

УДК: 582.26: 58.01/.07

Морфологическая вариабельность диатомовых водорослей хлоридно-натриевых водоемов (Пермский край, Россия)

Т. В. Фадеева, Е. П. Чиркова

Горный институт УрО РАН. 614007, Пермь, ул. Сибирская, 78А.

E-mail: fadееva.tatyana@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 10.10.2025 г.)

Приведены данные по морфологическим особенностям шести видов диатомовых водорослей (*Navicula gregaria*, *Navicula salinarum*, *Nitzschia palea*, *Prestauroneis protracta*, *Synedra famelica*, *Tabularia fasciculata*), обитающих в хлоридно-натриевых водоемах различной степени минерализации на территории Пермского края. Рассмотрены возможные причины, вызывающие отклонения от типичных размеров, формы и внутренней структуры клеток водорослей.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, соленость, тератологические формы.

DOI: 10.17072/psu.geol.25.2.160

Введение

Природные соленые водные объекты связаны в основном с подземными минерализованными водами, которые разгружаются в руслах потоков и эрозионных долинах. Подземные соленые воды и рассолы, не имеющие свободного выхода на поверхность, могут быть вскрыты буровыми скважинами, колодцами и другими выработками, вследствие чего происходит засоление почвы определенной территории с образованием водоемов различного типа (Иванов, Воронова, 1972). На территории Пермского края естественные выходы соленых вод хлоридно-натриевого состава, связанные с растворением залежей каменной соли, встречаются с севера на юг на протяжении более 500 км. Наибольшее количество таких выходов сосредоточено в долинах рек, протекающих через Соликамскую впадину (Шестов и др., 1986). Соленые источники служили в прошлом поисковым признаком для заложения рассолоподъемных скважин, фрагменты которых сохранились до настоящего времени.

Диатомовые водоросли, обладая уникальной кремнеземной клеточной стенкой

(створкой), могут быстро и характерно реагировать на изменения окружающей среды, что проявляется в изменениях или деформациях их морфологии, таких как изменение размера клеток, очертаний створок, а также рисунка шва и штрихов (Falasco et al., 2009; Pandey et al., 2018). Такие тератологические створки диатомей могут служить эффективными индикаторами качества воды на исследуемых участках водоемов и обычно используются для целей биомониторинга. К настоящему времени на территории Пермского региона исследованы сообщества диатомовых водорослей (149 таксонов рангом ниже рода), обитающих в хлоридно-натриевых водах различной степени минерализации (1,2–54,9 г/л). К категории многочисленных видов, обнаруженных практически во всех изученных местонахождениях, относятся *Navicula gregaria* Donkin 1861, *Navicula salinarum* Grunow 1880, *Nitzschia palea* (Kützinger) W. Smith 1856, *Prestauroneis protracta* (Grunow) Kulikovskiy & Glushchenko 2016, *Synedra famelica* Kützinger 1844, *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) D. M. Williams & Round 1986. Цели данного

© Фадеева Т. В. Чиркова Е. П., 2026



Работа лицензирована в соответствии с CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

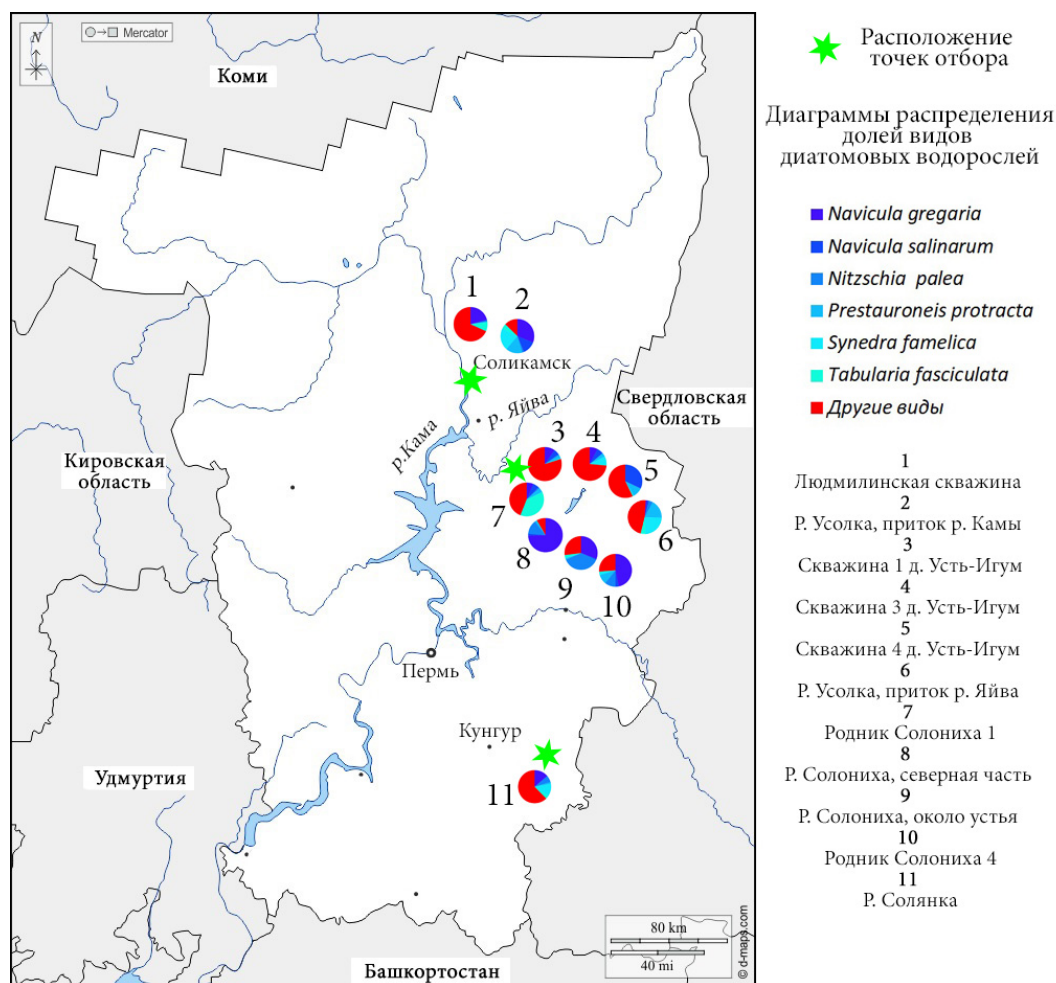


Рис. 1. Расположение точек отбора биопроб и долевое участие (%) наиболее распространенных видов в сообществах диатомовых водорослей эпипелона хлоридно-натриевых водоемов Пермского края

исследования – выявление морфометрических характеристик и тератологических форм у этих шести видов диатомовых водорослей и выдвижение предварительных гипотез о причинах отклонений от типичных размеров и нормальной морфологии.

Материалы и методы

Биопробы взяты с поверхностного слоя дна (эпипелон) в летне-осенний период 2024 г. в районах изливов древних рассолоподъемных скважин (Людмилаинская скважина, г. Соликамск, скважин Яйвинского острожка около д. Усть-Игум), из рек Усолки (притоков р. Камы и р. Яйвы), Солянки, Солониhi, из родников, впадающих в р. Солониху (рис. 1). Все исследованные источники относятся к хлоридно-натриевым водам. В группу слабосоленых вод (1,5–2,3 г/л) входят реки Усолка, Солониha, Солянка (группа

А). Относительно высокая минерализация воды (10,3–14,9 г/л) зафиксирована в ручье Людмилаинской скважины и в роднике Солониha 1, впадающем в р. Солониху в северной ее части (группа В). Наибольшей минерализацией (группа С) среди исследованных водоемов характеризуются воды древних рассолоподъемных скважин, расположенных около д. Усть-Игум и в роднике (Солониha 4), впадающем в р. Солониху недалеко от ее устья (23,7–54,9 г/л). Во всех водоемах, кроме р. Солянки, обнаружено высокое и очень высокое содержание железа (2545,4–37120,7 мкг/л) и стронция (10365,7–18055,6 мкг/л). Для расчета относительного обилия диатомовых водорослей в исследуемых пробах использовались микрофотографии, сделанные с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 LMN и оптического микроскопа OLYMPUS BX53MRF-S с цифровой камерой ADF

PRO20 при 500–1000-кратных увеличениях. Морфометрические показатели створок диатомовых водорослей установлены при помощи программы tpsDig2 (ver. 2.31)). Характеристики галобности идентифицированных видов диатомей приведены по данным Бариновой и др. (2006), размерные данные – из основных определителей диатомовых водорослей России (Диатомовый анализ, 1950; Забелина и др., 1951; Куликовский и др., 2016). В морфологический анализ включены рандомные выборки диатомовых водорослей (*Navicula gregaria* n = 79; *Navicula salinarum* n = 166; *Nitzschia palea* n = 110; *Prestauroneis protracta* n = 111; *Synedra famelica* n = 170; *Tabularia fasciculata* n = 93), для которых получены SEM-изображения.

Результаты и обсуждение

Показатели относительного обилия видов диатомовых водорослей, которые обнаружены практически во всех исследованных хлоридно-натриевых водоемах региона, демонстрируют неоднородность доминирования внутри групп источников по степени минерализации. Мезогалобный вид *Navicula gregaria* преобладает в ряде источников всех выделенных типов. Еще один мезагалоб – *Navicula salinarum* – распространен в ручье Людмилинской скважины, вода которого близка к категории вод средней солености (10,3–10,7 г/л), и в очень соленых и рассольных водах в районах изливов скважин около д. Усть-Игум (минерализация 28,8–54,9 г/л). Галофильный вид *Tabularia fasciculata* резко доминирует в воде родника Солониha 1 (14,9 г/л). *Prestauroneis protracta*, также относимый к галофилам, обнаружен во всех исследованных источниках, но его доля достигает максимальных значений только в эпипелоне р. Усолки, притоке р. Яйвы (1,5–2,3 г/л) и ручья Людмилинской скважины. Индифферентный вид *Nitzschia palea* доминирует только на одном из участков р. Солониhi (2,3 г/л). По категории галобности *Synedra famelica* не определена (Барина и др., 2006), предположительно, этот вид способен адаптироваться к широкому спектру солености. Экземпляры такого вида обнаружены в значительных количествах как в рассольной воде (54,9 г/л) скважины 3 около

д. Усть-Игум, так и в слабоминерализованных водах рек Солянки (1,9 г/л) и Усолки, притоке Яйвы (до 2,3 г/л).

Исследование морфометрических характеристик видов диатомовых водорослей (табл.) из хлоридно-натриевых водоемов различной степени минерализации показало близость показателей длины и ширины изученных нами створок *Navicula gregaria*, *Navicula salinarum*, *Prestauroneis protracta* к данным, приводимым в основных отечественных определителях. Зафиксирована большая плотность штрихов у некоторых экземпляров *Navicula salinarum* и *Prestauroneis protracta*. Для первого вида увеличенная плотность штрихов (17–18 на 10 мкм) обнаружена у 43,5 % створок в водоемах группы А, 24 % – группы В, 13,6 % – группы С. Для второго вида выявлены створки с увеличенной плотностью штрихов (23–30 на 10 мкм) также в значительных количествах (42,3 % – группа А, 40 % – В, 68 % – С).

Для *Tabularia fasciculata* исследованных водоемов (группы А, В) обнаружены единичные экземпляры створок с шириной более 9 мкм. Однако отклонение от максимального показателя плотности штрихов (14 на 10 мкм), указанного для этого вида в определителях, характерно для 17,7 % (группа А) до 33,3 % (группа В) створок и составляет от 15 до 18 на 10 мкм.

Synedra famelica отнесен к редким видам на территории России (Генкал, Ярушина, 2017), данные по пределам морфометрических показателей этого вида требуют уточнения. Наши данные указывают на меньший предел (7,7 мкм) минимальных значений длины и больший предел максимальных значений ширины (4,8 мкм) для этого вида диатомовых водорослей. Данные по плотности штрихов в исследованных выборках вида практически совпадают с данными определителей.

Длина створки меньше предельного минимального значения (20 мкм) у исследованных экземпляров *Nitzschia palea* зафиксирована в 11,5 % случаев (группа А) и 2,3 % – в группе С. Ширина створок у этого вида отличается в сторону увеличения от установленного максимального показателя (5 мкм) во всех исследованных выборках (46,2 % – А, 33,3 % – В, 39,5 % – С). Плотность штри-

хов увеличена в ряде створок *Nitzschia palea* до 45–58 на 10 мкм, и такие экземпляры обнаружены во всех группах водоемов. Для некоторых видов рода *Nitzschia* увеличение ширины клеток связано с ростом солености (Шоренко и др., 2014; Trobajo et al., 2011).

Таким образом, в исследованных популяциях диатомовых водорослей, обитающих в воде разной степени солености, зафиксированы экземпляры с увеличенной плотностью штрихов (*Navicula salinarum*, *Prestauroneis protracta*, *Tabularia fasciculata*). При этом количество таких створок у мезогалофа *Navicula salinarum* больше всего в водоемах слабой минерализации, а у галофила *Prestauroneis protracta* – в водоемах с наибольшей соленостью. Запредельные значения длины (*Synedra famelica*, *Nitzschia palea*) и ширины (*Tabularia fasciculata*, *Synedra famelica*, *Nitzschia palea*) створок исследуемых водорослей отмечены в водах различной степени минерализации.

В выборках всех шести видов диатомовых водорослей, рассматриваемых в данном исследовании, обнаружены тератологические формы 1 и 2 типов (по классификации (Falasco et al., 2009)), которые характеризуются изменениями формы створки, направленности и расположения штрихов, направленности и количества ареол в штрихах (рис. 2).

Среди тератоформ *Navicula gregaria* преобладают экземпляры с ассиметричностью штриховки по части створки (рис. 2А (3)). В самой представительной по количеству просмотренных экземпляров вида выборке из ручья Людмилинской скважины (группа В) такие экземпляры составляют примерно третью часть от общего количества. Остальные выборки сравнительно малочисленны, но практически во всех (кроме выборки из р. Усолки, притока р. Яйвы, р. Солянки) тератологические формы створок также обнаружены. В сводке тератологических форм диатомовых водорослей (Falasco et al., 2021) одной из причин необычной штриховки створок *Navicula gregaria* называется соленость воды (Сох, 1995). Учитывая, что тератологические формы вида обнаружены в водоемах различной степени солености, нужны дополнительные исследования представительных серий створок для уточнения влия-

ния определенных концентраций хлорида натрия на образование отклонений в штриховке.

Для *Navicula salinarum* наибольшая часть отклонений относится к изменению направления ареол в штрихах (рис. 2Б (3)). Особенно такой вид отклонения распространен на участке (3 м от излива) скважины 1, в воде скважины 4 около д. Усть-Игум, в родниках Солониха 1 и 4 и в р. Усолке, притоке р. Яйвы. Практически во всех этих исследованных выборках ареолы в штрихах имеют разную направленность. Такие тератоформы единичны в эпипелоне участка ручья, расположенного в 1 м от излива скважины 1 и в р. Солониха, не обнаружены в выборке из скважины 3 около д. Усть-Игум, в ручье Людмилинской скважины и в р. Усолке, притоке р. Камы. Учитывая, что в ручье скважины 1 около д. Усть-Игум на различном расстоянии от излива соленой воды (1 и 3 м) наблюдаются совершенно различные выборки вида по соотношению тератологических форм, соленость вряд ли является причиной таких отклонений. Аналогичные отклонения в ориентации ареол в штрихах зафиксированы у *Oricymba tianmuensis* горных ручьев (провинция Чжэцзян, Китай), однако их причины неизвестны (Zhang et al., 2015).

Среди исследованных створок *Prestauroneis protracta* выявлено незначительное количество экземпляров с отсутствием ареол в штрихах и изменением формы штрихов (рис. 2В (2)). В основном такие отклонения в структуре створки этого вида диатомовых водорослей выявлены в выборках из ручья Людмилинской скважины и р. Усолки, притока р. Камы, в которую этот ручей впадает, в остальных хлоридно-натриевых водоемах такие створки единичны либо не обнаружены. Вода ручья Людмилинской скважины характеризуется относительно высоким содержанием калия (139–154 мг/л), возможно, именно этот фактор влияет на появление тератологических форм *Prestauroneis protracta*.

Для *Nitzschia palea* зафиксирован единственный экземпляр с изменением формы из ручья Людмилинской скважины (рис. 2Г (4)), во всех остальных исследованных водоемах тератологических форм не отмечено.

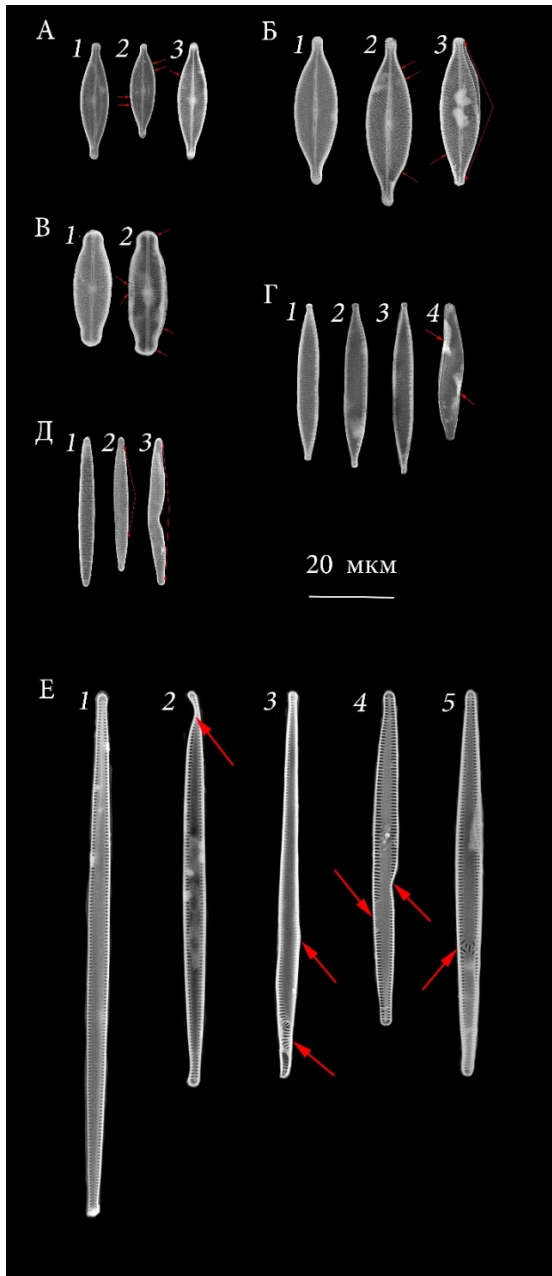


Рис. 2. А. *Navicula gregaria*: 1 – форма и структурные элементы створки в пределах нормы (скважина 1 около д. Усть-Игум, 1 м от излива); 2 – отсутствие ареол в штрихах и изменение направленности ареол (Людмилинская скважина, 3 метра от излива); 3 – разрыв Фойгта, тип V (Mann, 2006) и очередное расположение штрихов (р. Солониха, северная часть). Б. *Navicula salinarum*: 1 – форма и структурные элементы створки в пределах нормы (скважина 1 около д. Усть-Игум, 1 м от излива); 2 – разрыв Фойгта, типы IV, V (Mann, 2006); 3 – разрыв Фойгта, тип V (Mann, 2006) и изменение направленности ареол (скважина 1 около д. Усть-Игум, 3 м от излива). В. *Prestauroneis protracta*: 1 – форма и структурные элементы створки в пределах нормы (Людмилинская скважина, 7 м от излива); 2 – отсутствие ареол в штрихах и изменение формы штрихов, двойные короткие штрихи (р. Усолка, участок после впадения ручья Людмилинской скважины). Г. *Nitzschia palea*: 1–3 – форма и структурные элементы створки в пределах нормы (1 – р. Солониха, северная часть; 2 – р. Солянка; 3 – родник, впадающий в р. Солониху, южная часть); 4 – деформированный контур створки (Людмилинская скважина 3 м от излива); Д. *Synedra famelica*: 1 – форма и структурные элементы створки в пределах нормы (Людмилинская скважина, 7 м от излива); 2 – очередные штрихи; 3 – деформированный контур створки (Людмилинская скважина, 1 м от излива). Е. *Tabularia fasciculata*: 1 – форма и структурные элементы створки в пределах нормы (Людмилинская скважина, 1 м от излива); 2 – деформированный контур створки (р. Усолка, участок после впадения ручья Людмилинской скважины); 3 – деформированный контур створки и деформированный орнаментальный узор (р. Солониха, северная часть); 4 – деформированный контур створки и частичное отсутствие штрихов; 5 – деформированный орнаментальный узор (р. Усолка, участок после впадения ручья Людмилинской скважины)

В выборках *Synedra famelica* и *Tabularia fasciculata*, кроме изменений внутренней структуры створок, обнаружено изменение их формы. Для *Synedra famelica* тератологические формы (рис. 2Д (2, 3)) зафиксированы во всех исследованных выборках и в целом составляют от 14,3 до 81,0 % от общего количества. Отклонения 1 и 2 типа в строении створок *Tabularia fasciculata* (рис. 2Е (2-5)) выявлены в выборках створок вида из водоемов, по минерализации отнесенных к группе В (Людмилинская скважина и родник Солониха 1) и одного водоема группы А (р. Усолка, приток р. Камы). Среди причин подобных отклонений в строении клеток *Tabularia fasciculata* в сообществах диатомо-

вых водорослей крупных южнокорейских рек, протекающих вблизи промышленных комплексов, называются высокая концентрация металлов и общего азота, высокая проводимость и потребность в кислороде (Ran-dey et al., 2018).

Несмотря на обширную литературную базу по тератологии клеток диатомовых водорослей (Falasco et al., 2021), причины появления таких отклонений остаются под вопросом. До сих пор в большинстве случаев неясно, какой из факторов определяет деформацию и развитие дефектов, каков механизм этого явления и влияют ли и каким образом эти деформации на физиологию клетки диатомовой водоросли (Falasco et al.,

2009). Полученные данные по тератологическим формам шести видов диатомовых водорослей, которые обитают в хлоридно-натриевых водоемах различной степени солености и с высокими концентрациями некоторых микроэлементов (железа и стронция), позволяют выявить основные формы отклонений для каждого вида, но для окончательных выводов по причинам распространения тератологических форм в местных популяциях водорослей необходимы дополнитель-

ные исследования. Учитывая факт, что часть исследованных водоемов (районы изливов скважин и родники) представляют собой мелководные ручьи в открытой местности, можно предположить, что относительно высокие доли деформаций створок диатомовых водорослей в местных популяциях вызваны не только высокими концентрациями некоторых химических элементов в воде, но и нестабильными условиями обитания (температура и УФ-излучение).

Таблица. Сравнительные морфометрические характеристики шести наиболее распространенных видов диатомовых водорослей из хлоридно-натриевых водоемов различной степени минерализации (Пермский край, Россия)

Вид	Морфометрический показатель	Литературные данные	Группы источников по степени минерализации		
			A	B	C
<i>Navicula gregaria</i>	Длина, мкм	13–40	20,5–28,0	17,1–25,2	19,3–27,5
	Ширина, мкм	5–10	5,8–6,9	4,9–6,6	5,3–6,9
	Штрихи, n/10 мкм [n]	13–22	18–22 [25]	18–22 [37]	18–20 [17]
<i>Navicula salinarum</i>	Длина, мкм	18–50	20,5–43,3	26,0–44,3	24,5–40,6
	Ширина, мкм	6,5–12	6,3–11,9	8,7–11,6	7,8–12,8
	Штрихи, n/10 мкм [n]	14–16	14–18 [23]	14–18 [25]	14–17 [118]
<i>Nitzschia palea</i>	Длина, мкм	20–65	14,1–65,0	22,7–37,1	17,0–44,7
	Ширина, мкм	2,5–5	3,2–7,6	4,1–6,6	3,6–6,9
	Штрихи, n/10 мкм [n]	35–40	34–55 [52]	44–52 [15]	38–58 [43]
<i>Prestauroneis protracta</i>	Длина, мкм	17–60	16,5–40,0	22,7–35,3	20,9–41,2
	Ширина, мкм	5–10	5,3–9,3	7,0–9,7	5,7–9,4
	Штрихи, n/10 мкм [n]	14–22	18–26 [26]	20–30 [30]	21–26 [55]
<i>Synedra famelica</i>	Длина, мкм	15–40	10,4–46,3	7,7–51,8	8,7–47,4
	Ширина, мкм	2–4	3,0–4,2	2,7–4,6	2,7–4,8
	Штрихи, n/10 мкм [n]	15–21	15–21 [42]	14–20 [80]	16–21 [48]
<i>Tabularia fasciculata</i>	Длина, мкм	22–200	56,9–153,8	66,4–135,3	49,1–91,6
	Ширина, мкм	2–8	4,1–9,5	4,8–9,8	4,8–6,1
	Штрихи, n/10 мкм [n]	9–14	11–15 [58]	13–18 [27]	13–16 [8]

Заключение

В данном исследовании впервые приведены данные о морфологических особенностях наиболее распространенных видов диатомовых водорослей в водоемах хлоридно-натриевого состава и различной степеней минерализации, расположенных на территории Пермского края. Для местных популяций исследованных видов установлены пределы морфометрических признаков створок. По предварительным данным, местные популяции исследованных в данной работе видов диатомовых водорослей (кроме мезогаглобного вида *Navicula gregaria*) характеризуются увеличенным количеством штрихов и запредельными значениями размеров створок. Деформация и/или изменение структуры створок исследованных видов диатомовых

водорослей зафиксированы во всех изученных водоемах. На данном этапе исследования предварительно установлено, что на изменение структуры клеток *Prestauroneis protracta* с большой долей вероятности влияет высокое содержание калия в воде. Для объяснения природы тератологий других рассматриваемых видов и выявления корреляции с факторами окружающей среды необходимо изучение дополнительного серийного материала и проведение экспериментальных лабораторных исследований в средах с изменяющимися параметрами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-17-20007 и при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках научного проекта № 24-17-20007

Библиографический список

- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Генкал С. И., Ярушина М. И. Интересные находки диатомовых водорослей и новый вид *Fragilaria strelnikova* из водоемов и водотоков полуострова Ямал // Новости систематики низших растений. 2017. Т. 51. С. 12–22. DOI: 10.31111/nsnr/2017.51.12 EDN: ZOGLNZ
- Диатомовый анализ. Книга 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядок Pennales / ред. А. И. Прошкина-Лавренко. Л.: Госгеолиздат, 1950. 398 с.
- Забелина М. М., Киселев И. А., Прошкина-Лавренко А. И., Шешукова В. С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовые водоросли. М.: Советская наука, 1951. 619 с.
- Иванов А. А., Воронова М. Л. Галогенные формации (минеральный состав, типы и условия образования, методы поисков и разведки месторождений минеральных солей). М.: Недра, 1972. 328 с.
- Куликовский М. С., Глуценко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с. ISBN: 978-5-906682-72-7 EDN: LXCHF1
- Шестов И. Н., Шурубор А. В., Шиялова З. А. Естественные выходы соленых вод и их роль в развитии солеварения в Прикамье // Мат. науч.-практ. конф. «Соль и освоение края». Соликамск, 1986. С. 84–88.
- Шоренко К. И., Давидович Н. А., Давидович О. И. Влияние солёности на морфологические характеристики панцирей двух близких видов диатомовых водорослей *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow и *N. rectilonga* Takano // Морский экологический журнал. 2014. Т. XIII(3). С. 75–80. EDN: SYOYIL
- Cox E. J. Morphological variation in widely distributed diatom taxa: taxonomic and ecological implications // Marino, D. & M. Montresor (eds), Proceedings of the 13th International Diatom Symposium, Italy. Bristol: Biopress, 1995. P. 335–345.
- Falasco E., Bona F., Ginepro M., Hlubikova D., Hoffmann L., Ector L. Morphological abnormalities of diatom silica walls in relation to heavy metal contamination and artificial growth conditions // Water SA. 2009. Vol. 35(5). P. 595–606. DOI: 10.4314/wsa.v35i5.49185 EDN: YBMHFP
- Falasco E., Ector L., Wetzel C. E., Badino G., Bona F. Looking back, looking forward: a review of the new literature on diatom teratological forms (2010–2020) // Hydrobiologia. 2021. Vol. 848. P. 1675–1753. DOI: 10.1007/s10750-021-04540-x EDN: GNCFPN
- Mann D. G. Specifying a morphogenetic model for diatoms: an analysis of pattern faults in the Voigt zone // Nova Hedwigia. 2006. Vol. 130. P. 97–118.
- Pandey L. K., Lavoie I., Morin S., Park J., Lyu J., Choi S., Lee H., Han T. River water quality assessment based on a multi-descriptor approach including chemistry, diatom assemblage structure, and non-taxonomical diatom metrics // Ecological Indicators. 2018. Vol. 84. P. 140–151. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.07.043 EDN: YGSHCD
- Trobajo R., Rovira L., Mann D. G., Cox E. J. Effects of salinity on growth and on valve morphology of five estuarine diatoms // Phycological Research. 2011. Vol. 59. P. 83–90. DOI: 10.1111/j.1440-1835.2010.00603.x
- Zhang W., Li Y.-L., Kociolek J. P., Zhang R.-L., Wang L.-Q. *Oricymba tianmuensis* sp. nov., a new cymbelloid species (Bacillariophyceae) from Tianmu Mountain in Zhejiang Province, China // Phytotaxa. 2015. Vol. 236(3). P. 257–265. DOI: 10.11646/phytotaxa.236.3.6 EDN: WRCMCJ

Morphological Variability of Diatom Algae of Sodium Chloride Springs (Perm region, Russia)

T.V. Fadeeva, E.P. Chirkova

Mining Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 78A Sibirskaya Str., Perm 614007, Russia

E-mail: fadeeva.tatyana@mail.ru

The article presents data on the morphological features of six species of diatoms (*Navicula gregaria*, *Navicula salinarum*, *Nitzschia palea*, *Prestauroneis protracta*, *Synedra famelica*, *Tabularia fasciculata*) living in sodium chloride reservoirs of varying degrees of mineralization in the Perm region. Possible causes of deviations from the typical size, shape and internal structure of algae cells are considered.

Key words: diatoms; salinity; teratological forms

References

- Barinova, S. S., Medvedeva, L. A., Anisimova, O. V. 2006. Bioraznoobrazie vodorosley-indikatorov okruzhayushchey sredy [Biodiversity of environmental indicator algae]. Pilies Studio, Tel Aviv. p. 498. (in Russian)
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2017. Interesnye nakhodki diatomovykh vodorosley i noviy vid *Fragilaria strelnikovae* iz vodoemov i vodotokov poluoostrova Yamal [Interesting finds of diatoms and a new species *Fragilaria strelnikovae* from water bodies and watercourses of the Yamal Peninsula]. Novosti sistematiki nizshikh rasteniy. 51: 12–22. (in Russian)
- Diatomoviy analis. Kniga 3. 1950. Opredelitel iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodorosley. Poryadok Pennales [Diatom Analysis. Book 3ю Key to Fossil and Modern Diatoms. Order Pennales]. Ed. A. I. Proshkin-Lavrenko. Leningrad, Gosgeolizdat, 398 p.
- Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. 1951. Opredelitel presnovodnykh vodorosley SSSR. Vypusk 4. Diatomovye vodorosli [Identifier of freshwater algae of the USSR. Issue 4. Diatoms]. Moscow, Sovetskaya Nauka. 619 p. (in Russian)
- Ivanov A. A., Voronova M. L. 1972. Galogennyye formatsii (mineralniy sostav, tipy i uslovia obrazovaniya, metody poiskov i razvedki mestorozhdeniy mineralnykh soley) [Halogen formations (mineral composition, types and conditions of formation, methods of prospecting and exploration of mineral salt deposits)]. Moscow, Nedra. 328 p. (in Russian)
- Kulikovskiy M.S., Glushchenko A.M., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. 2016. Opredelitel diatomovykh vodorosley Rossii [Identification of diatoms of Russia]. Yaroslavl, Filigran. 804 p. (in Russian)
- Shestov I.N., Shurubor A.V., Shilyaeva Z.A. 1986. Estestvennye vykhody solenyykh vod i ikh rol v razvitiy solevareniya v Prikam'e [Natural outlets of salt water and their role in the development of salt production in the Kama region]. In: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sol i osvoenie kraya". Solikamsk. pp. 84–88. (in Russian)
- Shorenko K. I., Davidovich N. A., Davidovich O. I. 2014. Vliyanie solenosti na morfologicheskie kharakteristiki dvukh blizkikh vidov diatomovykh vodorosley *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow i *N. rectilonga* Takano [Effect of salinity on the morphological characteristics of the shells of two closely related species of diatoms *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow and *N. rectilonga* Takano]. Morskoy ekologicheskii zhurnal. XIII (3): 75–80. (in Russian)
- Cox E. J. 1995. Morphological variation in widely distributed diatom taxa: taxonomic and ecological implications. In: Proceedings of the 13th International Diatom Symposium. Eds. D. Marino, M. Montresor. Bristol, Biopress. pp. 335–345.
- Falasco E., Bona F., Ginepro M., Hlubikova D., Hoffmann L., Ector L. 2009. Morphological abnormalities of diatom silica walls in relation to heavy metal contamination and artificial growth conditions. Water SA. 35(5): 595–606. DOI: 10.4314/wsa.v35i5.49185
- Falasco E., Ector L., Wetzel C.E., Badino G., Bona F. 2021. Looking back, looking forward: a review of the new literature on diatom teratological forms (2010–2020). Hydrobiologia. 848: 1675–1753. DOI: 10.1007/s10750-021-04540-x
- Mann D. G. 2006. Specifying a morphogenetic model for diatoms: an analysis of pattern faults in the Voigt zone. Nova Hedwigia. 130: 97–118.
- Pandey L. K., Lavoie I., Morin S., Park J., Lyu J., Choi S., Lee H., Han T. 2018. River water quality assessment based on a multi-descriptor approach including chemistry, diatom assemblage structure, and non-taxonomical diatom metrics. Ecological indicators. 84: 140–151. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.07.043
- Trobajo R., Rovira L., Mann D.G., Cox E.J. 2011 Effects of salinity on growth and on valve morphology of five estuarine diatoms. Phycological Research. 59: 83–90. DOI: 10.1111/j.1440-1835.2010.00603.x
- Zhang W., Li Y.-L., Kociolek J. P., Zhang R.-L., Wang L.-Q. 2015. *Oricymba tianmuensis* sp. nov., a new cymbelloid species (Bacillariophyceae) from Tianmu Mountain in Zhejiang Province, China. Phytotaxa. 236(3):257–265. DOI: 10.11646/phytotaxa.236.3.6