

RESEARCH ARTICLE

UDC 582.24

Chrysophycean stomatosysts in tributaries of northern limit of Lake Baikal

A.D. Firsova, A.Yu. Bessudova, Ye.V. Likhoshway

Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
email: firsova@lin.irk.ru; annabessudova@mail.ru; likhoshway@mail.ru*

Phytoplankton samples from the Verkhnyaya Angara and Kichera rivers as well as from the Dushkachanskoye, Sredneye and Dagarskoye mouths, were investigated by means of scanning electron microscopy. Among 58 chrysophyte stomatocysts found in the samples, 25 are described as new to science.

Key words: Chrysophyte stomatocysts; Kichera River; Verkhnyaya Angara River; Angaro-Kicherskaya delta; Northern Baikal

Стоматоцисты хризифитовых в притоках северной оконечности озера Байкал

А.Д. Фирсова, А.Ю. Бессудова, Е.В. Лихошвай

*Лимнологический институт Сибирского отделения
Российской Академии наук, Иркутск, Россия*
email: firsova@lin.irk.ru; annabessudova@mail.ru; likhoshway@mail.ru*

С помощью сканирующей электронной микроскопии в устьях рек Кичера, Верхняя Ангара, а также в Душкачанском, Среднем и Дагарском устьях Ангаро-Кичерской дельты, обнаружено 58 стоматоцист хризифитовых, из которых 25 описаны как новые.

Ключевые слова: Стоматоцисты хризифитовых; река Кичера; река Верхняя Ангара; Ангаро-Кичерская дельта; Северный Байкал

Введение

Реки Кичера и Верхняя Ангара являются крупными притоками Северного Байкала (Baikal. Atlas, 1995). Они образуют в нижнем течении общую дельту, отделяясь от Байкала узким песчаным островом Ярки и сообщаясь с озером через три устья (прорвы), которые разделяют этот остров – Душкачанское, Среднее и Дагарское (Votintsev, Glazunov, Tolmacheva, 1965).

Золотистые водоросли (хризифитовые) являются важнейшим компонентом фитопланктона олиготрофных озер. Одной из особенностей этих организмов является образование стоматоцист в конце вегетации или вследствие наступления неблагоприятных условий. Стоматоцисты часто используют как биомаркеры в палеолимнологических и палеоэкологических исследованиях, поскольку они сохраняются в донных отложениях. По особенностям формы и поверхностной орнаментации, выявляемой с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), стоматоцисты описываются как морфотипы, поскольку только небольшая часть их отнесена к определенным видам хризифитовых.

Впервые стоматоцисты в Байкальском регионе были обнаружены в планктоне Иркутского водохранилища и осадках Южного Байкала (Vorobyova et al., 1996), затем описаны в планктоне оз. Байкал и в донных осадках озера (Firsova, Likhoshway, 2006), в Южном Байкале была изучена сезонная динамика формирования различных морфотипов стоматоцист (Firsova et al., 2008). До настоящего исследования в Байкальском регионе всего было обнаружено 142 морфотипа стоматоцист. Недавно в районе исследований методами электронной микроскопии было установлено высокое разнообразие чешуйчатых хризофитовых (Bessudova et al., 2018), что делает актуальным исследование разнообразия стоматоцист хризофитовых в этом районе. В настоящей работе приводятся новые данные, полученные с помощью СЭМ, о стоматоцистах Ангаро-Кичерской дельты северной оконечности оз. Байкал и приводятся описания новых морфотипов стоматоцист.

Материал и методы

Материалом для данного исследования послужили 16 проб, отобранных И.В. Томберг в июле 2017 г. в устьях рек Кичера, Верхняя Ангара и трех устьях Ангаро-Кичерской дельты – Дагарском, Среднем и Душкачанском (см. Bessudova et al., 2018; рис. 1). Физико-химические параметры исследуемого района приведены в статье Бессудовой с соавторами (Bessudova et al., 2018).

Для определения стоматоцист пробы воды объемом 10-15 мл собирали на фильтры с диаметром пор 1 мкм («Whatman», США), высушивали при комнатной температуре, напыляли золотом и исследовали с помощью СЭМ Quanta 200 («FEI Company», США). Стоматоцисты были описаны согласно правилам и терминологии, принятым Международной рабочей группой по исследованию статоспор (стоматоцист) (International Statospore Working Group – ISWG; Cronberg, Sandgren, 1986; Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Результаты и обсуждение

В районе исследований выявлено высокое разнообразие стоматоцист хризофитовых – 58 различных морфотипов. Обнаружены морфотипы, которые могут образовывать виды из родов *Paraphysomonas* (*P. antarctica*, *P. corynephora*, *P. vestita*, *P. vestita* ssp. *truncata*), *Uroglena* (*U. notabilis*, *U. lindiae*, *U. soniaca*), *Ochromonas*, а также видом *Chrysosphaerella longispina*, *Spiniferomonas trioralis*, *Synura curtispina*, *Chrysococcus furcatus* (табл. 1). 25 морфотипов стоматоцист описаны как новые для науки.

Таблица 1. Список морфотипов стоматоцист, обнаруженных в районе Ангаро-Кичерской дельты в июле 2017 г. (Р - распространенные морфотипы; Л – оз. Ладожское (Россия); Т – оз. Телецкое (Россия); р. Лена – Лн (Россия); Б – оз. Байкал; *Н - новые)

Стоматоциста	Видовая принадлежность	Среднее устье	Душкачанское устье	Река Верхняя Ангара	Река Кичера	Дагарское устье	Распространение
001 Duff&Smol	<i>Paraphysomonas</i> De Saedeleer	+	+	+	+	+	Р, Б
049 Duff&Smol	<i>Chrysosphaerella longispina</i> Lauterborn	+		+			Р, Л, Б
064 Duff&Smol	неизвестна	+					Р
094 Duff&Smol	неизвестна	+					Р
076 Duff & Smol	неизвестна					+	Р, Т
111 Zeeb et al.	<i>Spiniferomonas trioralis</i> Takahashi			+	+		Р, Л, Б
117 Zeeb et al.	неизвестна					+	Р
121 Firsova & Likhoshway	неизвестна			+			Б
123 Duff & Smol	<i>Synura curtispina</i> (Petersen & Hansen) Asmund					+	Р, Б
130 Duff & Smol	<i>Chrysococcus furcatus</i> (Dolgoff) Nicholls			+			Р
135 Duff & Smol	<i>Uroglena</i> Ehrenberg (<i>U. notabilis</i> Mack, <i>U. lindiae</i> Boyrrelly, <i>U. soniaca</i> Conrad)	+					Р
149 Zeeb & Smol	неизвестна		+		+	+	Р
153 Zeeb & Smol	неизвестна					+	Р
171 Zeeb & Smol	неизвестна			+			Р, Б
178 Zeeb & Smol	неизвестна		+	+		+	Р, Б, Л
181 Brown & Smol in Brown et al.	неизвестна				+		Р
189 Zeeb & Smol in Zeeb et al.	неизвестна				+	+	Р, Б, Т

197 Pla	неизвестна	+	+				Р
210 Duff & Smol	неизвестна	+			+	+	Р
212 Firsova & Likhoshway	неизвестна					+	Б
230 Firsova & Likhoshway	<i>Ochromonas</i> Vysotskii					+	Б
234 Duff et al.	<i>P. antarctica</i> Takahashi, <i>P.</i> <i>corynephora</i> Preisig and Hibberd, <i>P. vestita</i> (Stokes) De Saedeler		+			+	Р, Б
239 Duff et al.	неизвестна		+		+	+	Р
251 Firsova & Likhoshway	неизвестна					+	Б
297 Gilbert & Smol	неизвестна	+					Р, Лн
309 Firsova & Likhoshway	неизвестна	+					Б
314 Firsova & Likhoshway	неизвестна		+			+	Б
315 Firsova & Likhoshway	неизвестна			+			Б
319 Brown & Smol	неизвестна					+	Р, Б
334 Wilkinson & Smol	неизвестна					+	Р
336 Wilkinson & Smol	неизвестна				+	+	Р
347 Firsova & Likhoshway	неизвестна					+	Б
358 T & S	неизвестна			+		+	Р
*455 Firsova & Bessudova	неизвестна					+	Н
*456 Firsova & Bessudova	неизвестна			+			Н
*457 Firsova & Bessudova	неизвестна			+			Н
*458 Firsova & Bessudova	неизвестна				+		Н
*459 Firsova & Bessudova	неизвестна	+	+			+	Н
*460 Firsova & Bessudova	неизвестна				+		Н
*461 Firsova & Bessudova	неизвестна				+		Н
*462 Firsova & Bessudova	неизвестна	+	+	+	+		Н
*463 Firsova & Bessudova	неизвестна	+		+			Н
*464 Firsova & Bessudova	неизвестна	+					Н
*465 Firsova & Bessudova	неизвестна					+	Н
*466 Firsova & Bessudova	неизвестна					+	Н
*467 Firsova & Bessudova	неизвестна				+		Н
*468 Firsova & Bessudova	неизвестна			+			Н
*469 Firsova & Bessudova	неизвестна		+				Н
*470 Firsova & Bessudova	неизвестна					+	Н
*471 Firsova & Bessudova	неизвестна					+	Н
*472 Firsova & Bessudova	неизвестна					+	Н
*473 Firsova & Bessudova	неизвестна		+	+	+		Н
*474 Firsova & Bessudova	неизвестна			+			Н
*475 Firsova & Bessudova	неизвестна		+		+		Н
*476 Firsova & Bessudova	неизвестна					+	Н
*477 Firsova & Bessudova	неизвестна		+				Н
*478 Firsova & Bessudova	неизвестна			+	+	+	Н
*479 Firsova & Bessudova	неизвестна				+		Н
Всего		13	13	17	17	30	

Ниже приводятся описания обнаруженных в ходе исследований морфотипов.

Неорнаментированные стоматоцисты

Стоматоциста 001 Duff & Smol, 1988 em. Zeeb & Smol 1993 (рис. 1а)

Номер изображения: 15447_VA_S 001 D & S_*Paraphysomonas*_055

Локализация: Дагарское устье

Биологическая принадлежность: Морфотип может быть продуцирован несколькими видами рода *Paraphysomonas* (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Распространение: Морфотип сходен со Стоматоцистой 101 Firsova & Likhoshway, обнаруженной в планктоне и осадках оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008). Встречается в Канаде, США, центральной Европе, во мхах в заливе Стромнесс (Антарктида), в озерах Шпицбергена, альпийских озерах Австрии (Duff, Zeeb, Smol, 1995), в водоемах Пиреней (Pla, 2001), в Национальном парке Татра, Польша (Piątek, 2005), а также на юго-западе Гренландии (Pla, Andersen, 2005). Широко распространённый морфотип, встречается в широком диапазоне экологических условий (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Стоматоциста 189 Zeeb & Smol in Duff, Zeeb, Smol, 1995 (рис. 1b)

Биологическая принадлежность: неизвестна

Номер изображения: 15447_NA S 189 Z & S_034

Локализация: Дагарское устье

Ссылка: Морфотип сходен со Стоматоцистой 103 Firsova & Likhoshway из планктона и осадков оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006). Встречается в России (оз. Телецкое, рис. 3(1), Bazhenova, Mitrofanova, Shakhoval, 2012), Канаде, США (Duff, Zeeb, Smol, 1995), оз. Ллебрета, Пиренеи (Pla, 2001), в провинции Синьцзян, Китай (Pang, Wang, 2017), Болгарии и Польше (Wołowski, Cabała, Zeeb, 2004; Buczko, Wojtal, 2005; Piątek, Piątek, 2005; Piątek, 2006; Piątek, Piątek, 2008). Стоматоциста характерна для щелочных, олиготрофных вод (Duff, Zeeb, Smol, 1995), а также встречается в широком диапазоне экологических условий.

Стоматоциста 455 nov. Firsova & Bessudova (рис. 1c)

Биологическая принадлежность: Эта стоматоциста может быть продуцирована несколькими видами рода *Paraphysomonas* De Saedeleer, а также видами *Chrysolepidomonas dendrolepidota* Peters & Andersen и *Cryosphaerella brevispina* Korshikov emend. Harris et Bradly (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Номер изображения: 15447_NA S nov 455 F & B_045

Локализация: Дагарское устье

СЭМ-описание: Стоматоциста гладкая или немного шероховатая неправильной формы (диаметр 5,8 мкм) без воротничка. Пора коническая (диаметр 0,6 мкм; соотношение диаметра поры к диаметру цисты = 0,10).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистами 9, 15, 46, Duff & Smol (Duff, Zeeb, Smol, 1995), но отличается неправильной формой.

Стоматоциста 456 nov. Firsova & Bessudova (рис. 1d)

Номер изображения: 15449_VA_S nov 456 F & B_044

Локализация: р. Верхняя Ангара

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста гладкая или немного шероховатая, приплюснутой формы (диаметр 7,7 мкм; длина 7 мкм), без воротничка. Пора крупная, глубоко коническая (диаметр 1,5 мкм; соотношение диаметра поры к диаметру цисты = 0,19).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 127 Firsova & Likhoshway из осадков оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006) и Стоматоцистой 41 Piątek (Piątek, 2007), но отличается более мелкими размерами.

Стоматоциста 049 Duff & Smol, 1991 em. Zeeb & Smol 1993 (рис. 1e)

Номер изображения: 15449_VA_S 049 D & S *Chryosphaerella longispina*_053

Локализация: р. Верхняя Ангара

Биологическая принадлежность: Эта стоматоциста продуцирована видом *Chryosphaerella longispina* Lauterborn (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 130 Firsova & Likhoshway из планктона и осадков оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008), Стоматоцистами 42, 48 и 120 Duff & Smol (Duff, Zeeb, Smol, 1995). Данный морфотип идентифицирован в Польше как *cysta globata* Nygaard (Rybak, 1986), включая Стоматоцисты 42 и 49 (по: Duff, Zeeb, Smol, 1995), в дальнейшем он отмечен как Стоматоциста 49 и другими авторами (Cabała, 2002; Piątek, 2005; Piątek, Piątek, 2005; Piątek, 2007; Piątek, Piątek, 2008). Морфотип встречался также в Канаде, США, Польше (Duff, Zeeb, Smol, 1995) и в Ладожском озере (Voloshko, 2016). Стоматоциста встречается как в кислых, так и в щелочных водах, поэтому характеризуется как pH-индифферент (Duff, Zeeb, Smol, 1995). Обнаруживается также в широком диапазоне экологических условий.

Стоматоциста 457 nov. Firsova & Bessudova (рис. 1f)

Биологическая принадлежность: неизвестна

Номер изображения: 15449_VA_S 457 nov F & B_010

Локализация: р. Верхняя Ангара

СЭМ-описание: Стоматоциста гладкая или слегка шероховатая, немного неправильной формы (диаметр 6,3 мкм). Пора коническая (диаметр 0,5 мкм; соотношение диаметра поры к диаметру цисты = 0,08). Вокруг поры небольшое вздутие, напоминающее неполный воротничок с отверстием (диаметр 0,2 мкм).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 123 Duff & Smol in Duff et al., 1992, однако отличается формой цисты и орнаментацией.

Стоматоциста 459 nov. Firsova & Bessudova (рис. 1g)

Номер изображения: 15451_VA_S 459 nov F & B_011

Локализация: Среднее устье

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста гладкая, сферической формы (диаметр 7,4 мкм). Пора цилиндрическая (диаметр 0,8 мкм; соотношение диаметра поры к диаметру цисты = 0,11). Вокруг поры широкий (ширина 0,7 мкм) плоский аннулюс.

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 109 Firsova & Likhoshway из осадков оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006), но отличается формой аннулюса; сходен со Стоматоцистой X2 Pang & Wang из провинции Синьцзянь, Китай (Pang, Wang, 2017), но отличается более мелкими размерами цисты и формой аннулюса.

Стоматоциста 149 Zeeb & Smol, 1993 (рис. 1h)

Локализация: р. Кичера, Дагарское устье

Биологическая принадлежность: неизвестна

Номер изображения: 15448_NA_S 149 Z & S_037

Ссылки: Встречается в Канаде (cysta 6, Rybak et al., 1987; cysta 20, Rybak et al., 1991) и США (cysta 8, Sandgren, Carney, 1983) (по: Duff, Zeeb, Smol, 1995), а также обнаружена в поверхностных осадках Пиренейских озер (Pla, 2001). Стоматоциста встречается в неглубоких, слабокислых и щелочных водоемах, характеризуется как индикатор мезотрофных вод, имеет высокую положительную корреляции к общему фосфору (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Стоматоциста 358 Taylor & Smol, 1997 (рис. 1i)

Локализация: р. Верхняя Ангара

Биологическая принадлежность: неизвестна

Номер изображения: 15449_VA_S358 T & S_063

Ссылки: Встречается в Канаде, в Южной Джорджии (Великобритания) (category 3, Van de Vijver, Beyens, 1997) и в центральной Европе (cysta 3, Facher, Schmidt, 1996) (по: Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001). Стоматоциста характерна для неглубоких, до 10 м, щелочных и мезотрофных вод (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001).

Стоматоциста 234 Duff, 1995 (рис. 1j)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_NA cysta S 51 D & S_012

Биологическая принадлежность: Некоторые виды рода *Paraphysomonas* продуцируют цисты такого морфотипа, например *P. antarctica* Takahashi, *P. corynephora* Preisig & Hibberd и *P. vestita* (Stokes) De Saedeler (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 120 Firsova & Likhoshway из планктона и осадков оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008). Встречалась в Канаде, Дании (cysta *modica* Nygaard, 1956), США (cysta *modica*, stomatocysta 53, Carney, Sandgren, 1983 – по: Duff, Zeeb, Smol, 1995; Wołowski, Piątek, Płachno, 2011), в поверхностных осадках Пиренейских озер (Pla, 2001) и в заливе Стромнесс, Антарктида (Van de Vijver, Beyens, 2000). Стоматоциста встречается в широком диапазоне экологических условий (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Стоматоциста 123 Duff & Smol in Duff et al., 1992 (рис. 1k)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_NA S123 D & S_Synura curtispina_027

Биологическая принадлежность: Предположительно продуцирована видом *Synura curtispina* (Petersen et Hansen) Asmund (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 107 Firsova & Likhoshway из планктона и осадков оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008). Встречалась в Канаде, Гренландии (Duff, Zeeb, Smol, 1995) и Польше (Wołowski, Piątek, Płachno, 2013). Стоматоциста встречалась в мелких арктических водоемах с высокой электропроводностью (Duff, Zeeb, Smol, 1995), но также обнаружена в глубоких олиготрофных водах (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008) и мелких водоемах (Wołowski, Piątek, Płachno, 2013).

Стоматоциста 460 nov. Firsova & Bessudova (рис. 1l)

Локализация: р. Кичера

Номер изображения: 15448_NA_S 460 nov_003

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста гладкая, вытянутой овальной формы (диаметр 4,3 мкм; длина 8,6 мкм), состоящая из двух округлых частей (слегка расширяющихся). Воронничок цилиндрический диаметром 1,3 мкм, высотой 0,3 мкм.

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

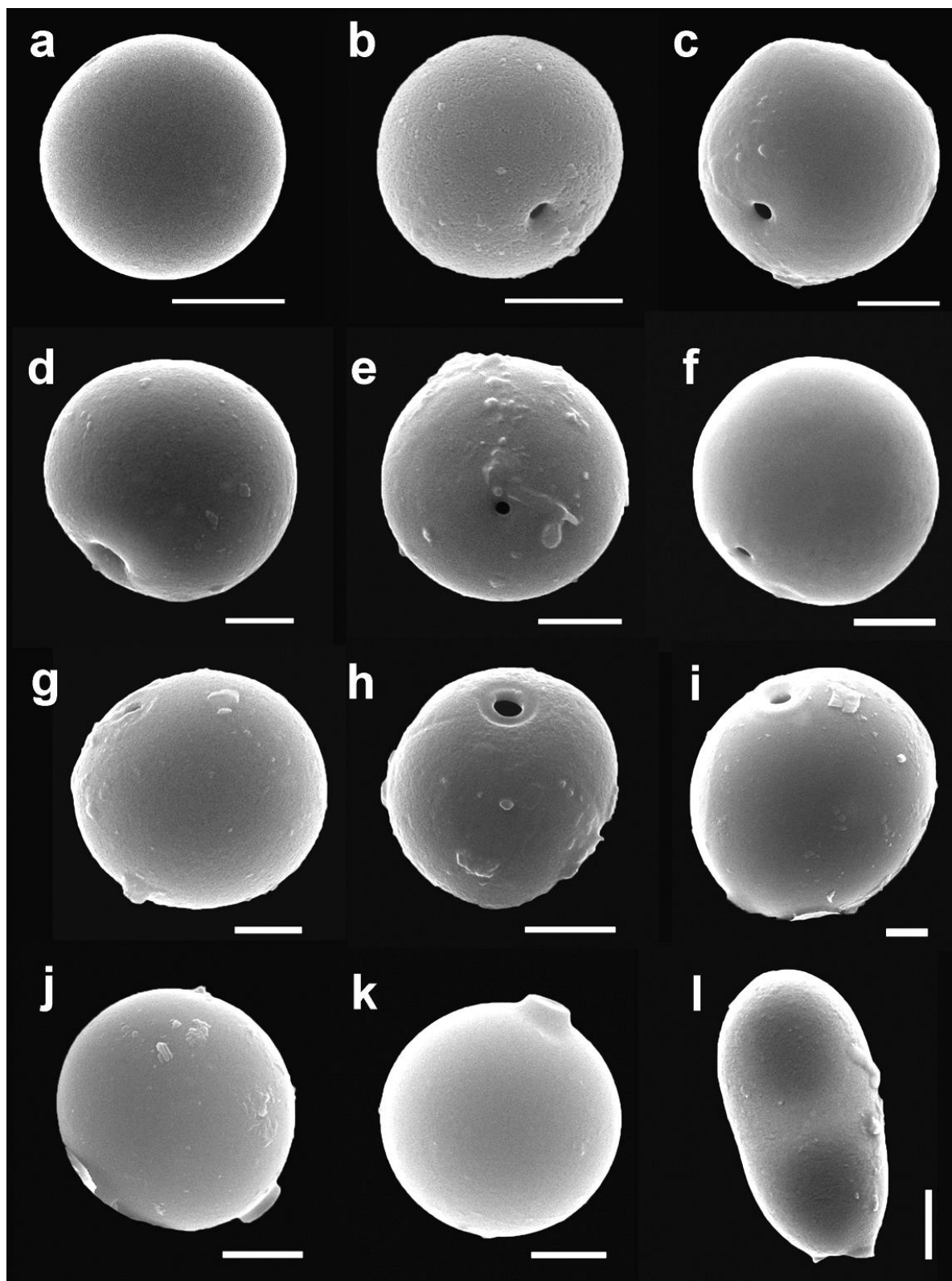


Рис. 1. Неорнаментированные стоматоцисты хризифитовых:

a – Стоматоциста 1 Duff & Smol *emend.* Zeeb & Smol; b – Стоматоциста 189 Zeeb & Smol; c – Стоматоциста 455 nov. Firsova & Bessudova; d – Стоматоциста 456 nov. Firsova & Bessudova; e – Стоматоциста 049 Duff & Smol; f – Стоматоциста 457 nov. Firsova & Bessudova; g – Стоматоциста 459 nov. Firsova & Bessudova; h – Стоматоциста 149 Zeeb & Smol; i – Стоматоциста 358 Taylor & Smol; j – Стоматоциста 234 Duff; k – Стоматоциста 123 Duff & Smol; l – Стоматоциста 460 nov. Firsova & Bessudova. Масштаб – 2 мкм

Стоматоциста 153 Zeeb & Smol, 1993 (рис. 2a)**Локализация:** Дагарское устье**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Номер изображения:** 15447_VA_S 153 Z & S_cysta_004

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 128 Duff & Smol, 1992 (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001), отличаюсь строением воротничка. Стоматоциста встречается в Канаде и США (Duff, Zeeb, Smol, 1995; Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001). В палеолимнологических исследованиях этот морфотип имел наибольшую численность (приблизительно 10 % от общего числа стоматоцист) в постледниковье, которая снижается с начала голоцена (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Стоматоциста 181 Brown & Smol in Brown et al., 1994 (рис. 2b)**Локализация:** р. Кичера**Номер изображения:** 15448_NA_S aff 181 B & S_004

Биологическая принадлежность: Морфотип может быть продуцирован подвидом *Paraphysomonas vestita* ssp. *truncata* (Coradeghini, Vigna, 2008)

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 47 Coradeghini & Vigna (Coradeghini, Vigna, 2008), немного отличаюсь строением воротничка. Стоматоциста встречается в Гренландии, Канаде, США (Duff, Zeeb, Smol, 1995; Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001) и Польше (Cabała, Piątek, 2004; Piątek, 2006, 2007; Piątek, Piątek, 2008).

Стоматоциста 121 Firsova & Likhoshway (рис. 2c)**Локализация:** р. Верхняя Ангара**Номер изображения:** 15449_VA_S 121 F _039**Биологическая принадлежность:** неизвестна

Ссылки: Стоматоциста встречается в планктоне и осадках оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008).

Стоматоциста 135 Duff & Smol in Duff et al., 1992 (рис. 2d)**Локализация:** Среднее устье**Номер изображения:** 15451_VA_SP_S135 D & S_Uroglena_011

Биологическая принадлежность: Неизвестна, но некоторые виды рода *Uroglena* продуцируют морфотипы такого типа, например, *U. notabilis* Mack, *U. lindiae* Boyrrelly, *U. soniaca* Conrad (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Ссылки: Стоматоциста широко распространена по всему миру. Встречается в водоемах США, Канады, Дании, Испании, Аргентины, Италии, на Кергеленских островах в Индийском океане (Duff, Zeeb, Smol, 1995; Wołowski, Piątek, Płachno, 2011), в Польше (Cabała, Piątek, 2004; Piątek, Piątek, 2008) и в провинции Синьцзянь, Китай (Pang, Wang, 2017). Стоматоциста часто встречалась в мелких арктических, а также щелочных водоемах, (Duff, Zeeb, Smol, 1995), однако толерантна к широкому диапазону pH и других экологических условий.

Орнаментированные стоматоцисты**Стоматоциста 462 nov. Firsova & Bessudova** (рис. 2e)**Локализация:** р. Верхняя Ангара, Душкочанское и Среднее устья**Номер изображения:** 15451_VA_S nov 462_022**Биологическая принадлежность:** неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста гладкая, сферической формы (диаметр 5-5,5 мкм). Пора простая (диаметр 0,5 мкм), без аннулуса. Соотношение диаметра поры к диаметру цисты = 0,10. Около поры находится небольшое вздутие (диаметр 0,9 мкм) со сквозным отверстием, диаметром 0,2-0,3 мкм.

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист сходный морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 461 nov. Firsova & Bessudova (рис. 2f)**Локализация:** р. Кичера**Номер изображения:** 15448_NA_S 460 nov_003**Биологическая принадлежность:** неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста сферической формы (диаметр 6,4 мкм). Пора (диаметр 0,8 мкм) окружена небольшим плоским аннулусом (ширина 0,4 мкм). Соотношение диаметра поры к диаметру цисты = 0,12. Воротничок короткий конический диаметром 1,7 мкм, высотой 0,3 мкм. Вся поверхность цисты покрыта очень мелкими шипами (более 100), расположенными беспорядочно.

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

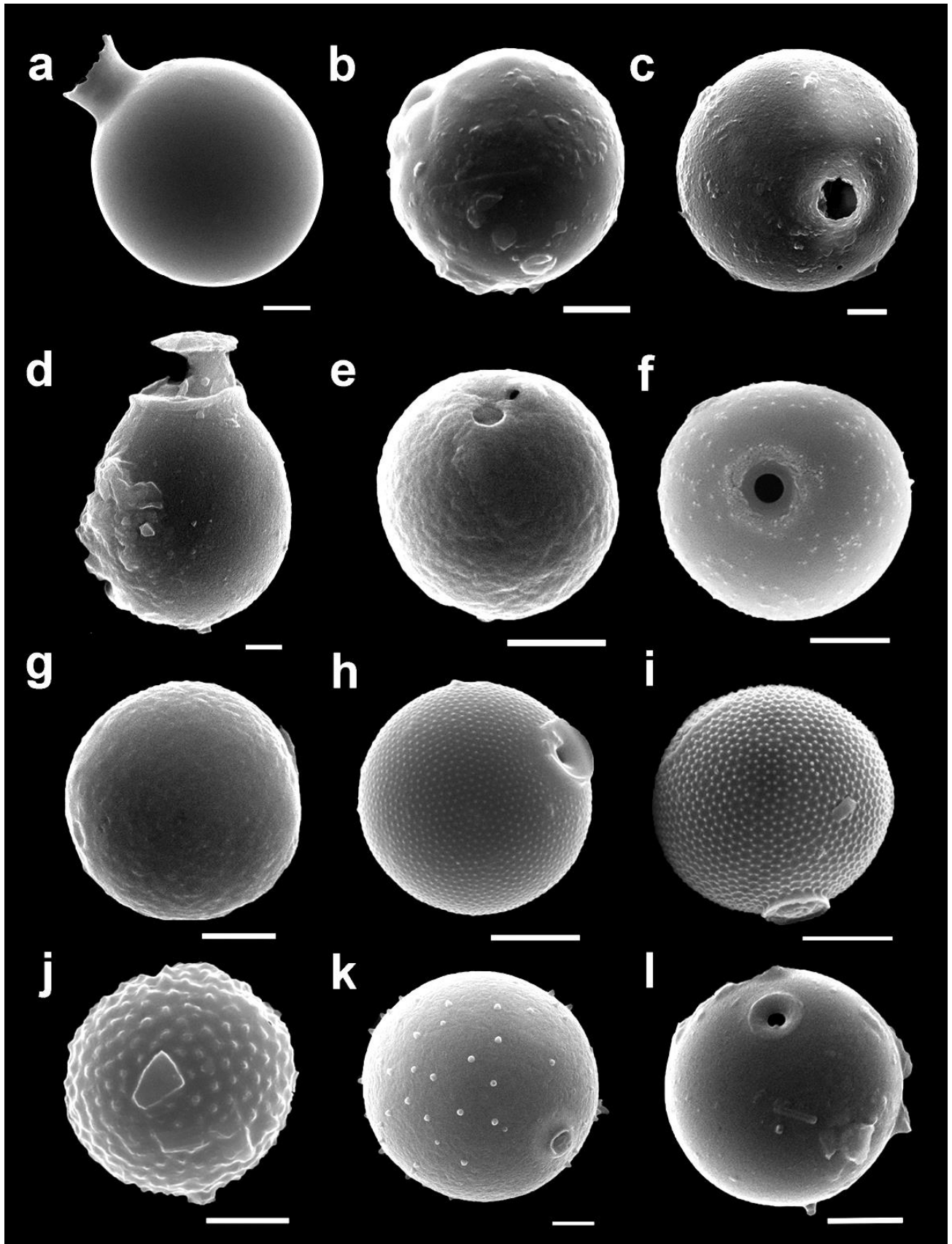


Рис. 2. Неорнаментированные (a-d) и орнаментированные стоматоцисты хризофитных (e-l):

a – Стоматоциста 153 Zeeb & Smol; b – Стоматоциста 181 Brown & Smol; c – Стоматоциста 121 Firsova & Likhoshway; d – Стоматоциста 135 Duff & Smol; e – Стоматоциста 462 nov. Firsova & Bessudova; f – Стоматоциста 461 nov. Firsova & Bessudova; g – Стоматоциста 463 nov. Firsova & Bessudova; h – Стоматоциста 117 Zeeb & Smol; i – Стоматоциста 178 Zeeb & Smol; j – Стоматоциста 210 Duff & Smol; k – Стоматоциста 465 nov. Firsova & Bessudova; l – Стоматоциста 469 nov. Firsova & Bessudova. Масштаб – 2 мкм

Стоматоциста 463 nov. Firsova & Bessudova (рис. 2g)**Локализация:** Среднее устье**Номер изображения:** 15451_VA_SP_S 463 aff 067 D & S_032**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Стоматоциста неровной формы (диаметр 6,4 мкм). Пора простой формы (диаметр 0,6 мкм). Вся поверхность стоматоцисты равномерно покрыта мелкими шиповатыми и шероховатыми выростами (более 100).**Ссылки:** Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.**Стоматоциста 117 Zeeb et al., 1990** (рис. 2h)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_VA aff S117 Z_028**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Ссылки:** Встречается в Канаде, США (type 44, Manhood & Adam, 1979; type 54, 98 и 99, Adam & Manhood, 1979 – по: Duff, Zeeb, Smol, 1995), в Польше (Duff, Zeeb, Smol, 1995; Cabała, Piątek, 2004) и на Азорских островах (Hansen, 2001 – по: Cabała, Piątek, 2004). Стоматоциста характерна как для слабокислых, так и для нейтральных, продуктивных вод Британской Колумбии, Канада (Duff, Zeeb, Smol, 1995). В Польше этот морфотип был отмечен в горном озере Staw Torogowy Nizni при pH 5,0 и кондуктивности 42 μ S (Cabała, Piątek, 2004).**Стоматоциста 178 Zeeb & Smol, 1993** (рис. 2i)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_NA S 178 Z & S_040**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Ссылки:** Встречается в поверхностных осадках Южного Байкала (Стоматоциста 10 Vorobyova et al.; Vorobyova et al., 1996), в Канаде (cysta 32, Rybak et al., 1991), США (cysta 30, Sandgren, Carney, 1983 – по: Duff, Zeeb, Smol, 1995), Швеции (Cronberg, 1986), в водоемах Пиреней (Pla, 2001), в Польше (cysta 6, Rybak, 1987 – по: Duff, Zeeb, Smol, 1995; Cabała, Piątek, 2004) и в Ладожском озере (Voloshko, 2016). Стоматоциста встречается в водоемах со значением pH от слабокислой до нейтральной (Duff, Zeeb, Smol, 1995), в Польше этот морфотип был отмечен в горном озере Staw Torogowy Nizni при pH 5,0 и кондуктивности 42 μ S (Cabała, Piątek, 2004).**Стоматоциста 210 Duff & Smol, 1994** (рис. 2j)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_VA S 210 D&S_031**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Ссылки:** Встречается в Канаде (cysta 34, Rybak et al., 1991), США (type 98 и 96, Adam & Manhood, 1979; cysta 6, Carney et al., 1992), в Польше (cysta 7 и 8, Rybak, 1987; Duff, Zeeb, Smol, 1995; Cabała, Piątek, 2004), арктических озерах юго-западной Гренландии (Pla, Andersen, 2005) и на станции Стромнесс в Антарктике (Стоматоциста 65, Van de Vijver, Veuens, 2000). Стоматоциста была изначально описана как индикатор олиготрофных вод, ацидофил и pH-индифферент (Rybak, 1987), была отнесена к индикаторам эвтрофных вод и алкалофилам (Duff, Zeeb, Smol, 1995). Дальнейшие исследования показали, что она встречается в широком диапазоне pH и кондуктивности (Pla, Andersen, 2005).**Стоматоциста 465 nov. Firsova & Bessudova** (рис. 2k)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_VA S nov 465 F_042**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Стоматоциста сферической формы (диаметр 10,6 мкм). Воротничок конический, с острым апексом (диаметр 1,9 мкм; высота 0,4 мкм). Экваториальная и задняя часть стоматоцисты регулярно покрыта небольшими шипами (60-80; высота шипов 0,3 мкм).**Ссылки:** Морфотип сходен со Стоматоцистой 166 Zeeb & Smol, 1993 (Duff, Zeeb, Smol, 1995), но отличается формой воротничка, более мелкими размерами шипов и более разреженным их расположением.**Стоматоциста 469 nov. Firsova & Bessudova** (рис. 2l)**Локализация:** Душкачанское устье**Номер изображения:** 15450_VA_S nov 469_020**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Стоматоциста сферической формы (диаметр 7,7 мкм) со скошенным внутрь краем и простой порой (диаметр 0,4 мкм). Воротничок очень короткий, цилиндрический (диаметр 1,5 мкм; высота 0,2 мкм). Задняя часть стоматоцисты орнаментирована шипами (5-10; высота 0,1-0,3 мкм).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 262 Zeeb & Smol in Zeeb et al., 1996 (по: Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001), отличаясь размерами цисты и длиной шипов.

Стоматоциста 319 Brown & Smol in Brown et al., 1997 (рис. 3а)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_VA S 210 D & S_031

Биологическая принадлежность: неизвестна

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 153 Firsova & Likhoshway из оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006), но отличается более мелкими размерами и более короткими шипами. Эта стоматоциста встречалась в Канаде и центральной Европе (cysta 62, Facher, Schmidt, 1996 – по: Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001). Стоматоциста ранее была обнаружена в водах с повышенным содержанием азота при высокой температуре поверхностных вод, достигающей 18,2 °C (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001).

Стоматоциста aff. 334 Wilkinson & Smol, 1998 (рис. 3б)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_NA S aff 334 W & S_011

Биологическая принадлежность: неизвестна

Ссылки: Стоматоцисты, обнаруженные нами в Дагарском устье, немного крупнее описанных ранее морфотипа 334 Wilkinson & Smol (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001). Морфотип встречается в Канаде и Норвегии (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001). Стоматоциста характерна для нейтральных вод, обладает широким диапазоном тропности (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001).

Стоматоциста 171 Zeeb & Smol, 1993 (рис. 3с)

Локализация: р. Верхняя Ангара

Номер изображения: 15449_VA_S171 Z & S_030

Биологическая принадлежность: неизвестна

Ссылки: Встречается в Канаде (cysta 25, Rybak et al., 1987; cysta 53, Rybak et al., 1991), США (*cysta poliganata* Gritten, 1977), Польше (*cysta poliganata* Rybak et al., 1986) (Piątek, 2007), Дании (*cysta poliganata* Nygaard, 1956) (Duff, Zeeb, Smol, 1995), поверхностных осадках Пиренейских озер (Pla, 2001). Стоматоциста характеризуется как рН-индифферент (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Стоматоциста 076 Duff & Smol, 1993 (рис. 3д)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_NA S076_D & S_041

Биологическая принадлежность: неизвестна

Ссылки: Встречается в России (оз. Телецкое, рис. 3(11), Bazhenova, Mitrofanova, Shakhovai, 2012), Канаде (cysta 52, Rybak et al., 1991), США (type 170, Adam, Mehringer, 1980 – по: Duff, Zeeb, Smol, 1995), Гренландии (Pla, Andersen, 2005). Стоматоциста считается ацидофилом и рН-индифферентом (Duff, Zeeb, Smol, 1995), что подтверждается и другими исследованиями, например, в Гренландии она встречается в диапазоне рН 4,9-9,1 (Pla, Andersen, 2005).

Стоматоциста 471 nov. Firsova & Bessudova (рис. 3е)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_VA S 471_001

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста сферической формы (диаметр 6 мкм). Пора вдавленная (диаметр 0,4 мкм) Вороникок конический (диаметр 0,9 мкм; высота 0,3 мкм). На экваторе стоматоцисты расположены шипы (5-6; длина 1,6-2,5 мкм) с широким основанием (ширина у основания 0,8-1,5 мкм) и бородавчатыми выростами (5-8; высота 0,2-0,4 мкм).

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 472 nov. Firsova & Bessudova (рис. 3ф)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_VA S nov 472 F & B_007

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста сферической формы (диаметр 6,6 мкм). Пора простая (диаметр 0,8 мкм). На экваторе стоматоцисты расположены два крупных, заостренных или раздвоенных выроста (длина 1,9-2,1 мкм), с

широким основанием (ширина у основания 1,6-2 мкм). Передняя часть орнаментирована разрозненными бородавчатыми выростами (6-8; высота 0,2-0,4 мкм).

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

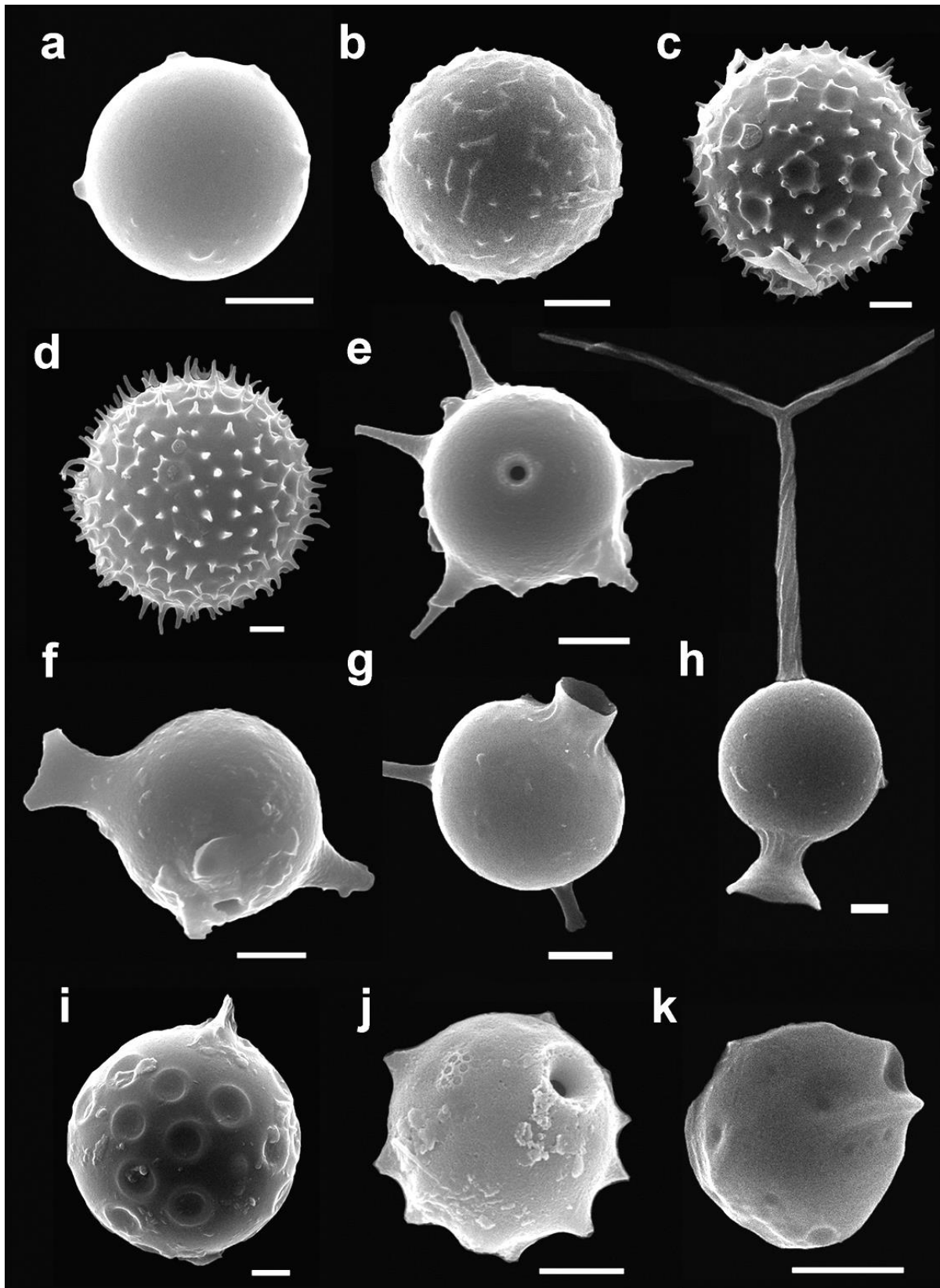


Рис. 3. Орнаментированные стоматоцисты хризифитовых:

a – Стоматоциста 319 Brown & Smol; b – Стоматоциста 334 Wilkinson & Smol; c – Стоматоциста 171 Zeeb & Smol; d – Стоматоциста 076 Duff & Smol; e – Стоматоциста 471 nov. Firsova & Bessudova; f – Стоматоциста 472 nov. Firsova & Bessudova; g – Стоматоциста 064 Duff & Smol; h – Стоматоциста 130 Duff & Smol; i – Стоматоциста 470 nov. Firsova & Bessudova; j – Стоматоциста 251 Firsova & Likhoshway; k – Стоматоциста 094 Duff & Smol. Масштаб – 2 мкм

Стоматоциста 064 Duff & Smol, 1991 (рис. 3g)**Локализация:** Среднее устье**Номер изображения:** 15451_VA_S064 D & S_021**Биологическая принадлежность:** неизвестна

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 42 Piątek, 2007 (Piątek, 2007), Стоматоцистой 114 Zeeb et al., 1990; Стоматоцистой 115 Zeeb et al., 1990; Стоматоцистой 218 Duff & Smol, 1994; Стоматоцистой 262 Zeeb & Smol in Zeeb et al., 1996; Стоматоцистой 80 Hansen, 2001; Стоматоцистой 41 Van de Vijver, 1997 (Duff, Zeeb, Smol, 1995), а также Стоматоцистой 12 Vilaclara, Cuna & Zeeb, 2005 (Vilaclara, Cuna, Zeeb, 2005). Встречается в Канаде (cysta 68, Rybak et al., 1991), США (type 94, Adam & Manhood, 1979), Дании (cysta *paucispinosa* Nygaard), Польше (по: Duff, Zeeb, Smol, 1995), в поверхностных осадках озера Литерола, Пиренеи (Pla, 2001) и центральной Мексике (Vilaclara, Cuna, Zeeb, 2005). Стоматоциста характеризуется как ацидофил (Duff, Zeeb, Smol, 1995), встречается в кислой и нейтральной среде (Pla, 2001; Vilaclara, Cuna, Zeeb, 2005).

Стоматоциста 130 Duff & Smol in Duff et al., 1992 (рис. 3h)**Локализация:** р. Верхняя Ангара**Номер изображения:** 15449_VA_S 130 D & S_ *Chrysococcus furcatus*_054

Биологическая принадлежность: Морфотип формируется видом *Chrysococcus furcatus* (Dolff) Nicholls (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Ссылки: Встречается в Канаде (Duff, Zeeb, Smol, 1995), США (types 143, 144 и 212, Adam, Manhood, 1980), Гренландии, Франции (*Chrysoastrella furcata* Bourrelly, 1957), Швеции (Duff, Zeeb, Smol, 1995), а также в водоемах Пиреней (Pla, 2001). Стоматоциста характерна для арктических, олиготрофных вод, встречается в широком диапазоне pH (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Стоматоциста 470 nov. Firsova & Bessudova (рис. 3i)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15449_VA_S 470_049**Биологическая принадлежность:** неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста сферической формы (диаметр 11,2 мкм). По всей поверхности стоматоцисты беспорядочно расположены округлые лакуны более-менее одинакового размера (1,4-1,6 мкм) с выступающим закругленным краем (ширина края 0,2-0,3 мкм).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 99 Duff & Smol, 1991 (Duff, Zeeb, Smol, 1995), а также Стоматоцистой 100 форма A Pla (Pla, 2001), отличается строением лакун и более мелкими размерами цисты.

Стоматоциста 251 Firsova & Likhoshway (рис. 3j)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_NA_S 251 F & L_054**Биологическая принадлежность:** неизвестна

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 5 форма A Duff & Smol, 1988, Стоматоцистой 232 Duff & Smol, 1994, Стоматоцистой 88 Duff & Smol, 1991 (Duff, Zeeb, Smol, 1995), но отличается от них строением воротничка, а также сходен со Стоматоцистой 2 Wołowski, Piątek & Płachno (Wołowski et al., 2011) и ST 179 De Jong & Kamenik (Baum, De Jong, Kamenik, 2010), отличается строением воротничка и шипов. Похожие морфотипы встречаются в водоемах Пиреней (Pla, 2001), а также в оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008).

Стоматоциста 094 Duff & Smol, 1991 (рис. 3k)**Локализация:** Среднее устье**Номер изображения:** 15451_VA_S 094 D & S_025**Биологическая принадлежность:** неизвестна

Ссылки: Встречается в Канаде (cysta 110 и cysta 117, Rybak et al., 1991), США (type 112, Adam & Manhood, 1979) (по: Duff, Zeeb, Smol, 1995). Стоматоциста характеризуется как ацидофил, предпочитает арктические и альпийские воды, толерантна к низким значениям pH и повышенным концентрациям алюминия, ассоциируется с эвтрофными водами (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Стоматоциста 464 nov. Firsova & Bessudova (рис. 4a)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_VA_S 464 aff *cysta equatorialis*_039**Биологическая принадлежность:** неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста сферической формы (диаметр 6,4 мкм). Пора простая (диаметр 0,4 мкм), окруженная плоским аннулюсом (ширина 0,2 мкм). Воротничок цилиндрический, с широким плоским апексом (ширина 0,5 мкм), воротничок по боковой стороне орнаментирован вмятинами правильной формы. Вся

поверхность стоматоцисты равномерно покрыта очень мелкими, вмятинами одинакового размера, образующими регулярный рисунок. По экватору цисты расположены 3-5 шипов (длина 0,2-1,2 мкм).

Ссылки: Морфотип сходен с *cysta equatorialis* (Gritten, 1977), но отличается строением воротничка.

Стоматоциста 473 nov. Firsova & Bessudova (рис. 4b)

Локализация: Душкачанское устье, р. Кичера

Номер изображения: 15450_VA_S nov 473_004

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста неправильной формы (диаметр 4,8-5,0 мкм). Орнаментирована крупными неровными вмятинами (0,6×2,4 мкм), расположенными по экватору. На передней части стоматоцисты расположены два шипа с широким основанием (высота 0,3-0,4 мкм; ширина основания 0,8-1,2 мкм).

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 466 nov. Firsova & Bessudova (рис. 4c)

Локализация: Среднее устье

Номер изображения: 15451_VA_S nov 466 F & B_010

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста яйцевидной, неправильной формы (диаметр 5,1 мкм). Пора простая (диаметр 0,5 мкм). Вся поверхность стоматоцисты неравномерно покрыта небольшими бородавчатыми выростами (более 60; диаметр и высота 0,1-0,2 мкм)

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 467, nov. Firsova & Bessudova (рис. 4d)

Локализация: р. Кичера

Номер изображения: 15448_NA_S nov 467_030

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста овальной формы (диаметр 5,6 мкм; длина 6,2 мкм). Воротничок обратноточилрический, немного расширяющийся кверху (диаметр у основания и у апекса соответственно 1,2 и 1,5 мкм; высота 1,1 мкм) с неровным, бугристым или шиповатым апексом. Вся поверхность стоматоцисты неравномерно покрыта бородавчатыми выростами (0,1-0,3 мкм).

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 468 nov. Firsova & Bessudova (рис. 4e)

Локализация: р. Верхняя Ангара

Номер изображения: 15449_VA_S nov 468 F & B_017

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста овальной формы (диаметр 8,7-9,0 мкм). Воротничок цилиндрический, немного расширяющийся кверху (диаметр у основания и у апекса соответственно 1,8 и 2,1 мкм; высота 0,5 мкм), с округлым апексом (ширина апекса 0,5 мкм). Задняя часть стоматоцисты неравномерно покрыта бородавчатыми выростами (около 10; 0,1-0,2 мкм) и неровными небольшими вмятинами.

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 458 nov. Firsova & Bessudova (рис. 4f)

Локализация: р. Кичера

Номер изображения: 15448_VA_S nov 458 F & B_015

Биологическая принадлежность: неизвестна

СЭМ-описание: Стоматоциста неровной формы, немного приплюснутая с полюсов (диаметр 5,4 мкм; длина 4,6 мкм). Пора неправильной формы (диаметр 1,2 мкм). Вокруг поры расположены широкие бородавчатые выросты (5-10) и вмятины неровной формы (1-2; диаметр 0,3-0,5 мкм).

Ссылки: Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 347 Firsova, 2006 (рис. 4g)

Локализация: Дагарское устье

Номер изображения: 15447_VA_KP_cysta 347_002

Биологическая принадлежность: неизвестна

Ссылки: Встречается в планктоне оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008; Firsova, Bessudova, Likhoshway, 2017).

Стоматоциста 314 Firsova & Likhoshway, 2006 (рис. 4h)

Локализация: Душкачанское устье

Номер изображения: 15450_VA_S 314 F & L_029

Биологическая принадлежность: неизвестна

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 3 Wołowski, Piątek & Płachno (Wołowski et al., 2011), а также Стоматоцистой 323 Brown & Smol in Brown et al., 1997 (Wołowski et al., 2011), но отличается формой выростов. Стоматоциста встречается в планктоне оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008).

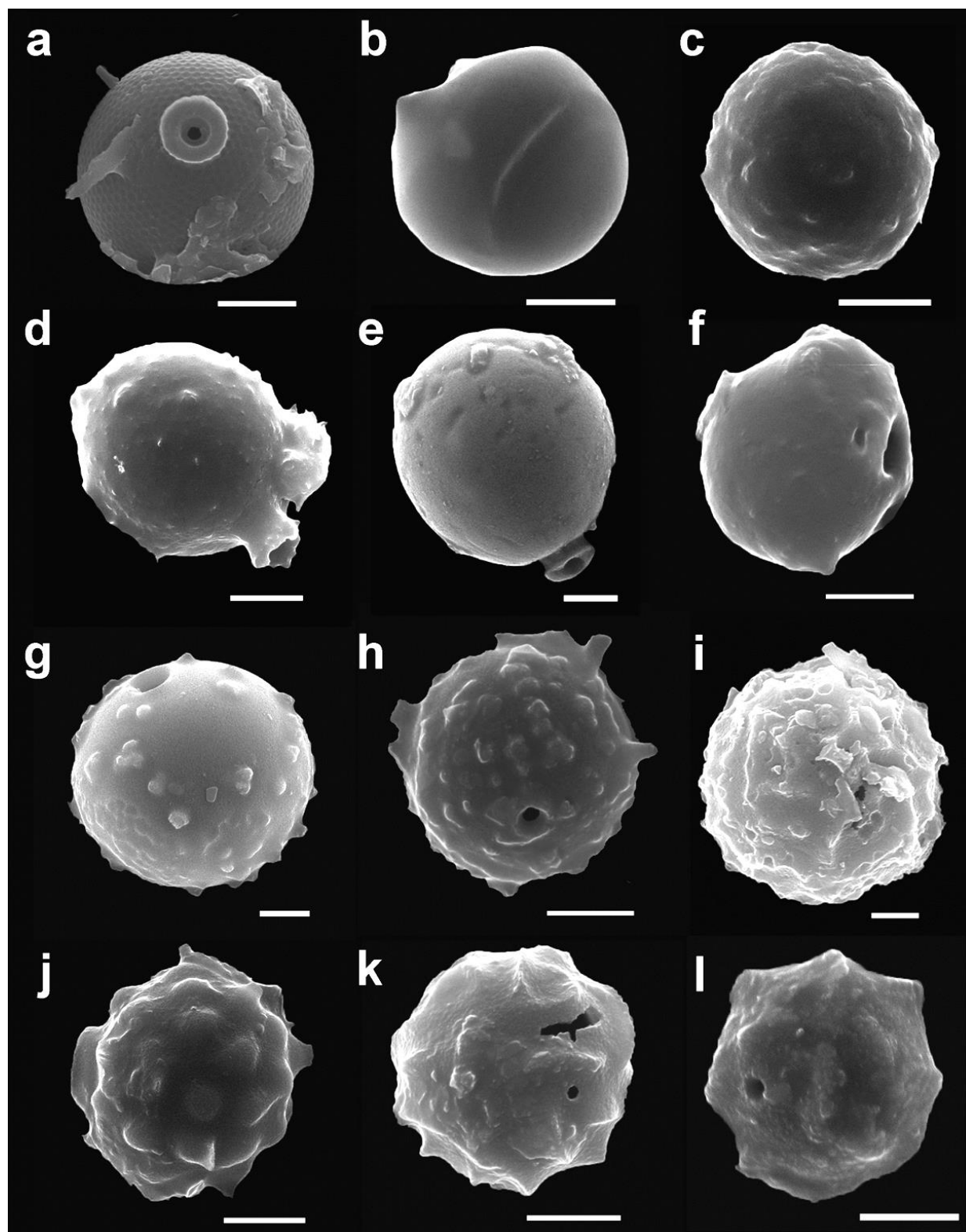


Рис. 4. Орнаментированные стоматоцисты хризифитовых:

a – Стоматоциста 464 nov. Firsova & Bessudova; b – Стоматоциста 473 nov. Firsova & Bessudova; c – Стоматоциста 466 nov. Firsova & Bessudova; d – Стоматоциста 467 nov. Firsova & Bessudova; e – Стоматоциста 468 nov. Firsova & Bessudova; f – Стоматоциста 458 nov. Firsova & Bessudova; g – Стоматоциста 347 Firsova & Likhoshway; h – Стоматоциста 314 Firsova & Likhoshway; i – Стоматоциста 212 Firsova & Likhoshway; j – Стоматоциста 479 nov. Firsova & Bessudova; k-l – Стоматоциста 475 nov. Firsova & Bessudova. Масштаб – 2 мкм

Стоматоциста 212 Firsova & Likhoshway, 2006 (рис. 4i)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_VA_S212 F & L_002**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Ссылки:** Морфотип сходен со Стоматоцистой H34 Firsova из осадков оз. Хубсугул (Firsova, Vorobyova, Likhoshway, 2012), отличаясь более мелкими размерами цисты и строением выростов. Встречается в осадках Академического хребта оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006).**Стоматоциста 479 nov. Firsova & Bessudova** (рис. 4j)**Локализация:** р. Кичера**Номер изображения:** 15448_VA_S_479 aff H22 F_022**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Стоматоциста немного приплюснутой с полюсов формы (диаметр 5,5 мкм; длина 5 мкм). Воротничок цилиндрический или конический (высота 0,6 мкм; диаметр 2 мкм). Вся поверхность стоматоцисты орнаментирована куполообразными выростами (диаметр у основания 0,7-1 мкм; высота 0,2-0,3 мкм), округлыми у основания и гребнеобразными или шиповатыми кверху (высота выростов 0,3; длина гребней 0,4-0,5 мкм).**Ссылки:** Морфотип сходен со Стоматоцистой H22 Firsova из осадков верхнего плейстоцена и голоцена оз. Хубсугул (Firsova, Vorobyova, Likhoshway, 2012), отличаясь более мелкими выростами.**Стоматоциста 475 форма А, В nov. Firsova & Bessudova** (рис. 4k, l)**Локализация:** р. Кичера, Душкачанское устье**Номер изображения:** 15448_VA_S nov 475 aff 239_025; 15450_VA_S 475B aff 239_011**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Мелкая стоматоциста сферической формы (диаметр 4,3-4,7 мкм) с маленькой простой порой (диаметр 0,3 мкм). Форма В отличается от формы А выступом вокруг поры (высота 0,1 мкм), напоминающим воротничок. Вся поверхность стоматоцисты орнаментирована короткими гребнями с широким основанием (длина 0,7-1,3 мкм; высота 0,2-0,3 мкм).**Ссылки:** Морфотип сходен со Стоматоцистой 239 Duff et al., 1995 (Duff, Zeeb, Smol, 1995), но отличается очень мелкой порой и более крупными гребнями.**Стоматоциста 239 Duff, Zeeb, Smol, 1995** (рис. 5a)**Локализация:** р. Кичера**Номер изображения:** 15448_VA_S 239 D et al_024**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Ссылки:** Встречается в Канаде, США (types 113, 117, Adam, Manhood, 1979 – по: Duff, Zeeb, Smol, 1995). Эта стоматоциста была найдена в озере, сформированном в результате вулканической деятельности (Smith, White, 1986 – по: Duff, Zeeb, Smol, 1995).**Стоматоциста 476 nov. Firsova & Bessudova** (рис. 5b)**Локализация:** р. Кичера**Номер изображения:** 15448_VA_S 476_008**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Мелкая стоматоциста сферической формы (диаметр 4,7 мкм) с простой порой (диаметр 0,7 мкм). На передней части стоматоцисты расположено несколько коротких гребней (2-3; длина 0,6-0,8 мкм; высота 0,1-0,2 мкм), окруженных 2-3 удлинёнными (длина 1,6-3 мкм; высота 0,1-0,2 мкм). Задняя и экваториальная части стоматоцисты орнаментированы широкими шипами (около 20; высота 0,2 мкм; ширина у основания 0,2-0,4) и короткими гребнями (около 10; длина 0,3-1,2 мкм; высота 0,1 мкм).**Ссылки:** Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.**Стоматоциста 477 nov. Firsova & Bessudova** (рис. 5c)**Локализация:** Душкачанское устье**Номер изображения:** 15450_VA_S nov 477_029**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Стоматоциста сферической формы (диаметр 6,9 мкм). Воротничок цилиндрический (высота 0,5 мкм; диаметр 0,8 мкм) с беспорядочными выростами по его боковой части. По всей поверхности стоматоцисты меридионально расположены длинные (1-2; длина 1,7-3,5 мкм) и короткие (около 10; длина 0,5-0,8 мкм, высота 0,1-0,2 мкм) гребни. На задней части небольшие шипы (5-7; ширина у основания 0,3-0,4 мкм; высота 0,2 мкм).**Ссылки:** Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Стоматоциста 474 nov. Firsova & Bessudova (рис. 5d)**Локализация:** р. Верхняя Ангара**Номер изображения:** 15449_VA_S nov 474_061**Биологическая принадлежность:** неизвестна

ЭМ-описание: Мелкая стоматоциста сферической формы (диаметр 4,2 мкм) с крупной вдавленной порой (диаметр 1,3 мкм). Вся поверхность стоматоцисты орнаментирована мелкими короткими гребнями (более 60; длина 0,3-0,6 мкм; высота 0,1 мкм), расположенными разнонаправленно.

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 111 Zeeb et al., 1990 (Duff, Zeeb, Smol, 1995), но отличается отсутствием воротничка и мелкими размерами цисты.

Стоматоциста 315 Firsova & Likhoshway, 2006 (рис. 5e)**Локализация:** р. Верхняя Ангара**Номер изображения:** 15449_VA_S 315 F & L_034**Биологическая принадлежность:** неизвестна

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 111 Zeeb et al., 1990 (Duff, Zeeb, Smol, 1995). Встречалась в планктоне Южного Байкала (Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008).

Стоматоциста 111 Zeeb et al., 1990 (рис. 5f)**Локализация:** р. Кичера**Номер изображения:** 15448_VA_S 111 D et al_Sp. trioralis_040

Биологическая принадлежность: *Spiniferomonas trioralis* (Takahashi) Preisig et Hibberd (Duff, Zeeb, Smol, 1995).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 16 Vorobyova et al. и Стоматоцистой 223 Firsova & Likhoshway из планктона и осадков оз. Байкал (Vorobyova et al., 1996; Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova, Bessudova, Likhoshway, 2017). Встречалась в Канаде (cysta 27, Rybak et al., 1987, cysta 105, Rybak et al., 1991; stomatocysta 7, Duff & Smol, 1988), США (cysta 34, Sandgren, Carney, 1983; cysta *vermicularis*, Carney, Sandgren, 1983, Дании (cysta *vermicularis* Nygaard, 1956), Польше как cysta *vermicularis* Rybak, 1986 (по: Duff, Zeeb, Smol, 1995) и как cysta 22 Rybak, 1987 (Rybak, 1987), в поверхностных осадках Пиренейских озер (Pla, 2001), а также в Ладожском озере (Voloshko, 2016). Формирование цист приурочено к ранней весне. В палеолимнологических исследованиях данные стоматоцисты выступают в качестве показателя эвтрофии вод (Duff, Zeeb, Smol, 1995). Стоматоциста встречается в широком диапазоне экологических условий.

Стоматоциста 336 Wilkinson & Smol, 1998 (рис. 5g)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_NA_S aff 336_018**Биологическая принадлежность:** неизвестна

Ссылки: Встречается в Канаде, США (type 115, Rybak et al., 1991; type 114, Adam & Manhood, 1979) и Коста-Рике (неидентифицированный морфотип 19, Zeeb et al., 1996 – по: Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001). Стоматоциста характеризуется как рН-индифферент (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001).

Стоматоциста 297 Gilbert & Smol in Gilbert et al., 1997 (рис. 5h)**Локализация:** Среднее устье**Номер изображения:** 15451_VA_S aff 297_G & S_006**Биологическая принадлежность:** неизвестна

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 405 Pla (Pla, 2001), отличаясь строением воротничка. Встречался в осадках р. Лена, (Россия) и Норвегии в образцах из отступающего субарктического ледника (cysta 11 Van de Vijver & Beyens, 1997) (Wilkinson, Zeeb, Smol, 2001).

Стоматоциста 230 Firsova & Likhoshway, 2006 (рис. 5i)**Локализация:** Дагарское устье**Номер изображения:** 15447_VA_S 230/226 D_038

Биологическая принадлежность: Эта стоматоциста может быть продуцирована видами рода *Ochromonas* (Duff, Zeeb & Smol, 1995).

Ссылки: Морфотип сходен со Стоматоцистой 226 Duff & Smol, 1994 (Duff, Zeeb, Smol, 1995; Pla, 2001), отличаясь большей плотностью расположения гребней и большей высотой воротничка, а также сходен со Стоматоцистой 229 Firsova & Likhoshway из оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006), отличаясь величиной гребней и более плотным их расположением. Этот морфотип встречался в осадках Северного Байкала (Firsova, Likhoshway, 2006).

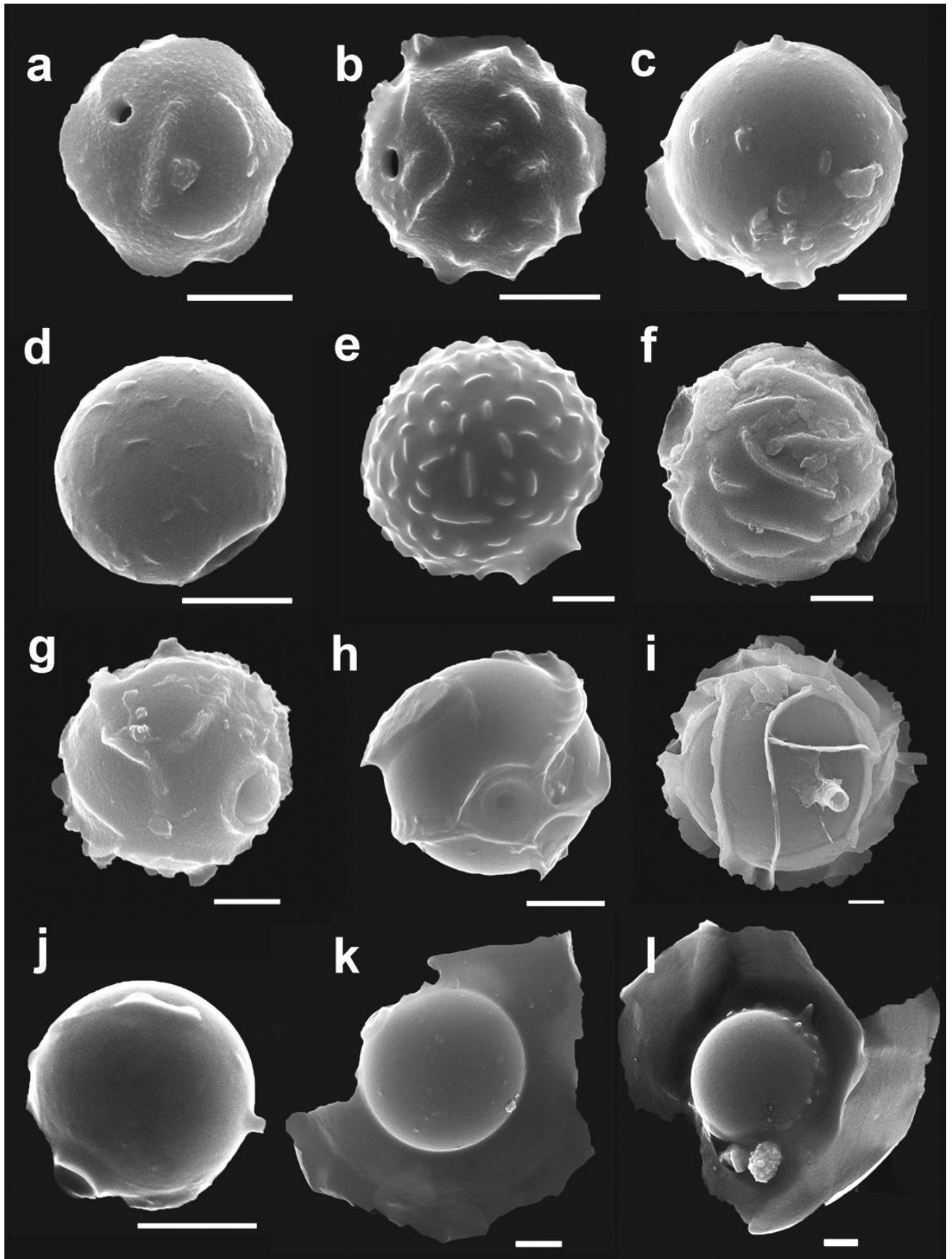


Рис. 5. Орнаментированные стоматоцисты хризифитовых:

a – Стоматоциста 239 Duff et al.; b – Стоматоциста 476 nov. Firsova & Bessudova; c – Стоматоциста 477 nov. Firsova & Bessudova; d – Стоматоциста 474 nov. Firsova & Bessudova; e – Стоматоциста 315 Firsova & Likhoshway; f – Стоматоциста 111 Zeeb et al.; g – Стоматоциста 336 Wilkinson & Smol; h – Стоматоциста 297 Gilbert & Smol; i – Стоматоциста 230 Firsova & Likhoshway; j – Стоматоциста 309 Firsova & Likhoshway; k – Стоматоциста 197 Pla; l – Стоматоциста 478 nov. Firsova & Bessudova. Масштаб – 2 мкм

Стоматоциста 309 Firsova, 2006 (рис. 5j)**Локализация:** Среднее устье**Номер изображения:** 15451_VA_S 309 F_033**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Ссылки:** Морфотип сходен со Стоматоцистой 325 Pla (Pla, 2001) из поверхностных осадков оз. Ллебрета, Пиренеи, отличающь формой воротничка и наличием шипов. Встречается в планктоне Южного Байкала (Firsova, Likhoshway, 2006).**Стоматоциста 197 Pla, 2001** (рис. 5k)**Локализация:** Среднее устье**Номер изображения:** 15451_VA_S 197 Pla_015**Биологическая принадлежность:** неизвестна**Ссылки:** Морфотип сходен со Стоматоцистой 357A Pla (Pla, 2001), отличающь строением воротничка и расположением гребня. Стоматоциста обнаружена в поверхностных осадках оз. Ллебрета, Пиренеи (Pla, 2001).**Стоматоциста 478 nov. Firsova & Bessudova** (рис. 5l)**Локализация:** р. Верхняя Ангара**Номер изображения:** 15449_VA_S nov 478_056**Биологическая принадлежность:** неизвестна**СЭМ-описание:** Стоматоциста сферической формы (диаметр 8,8 мкм). Воротничок конический (высота 0,5 мкм; диаметр у основания 1,4 мкм, у апекса 1,2 мкм). По меридиональной части стоматоцисты проходит непрерывный, широкий гребень (высота 5,6 мкм). У основания гребня беспорядочно расположены короткие шипы (около 70; высота 0,1-0,3 мкм).**Ссылки:** Среди опубликованных стоматоцист такой морфотип не обнаружен.

Обсуждение

Стоматоцисты хризофитовых разнообразны и обнаружены на всех станциях исследованного района (см. табл. 1). Среди 58 морфотипов наибольшее разнообразие в июле 2017 г. выявлено в Дагарском устье (30); менее разнообразно они были представлены в устьях рек Верхняя Ангара и Кичера (по 17), в Среднем (13) и Душкчанском (13) устьях Ангаро-Кичерской дельты. Ранее исследование этих же проб на предмет биоразнообразия чешуйчатых хризофитовых показало, что наиболее обильно и разнообразно они встречались в Среднем устье, а в Дагарском устье было обнаружено 13 видов чешуйчатых хризофитовых (Bessudova et al., 2018). С одной стороны, это может свидетельствовать о том, что вегетация чешуйчатых хризофитовых в Дагарском устье завершилась раньше, чем в остальных исследованных устьях, в том числе и в Среднем, и нами был захвачен период образования стоматоцист. С другой стороны, стоматоцисты образуют не только чешуйчатые, но и другие виды хризофитовых, кроме чешуйчатых. Из 31 вида и внутривидового таксона чешуйчатых хризофитовых, обнаруженных ранее в исследованном районе (Bessudova et al., 2018), для 10 видов известны стоматоцисты, и только один из этих морфотипов обнаружен в настоящем исследовании, это – Стоматоциста 111 Zeeb et al., принадлежащая виду *Spiniferomonas trioralis* (рис. 5f). Причем морфотип отмечен в реках Верхняя Ангара и Кичера, несмотря на то, что сам вид был отмечен и в устьях (Bessudova et al., 2018), это, на наш взгляд, также связано с разницей во времени цистообразования.

Состав морфотипов стоматоцист в притоках северной оконечности озера Байкал значительно отличается от обнаруженных ранее в планктоне и осадках озера (рис. 6). Так, из 58 стоматоцист Ангаро-Кичерской дельты только 16 обнаружены ранее в Байкале (из них 9 – распространенных, а 8 – «байкальских»), несмотря на то, что исследованию стоматоцист Байкальского региона посвящено несколько работ, и описано уже 142 морфотипа (Vorobyova et al., 1996; Firsova, Likhoshway, 2006; Firsova et al., 2008; Firsova, Bessudova, Likhoshway, 2017). Это говорит о том, что влияние притоков северной оконечности оз. Байкал на формирование флоры хризофитовых самого озера ограничено. Основная масса видов, развивающихся в устьях Ангаро-Кичерской дельты, попав в холодноводный Байкал не получает своего развития из-за разности условий обитания.

Среди найденных в исследуемом районе 58 стоматоцист только 6 морфотипов кроме Байкальского региона отмечены ранее на территории России (р. Лена, оз. Ладожское и оз. Телецкое) (табл. 1), и, как правило, это морфотипы с широким спектром условий обитания.

В результате проведенных исследований список стоматоцист Байкальского региона дополнен 38 морфотипами, в том числе 25 новых для науки, и включает теперь 180 различных морфотипов стоматоцист хризофитовых.



Рис. 6. Распределение стоматоцист

Благодарности

Авторы выражают благодарность И.В. Томберг за предоставленные пробы, отобранные в рамках проекта 0345-2016-0008, исследование стоматоцист хризофитовых выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-34-00203, электронная микроскопия – в рамках бюджетной темы № 0345-2016-0001 в ПЦ «Электронная микроскопия», входящем в ЦКП «Ультрамикрoанализ» Лимнологического института СО РАН.

References

- Baikal. Atlas. (1993). In: Galazy G.I. (Ed.). Omsk: Cartographic Factory (in Russian).
- Baumann, E., de Jong, R., Kamenik, C. (2010). A description of sedimentary chrysophyte stomatocysts from high-Alpine Lake Silvaplana (Switzerland). *Nova Hedwigia*, Beiheft, 136, 71–86. DOI: 10.1127/1438-9134/2010/0136-0071
- Bazhenova, O.P., Mitrofanova, E.Yu., Shakhoval, V.E. (2012). Stomatocysts of Chrysophyte Algae from Bodies of Water in Territory Near Irtysh River in Omsk Region and Lake Teletskoe in Gorny Altai, Russia. *Contemporary Problems of Ecology*, 5 (4), 423–429.
- Bessudova, A.Yu., Firsova, A.D., Tomberg, I.V., Sorokovikova, L.M., Likhoshway, Ye.V. (2018). Biodiversity of silica-scaled chrysophytes in tributaries of northern limit of Lake Baikal. *Acta Biologica Sibirica*, (in Russian).
- Buczko, K., Wojtal, A. (2005). Moss inhabiting siliceous algae from Hungarian peat bogs. *Studia bot. hung.* 36, 21–42.
- Cabała, J. (2002). Chrysophyceae stomatocysts from Budzuń peat bog (Kraków-Częstochowa Upland, Poland). *Polish Botanical Journal*, 47 (1), 21–35.
- Cabała, J., Piątek, M. (2004). Chrysophycean stomatocysts from the Staw Toporowy Nizni lake (Tatra National Park, Poland). *Ann. Limnol. International Journal of Limnology*, 40 (2): 149–165. DOI <https://doi.org/10.1051/limn/2004013>
- Coradeghini, A, Vigna, M.S. (2008). The areal epiphytic stomatocyst flora (Chrysophyceae and Synurophyceae) of moss from Pimavera Station, Antarctica. *Nova Hedwigia*, 86 (3–4): 401–417. DOI: 10.1127/0029-5035/2008/0086-0401
- Cronberg, G. (1986). Chrysophycean cysts and scales in lake sediments: a review. *Chrysophytes aspects and problems*. In: Kristiansen, J., Andersen, R.A. (Eds). Cambridge: Cambridge University Press, 281–315.
- Cronberg, G., Sandgren, C.D. (1986). A proposal for the development of standardized nomenclature and terminology for chrysophycean statospores. In: Kristiansen, J., Andersen, R.A. (Eds.) *Chrysophytes: Aspects and Problems*. Cambridge: Cambridge University Press, 317–328.
- Duff, K.E., Zeeb, B.A., Smol, J.P. (1995). *Atlas of Chrysophycean Cysts*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 189 p.
- Firsova, A.D., Likhoshway, E.V. (2006). *Atlas of chrysophycean cysts of Lake Baikal*. Nauka, Novosibirsk, 148 p (in Russian).
- Firsova, A.D., Kuzmina, A.E., Tomberg, I.V., Potemkina, T.G., Likhoshway, Ye.V. (2008). Seasonal Dynamics of Chrysophyte Stomatocyst Formation in the Plankton of Southern Baikal. *Biology Bulletin*, 35 (5): 507–514 (in Russian).
- Firsova, A.D., Vorobyova, S.S., Likhoshway, Y.V. (2012). Chrysophycean Stomatocysts in the Upper Pleistocene and Holocene Sediments from Lake Hovsgol, Northern Mongolia. *International Journal of Geosciences*, 3: 664–674. DOI: 10.4236/ijg.2012.34067
- Firsova, A.D., Bessudova, A.Yu., Likhoshway, Ye.V. (2017). New data of chrysophycean stomatocysts from Lake Baikal. *Acta Biologica Sibirica*, 3 (4): 113–122 (in Russian). DOI 10.14258/abs.v3i4.3637
- Gritten, M.M. (1977). On the fine structure of some chrysophycean cysts. *Hydrobiologia*, 53 (3): 239–252.

- Pang, W., Wang, Q. (2017). Chrysophycean stomatocysts from Xinjiang Province, China. *Phytotaxa*, 288 (1): 41–50. DOI: 10.11646/phytotaxa.288.1.4 (2016)
- Pla, S. (2001). Chrysophycean cysts from Pirenees. Berlin: J Cramer, 237 p.
- Pla S., Andersen, N.J. (2005). Environmental factors correlated with Chrysophyte cyst assemblages in low Arctic Lakes of Southwest Greenland. *Journal of Phycologia*, 41: 957–974.
- Piątek, J. (2005). New and rare chrysophycean stomatocysts from the bryophyte spring in the Tatra National Park, Poland. *Polish Botanical Journal*, 50 (2): 107–116.
- Piątek, J., Piątek, M. (2005). Chrysophyte stomatocysts of the Sulphuric Salt Marsh in the Owczary Reserve (Central Poland). *Polish Botanical Journal*, 50 (1): 97–106.
- Piątek, J. (2006). Stomatocysts of the Dolina Gąsienicowa Valley in the Tatra Mts (Poland). 1. Czarny Staw Gąsienicowy and Zmarzły Staw Gąsienicowy Lakes. *Polish Botanical Journal*, 51 (1): 61–77.
- Piątek, J. (2007). Chrysophyte stomatocysts from sediments man-made water reservoir in central Poland. *Annales Botanici Fennici*, 44: 186–193.
- Piątek, J., Piątek M. (2008). Chrysophyte stomatocysts from gypsum damp vegetation in southern Poland. *Polish Botanical Journal*, 53 (11): 57–67. <https://www.researchgate.net/publication/255483100>
- Rybak, M. (1987). Fossil chrysophycean cyst flora of Racze Lake, Wolin Island (Poland) in relation to paleoenvironmental conditions. *Hydrobiologia*, 150: 257–272.
- Van de Vijver, B., Beyens, L., (2000). Chrysophycean stomatocysts from freshwater habitats of the Strømness Bay area, South Georgia, Antarctica. *Canadian Journal of Botany*, 78 (1): 88–97.
- Voloshko, L.N. (2016). Zolotistye vodorosli (Chrysophyta) vodoemov Severo-zapada Rossii, Raznoobrazie stomatocyst. *Botanicheskiiy journal*, 101 (11): 1257–1281 (in Russian).
- Vorobyova, S.S., Pomazkina, G.V., Baranova, E.Yu., Likhoshway, E.V., Sandgren, C.D. (1996). Chrysophycean cysts (stomatocysts) from Lake Baikal and Irkutsk Reservoir, Siberia. *Journal Paleolimnology*, (15): 271–277.
- Votintsev, K.K., Glazunov, I.V., Tolmacheva, A.P. (1965). *Hydrochimiya rek basseyna ozera Baikal*. Moscow: Nauka, 495 p. (in Russian).
- Wilkinson, A.N., Zeeb, B.A., Smol, J.P. (2001). *Atlas of Chrysophycean Cysts*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 169.
- Wołowski, K., Cabała, J., Zeeb, B.A. (2004). Chrysophycean stomatocysts from a karstic sinkhole in the vicinity of Staszów on the Małopolska Upland, Poland Konrad. *Canadian Journal of Botany*, 82: 1330–1337.
- Wołowski, K., Piątek, J., Płachno, B.J. (2011). Algae and stomatocysts associated with carnivorous plants. First report of chrysophyte stomatocysts from Virginia, USA. *Phycologia*, 50 (5): 511–519. DOI: 10.2216/10-94.1
- Wołowski, K., Piątek, J., Płachno, B.J. (2013). Chrysophycean stomatocysts associated with the carnivorous plants (genus *Utricularia*) from Jeleniak-Mikuliny Nature Reserve. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 42 (4): 398–405. DOI: 10.2478/s13545-013-0095-6

Citation:

Firsova, A.D., Bessudova, A.Yu., Likhoshway, Ye.V. (2018). Chrysophycean stomatosysts in tributaries of northern limit of Lake Baikal. *Acta Biologica Sibirica*, 4 (4), 25–44.

Submitted: 01.09.2018. **Accepted:** 10.10.2018

crossref <http://dx.doi.org/10.14258/abs.444872>



© 2018 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).