов, выделенных из пластовых тел трахибазальтов руч. Серебристый, оценивается в 19 ± 0.63 млн лет [7]. Радиологический возраст (U-Pb-метод) цирконов, сепарированных из дайки андезибазальта р. Березовки, составляет 28–30 млн лет [6]. Следует заметить, что В.Г. Гальверсеном при обосновании возраста этих образований данные последней датировки исключались (без уточнения причин). При таком временном разбросе формирования цирконов и крайне ограниченном количестве радиологических определений возраста трудно согласиться с правоммерностью отнесения данных образований к раннему миоцену, особенно учитывая факт наличия обильной фауны морских моллюсков вблизи устья р. Ягодной, по которым эти отложения датированы В.О. Савицким как поздний миоцен–ранний плиоцен [10].

В бассейне рек Оленья и Таёжная свита обнажена крайне слабо. Единичные обнажения отмечаются лишь в верховьях р. Оленьей и в слиянии рек Грушевки и Владимировки (лев. притоки р. Тундровки) [1, 6]. В этом районе свиту несогласно перекрывают породы верхнедуйской свиты. Контакт с нижележащи-

ми отложениями неизвестен. При издании Госгеолкарты-200/2 образования этой свиты В.Г. Гальверсен выделял в качестве олигоценовой оленереченской (по р. Оленья) толщи, входящей в состав одноименного вулканического комплекса [6].

Разрез свиты в районе рек Оленья и Таёжная представлен чередованием пачек псефитовых, псаммитовых и агломератовых туфов и туффитов среднего, реже кислого состава (возможно гидроэксплозивного генезиса), при подчиненном значении вулканомиктовых песчаников, песчаников и алевролитов. В толще отмечаются пластовые и рвущие тела андезитов, дацитов, риодацитов, реже риолитов и андезибазальтов. Мощность толщи по построению составляет около 600 м [7]. Единичная радиоизотопная датировка (K-Ar-метод), полученная по основной массе андезита из самых верховий р. Оленьей, составляет 25.8 ± 1.6 млн лет [7]. Учитывая высокую неоднозначность датирования вулканогенных образований по единичным K-Ar анализам, представляется преждевременным вывод о том, что данные образования не относятся к лиманской свите.

Согласно утвержденной унифицированной схеме палеогеновых и неогеновых отложений Сахалина лиманская свита отнесена к верхней части нижнего миоцена [16]. Однако Ю.М. Ковтунович считал, что лиманская свита по возрастному уровню соответствует курасийскому горизонту, что отражено в особом мнении в объяснительной записке к утвержденной Стратиграфической схеме [16]. Предшествующими исследователями образования лиманской свиты без должного обоснования относились к различным возрастным диапазонам: к верхнему мелу, к раннему миоцену и к плиоцену [10].

МАТЕРИАЛ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Геологический материал для микропалеонтологического анализа был получен из стратотипа лиманской свиты побережья зал. Терпения в районах м. Пята и г. Лиман при проведении полевых работ сотрудниками ООО «РН-Шельф-Арктика» и ООО «РН-СахалинНИПИморнефть» в 2018 году (рис. 4).

Два образца глинистых алевролитов (1238/2 и 1239/2) из разреза в районе г. Лиман были изучены Т.В. Орешкиной (ГИН РАН) и Т.В. Дмитриевой (АО «ВНИГРИ»). Четыре образца псаммоалевритовых туффитов дацита, туфоалевролитов и глинистых песчаников (1224/1, 1226/1, 1234/1, 1241/1) из разреза в районе м. Пята и г. Лиман были изучены И.Б. Цой (ФГБУН ТОИ ДВО РАН).

Для выделения кремнистых микроскопаемых (диатомей и силикофлагеллат) использовалась стандартная химико-техническая обработка образцов с

Рис. 3. Литологические колонки разрезов: в районе г. Лиман (а), в районе м. Пята (б).

1 – песчаники и туфопесчаники; 2 – конгломератобрекчии и туфоконгломератобрекчии; 3 – конгломераты; 4 – гравелиты; 5 – алевролиты; 6 – диатомиты и туфодиатомиты; 7 – туффиты дацита; 8 – туфы кислого состава; 9 – псефитовые и псаммитовые туффиты андезита; 10 – агломератовые и псефитовые гидроэсплозивные туфы и гиалокластиты андезита; 11 – андезиты и трахиандезиты; 12 – угли; 13 – остатки морских моллюсков; 14 – угловое несогласие (длинным пунктиром показана корреляция с общей стратиграфической шкалой и диатомовыми зонами, коротким пунктиром – корреляция между разрезами лиманской свиты).

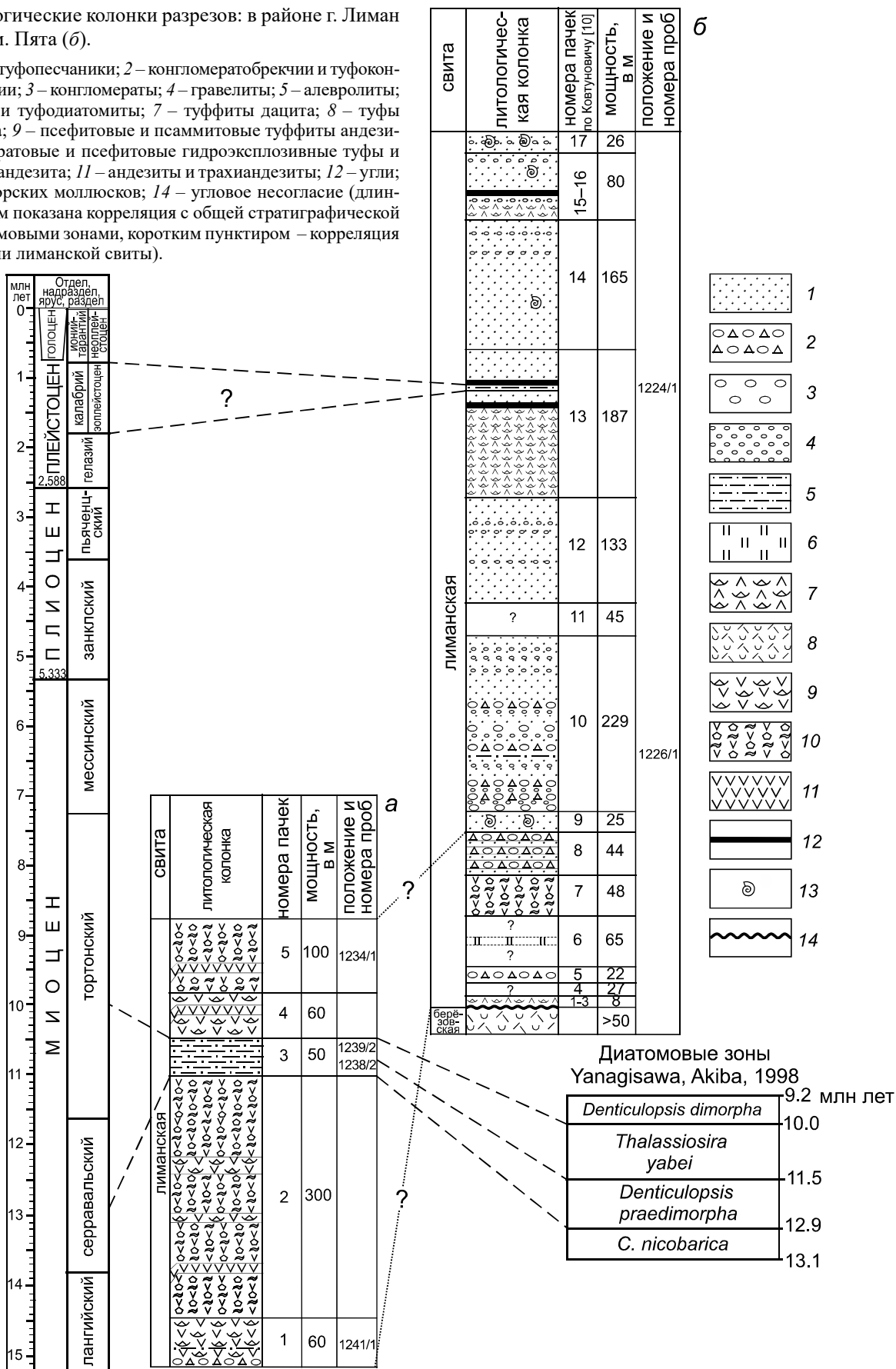


Таблица 1. Таксономический состав диатомей и силикофлагеллат в образцах лиманской свиты западного побережья п-ова Терпения в районе г. Лиман.

Диатомовые водоросли	Номера обр.	
	1238-2	1239-2
<i>Actinocyclus ingens</i> Rattray	X	X
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	X	X
<i>Arachnoidiscus</i> sp.		X
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell	X	
<i>A. vetustissima</i> (Pantocsek) Sims	X	
<i>Chaetoceros incurvus</i> Bailey	X	X
<i>Chaetoceros</i> spp.	X	X
<i>Cladogramma californicum</i> Ehrenberg	X	
<i>Cocconeis costata</i> Gregory	X	
<i>C. vitrea</i> Brun	X	X
<i>Coscinodiscus apiculatus</i> Ehrenberg	X	X
<i>C. marginatus</i> Ehrenberg	X	X
<i>C. oculus-iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	X	
<i>Cyclotella striata</i> (Kutzing) Grunow	X	
<i>Denticulopsis simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba	X	
<i>D. praedimorpha</i> Akiba et Yanagisawa	X	
<i>Di cladia capreolus</i> Ehrenberg	X	
<i>Dossetia lacera</i> Forti	X	X
<i>Eucampia</i> sp.	X	X
<i>Eurpyxidicula</i> (<i>Stephanopyxis</i>) cf. <i>aciculata</i> Dolmatova	X	
<i>E. schenckii</i> (Kanaya) Blanco et Wetzel		X
<i>E. turris</i> (Greville) Blanco et Wetzel	X	
<i>Goniothecium decoratum</i> Brun		X
<i>Grammatophora</i> sp.		X
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	X	X
<i>Muelleriopsis limbata</i> (Ehrenberg) Hendey		X
<i>Navicula</i> sp.		X
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	X	
<i>Paralia grunowii</i> Gleser		X
<i>Pseudopyxilla americana</i> (Ehrenberg) Forti	X	
<i>P. directa</i> (Pantocsek) Forti	X	X
<i>Pseudotriceratium condecorum</i> (Brightwell) Gleser	X	X
<i>P. rusticum</i> (Mann) Gladenkov		X
<i>Pseudotriceratium</i> sp.		X
<i>Rutilaria kernerii</i> Pantocsek		X
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims	X	X
<i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya	X	X

Таблица 1. (Окончание).

Диатомовые водоросли	Номера обр.	
	1238-2	1239-2
<i>Stictodiscus hardmanianus</i> Greville	X	
<i>Thalassionema nitzshioides</i> (Grunow) Mereschkowsky		X
<i>Thalassiosira leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell		X
<i>T. manifesta</i> Sheshukova	X	X
<i>T. praeyabei</i> (Schader) Akiba et Yanagisawa	X	X
<i>T. yabei</i> (Kanaya) Akiba et Yanagisawa	X	X
<i>Vallodiscus</i> spp.	X	X
<i>Xanthiopyxis panduraeformis</i> Pantocsek		X
<i>Xanthiopyxis</i> spp.	X	X
Силикофлагеллаты		
<i>Dictyocha perlaevis</i> Desikachary et Prema		X
<i>Dictyocha pseudofibula</i> (Schulz) Tsumura	X	X
<i>Distephanopsis crux</i> (Ehrenberg) Dumitrica	X	X
<i>Distephanopsis hanna</i> (Bukry) Desikachary et Prema		X
<i>Mesocena hexalitha</i> Bukry		X
<i>Stephanocha speculum</i> var. <i>binocula</i> (Ehrenberg) McCartney et Jordan	X	

содержание. Для микрофотографирования использовалась цифровая видеокамера AxioCam MRc.

Восстановление условий осадконакопления проводилось на основе соотношения различных экологических групп диатомовых комплексов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего изучено 6 образцов, в 3-х из которых (1238/2, 1239/2, 1224/1) обнаружены диатомовые комплексы хорошей сохранности, что позволило провести биостратиграфический анализ отложений лиманской свиты.

Разрез побережья залива Терпения в районе г. Лиман. В составе диатомового комплекса обр. 1238/2 (рис. 4) присутствуют стратиграфически важные таксоны: *Denticulopsis praedimorpha* Barron et Akiba, *D. simonsenii* Yanagisawa et Akiba, *Thalassiosira yabei* (Kanaya) Akiba et Yanagisawa, *Actinocyclus ingens* Rattray, *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, *Thalassiosira manifesta* Sheshukova, *Azpeitia vetustissima* (Pantocsek) Sims, *Pseudotriceratium condecorum* (Brightwell) Gleser, которые позволяют отнести вмещающие отложения к диатомовой зоне *Denticulopsis praedimorpha* (верхи среднего миоцена; 12.9–11.5 млн лет) (табл. 1, рис. 5–7).

Сопутствующие виды – *Odontella aurita* (Lyngbye) Agardh, *Eucampia* sp., близкая к современному виду *E. balaustum* Castracane, *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg, *C. oculus-iridis* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Eupyxidicula* (= *Stephanopyxis*) cf. *aciculata* Dolmatova, *E. turris* (Greville et Arnott) Blanco et Wetzel, *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle et Sims, *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow, варианты *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, обычны в морских отложениях среднего миоцена о. Сахалин и Северной Пацифики [5, 22, 23].

В составе родов-спор, типичных для неритических комплексов, определены *Stephanogonia hanzawae* Kanaya, *Cladogramma californicum* Ehrenberg, *Di cladia capreolus* Ehrenberg, *Pseudopyxilla americana* (Ehrenberg) Forti, *Ps. directa* (Pantocsek) Forti, *Dossetia lacera* Forti, *Vallodiscus* spp., *Chaetoceros* spp., *Xantiopyxis* spp. Среди представителей бентоса – *Stictodiscus hardmanianus* Greville, *Cocconeis vitrea* Brun, *C. costata* Gregory, *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg. Силикофлагелляты представлены *Dictyocha pseudofibula* (Schulz) Tsumura, *D. perlaevis* Desikachary et Prema, *Distephanopsis crux* (Ehrenberg) Dumitrica, *Stephanocha speculum* var. *binocula* (Ehrenberg) McCartney et Jordan.

В обр. 1239/2 состав диатомей и силикофлагеллат (рис. 5–7) несколько иной. В комплексе диатомей представители рода *Denticulopsis* не найдены. Появляются новые элементы диатомовой флоры – *Eupyxidicula schenckii* (Kanaya) Blanco et Wetzel, *Coscinodiscus apiculatus* Ehrenberg, *Thalassiosira leptopus* (Grunow) Hasle et Fryxell. Сохраняют свое присутствие *Thalassiosira yabei*, *Actinocyclus ingens*, *Ikebea tenuis*, *Thalassiosira manifesta*, *Stephanogonia hanzawae*. Новые элементы среди сопутствующих видов представлены *Pseudotrickeratium rusticum* (Mann) Gladenkov, четырехугольной формы *Pseudotrickeratium condecorum*, *Rutilaria kernerii* Pantocsek, *Goniothecium decoratum* Brun, *Muelleriopsis limbata* (Ehrenberg) Hendeey, *Xantiopyxis panduraeformis* Pantocsek, *Paralia grunowii* Gleser. Среди силикофлагеллат встречены *Mesocena hexalitha* Bukry, *Distephanopsis hannai* (Bukry) Desikachary et Prema, *Dictyocha pseudofibula*, *Distephanopsis crux*.

Присутствие силикофлагеллаты *Mesocena hexalitha* с узким стратиграфическим интервалом в основании верхнего миоцена, совпадающим с основанием диатомовой зоны *Thalassiosira yabei* (низы верхнего миоцена; 11.5–10 млн лет), позволяет с некоторой долей условности отнести комплекс силикофоссилий к этому стратиграфическому уровню.

В целом изученные комплексы с преобладанием неритических видов и единичным присутствием океанических *Denticulopsis* типичны для разрезов неогена Камчатки и Сахалина.

Комплекс диатомей зоны *Denticulopsis praedimorpha* среднего миоцена установлен в отложениях кура-сийского горизонта Южного Сахалина, вскрытого в скв. Петровская-1 (инт. 320–760 м) в Анивском заливе [3], окобыкайского горизонта Северного Сахалина, вскрытого в скв. Венинская-3 (инт. 720–1000 м) и в скв. Борисовская-1 (инт. 240–360 м) [9], 2-й пачки нижней части маруямской свиты Макаровского разреза по р. Кринка [23], хузинской свиты Пограничного прогиба [5]. Комплекс зоны *Thalassiosira yabei* верхнего миоцена отмечен в отложениях хузинской свиты [5]. Комплексы этих двух зон распространены в отложениях Японского моря [19] и Японских островов [5].

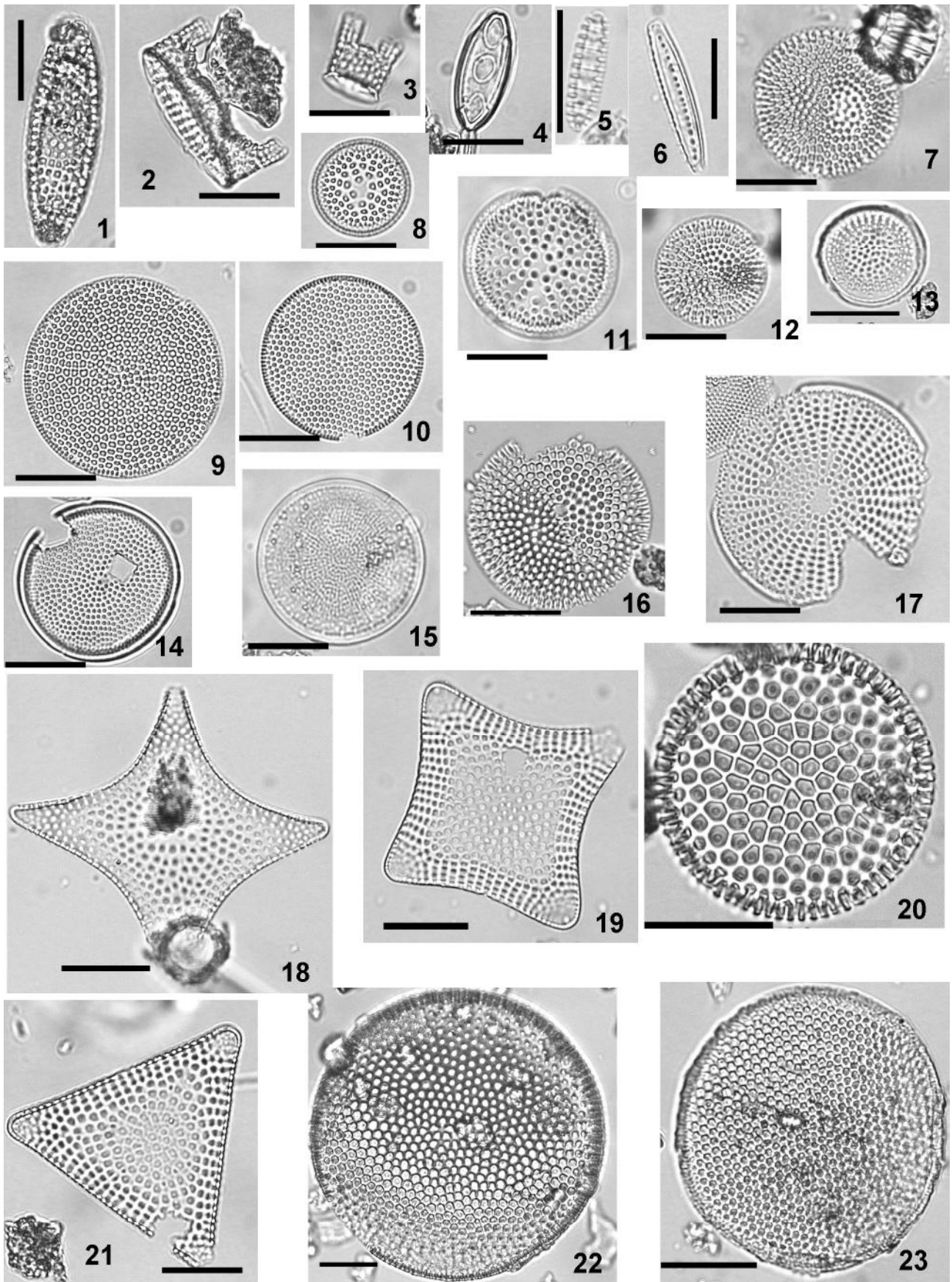
В обр. 1238/2 наряду с силикофоссилиями обнаружены цисты морских динофлагеллат (диноцисты), которые имеют широкое стратиграфическое распространение с верхнего мела до голоцена. Однако совместное присутствие в комплексе *Distatodinium paradoxum* (Brosius, 1963) Eaton, 1976, *Minisphaeridium latirictum* (Davey and Williams, 1966) Fensome et al., 2009, *Reticulosphaera actinocoronata* (Benedek, 1972) Vujak and Matsuoka, 1986, *Selenopemphix dionaeacysta* Head et al., 1989 (определения Е.С. Разумковой) сужает возрастной диапазон вмещающих отложений до среднего-позднего миоцена, что не противоречит установленной датировке по диатомеям.

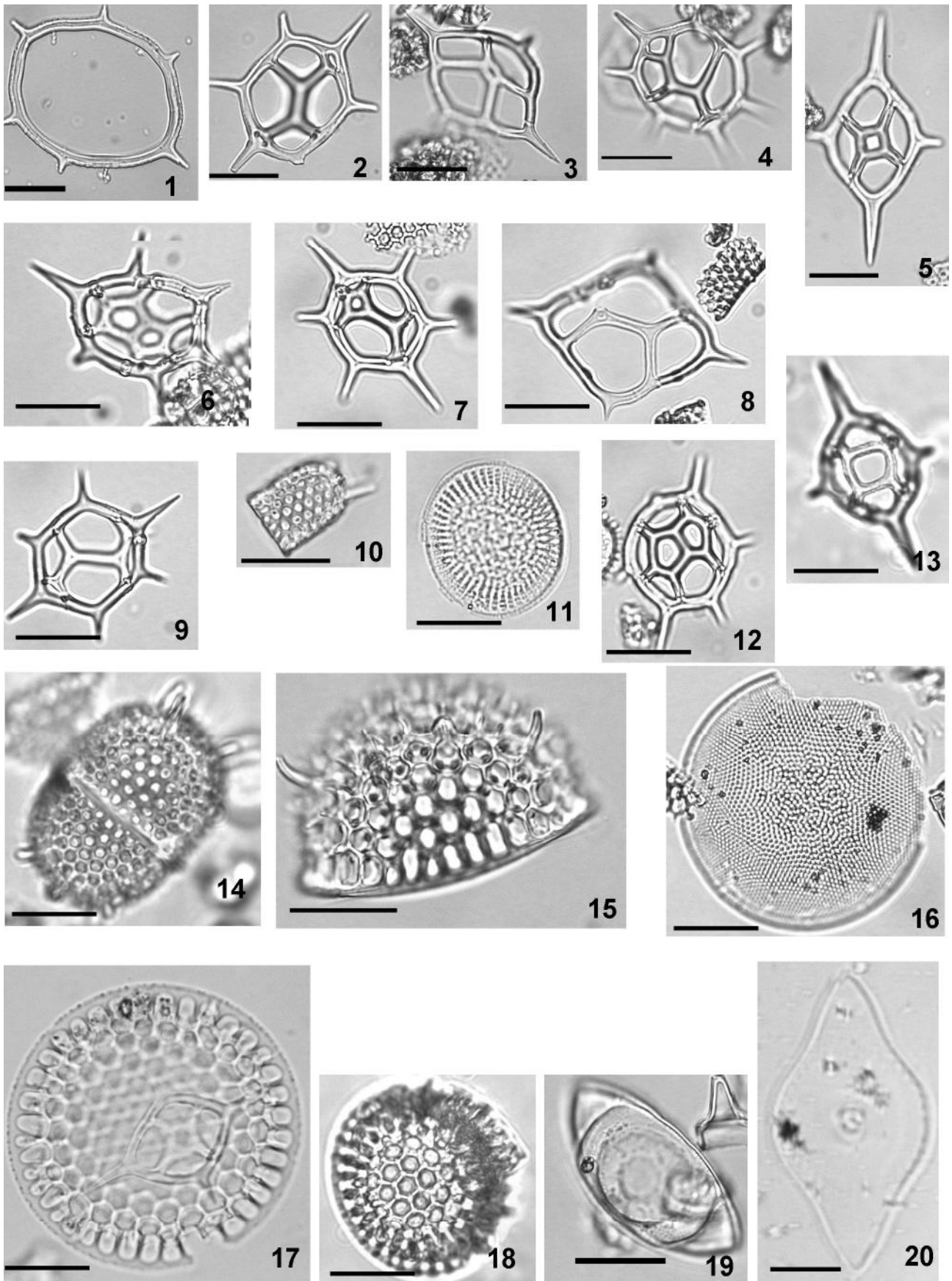
Разрез побережья залива Терпения в районе м. Пята. В двух образцах из этого разреза обнаружены диатомовые водоросли.

В туфоалевролите (обр. 1226/1, из пачки 10, рис. 3) выявлены только единичные обломки морских диатомей (вид *Coscinodiscus* sp.) и спикулы губок.

Рис. 5. Характерные виды диатомей лиманской свиты из берегового разреза вблизи г. Лиман.

1–3 – *Eucampia* sp.; 4 – *Denticulopsis praedimorpha* Barron et Akiba; 5 – *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa & Akiba; 6 – *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba; 7, 12, 13, 16 – *Thalassiosira yabei* (Kanaya) Akiba et Yanagisawa; 8, 11, 14, 17 – *Actinocyclus ingens* Rattray; 9, 10 – *Azpeitia vetustissima* (Pantocsek) Sims; 15 – *Thalassiosira manifesta* Sheshukova; 18, 19 – *Pseudotrickeratium* cf. *condecorum* (Brightwell) Gleser; 20 – *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg; 21 – *Pseudotrickeratium condecorum* (Brightwell) Gleser; 22 – *Coscinodiscus apiculatus* Ehrenberg; 23 – *Thalassiosira leptopus* (Grunow) Hasle et Fryxell. (13, 18, 19, 20, 22, 23 – обр. 1239/2, все остальные – обр. 1238/2). Масштабная линейка 20 мкм.





В глинистом песчанике (обр. 1224/1, из пачки 13, рис. 3), отобранного чуть ниже подошвы угольного пласта мощностью около 1.4 м, был обнаружен богатый в видовом отношении комплекс пресноводных диатомей хорошей сохранности (табл. 2, рис. 8).

Комплекс включает 54 вида и внутривидовых таксона, принадлежащих 20 родам. Наибольшее количество таксонов характерно для родов: *Aulacoseira* (11 таксонов), *Eunotia* (10 таксонов) и пресноводного рода *Pinnularia* (10 таксонов). Доминируют представители рода *Aulacoseira*: *A. italica* (Ehrenberg) Simonsen (25 %), *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen (14 %), *A. ambigua* (Grunow) Simonsen (10.5 %), *A. islandica* (O. Müller) Simonsen (6 %), составляющие 62 % от общего состава комплекса. Заметное количество составляют представители рода *Tetracyclus*: *T. rupestris* (Kützing) Grunow (8.5 %), *T. glans* (Ehrenberg) F.W.Mills (1.5 %), *T. ellipticus* f. *subrostratus* Hustedt (1 %).

Подавляющее большинство видов рассматриваемого диатомового комплекса относятся к видам широкого возрастного диапазона, распространенным от неогена до голоцена включительно. Единично отмечены вымершие в неогене виды *Tetracyclus ellipticus* f. *subrostratus* Hustedt, *Aulacoseira praegranulata* f. *curvata* (Jousé) Simonsen, *A. praegranulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (Simonsen) Moisseeva, *A. hachiyaensis* Tanaka, *Mesodictyon* cf. *japonicum* Yanagisawa et Tanaka. Первые три вида обычны в миоцен-плиоценовых отложениях [11–13, 19, 21, 26, 28], но единично встречаются в плейстоцен-голоценовых осадках в переложном виде.

Виды *Aulacoseira hachiyaensis* и *Mesodictyon japonicum* имеют более ограниченное стратиграфическое распространение. Вид *Aulacoseira hachiyaensis* распространен в отложениях раннемиоценового возраста о. Хонсю [27] и Японского моря [28]. Распространение вида *Mesodictyon japonicum*, описанного из отложений о. Хонсю, ограничено поздним миоценом (~8.6–5.5 млн лет) [31].

Комплекс состоит преимущественно из бентосных (31 вид) и планктонно-бентосных (11 видов) диатомей; планктонные диатомеи представлены 7 видами, но по численности доминируют планктонно-бентосные (45.5 %) и планктонные (26 %) виды диатомей. По географическому распространению пре-

обладают космополиты, как по количеству видов (28 таксонов), так и по численности (55 % от общего количества), бореальные виды составляют 22 %, арктоальпийские – 12 %. Холодноводные виды составляют 29.5 %. С учетом бореальных и арктоальпийских видов, которые преимущественно являются холодолюбивыми видами, суммарное содержание холодолюбивых составит 63.5 %. Довольно высока доля (24 %) ацидофильных диатомей (e.g. *Aulacoseira distans*, *A. islandica*, *Tetracyclus glans*, *Eunotia exigua* и др.), что указывает на слабкокислые условия водного бассейна.

Таким образом, экологическая структура диатомового комплекса свидетельствует о том, что формирование осадков предположительно происходило в достаточно обширном глубоководном пресноводном озерном бассейне с развитой пелагиалью, с заросшими растительностью берегами и каменистым или песчаным дном, которые служили субстратом для развития бентосных видов диатомей.

ОБСУЖДЕНИЕ

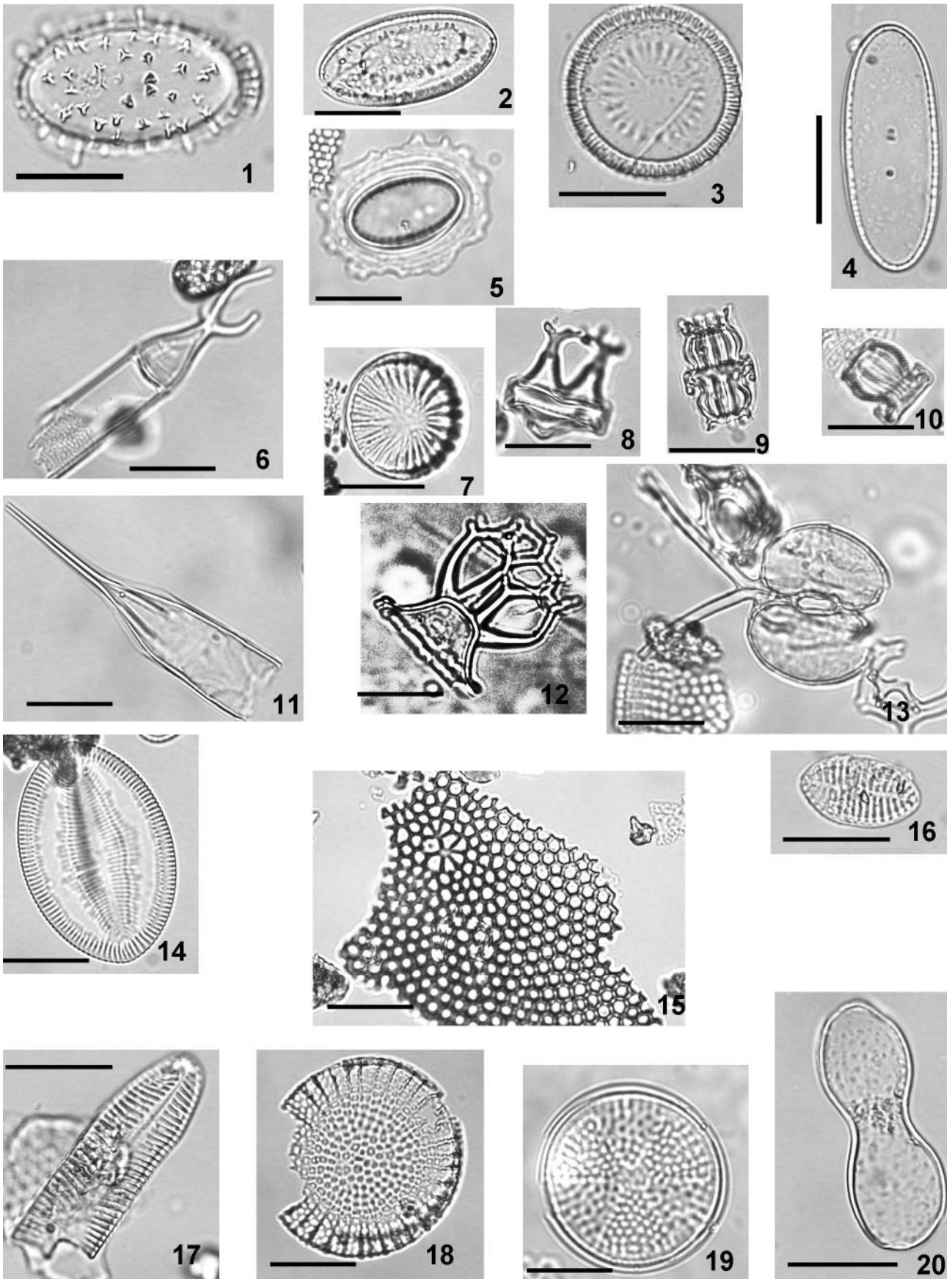
Разрез побережья залива Терпения в районе г. Лиман. В результате исследований, выполненных в 2018–2020 гг., лиманская свита впервые охарактеризована зональными видами диатомей: в образце 1238/2 установлена диатомовая зона *Denticulopsis praedimorpha* (верхи среднего миоцена; 12.9–11.5 млн лет), а в образце 1239/2 – зона *Thalassiosira yabei* (низы верхнего миоцена; 11.5–10 млн лет).

Это позволяет определить возраст формирования разреза лиманской свиты (район г. Лиман) концом среднего–началом верхнего миоцена (12.9–10.0 млн лет) и отнести ее к курасийскому горизонту согласно Унифицированной стратиграфической схеме палеогеновых и неогеновых отложений Сахалина и Курильских островов [16]. Этот вывод подтверждает особое мнение Ю.М. Ковтуновича [16], который считал, что лиманская свита относится к курасийскому (анивскому) уровню среднего-верхнего миоцена.

Разрез побережья залива Терпения в районе м. Пята. Сравнение вышеописанного пресноводного комплекса с зональными подразделениями по пресноводным диатомеям [11, 13, 26, 29] показало, что в нем отсутствуют виды и даже роды диатомей, характерные для континентальных неогеновых страти-

Рис. 6. Характерные виды силикофлагеллат и диатомей лиманской свиты из берегового разреза вблизи г. Лиман.

1 – *Mesocena hexalitha* Bukry (39); 2, 4, 9 – *Dictyocha pseudofibula* (Schulz) Tsumura; 3 – *Distephanopsis hanna* (Bukry) Desikachary et Prema; 5, 13 – *Distephanopsis crux* (Ehrenberg) Dumitrica; 6, 12 – *Dictyocha perlaevis* Desikachary et Prema; 10, 14 – *Eupyxidicula turris* (Greville & Arnott) Blanco & Wetzel; 11 – *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow; 15, 18 – *Eupyxidicula* (*Stephanopyxis*) cf. *aciculata* Dolmatova; 16 – *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle et Sims; 17 – *Eupyxidicula schenckii* (Kanaya) Blanco et Wetzel; 19 – *Goniothecium decoratum* Brun; 20 – *Rutilaria kernerii* Pantocsek. (1–5, 10, 15, 19, 20 – обр. 1239/2, все остальные – обр. 1238/2). Масштабная линейка 20 мкм.



графических подразделений, такие как *Actinocyclus* и *Alveolophora (Miosira)*, вымершие преимущественно в конце миоцена и раннем плиоцене, и представители родов *Stephanodiscus*, *Cyclostephanus*, *Pliocaenicus*, появившихся в плиоцене [11, 21, 24–26, 28 и др.]. Наиболее близким к изученному нами комплексу с доминированием вида *Aulacoseira italica* и заметной численностью *Tetracyclus lacustris*, вероятно, является комплекс диатомей слоев с *Aulacoseira italica* – *Tetracyclus lacustris*, выделенных А.И. Моисеевой [13] в суйфунской свите Южного Приморья и андахинской свите Северо-Восточного Сихотэ-Алиня и отнесенных ею к нижнему плиоцену. Суйфунская свита в большинстве литературных источников относится к плиоцену, но по результатам палеомагнитных измерений и комплексу растительных остатков (палинологическая, карпологическая и листовая флоры) возраст свиты был изменен на эоплейстоцен (1.806–0.781 млн лет) согласно общей стратиграфической шкале квартера, принятой в России [14] или Калабрий Международной стратиграфической шкалы. Находки в обсуждаемом комплексе диатомей видов с ограниченным стратиграфическим распространением *Aulacoseira hachiyaensis* (нижний миоцен) и *Mesodictyon cf. japonicum* (верхний миоцен) предполагают более широкий возрастной диапазон вмещающих осадков, но единичность этих находок и отсутствие других характерных для миоцена и плиоцена видов указывает на возможность их перетолжения из более древних осадков. Присутствие в пресноводном комплексе единичных морских диатомей (*Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg) также может свидетельствовать о влиянии процессов перетолжения при формировании вмещающих отложений. Тем не менее, находки миоценовых видов могут свидетельствовать о более широком возрастном диапазоне отложений, содержащих вышеописанный комплекс диатомей из обр. 1224/1.

Таким образом, на основе вышеизложенного возраст отложений (пачка 13, рис. 3), содержащих пресноводный комплекс диатомей, можно отнести с большой долей условности к позднему миоцену (?) – эоплейстоцену (калабрию).

Исходя из литологического состава пород разреза южнее м. Пята (пачки 9–17, рис. 3), а также содержащихся в них многочисленных остатков раковин морских двустворчатых моллюсков [10], морских диатомей, спикул губок (обр. 1226/1, пачка 10), можно утверждать, что данные отложения сформировались в морской прибрежной обстановке с краткими эпизодами континентальных условий.

Верхнюю часть разреза у м. Пята (пачки 9–17), со значительной долей условности, по возрасту и литологии можно сопоставлять с плиоцен-четвертичной верхнемаруямской подсвитой (4-ой и 5-ой пачками маруямской свиты) стратотипа маруямской свиты Южного Сахалина (р. Малый Такой), которая содержит морские зональные диатомовые водоросли [15, 18]. Определенную долю пессимизма в омоложении этой части разреза у м. Пята вносит значительная его мощность (около 900 м) и высокое значение отражательной способности витринита, которая резко отличается от таковой в маруямских отложениях, что оставляет вопрос о возрасте этой части разреза открытым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение кремнистых микроводорослей из отложений лиманской свиты западного побережья п-ова Терпения показало следующее:

1. Лиманская свита в районе г. Лиман, сложенная преимущественно вулканокластическими породами, охарактеризована морскими комплексами диатомей зон *Denticulopsis praedimorpha* (12.9–11.5 млн лет) среднего миоцена и *Thalassiosira yabei* (11.5–10 млн лет) позднего миоцена, что позволяет отнести эту часть ее разреза к курасийскому горизонту среднего-верхнего миоцена, тем самым подтверждая особое мнение Ю.М. Ковтуновича о возрасте лиманской свиты [16].

2. Вулканогенно-осадочные отложения лиманской свиты южнее м. Пята, содержащие пресноводный комплекс диатомей (пачка 13), формировались, предположительно, в позднем миоцене (?)–эоплейстоцене (калабрии) (1.806–0.781 млн лет), в континентальных условиях холодного климата, в озерном относительно глубоководном бассейне. Следует от-

Рис. 7. Характерные виды диатомей и силикофлагеллат лиманской свиты из берегового разреза вблизи г. Лиман.

1 – *Muelleriopsis limbata* (Ehrenberg) Hendey; 2 – *Vallodiscus* sp.; 3 – *Paralia grunowii* Gleser; 4 – *Vallodiscus* sp.; 5 – *Dossetia lacera* Forti.; 6 – *Pseudopyxilla americana* (Ehrenberg) Forti; 7 – *Cladogramma californicum* Ehrenberg; 8, 12 – *Diocladia capreolus* Ehrenberg; 9, 10 – *Stephanogonia hanzawae* Kanaya; 11 – *Pseudopyxilla directa* (Pantocsek) Forti; 13 – *Chaetoceros* sp.; 14 – *Cocconeis vitrea* Brun; 15 – *Coscinodiscus oculus-iridis* (Ehrenberg) Ehrenberg; 16 – *Cocconeis costata* Gregory; 17 – *Navicula* sp.; 18 – *Stictodiscus kittonianus* Greville; 19 – *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg; 20 – *Xantipyxis panduraeformis* Pantocsek. (1–4, 11, 16, 17, 20 – обр. 1239/2, все остальные – обр. 1238/2.) Масштабная линейка 20 мкм.

Таблица 2. Таксономический состав диатомей из разреза западного побережья п-ова Терпения (южнее мыса Пята) (обр. 1224/1).

Диатомовые водоросли (Bacillariophyta)	Экология и биогеография	Содержание (%)
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer	fw, p-b, c, aif, a-a	*
<i>A. ambigua</i> (Grunow) Simonsen	fw, p, i, k	10.5
<i>A. distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	fw, p-b, c, acf, bor	14
<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	fw, p-b, c, i, k	3.5
<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen	fw, p, alf, k	1
<i>Aulacoseira hachiyaensis</i> Tanaka	ex, fw, p	*
<i>A. islandica</i> (O. Müller) Simonsen	fw, p, c, acf, bor	6
<i>A. italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	fw, p-b, c, k	25
<i>A. nivalis</i> (W.Smith) J. English et Potapova	fw, p-b	*
<i>A. praegrnulata</i> f. <i>curvata</i> (Jousé) Simonsen	ex, fw, p	*
<i>A. praegrnulata</i> var. <i>praeislandica</i> f. <i>praeislandica</i> (Simonsen) Moisseeva	ex, fw, p	2
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg	m, p	*
<i>Ellerbeckia arenaria</i> (D.Moore ex Ralfs) Crawford	fw, p-b, k	0.5
<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg	fw, b, c, k	*
<i>E. exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	fw, b, acf, k	2.0
<i>E. fallax</i> Grunow	fw, b, acf, k	0.5
<i>E. incisa</i> W.Smith ex W.Gregory	fw, b, k	4.0
<i>E. minor</i> (Kützing) Grunow	fw, b, k	0.5
<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	fw, b, c, k	1.0
<i>E. rhomboidea</i> Hustedt?	fw, b, acf, k	*
<i>Eunotia</i> sp. 1	fw, b	*
<i>Eunotia</i> sp. 2	fw, b	*
<i>E. sudetica</i> O. Müller	fw, p-b, acf, bor	0.5
<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenberg) D.M.Williams et Round	fw, b, alf, a-a	*
<i>F.nitzschioides</i> (Grunow) Lange-Bertalot	fw, b, i, k	0.5
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	fw, p-b, k	0.5
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	fw, p-b, t, alf, k	0.5
<i>G.parvulum</i> (Kützing) Kützing	fw, b, t, i, k	0.5
<i>Gomphonema</i> sp.	fw, b	0.5
<i>Mastogloia</i> sp.	fw, b	*
<i>Melosira</i> (?) sp.	fw, p	6.0
<i>Meridion constrictum</i> Ralfs	fw, p -b, k	0.5
<i>Mesodictyon</i> cf. <i>japonicum</i> Yanagisawa et Tanaka	ex, fw, p	*
<i>Navicula</i> (?) sp.	fw	*
<i>Nitzschia angustata</i> (W.Smith) Grunow (<i>Tryblionella angustata</i> W.Smith)	fw, p, k	0.5
<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing	fw, b, c, k	*
<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T. Kiss et Ács (= <i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek)	fw, p, i, k	0.5
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	m, bw, b-p, k	*
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>media</i> Krammer	fw, b	*
<i>P. divergens</i> var. <i>sublinearis</i> P.T. Cleve	fw, b, a-a	0.5
<i>P. divergens</i> W.Smith	fw, b, i, a-a	1.0
<i>P. lata</i> (Brébisson) W.Smith	fw, b, i, bor	1.0
<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	fw, b, t, k	3.0
<i>Pinnularia</i> sp. 1	fw, b	*
<i>Pinnularia</i> spp.	fw, b	1.5
<i>P. stomatophora</i> (Grunow) Cleve	fw, b, acf	*
<i>P. sudetica</i> Hilse	fw, b, i, a-a	0.5
<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	fw, p-b, t, i, k	*
<i>Placoneis gastrum</i> var. <i>signatum</i> (Hustedt) E.Y. Haworth et M.G. Kelly (= <i>Navicula gastrum</i> var. <i>signata</i> Hustedt)	fw, b, bor	*
<i>Planolithidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	fw, b, k	*
<i>Tetracyclus ellipticus</i> f. <i>subrostratus</i> Hustedt (= <i>T. ellipticus</i> var. <i>lancea</i> f. <i>subrostrata</i> Hustedt)	ex, fw, b	1.0
<i>T. glans</i> (Ehrenberg) F.W. Mills (= <i>T. lacustris</i> Ralfs)	fw, b, acf, a-a	1.5
<i>T. lacustris</i> var. <i>elongates</i> Hustedt	fw, b, bor	0.5
<i>T. rupestris</i> (Kützing) Grunow	fw, b, c, a-a	8.5
Общее количество (%)		100

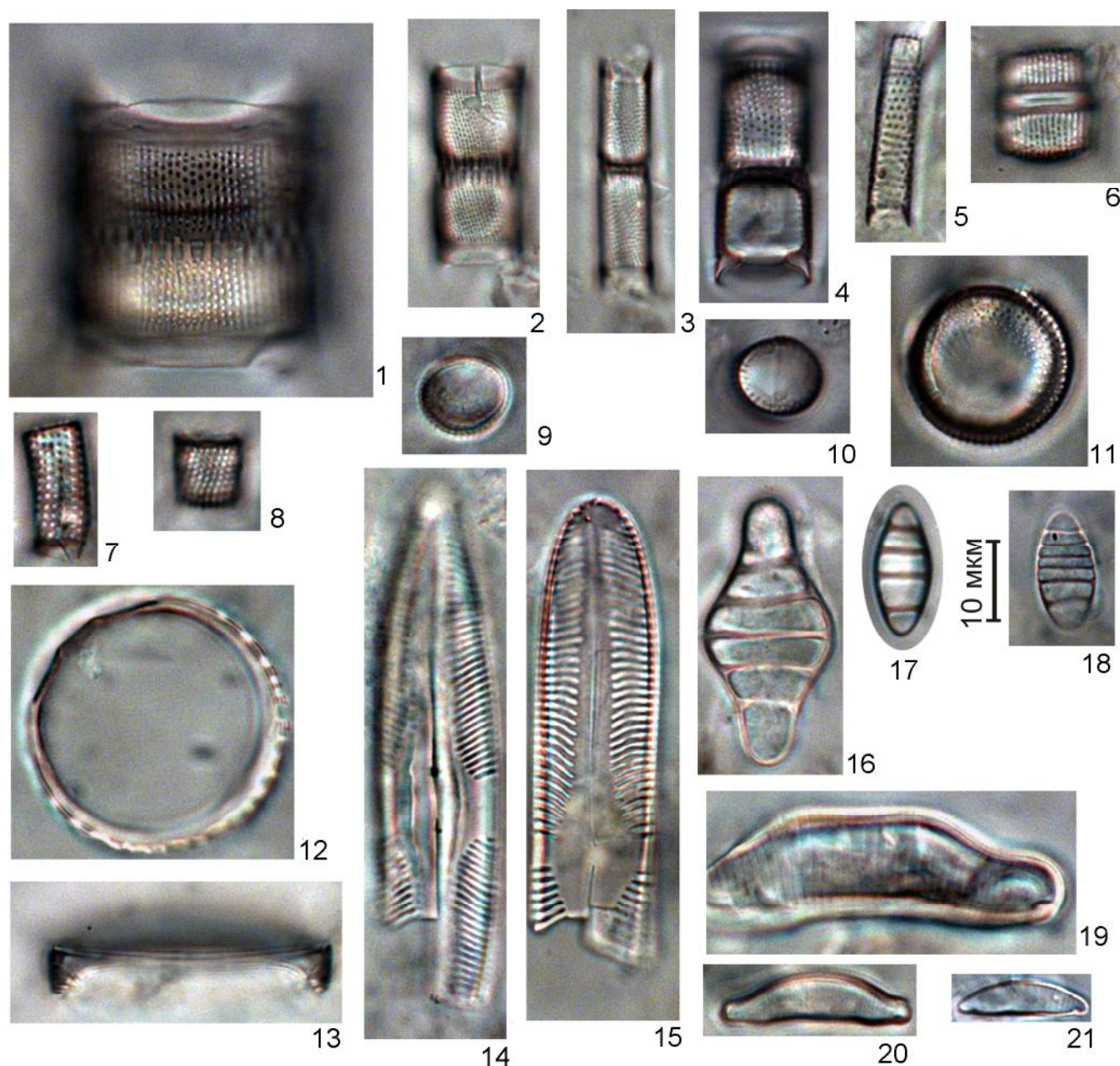


Рис. 8. Пресноводный комплекс диатомей из разреза западного побережья п-ва Терпения южнее мыса Пята (обр. 1224/1).

1, 2 – *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen; 3 – *A. ambigua* (Grunow) Simonsen; 4 – *A. islandica* (O. Muller) Simonsen; 5 – *A. granulata* var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen; 6 – *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen; 7 – *A. praegrnulata* f. *curvata* (Jousé) Simonsen; 8 – *A. praegrnulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (Simonsen) Moisseeva; 9, 10 – *Aulacoseira hachiyaensis* Tanaka; 11 – *Mesodictyon* cf. *japonicum* Yanagisawa et Tanaka; 12, 13 – *Melosira* (?) sp.; 14 – *Pinnularia microstauron* (Ehrenberg) Cleve; 15 – *P. divergens* var. *sublinearis* P.T. Cleve; 16 – *Tetracyclus glans* (Ehrenberg) F.W.Mills; 17 – *T. rupestris* (Kützing) Grunow; 18 – *Odontidium mesodon* (Kützing) Kützing; 19 – *Eunotia bidens* Ehrenberg; 20 – *E. minor* (Kützing) Grunow; 21 – *E. incisa* W.Smith ex W.Gregory. Масштабная линейка 10 мкм.

Примечание к таблице 2. Сокращения, используемые в экологической и биогеографической характеристике видов диатомей (в основном, по Бариновой и др., 2006): по отношению к солености: m (marine) – морской, bw (brackishwater) – солоноватоводный, fw (freshwater) – пресноводный; местообитание: p (planktonic) – планктонный, p-b (planktonic-benthic) – планктонно-бентосный, b (benthic) бентосный; температурная приуроченность: c (coldwater) – холодноводный, t (temperate) – умеренный; группы индикаторов ацидификации: acf (acidophilus) – ацидофил, alf (alkaliphile) – алкалифил, i (indifferent) – индиферентный; географическая приуроченность: a-a (arctic-alpine) – аркто-альпийский; bor (boreal) – бореальный, k (cosmopolitan) – космополит. ex (extinct) – вымерший. В скобках после названия таксона даны распространенные синонимы. Звездочкой обозначены виды, встреченные после подсчета процентного содержания.

метить, что из-за недостаточной разработанности биостратиграфии по пресноводным диатомеям, этот возраст определен с большой долей условности. Для установления возраста и стратиграфического положения отложений в районе мыса Пята необходимы дальнейшие исследования как биостратиграфические, так и радиоизотопного датирования этих образований.

3. В целом отложения верхней части лиманской свиты (пачки 9–17), вскрывающиеся в береговом клифе залива Терпения южнее м. Пята, формировались в прибрежно-морских и континентальных условиях, предположительно в позднем миоцене (?) – эоплейстоцене (калабрии) и, вероятно, могут быть сопоставлены с верхнемаруямской подсвитой Южного Сахалина.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность исполнителям полевых работ в рамках региональных работ по договору с ПАО «НК «Роснефть» с Ю.В. Кострову и А.Э. Хардинову (ООО «РН-СахалинНИПИморнефть»), Л.В. Осиповой (ТОИ ДВО РАН) и Е.Л. Грундан (ФГБУ «ВСЕГЕИ») за химико-техническую обработку образцов для изучения микрофоссилий и их микрофотосъемку, Е.С. Разумковой (АО «ВНИГРИ - Геологоразведка») за выполнение биостратиграфического анализа по диноцистам. Авторы чрезвычайно признательны Н.А. Малышеву, В.Е. Вержбицкому (ПАО «НК «Роснефть») и О.А. Кроушкиной (ООО «РН-Шельф-Арктика») за постоянную помощь и поддержку в организации этих работ.

Авторы очень благодарны рецензентам А.Ю. Гладенкову и В.С. Пушкарю за внимательный анализ рукописи и конструктивные замечания, позволившие значительно улучшить рукопись.

Работа частично выполнена в рамках тем госзаданий ТОИ ДВО РАН (№ 121021700342-9) и ГИН РАН (№ 0114-2021-0003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архипов Г.Г. Новый магматический комплекс в юго-западной части Восточно-Сахалинских гор // Геология, металлогения и гидрогеология Сахалинской области. ДВО РАН, 1991. С. 57–63.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Русское изд-во Piles Studio, 2006. 498 с.
- Выпова И.Ю. Стратиграфия миоценовых отложений залива Анива Охотского моря по диатомеям // Новые данные по стратиграфии Дальнего Востока и Тихого океана. Владивосток: ДВО РАН, 1990. С. 112–117.
- Геология СССР. Т. 33. Остров Сахалин. Геологическое описание / Ред. В.Н. Верещагин. М.: Недра, 1970. 432 с.
- Гладенков А.Ю. Детальная стратиграфия и морские экосистемы позднего кайнозоя севера Тихоокеанского региона (по диатомеям). М.: ГЕОС, 2007. 296 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. Изд-е 2-е. Сер. Сахалинская. Лист М-54-XXIV (Первомайск) (сост. Гальверсен В.Г., Евсеев С.В., Коноваленко А.А. и др.): Объясн. зап. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2016. 157 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-54. Александровск-Сахалинский: Объясн. зап. (Гл. науч. ред. В.Н. Зелепугин). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. 599 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1974. Т. 1. 404 с.
- Жаров А.Э., Митрофанова Л.И., Тузов В.П. Стратиграфия кайнозойских отложений шельфа Северного Сахалина. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2013. Т. 21, № 5. С. 72–93.
- Ковтунович Ю.М. О стратиграфическом положении кайнозойских вулканогенных образований Восточно-Сахалинских гор (к вопросу о лиманской свите) // Биостратиграфия, фауна и флора кайнозоя северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1969. С. 50–57.
- Лихачева О.Ю., Пушкар В.С., Черепанова М.В., Павлюткин Б.И. Зональная диатомовая шкала и основные геобиологические события неогена Приморья // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 4. С. 64–72.
- Моисеева А. И. Атлас неогеновых диатомовых водорослей Приморского края. Л.: Недра, 1971. 152 с.
- Моисеева А.И. Расчленение континентальных отложений неогена Дальнего Востока по диатомеям // Стратиграфия. Геол. Корреляция. 1995. Т. 3, № 5. С. 92–103.
- Павлюткин Б.И., Петренко Т.И. Стратиграфия палеоген-неогеновых отложений Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2010. 164 с.
- Пушкар В.С. Диатомей и возраст маруямской свиты (стратотип) о. Сахалин // Палеоботаника и фито-стратиграфия Востока СССР. Владивосток, 1983. С. 116–127.
- Решения рабочих Межведомственных региональных стратиграфических совещаний по палеогену и неогену восточных районов России – Камчатки, Корякского нагорья, Сахалина и Курильских островов: Объясн. зап. к стратиграфическим схемам. М.: ГЕОС, 1998. 147 с.
- Стратиграфический словарь СССР. Палеоген, неоген, четвертичная система. Л.: Недра, 1982. 616 с.
- Тузов В.П., Митрофанова Л.И., Данченко Р.В., Болдырева В.П. Курасийско-маруямский комплекс неогеновых отложений Южного Сахалина. // Тихоокеан. геология. 2002. Т. 21, № 4. С. 37–47.
- Цой И.Б., Шастина В.В. Кремнистый микропланктон неогена Японского моря (диатомей и радиолярии). Владивосток: Дальнаука, 1999. 241 с.
- Цой И.Б. Силикофлагеллаты кайнозоя Японского и Охотского морей и Курило-Камчатского желоба. Владивосток: Дальнаука, 2011. 206 с.
- Цой И.Б., Усольцева М.В. Миоценовые пресноводные диатомей из отложений восточного склона подводного плато Уллын (возвышенность Криштофовича) Японского моря // Стратиграфия. Геол. Корреляция. 2016. Т. 24, № 3. С. 62–80. DOI: 10.7868/S0869592X16020071

22. Шешукова-Порецкая В.С. Неогеновые морские диатомовые водоросли Сахалина и Камчатки. Л.: Изд-во ЛГУ, 1967. 432 с.
23. Akiba F., Hiramatsu Ch., Tsoy I.B., Ogasawara K., Amano K. Diatom biostratigraphy and geologic age of the Maruyama and Kurasi Formations, Southern Sakhalin, and their correlation to the Neogene of the Tenpoku Area, Hokkaido // *J. Geography*. 2000. V. 109, N 2 (969). P. 203–217.
24. Hayashi T., Krebs W.N., Saito-Kato M., Tanimura Y. The turnover of continental planktonic diatoms near the middle/late Miocene boundary and their Cenozoic evolution // *PLoS ONE*. 2018. V. 13, N 6: e0198003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198003>
25. Krebs W.N., Bradbury J.P., Theriot E.C. Neogene and Quaternary Lacustrine Diatom Biochronology, Western USA // *Palaios*. 1987. V. 2, N 5. P. 505–513. DOI: 10.2307/3514621
26. Pushkar V.S., Likhacheva O.Yu., Usoltseva M.V. Zonal Diatom Scale of the Continental Neogene in Primorye (Most Southern Territory of the Russian Far East) // *Intern. J. Algae*. 2019. V. 22, N 3. P. 163–176. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v21.i2.60
27. Tanaka H., Nagumo T., Akiba, F. (2008). *Aulacoseira hachiyensis* sp. nov., a new Early Miocene freshwater fossil diatom from the Hachiya Formation, Japan // *Proceedings of the International Diatom Symposium* 19. 2008. P. 115–123.
28. Tsoy I.B. Early Miocene diatom flora from the Yamato Rise, the Sea of Japan // *Diatom Research*. 2017. V. 32, N 3. P. 277–293. DOI: 10.1080/0269249X.2017.1367726 IF 1.677
29. Usoltseva M., Khursevich G. *Alveolophora robusta* comb. nov. from Miocene deposits of the Vitim Plateau, Russia // *Diatom Research*. 2013. V. 28, N 1. P. 109–114.
30. Yanagisawa Y. and Akiba F. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons // *J. Geol. Soc. of Japan*. V. 104, N 6. 1998. P. 395–414.
31. Yanagisawa Y., Tanaka H. *Mesodictyon japonica*, a new fossil diatom species from the Miocene marine sediments distributed in the Niigata area, central Japan // *Diatom*. 2014. V. 30. P. 147–156.

Рекомендована к печати Л.И. Попеко

после доработки 11.06.2021 г.

принята к печати 21.07.2021 г.

P.Yu. Kovtunovich, L.S. Safronova, T.V. Oreshkina, I.B. Tsoy, T.V. Dmitrieva

New data on the age and lithological composition of the Liman Formation of Sakhalin Island

For the first time, from the lower part of the stratotype of the Liman Formation (district of the Mount Liman) data on diatoms and silicoflagellates were obtained, which allowed us to assign this part of the Liman Formation to the end of the Middle – beginning of the Late Miocene (Denticulopsis praedimorpha Zone, 12.9–11.5 Ma and Thalassiosira yabei Zone, 11.5–10.0 Ma by diatoms) and to establish the marine genesis of the host deposits. The upper part of the Liman Formation (district of the Peata cape) containing continental deposits, probably refers to the Late Miocene (?) – Calabrian Stage (Eopleistocene).

Key words: diatoms, silicoflagellates, Middle Miocene, Late Miocene, Pleistocene, Liman Formation, Sakhalin Island.