

Морфология и распространение трех видов рода *Kobayasiella* (Bacillariophyta) на северо-востоке европейской части России

С. И. Генкал¹, Ю. Н. Шабалина², Д. А. Капустин¹, А. С. Стенина³,
И. Н. Стерлягова³

¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия

²Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Сыктывкар, Республика Коми, Россия

³Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Республика Коми, Россия

Автор для переписки: С. И. Генкал, genkal@ibiw.yaroslavl.ru

Резюме. С помощью сканирующей электронной микроскопии исследована морфология диатомовых водорослей *Kobayasiella subtileissima*, *K. parasubtileissima* и *K. okadae* из дистрофных мало-минерализованных водоемов Северо-Востока Европейской части России (Республика Коми и Вологодской обл.). Выявлено совпадение диапазонов изменчивости длины и ширины створки, числа штрихов в 10 мкм у *K. subtileissima* и *K. parasubtileissima* с литературными данными и отличия по этим признакам для *K. okadae*, что обусловлено межпопуляционной изменчивостью. Новые находки *K. subtileissima*, *K. parasubtileissima* и *K. okadae* позволили уточнить ареалы этих видов.

Ключевые слова: Bacillariophyta, *Kobayasiella*, морфология панциря, сканирующая электронная микроскопия, Россия.

Morphology and geographic distribution of three *Kobayasiella* species (Bacillariophyta) in northeastern European Russia

S. I. Genkal¹, Yu. N. Shabalina², D. A. Kapustin¹, A. S. Stenina³, I. N. Sterlyagova³

¹Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Borok, Russia

²Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

³Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch RAS, Syktyvkar, Russia

Corresponding author: S. I. Genkal, genkal@ibiw.yaroslavl.ru

Abstract. Based on scanning electron microscopy, frustule morphology of the diatoms *Kobayasiella subtileissima*, *K. parasubtileissima* and *K. okadae* from dystrophic weakly mineralized water bodies in northeastern European Russia (the Komi Republic and the Vologda Region) was studied. The ranges of variation in valve length and width and stria density for *K. subtileissima* and *K. parasubtileissima* coincided with published data on these species and are different for *K. okadae* due to interpopulation variability. Taxonomic assessment of these characters was also made. New records of *K. subtileissima*, *K. parasubtileissima* and *K. okadae* allowed us to clarify their geographic ranges.

Keywords: Bacillariophyta, *Kobayasiella*, frustule morphology, scanning electron microscopy, Russia.

Род *Kobayasiella* Lange-Bert. (Raphales, Naviculaceae) описан в 1999 г. с переносом в него 13 видов из родов *Kobayasia* Lange-Bert. и *Navicula* Bory (Lange-Bertalot, 1999). Отличительной особенностью рода является строение порового аппарата —

волнистые однорядные штрихи покрыты очень тонким перфорированным гименом на наружной поверхности, на внутренней — интерштрихи широкие и отверстия наподобие альвеолы (Kulikovskiy *et al.*, 2016). В настоящее время для водоемов России известно 6 видов рода *Kobayasiella*: *K. okadae* (Skvortzow) Lange-Bert., *K. jaagii* (Meister) Lange-Bert., *K. madumensis* (Jørgensen) Lange-Bert., *K. cf. micropunctata* (H. Germain) Lange-Bert., *K. parasubtilissima* (H. Kobayasi et Nagumo) Lange-Bert., *K. subtilissima* (Cleve) Lange-Bert., и наиболее широкое распространение в водоемах России имеет широкораспространенный вид *K. subtilissima* (Lange-Bertalot, Genkal, 1999; Loseva *et al.*, 2004; Stenina, 2016; Genkal, Trifonova, 2009; Kharitonov, Genkal, 2012; Genkal *et al.*, 2015; Kulikovskiy *et al.*, 2016). Комбинация *K. okadae* была опубликована в 1999 г. (Lange-Bertalot, 1999), в работе Loseva *et al.* (2004) приводится ее синоним *Navicula hoefleri* Cholnoky.

Перечисленные выше таксоны относятся преимущественно к редким видам, их находки известны в виде единичных сборов в водоемах России и данные по их морфологии немногочисленны.

Цель исследования: на основе изучения морфологии популяций отдельных видов рода *Kobayasiella* оценить степень изменчивости количественных диагностических признаков и их таксономическую ценность, уточнить распространение отдельных видов рода *Kobayasiella* на территории России.

Материал и методы

Материалом послужили альгологические пробы из дистрофных маломинерализованных водоемов северо-востока европейской части России (Ненецкий автономный округ, Республика Коми) и олиготрофного Шиченгского болота в Вологодской обл. (табл. 1). Река Ортина, правый приток р. Печора, протекает в западной части Большеземельской тундры (Ненецкий автономный округ). Исследованные водоемы бассейна реки (67°56.05'N, 54°02.60'E; 67°56.16'N, 54°03.90'E) расположены в моховом, мохово-ерниковом ландшафте с ивняками. Ветки ерника покрыты обрастаниями в виде слизи. На дне бурая пленка. По берегам сфагнум, в воде заросли ежеголовника. Вода слабокислая, маломинерализованная, с небольшим количеством органических веществ. Термокарстовое озерко в верховьях р. Усы — притока Печоры (Республика Коми), заросшее зелеными и сфагновыми мхами, расположено на торфяниках Большеземельской тундры (67°46'22"N, 65°34'00"E). Горные болота Приполярного Урала расположены на его западном склоне в бассейнах рек Щугор и Косью в пределах национального парка «Югыд ва». Озеро «Болотное» (название условное) находится в среднем течении р. Косью (65°33'26.07"N, 58°54'1.45"E) в пределах системы болот «Лебединый Вад» на обширных торфяниках в предгорной части Приполярного Урала. Верховое болото в бассейне р. Ухты (приток второго порядка р. Печоры) расположено на границе средней и северной тайги, на восточных отрогах Тиманского кряжа и расположено на 51-м км трассы Ухта–Сыктывкар, которая его пересекает (63°20'21.40"N, 52°58'43.30"E). Шиченгское болото находится в центральной части Сямженского муниципального р-на Вологодской обл. в пределах подзоны средней тайги. Харак-

теристика флоры болота, а также гидрохимический состав воды опубликованы ранее (Philippov, 2015; Kapustin *et al.*, 2016).

Освобождение створок диатомей от органических веществ проводили методом холодного сжигания используя 1% раствор бихромата калия в серной кислоте (Balonov, 1975). Препараты водорослей исследовали в сканирующих электронных микроскопах JSM-25S и JEOL 6510LV.

Таблица 1

Местонахождения видов рода *Kobayasiella* и основные физико-химические характеристики водных объектов

Study localities of *Kobayasiella* species and the main physico-chemical characteristics of water bodies

| Вид Species | Район исследования Study locality | Субстрат Substrate | t°C | Сумма ионов мг/дм ³ / Электропро- водность, мкС/см TDS, mg/dm ³ / Conductivity, µS/cm | pH | Дата, коллектор Date, collector's name |
|---|--|---|---------------|--|-----|--|
| <i>Kobayasiella parasubtilissima</i> | Бассейн р. Ортина, малые водоемы Ortina River Basin, small waterbodies | мхи, ерник mosses, dwarf birch | 13.5– 21.0 | 17.7 / – | 5.8 | 9–16 VII 1995 С. В. Вавилова S. V. Vavilova |
| <i>K. subtilissima</i> | Бассейн р. Усы, верховья, термокарстовое озерко Usa River Basin, upper reaches, thermocarst pond | мхи mosses | — | – / – | 5.8 | 27 VII 1999 Е. Н. Патова E. N. Patova |
| <i>K. subtilissima</i> , <i>K. parasubtilissi- ma</i> , <i>K. okadae</i> (3) | Бассейн р. Косью, оз. Болотное Kosyu River basin, Lake Bo- lotnoye | осока, сфагнум sedge, sphagnum | 21.0 | – / 1.92 | 5.3 | 26 VII 1998 С. В. Вавилова S. V. Vavilova |
| <i>K. parasubtilissima</i> | Бассейн р. Косью, болото 10 (травяно- моховое) Kosyu River Basin, mire 10 (grass-moss) | сфагнум sphagnum | 10.9 | – / 254.0 | 6.7 | 28 VII 2015 И. Н. Стерлягова I. N. Sterlyagova |

| | | | | | | |
|----------------------------|--|---|------|-------------|-----|---|
| <i>K. parasubtilissima</i> | Бассейн р. Щугор, пушицево-сфагновое болото 1 Shchugor River Basin, mire 1 (cotton grass-sphagnum) | сфагнум sphagnum | 10.4 | – / 170.0 | 4.4 | 4 VII 2015 И. Н. Стерлягова I. N. Sterlyagova |
| <i>K. subtilissima</i> | Бассейн р. Ухты, верховое болото 2 Ukhta River Basin, a raised mire 2 | осока, мхи, бентос sedge, mosses, benthos | — | 14.7 / 29.0 | 5.8 | 26 VIII 2003 Ю. Н. Шабалина Yu. N. Shabalina |
| <i>K. parasubtilissima</i> | Шиченгское болото Shichengskoe mire | планктон plankton | 16.0 | – / – | 4.0 | 27 VIII 2012 Д. А. Филиппов D. A. Filippov |

Результаты и обсуждение

Наибольшее видовое разнообразие и количественное развитие представителей рода *Kobayasiella* отмечено в оз. Болотном (табл. 1), и именно из этого водоема мы получили выборки по *K. subtilissima*, *K. parasubtilissima* и *K. okadae*. Кроме этого, из Шиченгского болота изучена морфология *K. parasubtilissima* (табл. 2).

Kobayasiella subtilissima (Cleve) Lange-Bert., 1999, Iconographia Diatomologica, 6: 274. ≡ *Navicula subtilissima* Cleve, 1891, Act. Soc. Fauna Flora Fennica, 8: 37. ≡ *Kobayasiella subtilissima* (Cleve) Lange-Bert., 1996, Iconographia Diatomologica, 4: 283.

В популяции *Kobayasiella subtilissima* (Plate I, 1–6) длина створки варьировала от 33.3 до 44.3 мкм (коэффициент вариации CV = 6.8%), ширина — от 7.1 до 8.9 мкм (CV = 4.6%), число штрихов в 10 мкм — от 24 до 32 (CV = 8.7%). Наши данные по качественным признакам (форма створки, центрального и осевого полей, шва, расположение штрихов) соответствуют первоописанию вида, но по всем количественным диагностическим признакам отличаются от последнего и совпадают с другими литературными источниками (табл. 2). Морфология створки с наружной и внутренней поверхности в нашем материале соответствует таковой в литературных источниках (сравни Plate I, 1–6 и Kobayasi, Nagumo, 1988: Figs 5–8; Buczkó *et al.*, 2009: Figs 55–58).

Кроме оз. Болотного *K. subtilissima* был также отмечен в бассейне р. Ухты (верховое болото 2). По литературным данным этот вид обнаружен в водоемах и водотоках северо-запада России и северо-востока европейской части России, водоемах и водотоках Берингии, Якутии, а также в Нижнем Поволжье.

K. parasubtilissima (H. Kobayasi et Nagumo) Lange-Bert., 1999, Iconographia Diatomologica, 6: 274. ≡ *Navicula parasubtilissima* H. Kobayasi et Nagumo, 1988, Bot. Mag.

Tokyo, 101: 245. ≡ *Kobayasia parasubtilissima* (H. Kobayasi et Nagumo) Lange-Bert., 1996, *Iconographia Diatomologica*, 4: 282.

В популяции *Kobayasiella parasubtilissima* (Plate I, 7–12) в Шиченгском болоте длина створки варьировала от 25 до 31 мкм (коэффициент вариации CV = 5.4%), ширина — от 4.3 до 5.1 мкм (CV = 4.7%), число штрихов в 10 мкм — от 32 до 44 (CV = 8.9%). Длина створки совпала с первоописанием, максимальное значение ширины створки отличалось от первоописания в большую сторону, а минимальное значение числа штрихов в 10 мкм — в меньшую (табл. 2). В целом, все качественные (форма створки, центрального и осевого полей, шва, расположение штрихов) и количественные признаки этого вида из Шиченгского болота практически совпали с литературными данными (табл. 2). В популяции из оз. Болотное длина (35.5–55.5 мкм, CV = 10.6%) и ширина (5–6.1 мкм, CV = 5.2%) створки были значительно больше, чем указано в первоописании, а число штрихов в 10 мкм меньше (табл. 2). Вместе с тем, максимальное значение длины створки (55.5 мкм) и минимальное значение числа штрихов в 10 мкм (30) отличались от литературных данных (табл. 2). Морфология створки с наружной и внутренней поверхности в нашем материале (Plate I, 7–12) соответствует таковой в литературных источниках (Kobayasi, Nagumo, 1988, Figs 23–25, 27, 31, 33, 34; Buczkó *et al.*, 2009, Figs 45–50).

Таблица 2

**Морфологические признаки у некоторых видов рода *Kobayasiella*
по нашим и литературным данным**

Morphological characters of the studied species of *Kobayasiella* based on the our and literature data

| Длина створки, мкм Valve length, μm | Ширина створки, мкм Valve width, μm | Число штрихов в 10 мкм Striae number per 10 μm | Источник References |
|--|--|---|--|
| <i>Kobayasiella subtilissima</i> | | | |
| 33.3–44.3 | 7.1–8.9 | 24–32 | Lake Bolotnoe |
| 32 | 5 | 40–45 | Cleve, 1891 (как <i>Navicula subtilissima</i>) |
| 18–38 | 3.5–6 | 40–42 | Krammer, Lange-Bertalot, 1986 (как <i>Navicula subtilissima</i>) |
| 26–31 | 5–6 | 34–36 | Kobayasi, Nagumo, 1988 (как <i>Navicula subtilissima</i>) |
| 15 | 5 | 33 | Siver <i>et al.</i> , 2005 (как cf. <i>K. subtilissima</i>) |
| 26–32 | 5–6 | 34–36 | Buczkó <i>et al.</i> , 2009 |
| 32.8–46.7 | 5.5–6.1 | 32–40 | Kharitonov, Genkal, 2012 |
| 23–27 | 5.1–6 | 36–40 | Bahls, 2012 |
| 25.7–47 | 4.6–8.6 | 24–34 | Genkal <i>et al.</i> , 2015 |
| <i>Kobayasiella parasubtilissima</i> | | | |
| 35.5–55.5 | 5.0–6.1 | 30–42 | Lake Bolotnoe |
| 25–31 | 4.3–5.1 | 32–44 | Schichenskoe Bog |
| 22–34 | 3.5–4.5 | 40–44 | Kobayasi, Nagumo, 1988 (как <i>Navicula parasubtilissima</i> Kobayasi et Nagumo) |

| | | | |
|----------------------------|-----------|-------|---|
| 36.4 | 4.3 | 38 | Genkal, Trifonova, 2009 |
| 22–31 | 4.0–4.7 | 36–40 | Buczko <i>et al.</i> , 2009 |
| 23.7 | 3.7 | – | Zimmermann <i>et al.</i> , 2010 Kulikovskiy <i>et al.</i> , 2010 |
| 23.3 | 4.0–4.3 | – | Kulikovskiy <i>et al.</i> , 2010 |
| 25–42 | 4–5 | 40–41 | Kulikovskiy <i>et al.</i> , 2016 |
| 18–38 | 3.5–6 | 40–42 | Lange-Bertalot <i>et al.</i> , 2017 |
| <i>Kobayasiella okadae</i> | | | |
| 45.5–60 | 10.7–12.2 | 20–28 | Lake Bolotnoe |
| 28.9–30.6 | 6.8 | 36–38 | Skvortzov, 1938 (как <i>Anomoeoneis okadae</i>) |
| 25–48 | 5–10 | – | Krammer, Lange-Bertalot, 1986 (как <i>Navicula hoefleri</i>) |
| – | – | 36–38 | Nagumo, Kobayasi, 1990 (как <i>Navicula okadae</i>) |
| 31–36 | 7.5–7.8 | 34–36 | Noga <i>et al.</i> , 2014 |

Kobayasiella parasubtilissima, кроме оз. Болотного, также найден в водоемах бассейнов рек Ортина, Косью, Щугор (табл. 1). Известны находки *K. cf. parasubtilissima* из других водоемов бассейна р. Косью (Stenina, 2016) и в одном из притоков Ладожского озера — р. Ийоки (Genkal, Trifonova, 2009). В систематической сводке Krammer, Lange-Bertalot (1986) в диагнозе *Navicula subtilissima* приводятся широкие диапазоны изменчивости количественных признаков (табл. 2), а позднее изучение типового материала *Navicula subtilissima* показало наличие в нем 3 видов рода *Navicula* в том числе нового для науки *N. parasubtilissima* (Kobayasi, Nagumo, 1988). Поскольку многие исследователи в своей практике до сегодняшнего дня используют широко известный определитель Krammer, Lange-Bertalot, 1986, вполне вероятно, что на самом деле *Kobayasiella parasubtilissima* имеет более широкое распространение. К тому же, нередки случаи, когда в материале встречается сразу несколько видов рода *Kobayasiella* (Kobayasi, Nagumo, 1988; Noga *et al.*, 2014), в нашем случае это проба из оз. Болотное.

K. okadae (Skvortzov) Lange-Bert., 1999, *Iconographia Diatomologica*, 6: 273. ≡ *Anomoeoneis okadae* Skvortzov, 1938, *J. Japan. Bot.*, 14: 59. ≡ *Kobayasia okadae* (Skvortzov) Lange-Bert., 1996, *Iconographia Diatomologica*, 4: 282.

Качественные признаки (форма створки, центрального и осевого полей, шва, расположение штрихов) *Kobayasiella okadae* (Plate II) в исследованной выборке совпали с первоописанием, но по длине створки (45.5–60 мкм, CV = 7.2%), ее ширине (10.7–12.2 мкм, CV = 4%), числу штрихов в 10 мкм (20–28, CV = 7.4%) значительно отличаются от первоописания, которое было выполнено по одной створке и литературным данным (табл. 2), что обусловлено, по нашему мнению, межпопуляционной изменчивостью. Аналогичная ситуация имеет место и для других представителей пеннатных диатомовых водорослей, например, из родов *Navicula* (Genkal, 2014) и *Cymbella* Agardh (Krammer, 2002). Морфология створки с наружной и внутренней поверхности в нашем материале соответствует таковой в литературных источниках (сравни Plate II, I–6 и Nagumo, Kobayasi, 1990: Figs 7, 8; 11–15).

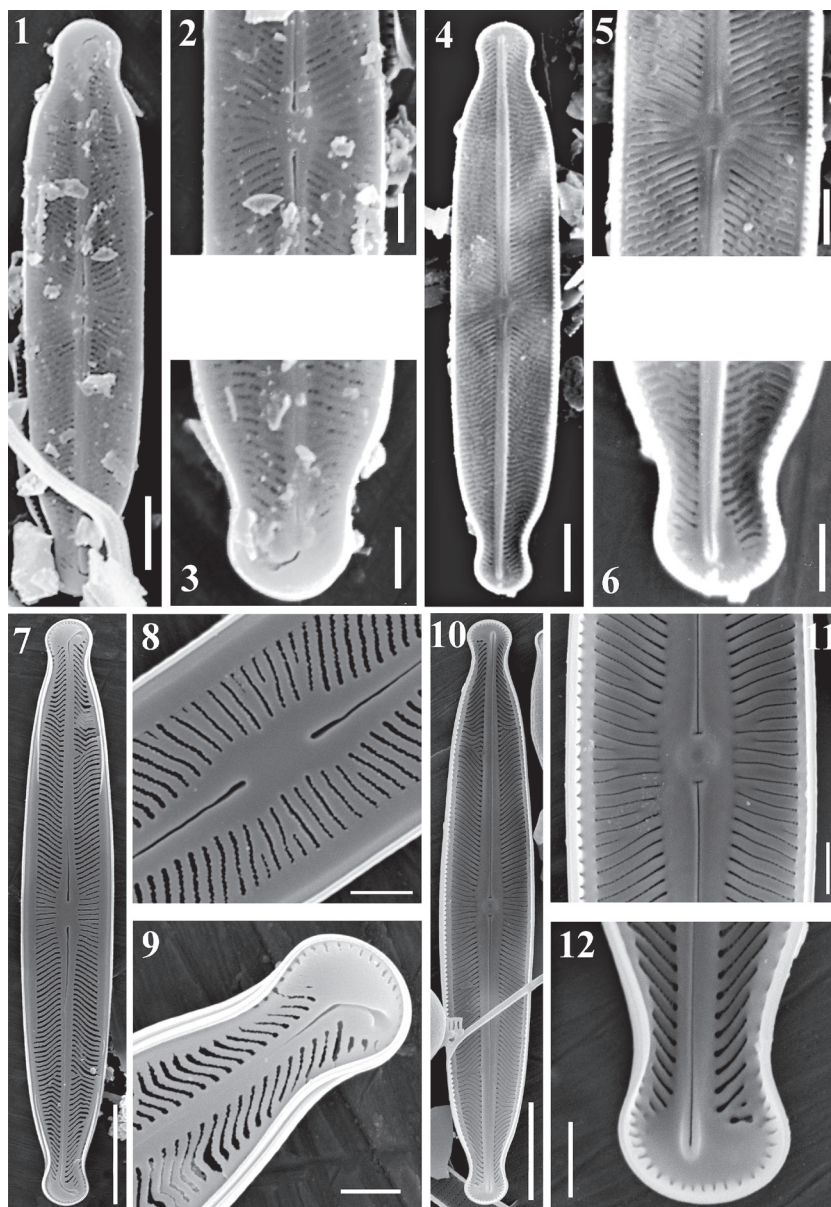


Plate I. *Kobayasiella subtilissima* (1–6), *Kobayasiella parasubtilissima* (7–12).

1, 7 — створка с наружной поверхности; 2, 8 — среднее поле с наружной поверхности; 3, 9 — конец створки с наружной стороны; 4, 10 — створка с внутренней стороны; 5, 11 — среднее поле с внутренней стороны; 6, 12 — конец створки с внутренней стороны. СЭМ.

Масштабные линейки: 1, 4, 7, 10 — 5 мкм; 2, 3, 5, 6 — 2 мкм; 8, 9, 11, 12 — 1 мкм.

1, 7 — external valve view; 2, 8 — external valve view of the central area; 3, 9 — external view of the valve pole; 4, 10 — internal view of the valve; 5, 11 — internal view of the central area; 6, 12 — internal view of the valve pole. Scale bars: 1, 4, 7, 10 — 5 μm ; 2, 3, 5, 6 — 2 μm ; 8, 9, 11, 12 — 1 μm .

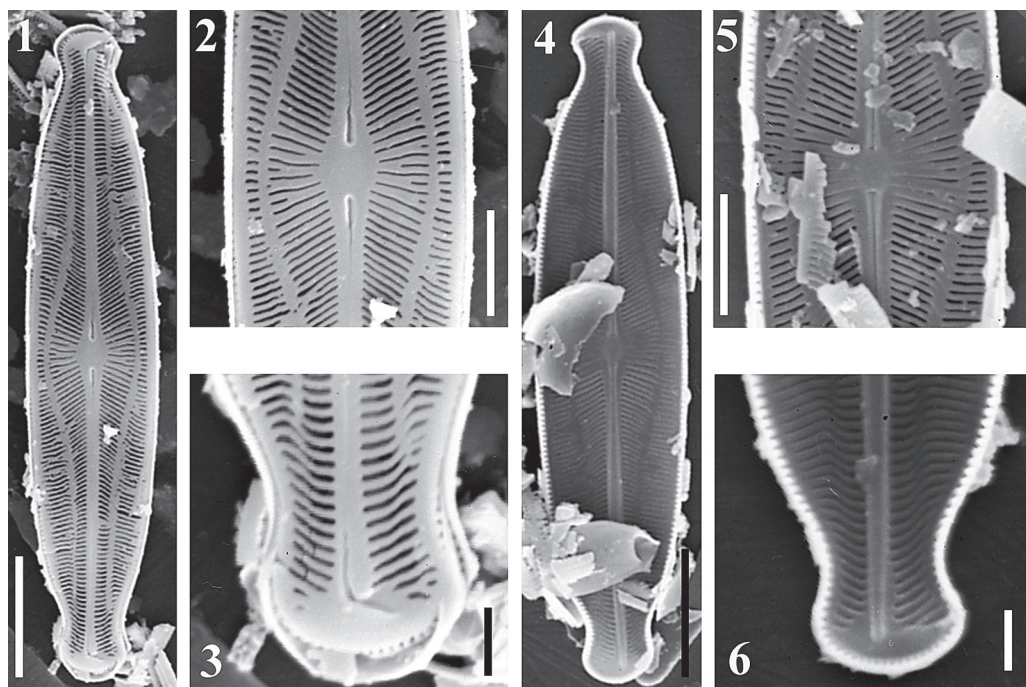


Plate II. *Kobayasiella okadae*.

1 — створка с наружной стороны; 2 — среднее поле с наружной стороны; 3 — конец створки с наружной стороны; 4 — створка с внутренней стороны, 5 — среднее поле с внутренней стороны; 6 — конец створки с внутренней стороны.

Масштабные линейки: 1, 4 — 10 мкм; 2, 5 — 5 мкм; 3, 6 — 2 мкм.

1 — external valve view; 2 — external valve view of the central area; 3 — external view of the valve pole; 4 — internal view of the valve; 5 — internal view of the central area; 6 — internal view of the valve pole. Scale bars: 1, 4 — 10 μm ; 2, 5 — 5 μm ; 3, 6 — 2 μm .

Оценка таксономической ценности указанных количественных признаков (длина и ширина створки, число штрихов в 10 мкм) по коэффициенту вариации показала небольшую изменчивость этих признаков ($CV = 3.9\text{--}10.3$) и сопоставима с таковыми для представителей рода *Navicula* s. l. (Genkal *et al.*, 2007). В наших выборках видов *K. subtillissima*, *K. parasubtillissima* и *K. okadae* коэффициенты вариации размерных признаков (длина и ширина створки) оказались меньше такового для числа штрихов в 10 мкм. Обычно, CV последнего имеет минимальные значения среди количественных признаков (Genkal *et al.*, 2007). Однако, для некоторых представителей рода *Navicula* s.l., например, у *N. cocconeiformis* Gregory ex Greville, *N. bacilloides* Hustedt и *N. subminuscula* Manguin, наблюдается расположение признаков по величинам коэффициента вариации (CV) аналогичное нашему (Genkal *et al.*, 2007).

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственных заданий по темам «Систематика, разнообразие и филогения водных автотрофных организмов России и других регионов мира» (№ АААА-А18-118012690095-4), «Структурно-функциональная организация растительных сообществ, разнообразие флоры, лишено- и микобиоты южной части национального парка «Югыд ва» (№ АААА-А16-116021010241-9) и в рамках Проекта комплексной программы УрО РАН «Разнообразие основных компонентов экосистем в широтном и высотном градиентах западного макросклона Северного и Приполярного Урала» (№ 18-4-4-14), при частичной поддержке гранта РФФИ (14-04-32258 мол_а). Авторы признательны к.б.н. Д. А. Филиппову (Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН) за предоставленный материал из Шиченгского болота.

Литература

- Bahls L. 2012. *Kobayasiella subtilissima*. *Diatoms of the United States*. http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/kobayasiella_subtillissima (Дата обращения: 28 II 2014).
- [Balonov] Балонов И. М. 1975. Подготовка водорослей к электронной микроскопии. *Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов*. М.: 87–89.
- Buczko K., Wojtal A. Z., Jahn R. 2009. *Kobayasiella* species of the Carpathian region: morphology, taxonomy and description of *K. tintinnus* spec. nov. *Diatom Research* 24(1): 1–21.
- Cleve P. T. 1891. The Diatoms of Finland. *Actas Societas Pro Fauna et Flora Fennica* 8(2): 1–68.
- [Genkal] Генкал С. И. 2014. К вопросу о морфологической изменчивости некоторых широко распространенных и редких видов рода *Navicula* (Bacillariophyta). *Новости систематики низших растений* 48: 38–49.
- [Genkal, Trifonova] Генкал С. И., Трифонова И. С. 2009. *Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна*. Рыбинск: 72 с.
- [Genkal et al.] Генкал С. И., Куликовский М. С., Стенина А. С. 2007. Изменчивость основных структурных элементов створки некоторых видов рода *Navicula* (Bacillariophyta). *Биология внутренних вод* 2: 20–25.
- [Genkal et al.] Генкал С. И., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. 2015. *Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии*. М.: 202 с.
- Kapustin D. A., Philippov D. A., Gusev E. S. 2016. Four new chrysophycean stomatocysts with true complex collar from the Shichengskoe raised bog in Central Russia. *Phytotaxa* 288: 285–290. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.288.3.10>
- [Kharitonov, Genkal] Харитонов В. Г., Генкал С. И. 2012. *Диатомовые водоросли озера Эльгыгьтгын и его окрестностей (Чукотка)*. Магадан: 402 с.
- Kobayasi H., Nagumo T. 1988. Examination of the type materials of *Navicula subtilissima* Cleve (Bacillariophyceae). *The Botanical magazine, Tokyo* 101: 239–253.
- Krammer K. 2002. *Cymbella*. *Diatoms of Europe* 3: 1–584.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/1*. Stuttgart; New York: 1–876.
- Kulikovskiy M. S., Lange-Bertalot H., Witkowski A., Dorofeyuk N. I., Genkal S. I. 2010. Diatom assemblages from sphagnum bogs of the world I. Nur bog in northern Mongolia. *Bibliotheca Diatomologica* 55: 1–326.
- [Kulikovskiy et al.] Куликовский М. С., Глущенко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. 2016. *Определитель диатомовых водорослей России*. Ярославль: 804 с.
- Lange-Bertalot H. 1999. *Kobayasiella* nov. nom. ein neuer Gattungsname für *Kobayasia* Lange-Bertalot 1996. *Iconographia Diatomologica* 6: 272–275.
- Lange-Bertalot H., Genkal S. I. 1999. Diatoms from Siberia I. *Iconographia Diatomologica* 6: 7–265.

- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. *Freshwater benthic diatoms of Central Europe: Over 800 Common species used in ecological assessment*. Oberreifenberg: 1–942.
- Nagumo T., Kobayasi H. 1990. Observations on *Navicula okadae* (Skvortzow) comb. nov. (Bacillariophyceae). *Diatom Research* 5(2): 367–372.
- Noga T., Stanek-Tarkowska J., Peszek Ł., Pajaczek A., Kochman N., Zubeł R. 2014. New localities of rare species *Kobayasiella okadae* (Skvortzow) Lange-Bert. and *K. tintinnus* Buczkó, Wojtal & Jahn in Europe — morphological and ecological characteristics. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 43: 374–380.
- [Филиппов] Филиппов Д. А. 2015. Флора Шиченгского водно-болотного угодья (Вологодская область). *Фиторазнообразие Восточной Европы* 9(4): 86–117.
- Siver P. A., Hamilton P. B. 2005. Observations on new and rare freshwater diatoms from Cape Cod, Massachusetts, USA. *Canadian Journal of Botany* 83: 362–378.
- Skvortzow B. W. 1938. Diatoms collected by Mr. Yoshikazu Okada in Nippon. I. Mountain bog diatom flora from Prov. Shinano. *The Journal of Japanese Botany* 14: 204–217.
- [Стенина] Стенина А. С. 2016. Диатомовые водоросли. Флоры, лишено- и микробиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва»). М.: 213–281.
- Zimmermann C., Poulin M., Pienitz R. 2010. Diatoms of North America. The Pliocene-Pleistocene freshwater flora of Bylot Island, Nunavut, Canadian High Arctic. *Iconographia Diatomologica* 21: 1–407.
- References**
- Bahls L. 2012. *Kobayasiella subtilissima*. *Diatoms of the United States*. http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/kobayasiella_subtillissima (Date of access: 28 II 2014).
- Balonov I. M. 1975. Preparation of algae for electron microscopy. *Metodika izucheniya biogeotsenozov* [Methods for the study of biocenoses]. Moscow: 87–89 (In Russ.).
- Buczkó K., Wojtal A. Z., Jahn R. 2009. *Kobayasiella* species of the Carpathian region: morphology, taxonomy and description of *K. tintinnus* spec. nov. *Diatom Research* 24(1): 1–21.
- Cleve P. T. 1891. The Diatoms of Finland. *Actas Societas Pro Fauna et Flora Fennica* 8(2): 1–68.
- Генкал С. И. 2014. On morphological variability of some widespread and rare species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 48: 38–49. (In Russ.).
- Генкал С. И., Трифонова И. С. 2009. *Диатомовые водоросли планктона Ладозжского озера и водоёмов его бассейна* [Diatom algae of the plankton of lake Ladoga and water-bodies of its basin]. Rybinsk: 72 p. (In Russ.).
- Генкал С. И., Чекризышева Т. А., Комулайнен С. Ф. 2015. *Диатомовые водоросли водоёмов и водотоков Карелии* [Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia]. Moscow: 202 p. (In Russ.).
- Генкал С. И., Куликовский М. С., Стенина А. С. 2007. Variability of main structural elements of a valve of some species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta). *Inland Water Biology* 2: 20–25. (In Russ.).
- Kapustin D. A., Philippov D. A., Gusev E. S. 2016. Four new chrysophycean stomatocysts with true complex collar from the Shichengskoe raised bog in Central Russia. *Phytotaxa* 288(3): 285–290. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.288.3.10>
- Kharitonov V. G., Genkal S. I. 2012. *Диатомовые водоросли озера Элгыгтыгын и его окрестностей* [Diatoms of the Elgygytgyn lake and its vicinities (Chukotka)]. Magadan: 402 p.
- Kobayasi H., Nagumo T. 1988. Examination of the Type Materials of *Navicula subtilissima* Cleve (Bacillariophyceae). *The Botanical magazine, Tokyo* 101: 239–253.
- Krammer K. 2002. *Cymbella*. *Diatoms of Europe* 3: 1–584.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/1*. Stuttgart; New York: 1–876.
- Kulikovsky M. S., Lange-Bertalot H., Witkowski A., Dorofeyuk N. I., Genkal S. I. 2010. Diatom assemblages from sphagnum bogs of the world I. Nur bog in northern Mongolia. *Bibliotheca Diatomologica* 55: 1–326.
- Kulikovsky M. S., Glushchenko A. M., Genkal S. I., Kuznetsova I. V. 2016. *Определитель диатомовых водорослей России* [Identification book of diatoms from Russia]. Yaroslavl: 804 p. (In Russ.).

- Lange-Bertalot H. 1999. *Kobayasiella* nov. nom. ein neuer Gattungsname für *Kobayasia* Lange-Berlot 1996. *Iconographia Diatomologica* 6: 272–275.
- Lange-Bertalot H., Genkal S. I. 1999. Diatoms from Siberia I. *Iconographia Diatomologica* 6: 7–265.
- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. *Freshwater benthic diatoms of Central Europe: Over 800 Common species used in ecological assessment*. Oberreifenberg: 1–942.
- Loseva E. I., Stenina A. S., Marchenko-Vagapova T. I. 2004. *Kadastr iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodorosley evropeyskogo severo-vostoka* [Cadastre of the fossil and recent diatoms from northeastern Europe]. Syktyvkar: 160 p. (In Russ.).
- Nagumo T., Kobayasi H. 1990. Observations on *Navicula okadae* (Skvortzow) comb. nov. (Bacillariophyceae). *Diatom Research* 5(2): 367–372.
- Noga T., Stanek-Tarkowska J., Peszek Ł., Pajaczek A., Kochman N., Zubeł R. 2014. New localities of rare species *Kobayasiella okadae* (Skvortzov) Lange-Bert. and *K. tintinnus* Buczkó, Wojtal & Jahn in Europe — morphological and ecological characteristics. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 43: 374–380.
- Philippov D. A. 2015. Flora of wetland «Shichenskoe» (Vologda Region, Russia). *Phytodiversity of Eastern Europe* 9(4): 86–117. (In Russ. with Engl. abstract).
- Siver P. A., Hamilton P. B. 2005. Observations on new and rare freshwater diatoms from Cape Cod, Massachusetts, USA. *Canadian Journal of Botany* 83: 362–378.
- Skvortzow B. W. 1938. Diatoms collected by Mr. Yoshikazu Okada in Nippon. I. Mountain bog diatom flora from Prov. Shinano. *The Journal of Japanese Botany* 14: 204–217.
- Stenina A. S. 2016. Diatom Algae. *Flora, lichen- and microbiota of especially protected landscapes in the basins of the Kosyu and Bolshaya Synya rivers (Polar Ural, «Yugyd va» national park)*. Moscow: 213–281. (In Russ.).
- Zimmermann C., Poulin M., Pienitz R. 2010. Diatoms of North America. The Pliocene-Pleistocene freshwater flora of Bylot Island, Nunavut, Canadian High Arctic. *Iconographia Diatomologica* 21: 1–407.