

УДК 581.4:582.261.5(282.256.341)

Е.В. РОДИОНОВА, Г.В. ПОМАЗКИНА

Лимнологический ин-т СО РАН,
664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ *Cymbella*
Ventricosa Kütz. (*Bacillariophyta*) В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ
(РОССИЯ)**

С помощью электронной микроскопии изучены створки диатомовой водоросли *Cymbella ventricosa* Kütz. из озера Байкал. Выявлена значительная вариабельность количественных и качественных морфологических признаков данного вида, что позволило уточнить и расширить его диагноз.

Ключевые слова: *Bacillariophyta*, *Cymbella*, морфология, озеро Байкал.

Введение

Данные о морфологической изменчивости количественных и качественных параметров диатомовых нуждаются в проверке путем анализа значительного количества образцов из природных популяций. Степень фенотипической пластичности признаков в большинстве случаев неизвестна, поэтому ее наблюдение в естественной среде является актуальным (Mann, 1999). Изменение размеров клеток в течение онтогенеза сопровождается преобразованиями в морфологии створок, а самые маленькие из них могут утрачивать диагностические признаки (Mann, 1994). Условия среды обитания также сказываются на морфологической изменчивости видов, особенно на тех, которые имеют широкую экологическую амплитуду (Мейер, 1930; John, 1982; Баринаова, 2000). Часто в связи со сходной морфологией и совпадающими диагнозами количественных признаков возникают проблемы при определении близких по морфологии таксонов (Генкал, Поповская, 2003). Без знания вариабельности морфологических параметров невозможно диагностировать принадлежность створки к одному виду.

Литоральная зона оз. Байкал является местом обитания разнообразных диатомовых водорослей (Мейер, 1930; Скабичевский, 1966; Помазкина, Родионова, 2004). Род *Cymbella* Kütz. является одним из многочисленных их представителей. В нем обнаружено 56 видов и внутривидовых таксонов (Родионова, 2006). Наиболее удобным объектом для изучения вариабельности является массовый представитель этого рода в Байкале *C. ventricosa* Kütz. Он широко распространен повсюду, где имеются камни и водная растительность, к которым он может прикрепляться. Водоросль поселяется от уреза воды до границы распространения фитобентоса и отмечена в литоральной зоне всего Байкала на глубине до 50 м. Однако массовое ее развитие наблюдается во втором

© Е.В. Родионова, Г.В. Помазкина, 2007

растительном поясе *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt, эпифитом которого является *C. ventricosa*, образующая плотные колонии (Помазкина, Родионова, 2004). Этот доминирующий вид создает огромную численность и биомассу в микрофитобентосе озера и является одним из основных компонентов в питании донных беспозвоночных (Röpstorff et al., 2002; Родионова, Помазкина, 2006).

К.И. Мейер (1930) указал для Байкала 10 внутривидовых таксонов *C. ventricosa*, отмечая высокую амплитуду колебания ее признаков. Впоследствии на основе размерных признаков выделены только две вариации этой водоросли (Забелина и др., 1951). Некоторые из разновидностей были переведены в самостоятельные виды (Забелина, 1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1986). С применением электронной микроскопии *C. ventricosa* была разделена на два вида – *C. silesiaca* Bleisch in Rabenhorst и *C. minuta* Hilse ex Rabenhorst (Krammer, Lange-Bertalot, 1986).

Ранее обсуждалась морфологическая изменчивость представителей рода *Cymbella* на примере видов *C. delicatula* Kütz., *C. hustedtii* Krasske и *C. lacustris* (Ag.) Cl. из других водоемов (Kingston, 1978; Fukushima et al., 1999), но с байкальскими видами такие исследования не проводились.

Целью работы было изучение морфологической вариабельности количественных и качественных признаков *C. ventricosa* из оз. Байкал и оценка их таксономической значимости.

Материалы и методы

Материал отбирался аквалангистами с 1997 по 2002 гг. на двух трансектах у пос. Б. Коты – от уреза воды до глубины 15-20 м и вблизи г. Байкальска от уреза воды до глубины 5-6 м. Очистку панцирей от органической части клеток проводили методом горячего сжигания 30 %-й перекисью водорода и концентрированной соляной кислотой (Krammer, Lange-Bertalot, 1986). Для изучения морфологической вариабельности *C. ventricosa* с помощью электронного микроскопа Philips SEM 525 M проанализировано более 100 экз. этого вида, собранных в разные сезоны и годы по всему разрезу и в отдельных пробах на разной глубине в одно и тоже время.

Результаты и обсуждение

Изменчивость количественных признаков *Cymbella selisiaca* и *C. minuta* (табл. 1) входит в широкий диапазон морфологической вариабельности космополитного вида *C. ventricosa*. Имеются данные (Забелина и др., 1951; Germain, 1981), что длина *C. ventricosa* достигает больших размеров – 40 мкм. Наши исследования показали, что в Байкале встречаются створки длиной до 52,7 мкм (табл. 1), однако большинство экземпляров имеют длину от 15 до 30 мкм и ширину от 7 до 9 мкм (рис. 1). Среднее количество штрихов в 10 мкм на середине спинной части створки составляет 12-17, на середине брюшной части створки – от 12 до 16, а количество штрихов на концах створки – 15-16. Число линеол в рядах сильно варьирует, для половины проанализированных экземпляров оно составило от 32 до 40 в 10 мкм (см. рис. 1).

Таблица 1. Морфологические параметры видов *Cymbella ventricosa* Kütz., *C. minuta* Hilsе ex Rabenhorst и *C. selisiaca* Bleich in Rabenhorst (по лит. данным)

Таксон	Длина створок, мкм	Ширина створок, мкм	Количество штрихов на середине створки в 10 мкм		Количество штрихов на концах створок в 10 мкм	Количество линеол в 10 мкм	Место локализации	Лит. источник
			спинная часть	брюшная часть				
<i>C. ventricosa</i>	15-36	7-11	10-16	-	-	-	Пресноводные водоемы Европы	Cleve, 1894
	10-40	5-12	12-18	12-18	Более сближены	35	Пресноводные водоемы России	Забелина и др., 1951
	8-40	5-10	10-18	-	-	-	Пресноводные водоемы Европы	Germain, 1981
	6-33,3	3-10	10-16	-	-	-	р. Енисей	Левадная, 1975, 1986
	14,5-23	6-7,7	12-14	12-14	-	-	р. Волга	Генкал, 1992
	22-25	9-11	10-12	10-12	-	-	Водоемы Карелии	Генкал и др., 1997
10,4-52,7	3,9-12,9	11-21	10-21	12-22,8	24,8-44,4	оз. Байкал	Наши данные	
<i>C. selisiaca</i>	15-46	6,5-14,2	10,5-15,6	14-20	14-20	24-30	Олиготрофные и эвтрофные водоемы Европы	Krammer, Lange-Bertalot, 1986
<i>C. minuta</i>	7-32	3,9-7	10,5-15	14-20	14-20	30-38	Олиготрофные водоемы Европы	Krammer, Lange-Bertalot, 1986

Статистическая обработка полученных данных показала, что наиболее изменчивыми признаками являются длина и ширина створки с коэффициентом вариации 26 и 33 % (см. рис. 1).

Вариабельность у *C. ventricosa* отмечена и для качественных признаков. В табл. 2 приведены 19 морфологических параметров исследуемого вида. Такие признаки, как форма створки, спинная и брюшная ее части, створковые концы, расположение шва и строение его ветвей, а также стигмы на спинной стороне имели несколько состояний (см. табл. 2).

Для видов *C. selisiaca* и *C. minuta* (Krammer, Lange-Bertalot, 1986) описываются створки от полуэллиптических до полуланцетных и ланцетных, имеющие выпуклую, прямую или вогнутую брюшную сторону. Различие наблюдалось по концам створки. У экземпляров *C. minuta* они остро или тупо закругленные, иногда головчатые, слабо или сильно оттянутые, а у *C. selisiaca* они округлые, не оттянутые или слегка оттянутые. Для этих видов отмечается наличие одной стигмы на ventральной стороне створки (Krammer, Lange-Bertalot, 1986).

В оз. Байкал (рис. 2) большинство обнаруженных нами створок были полуэллиптические, с сильно выпуклой спинной и слабо выпуклой брюшной стороной, с остро закругленными, слегка изогнутыми на брюшную сторону концами, со швом, приближенным к брюшному краю и его прямыми ветвями (рис. 2: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10). Также встречены линейно-эллиптические (11), полуланцетные (3) и эллиптически ланцетные (12) створки со слегка изогнутыми на спинную сторону ветвями шва. У некоторых экземпляров были головчатые, сильно оттянутые на брюшную сторону концы (12, 14), и вогнутая брюшная часть (12, 15). В основном байкальские створки имели одну стигму, которая хорошо видна на внешней поверхности спинной стороны (рис. 3, Г). На внутренней поверхности она выглядит как продолжение срединного штриха (рис. 3, Б).

Также были обнаружены экземпляры, у которых наблюдались две хорошо заметные поры или стигмы. У мелких форм стигма отсутствовала.

Мы выделяем у *C. ventricosa* 12 консервативных (имеющих одно состояние) признаков. При сравнении *C. ventricosa* с диагнозами видов *C. selisiaca* и *C. minuta* (Krammer, Lange-Bertalot, 1986) по качественным и важным в диагностике вида признакам выяснилось, что существенных различий между этими видами нет. У байкальских экземпляров *C. ventricosa* на конце внутренней поверхности шва обнаружена хеликтогlossa (губообразно вытянутое образование) (рис. 3, А). На внешней поверхности это образование не наблюдается. Терминальные концы шва длинные, сильно изогнутые на брюшную сторону (рис. 3, В), а его проксимальные концы на внутренней и внешней поверхности створки короткие, направленные на спинную сторону створки (рис. 3, Б, Г). Осевое поле у вида узкое, среднее поле отсутствует или мало выделяется. Штрихи однорядные, внешние апертуры пор в них в виде точек, которые при большем увеличении являются нежными линеолами (рис. 3, А-Г).

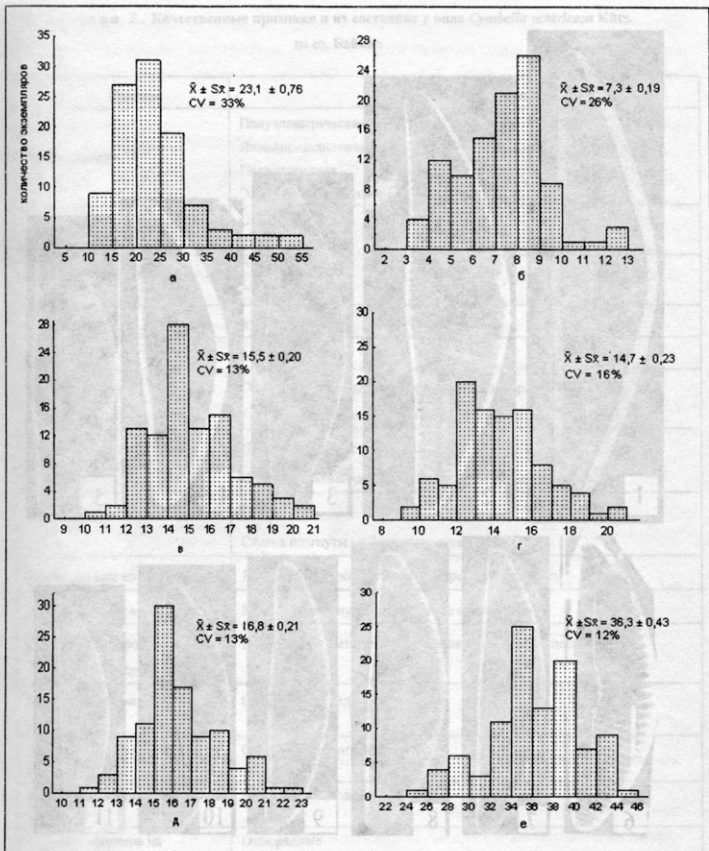


Рис. 1. Морфологические параметры *Cymbella ventricosa* Kütz.: длина (а) и ширина створок (б), мкм; количество штрихов на середине спинной (в) и брюшной (г) части створки в 10 мкм; д – количество штрихов на концах створки в 10 мкм; е – количество пор в 10 мкм.

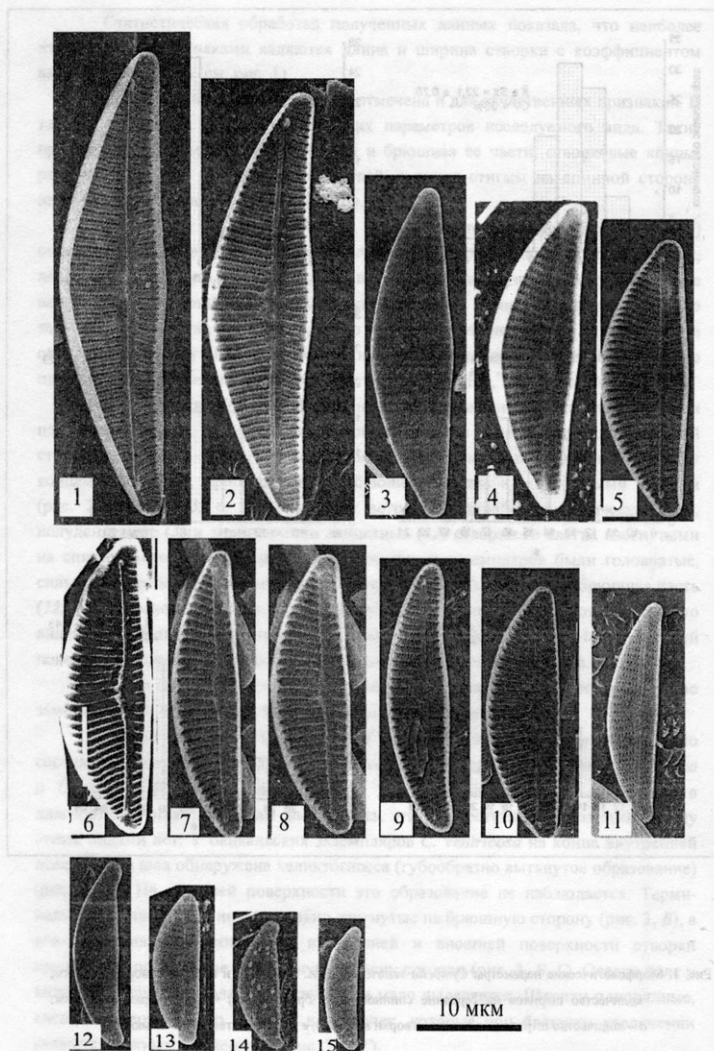


Рис. 2. *Symbella ventricosa* Kütz. СЭМ. Морфологическая изменчивость вида. Внутренняя (1-3, 5-10) и внешняя (3, 11, 12-15) поверхность створки.

Таблица 2. Качественные признаки и их состояние у вида *Cymbella ventricosa* Kütz.
из оз. Байкал

Признак	Состояние признака
Форма створки	Полуэллиптическая Линейно-эллиптическая Полуланцетная Эллиптически-ланцетная
Спинная часть створки	Слабо выпуклая Сильно выпуклая
Брюшная часть створки	Слабо выпуклая Слегка вогнутая
Осевое поле	Узкое, линейное
Среднее поле	Мало выделяется
Створковые концы	Остро закругленные, слегка изогнутые на брюшную сторону Головчатые, сильно оттянутые на брюшную сторону
Расположение шва	Шов приближен к брюшному краю Шов расположен почти по продольной оси створки
Строение ветвей шва	Прямые Слегка изогнуты на брюшную сторону створки
Терминальные концы шва	Длинные, сильно изогнутые на брюшную сторону
Проксимальные концы шва	Короткие, изогнутые на спинную сторону
Особенности строения шва на внутренней поверхности	Губообразно вытянутое образование (хеликтоглосса)
Типы штрихов на середине створки	Однорядные, радиальные
Типы штрихов к концам створки	Слабо конвергентные
Внешние апертурные поры в штрихах	Нежные линеолы
Строение штрихов на середине створки	Однорядные
Строение штрихов на концах створки	Однорядные
Особенности расположения полярных узелков	Немного удалены от концов створки
Особенности концов створки	Бесструктурное гиалиновое поле, обрамленное короткими штрихами
Стигмы на спинной части	Отсутствуют Одна Две

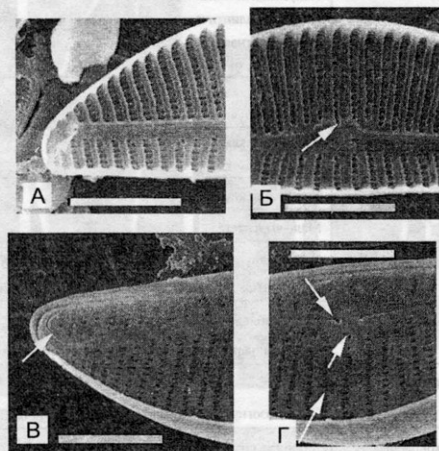


Рис. 3. *Cymbella ventricosa* Kütz. СЭМ. А-Б – внутренняя сторона створки; В-Г – внешняя поверхность створки. Масштаб 5 мкм.

Таким образом, наши исследования показали, что основные структурные элементы панциря у *Cymbella ventricosa* имеют большую изменчивость, чем было известно ранее. Использование сканирующей электронной микроскопии позволяет расширить перечень используемых в диагностике этого вида морфологических параметров. В исследованных пробах из оз. Байкал мы не наблюдали створок длиной 6 и 8 мкм, как указано в других работах (см. табл. 1). С учетом полученных данных приводим уточненный диагноз этого вида из оз. Байкал.

Cymbella ventricosa Kütz.

Панцирь дорзовентральный. Створки полуэллиптические, линейно-эллиптические, полуланцетные или эллиптически-ланцетные. Спинной край их сильно выпуклый, брюшной прямой, слабо выпуклый посередине, иногда слегка вогнутый. Длина створки 10,4-52,7 мкм, ширина 3,9-12,9 мкм. Концы остро закругленные, слегка изогнутые на брюшную сторону, иногда головчатые, сильно

оттянутые на брюшную сторону. Осевое поле узкое, линейное; среднее поле мало выделяется. Штрихи на середине спинной части створки однорядные, радиальные 11-21, на середине брюшной части 10-21 в 10 мкм. К концам они несколько более сближены, конвергентные – 12-22,8. Линеол 24,8-44,4 в 10 мкм. Шов сильно приближен к брюшному краю или расположен почти по продольной оси, ветви шва прямые или слабо изогнуты на брюшную сторону. Его терминальные концы длинные, сильно изогнуты на брюшную сторону; проксимальные – короткие, изогнутые на спинную сторону. Полярные узелки немного удалены от концов створки, на которых имеется бесструктурное гиалиновое поле, обрамленное короткими штрихами. На внутренней поверхности шов заканчивается хеликто-гlossой. На спинной стороне створки имеется одна стигма, иногда их две или они отсутствуют.

Выводы

1. *Cymbella ventricosa* Kütz. из оз. Байкал характеризуется значительной морфологической вариабельностью по длине и ширине створки, по количеству штрихов на середине спинной, брюшной части и на концах створки, а также по числу линеол в 10 мкм.
2. Для вида выявлено 12 консервативных и 7 мало изменчивых качественных морфологических признаков, которые являются важными в диагностике вида.
3. Полученные данные по морфологической изменчивости количественных и качественных признаков позволили уточнить и расширить диагноз вида *C. ventricosa* из оз. Байкал.

Благодарности

Авторы благодарны Т.А. Щербаковой и Л.С. Кравцовой за ценные советы при подготовке работы.

Ye. V. Rodionova, G. V. Pomazkina

Limnological Institute, Russian Academy of Sciences,

Ulan-Batorskaya, 3. 664033 Irkutsk, Russia

MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF *CYMBELLA VENTRICOSA* KÜTZ.

(BACILLARIOPHYTA) IN LAKE BAIKAL (Russia)

Electron microscopy of *Cymbella ventricosa* Kütz. valves of Lake Baikal revealed significant variability of quantitative and qualitative morphological characters, which allowed to specify and enlarge the diagnosis of the species.

Keywords: Bacillariophyta, algae, morphology, Lake Baikal.

- Барина С.С. Экологические и географические характеристики водорослей – индикаторов / С.С. Барина, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова // Водоросли – индикаторы в оценке качества окружающей среды. – М.: ВНИИ природы, 2000. – С. 60-150.
- Генкал С.И. Атлас диатомовых водорослей планктона реки Волги. – СПб: Гидрометеиздат, 1992. – 128 с.
- Генкал С.И., Иешко Т.А., Чекрыжева Т.А. Материалы к флоре *Bacillariophyta* водоемов Карелии (Россия). Претозеро II. *Pennatorhuseae* // Альгология. – 1997. – 7, № 4. – С. 396-399.
- Генкал С.И., Поповская Г.И. О морфологической изменчивости некоторых представителей рода *Nitzschia* (*Bacillariophyta*) // Биол. внутр. вод. – 2003. – № 3. – С. 54-59.
- Забелина М.М. и др. Диатомовые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. – М.: Сов. наука, 1951. – Вып. 4. – 619 с.
- Левадная Г.Д. К флоре диатомовых водорослей реки Енисей // Новости системат. низш. раст. – 1975. – 12. – С. 135-149.
- Левадная Г.Д. Микрофитобентос реки Енисей. – Новосибирск: Наука, 1986. – 287 с.
- Мейер К.И. Введение во флору водорослей оз. Байкал // Биол. МОИП, отд. Биол., нов. сер. – 1930. – 39, вып. 3-4. – 399 с.
- Помазкина Г.В., Родионова Е.В. Бентосные *Bacillariophyta* в Южном Байкале // Альгология. – 2004. – 14, № 1. – С. 67-78.
- Родионова Е.В. Род *Cymbella* в оз. Байкал: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2006. – 16 с.
- Родионова Е.В., Помазкина Г.В. Вклад доминирующих видов рода *Cymbella* Ag. (*Bacillariophyta*) в микрофитобентос Южного Байкала // Альгология. – 2006. – 16, № 1. – С. 72-80.
- Скабичевский А.П. О распределении донной растительности Байкала в окрестностях Б. Котов // Биол. Моск. об-ва испыт. природы, отд. биол. – 1966. – LXXI, № 6. – С. 108-119.
- Cleve P.T. Synopsis of the naviculoid diatoms // Kongl. Svenska Vet. Akad. Handl. – 1894. – 26, N 2. – S. 1-194.
- Fukushima H., Tsuyako K., Yoshitake S. Morphological variability of *Cymbella lacustris* (Ag.) Cleve in a sample from the Neusiedler see (Austria) // Proc. of the 14th Intern. Diatom. Symp., Tokyo, Japan. – Koenigstein: Koeltz Sci. Books, 1999. – P. 75-84.
- Germain H. Flore des diatomées eaux douces et saumâtres. – Paris: Boubee. – 1981. – 441 p.
- John J. Valve structure of *Cymbella sumatriensis* Hust from Northern Australia // Bacillaria. – 1982. – 5. – P. 117-126.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1986. – Bd. 2: Naviculaceae. – 876 S.
- Kingston J.C. Morphological variation of *Cymbella delicatula* and *C. hustedtii* from Northern lake Michigan // Trans. Amer. Micros. Soc. – 1978. – 97, N 3. – P. 311-319.
- Mann D.G. The origins of shape and form in diatoms: the interplay between morphogenetic studies and systematics // Shape and Form Plants and Fungi. – London: Acad. Press, 1994. – P. 7-38.
- Mann D.G. Phycological reviews 18. The species concept in diatoms // Phycologia. – 1999. – 38, N 6. – P. 437-495.
- Röpstorf P., Stinikova T.Ya., Timoshkin O.A., Pomazkina G.V. Observation on stomach contents, food uptake and feeding strategies of endemic baikalian gastropods // Berliner Palaobiol. Abhandl. – 2002. – N 4. – P. 157-181.

Получена 19.07.06

Подписал в печать С.И. Генкал