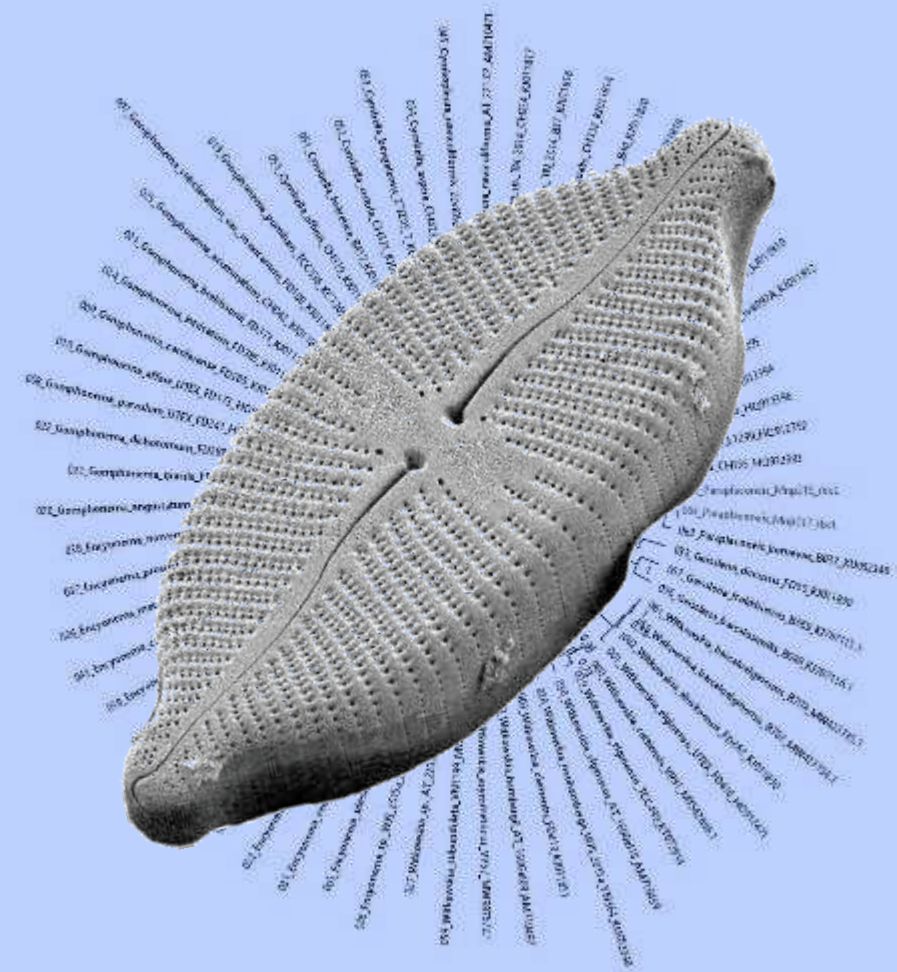
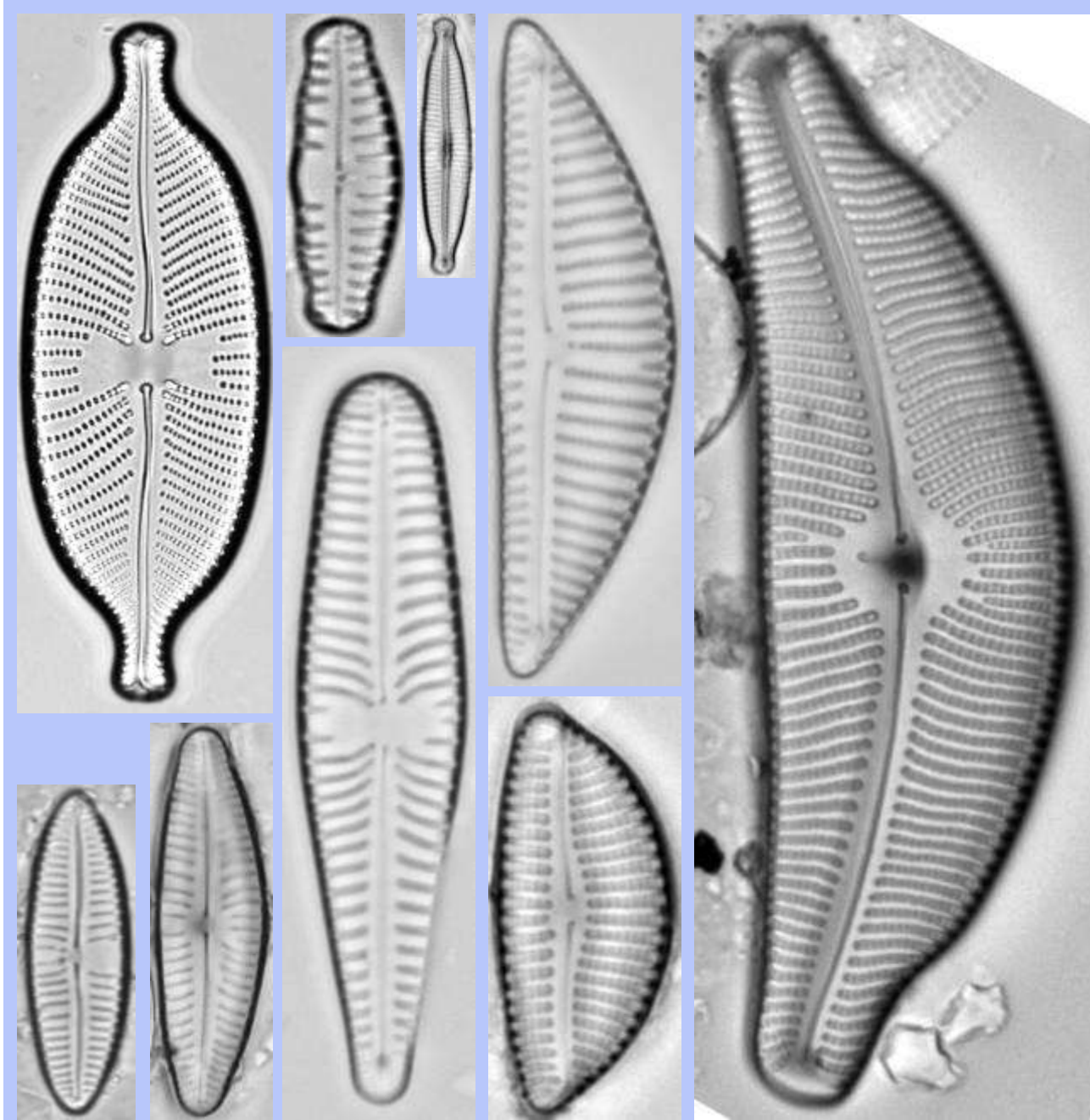


МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЛОГЕНИЯ И РЕВИЗИЯ СИСТЕМЫ ПОРЯДКА СУМБЕЛЛАЕС D.G. MANN (BACILLARIOPHYCEAE)

Миронов Андрей Витальевич



- **Порядок Cymbellales** – крупная таксономическая группа (2300+ видов, 60+ родов) двушовных пеннатных диатомовых водорослей;
- Представители группы широко распространены в бентосе и перифитоне пресноводных водоемов;
- Виды и роды порядка Cymbellales отличаются значительным морфологическим разнообразием.



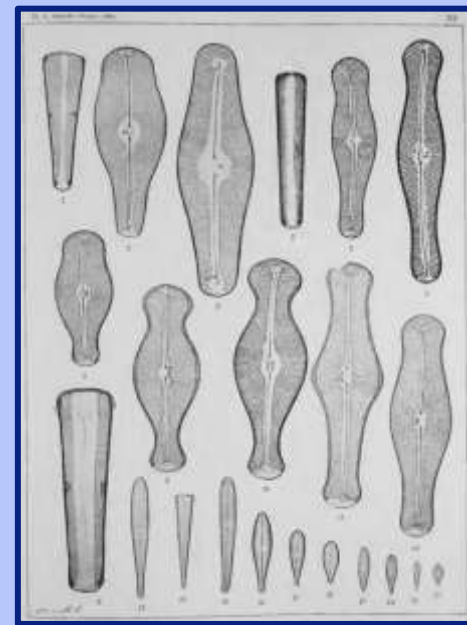
Цель работы – изучить тонкую структуру панциря некоторых представителей порядка Cymbellales и провести анализ соотношения морфологических и молекулярно-генетических данных для ревизии системы группы.

Задачи исследования:

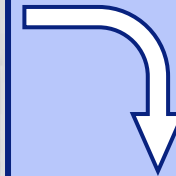
1. Провести **обзор литературных данных** по морфологии и молекулярной филогении диатомовых водорослей порядка Cymbellales;
2. Провести **морфологический и молекулярно-генетический анализ** некоторых слабоизученных видов и родов порядка Cymbellales;
3. Провести **ревизию системы** порядка Cymbellales с учетом молекулярно-генетических и морфологических данных.

История изучения порядка *Symbellales*:

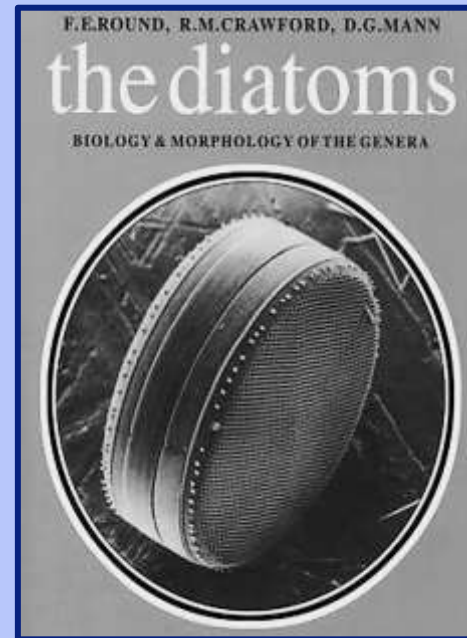
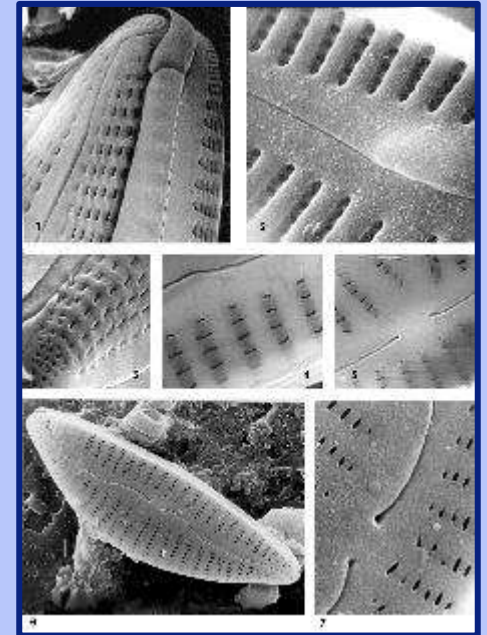
- Представители порядка **впервые описаны** в 1830-х гг. (Agardh, 1830; Ehrenberg, 1832; Kützing, 1834);
- Для таксономической идентификации использовались **признаки протопласта и кремнеземного панциря** (Hustedt, 1930; Patrick & Reimer, 1966);
- С внедрением методов **СЭМ и ТЭМ** получены новые данные о морфологии и филогении группы (Krammer, 1982, 2002, 2003);
- **Классическая система** порядка предложена Round et al. (1990).



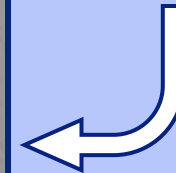
Schmidt, 1899



Krammer, 1982



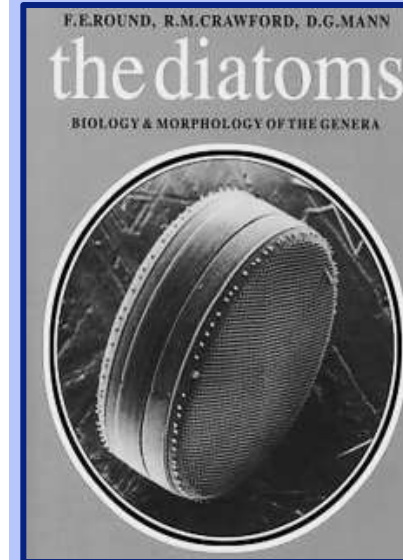
Round et al., 1990



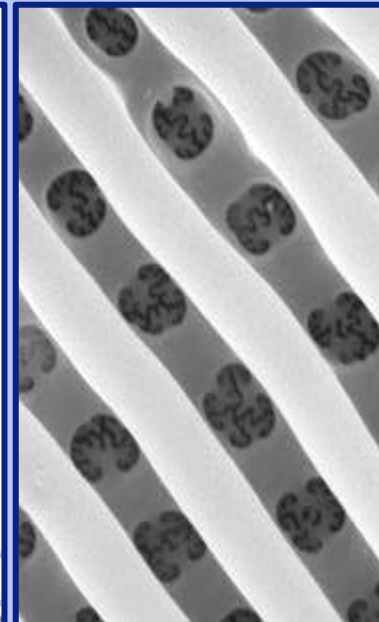
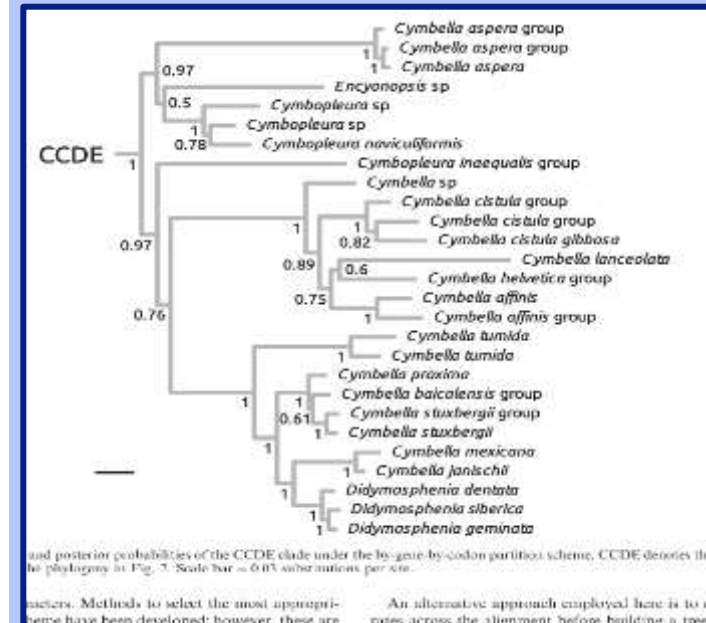
Современное состояние исследований:

- Получила распространение **«узкая» таксономическая концепция** (Mann, 1999). Ключевую роль в анализе морфологии приобрели «тонкие» признаки панциря;
- **Молекулярно-генетические исследования** предоставили новые данные о положении отдельных родов в филогении порядка и позволили пересмотреть границы таксонов (Bruder & Medlin, 2008; Kulikovskiy et al., 2014);
- Современные исследования указывают на **необходимость ревизии** классической системы порядка Cymbellales (Round et al., 1990).

Round et al., 1990

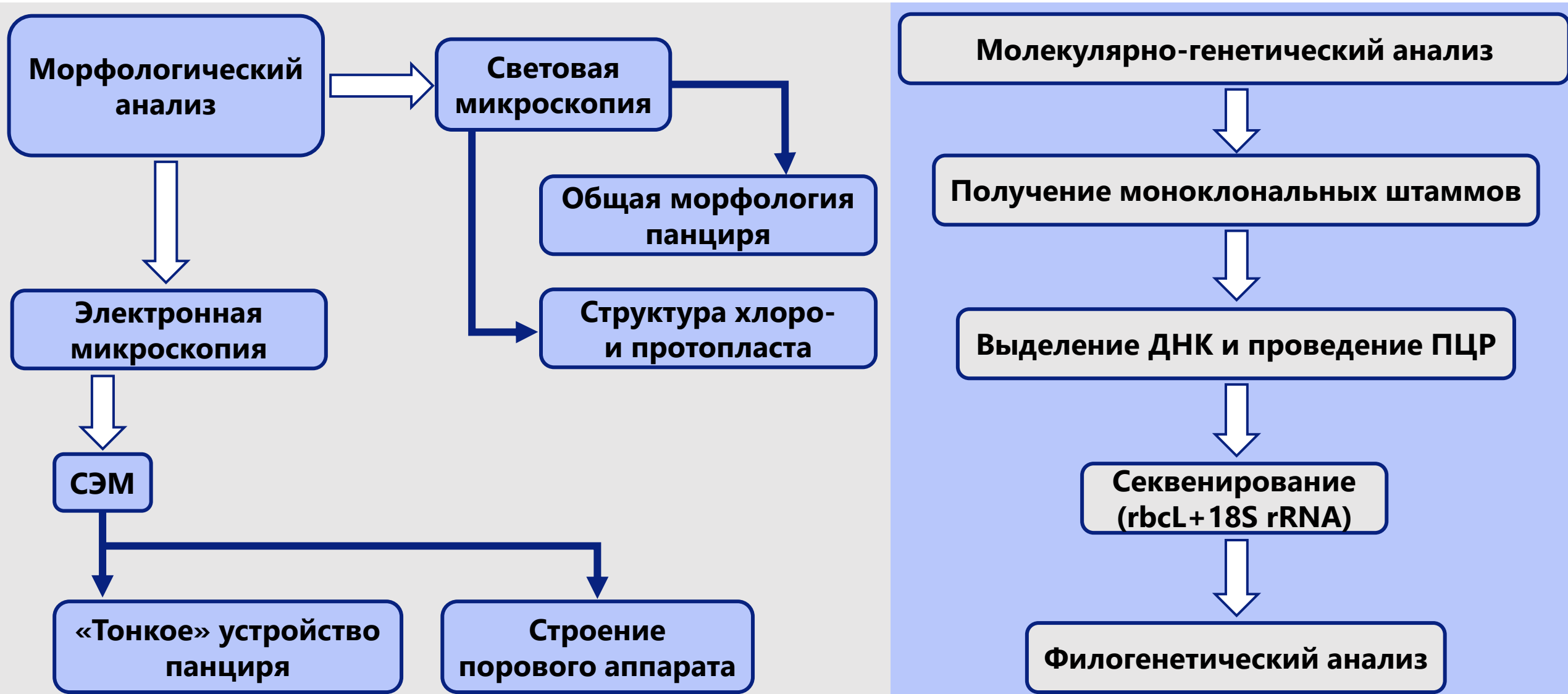


3. *CYMBELLALES* D. G. Mann, *ord. nov.*
Rhoicospheniaceae Chen & Zhu 1983
Rhoicosphenia, *Campylopyxis*, *Cuneolus*,
Gomphoseptatum, *Gomphonemopsis*
Anomoeoneidaceae D. G. Mann, *fam. nov.*
Anomoeoneis, *Staurophora*
Cymbellaceae Greville 1833
Placoneis, *Cymbella*, *Brebissonia*, *Encyonema*,
Gomphocymbella
Gomphonemataceae Kützinger 1844
Gomphonema, *Didymosphenia*, *Gomphoneis*,
Reimeria, *Gomphopleura**



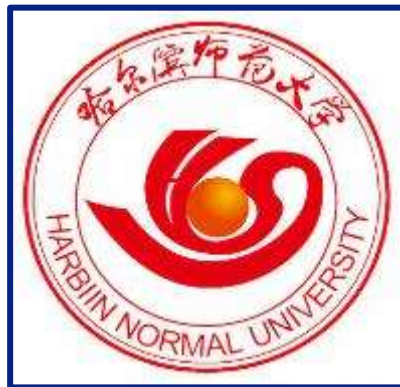
Nakov et al., 2014

Методы исследования: обработка проб бентоса и перифитона



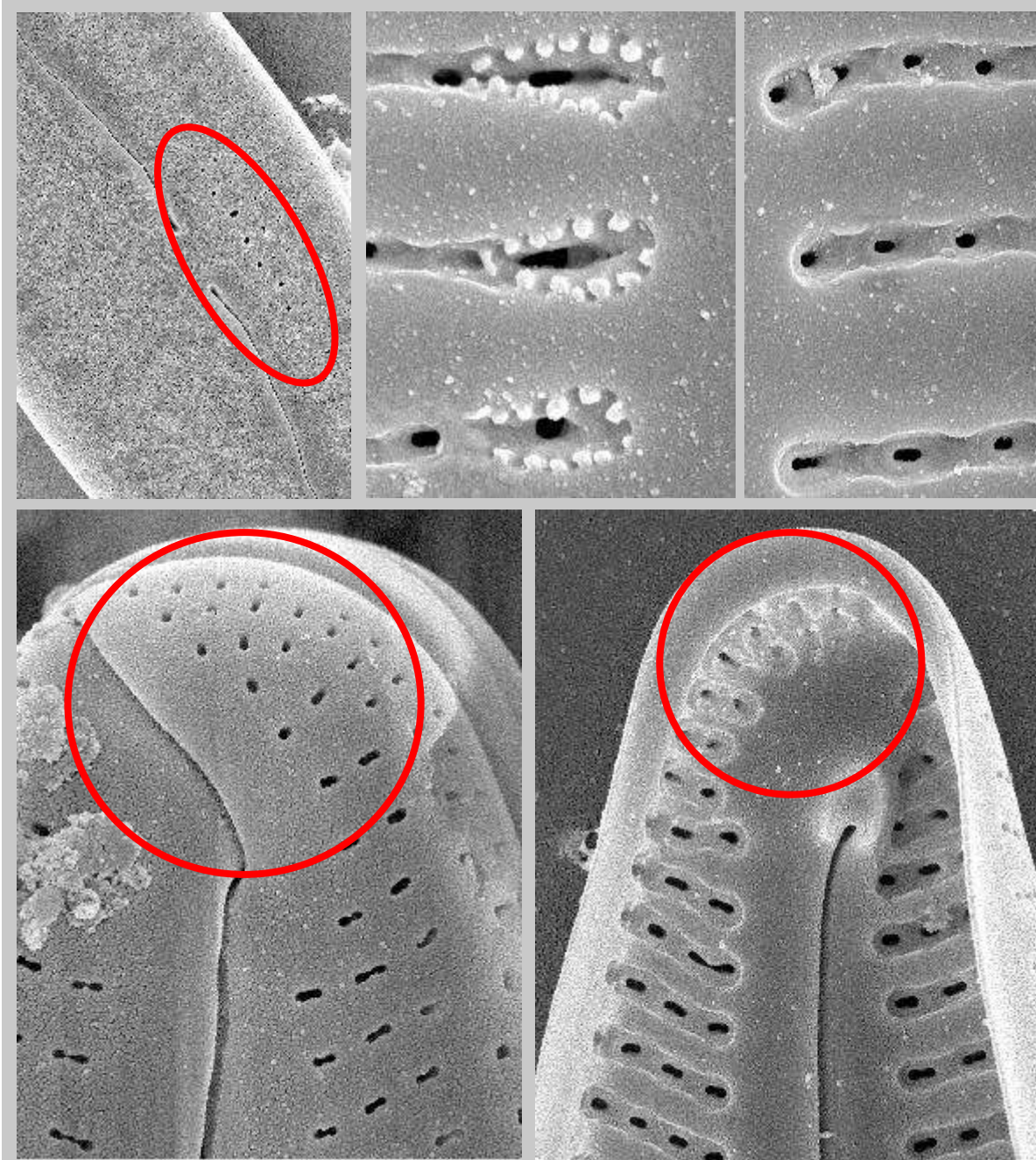
Материалы исследования:

- 26 природных проб, 29 постоянных препаратов и 2 штамма из коллекции ЛМСВР Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН;
- 15 природных проб, 15 постоянных препаратов и 3 штамма из коллекции Колледжа естественных наук и технологий Харбинского педагогического университета.



Собственный вклад:

- Световая микроскопия 17 природных проб из водоемов п-ова Камчатка;
- Анализ морфологии протопласта и кремнеземного панциря на основе 2000+ микрофотографий из иконотеки ЛМСВР ИФР РАН;
- Молекулярно-генетический анализ 5 коллекционных штаммов (ПЦР, подготовка матриц, построение филогений, проверка достоверности с помощью бутстреп-анализа);
- Интерпретация данных морфологического и молекулярно-генетического анализов.



- !** Проанализировано **разнообразие морфологических признаков** среди представителей рода ***Delicata***:
- С помощью СЭМ изучены особенности устройства **ультраструктурных признаков** – штрихов, ареол и изолированных пор (парастигм);
 - Предложен новый термин – **кластер апикальных штрихов (ASC)** – для описания уникального типа перфораций панциря.

Morphological analysis of the genus *Delicata* (Bacillariophyta), with description of *D. zhangii* from China

JIAMING LIU¹, ANDREI MIRONOV^{2,3}, PARIZAT ASIMTUI¹, HANXUN JU¹, XIANG TAN⁴, MAXIM KULIKOVSKIY², JOHN PATRICK KOCIOLEK⁵, YAWEN FAN¹ AND YAN LIU¹

¹College of Life Science and Technology, Harbin Normal University, Harbin 150025, China

²Department of Molecular Systematics and Bioengineering, K. A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, IPP RAS, Moscow 127276, Russia

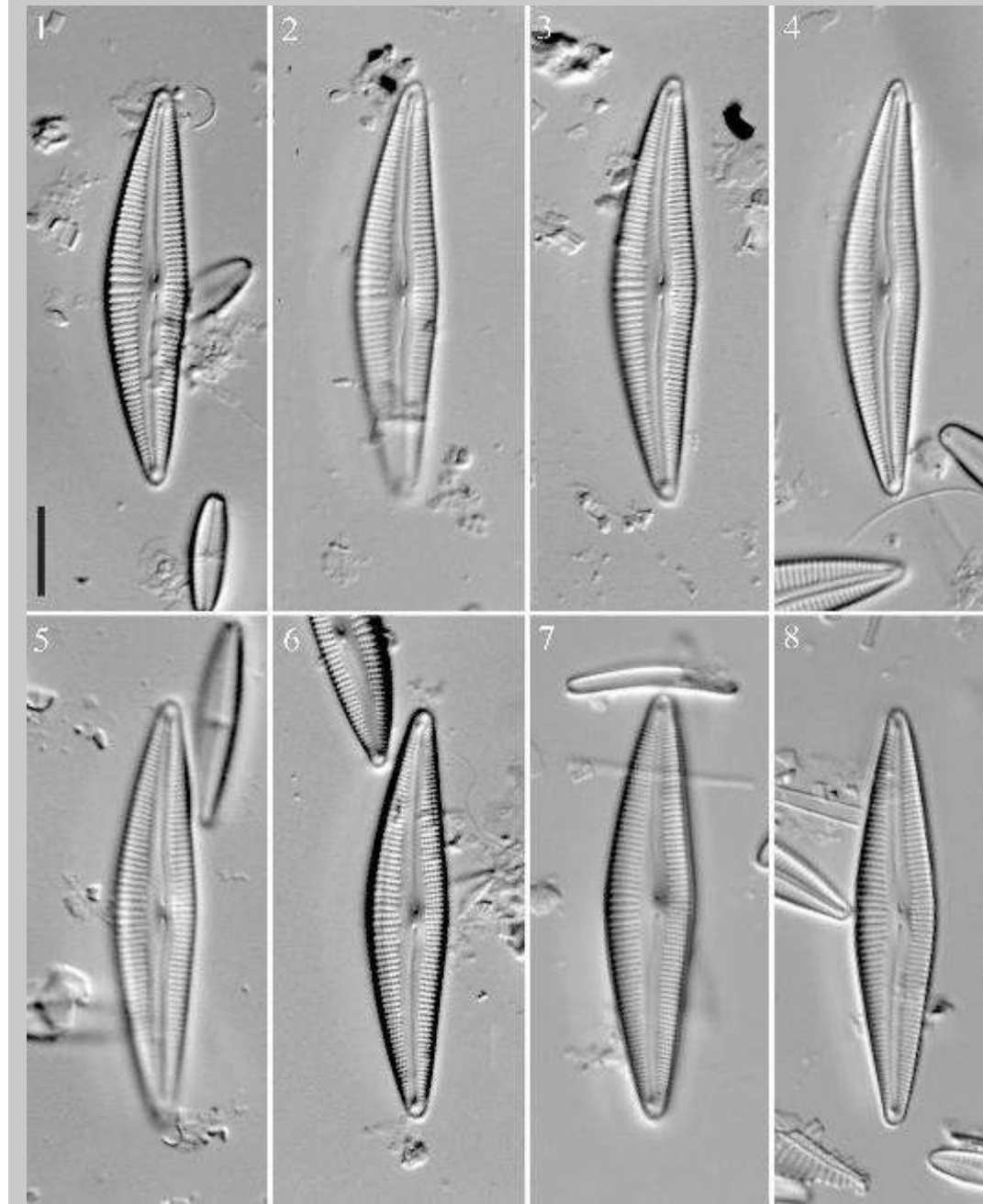
³Department of Mycology and Algology, M. V. Lomonosov Moscow State University, MSU, Moscow 119234, Russia

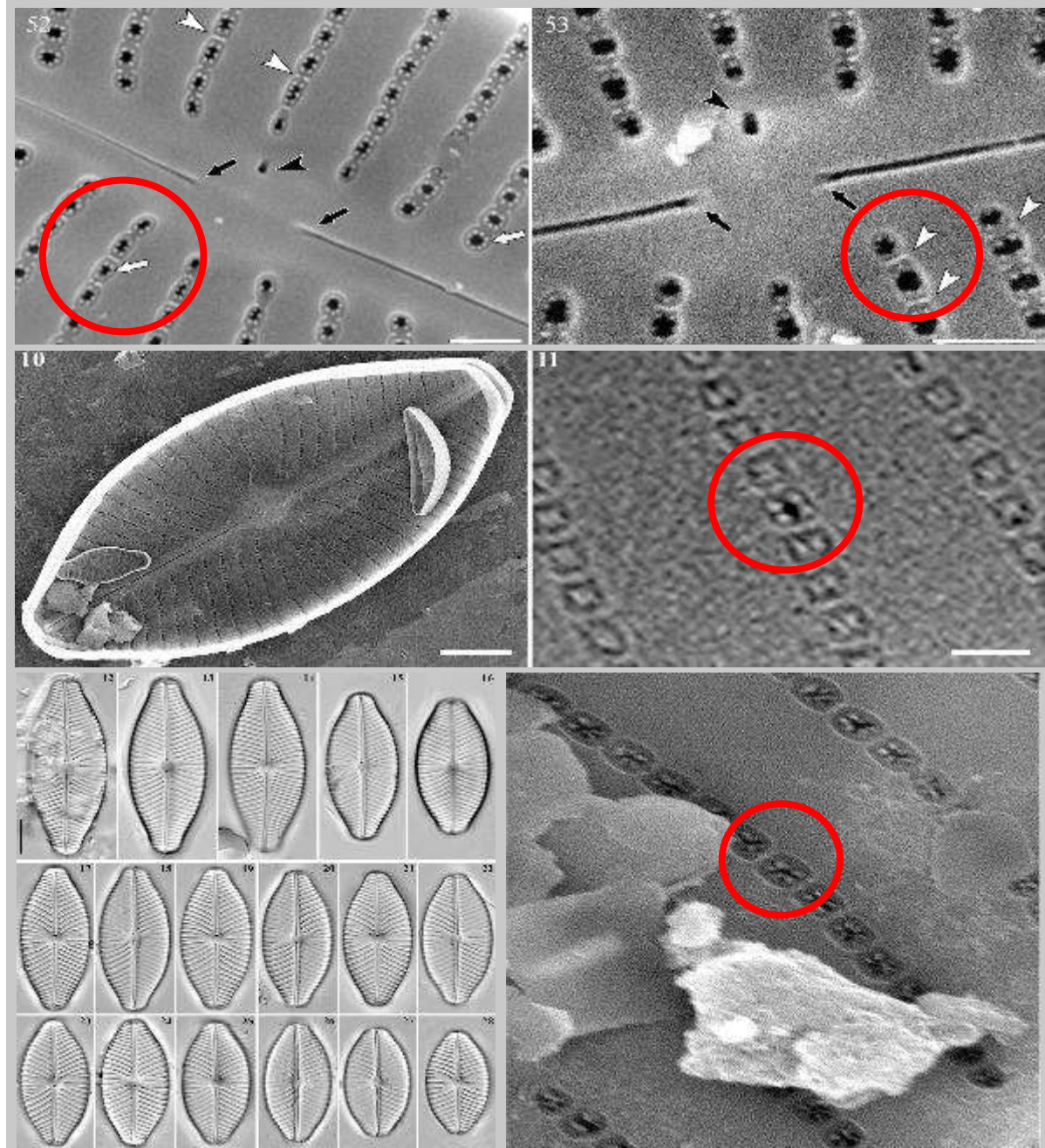
⁴Key Laboratory of Aquatic Botany and Watershed Ecology, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China

⁵Museum of Natural History and Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309, USA

! Проанализировано разнообразие морфологических признаков среди представителей рода *Delicata*:

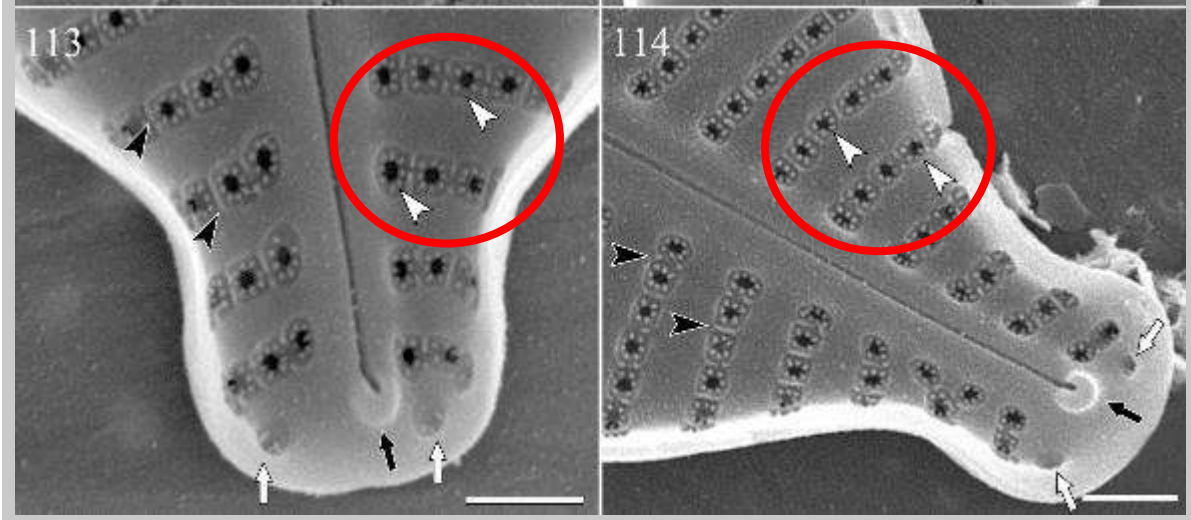
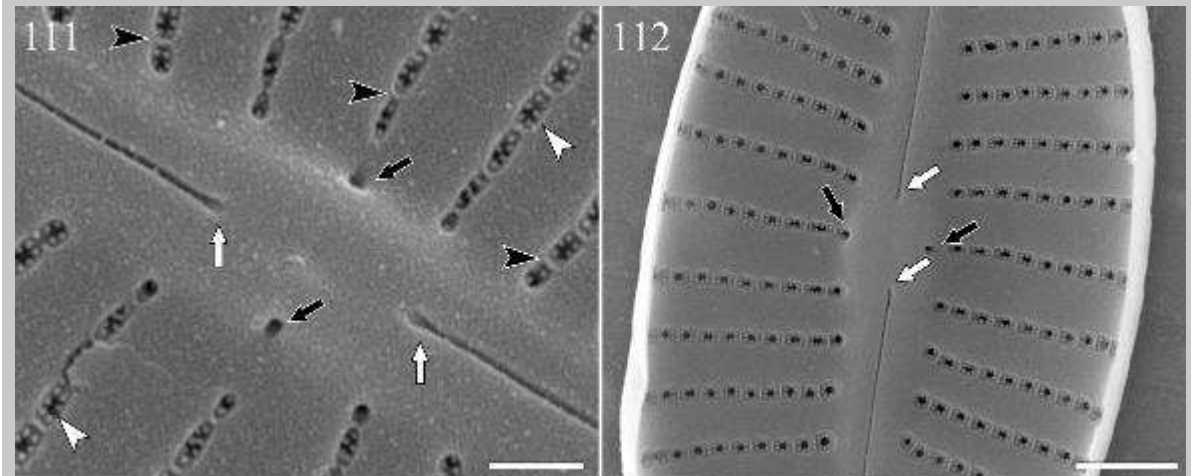
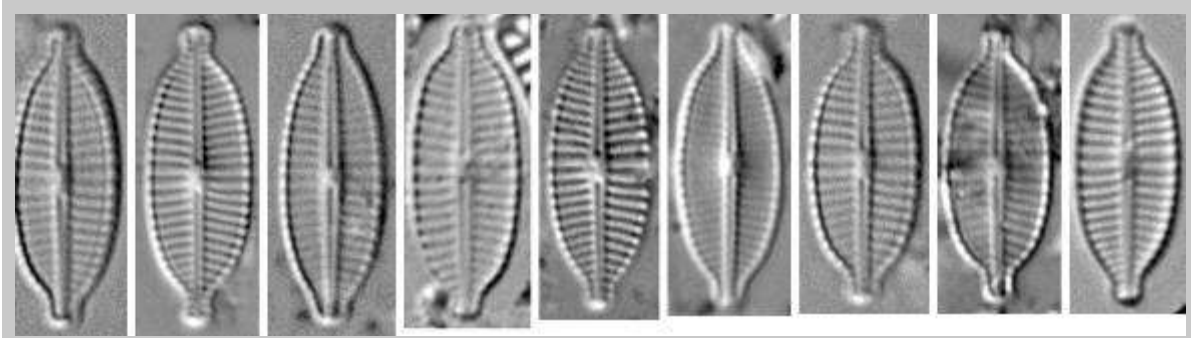
- На основании морфологических данных описан **новый вид *Delicata zhangii***;
- **Уточнен морфологический диагноз** рода *Delicata*, предложены 9 новых видовых статусов и видовых комбинаций.





! Проведен анализ морфологических признаков **трех новых для науки видов в роде *Witkowskia***:

- У новых видов *W. famintsinii*, *W. shishmarevii*, *W. murzaevii* выявлены поровые окклюзии, типичные для *Witkowskia* (**тектулюм s.s.**);
- «Проблемный» таксон *Placoneis gastrum sensu Cox* отнесен к синонимам нового вида *Witkowskia murzaevii*;

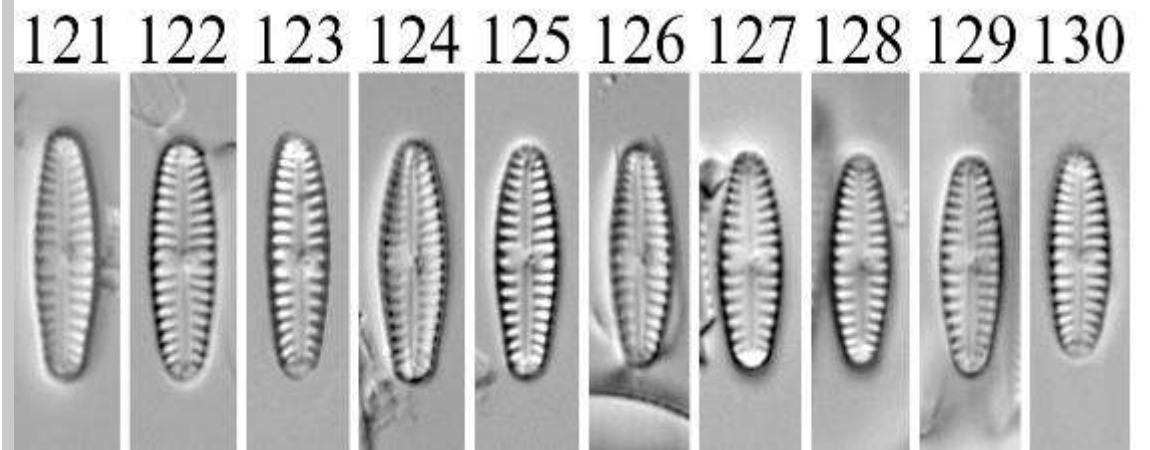


! Проведен анализ морфологических признаков **НОВЫХ ТАКСОНОВ В СОСТАВЕ РОДА *Witkowskia***:

- Данные о **строении порового аппарата** у таксона *Navicula similis* var. *strigosa* указывают на необходимость его переноса в род *Witkowskia*. Предложена новая комбинация в новом статусе – *Witkowskia strigosa*.

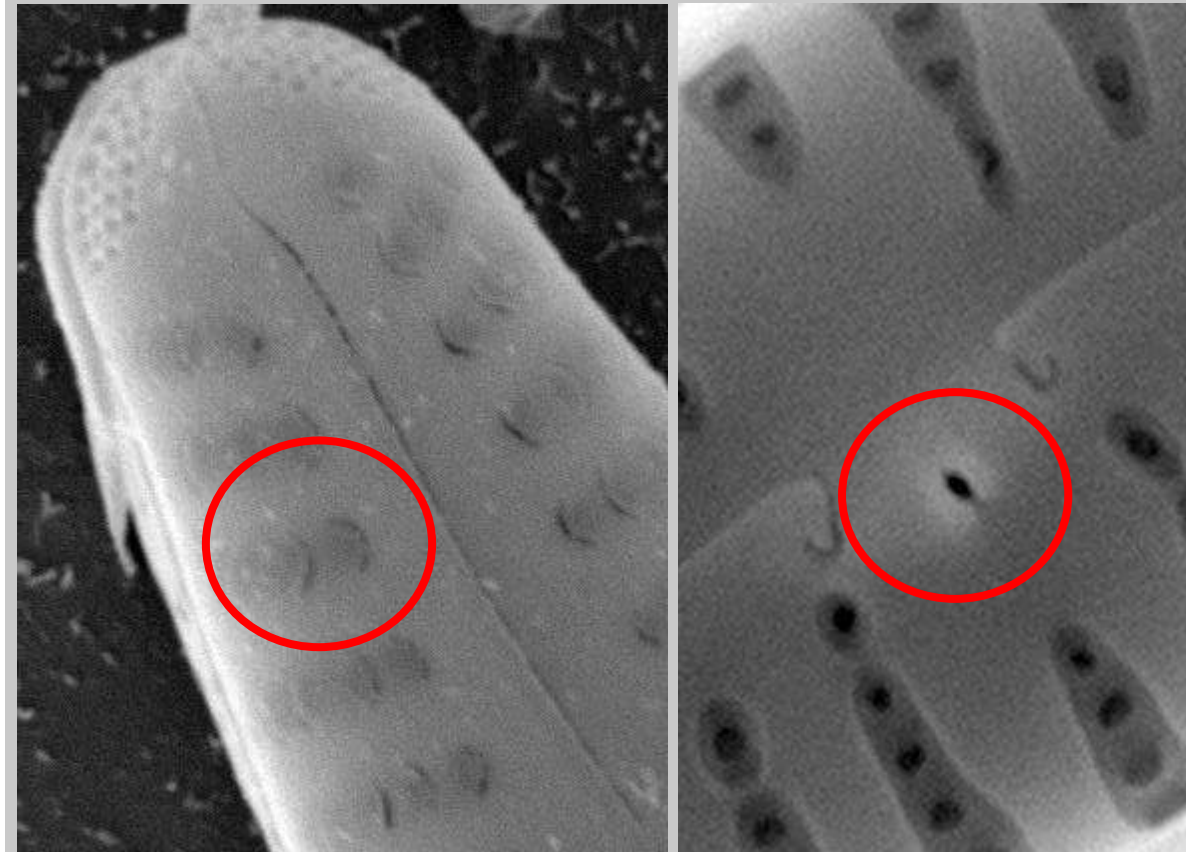
Species composition of the diatom communities in the watercourses of Northeastern Kamchatka with comments on abundant taxa and description of *Gomphonema lepskayae* sp. nov.

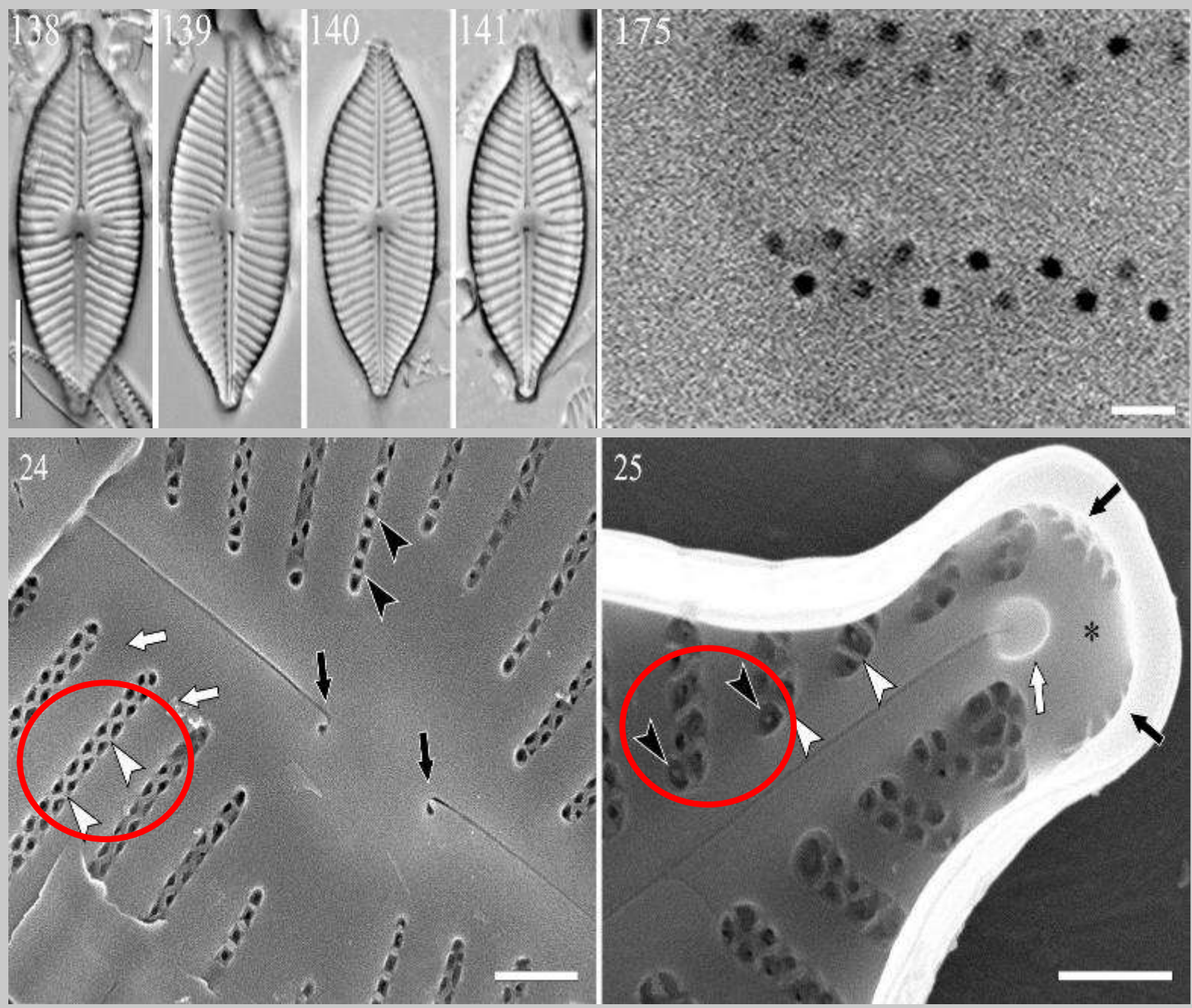
ANDREI MIRONOV^{1,2,3*}, ANTON GLUSHCHENKO^{1,4}, ELENA KEZLYA^{1,5} & MAXIM KULIKOVSKIY^{1,6}



! Изучены морфологические признаки **нового вида *Gomphonema lepskayae*** из водоемов Камчатки:

- **Новый вид выделен** в результате анализа устройства апикальных поровых полей, ареол и стигмоида;
- Выявлены **унилатеральные форикулы**, характерные для рода *Gomphonema*.





! Изучена морфология и филогения нового вида *Paraplasoneis dorofeyukae*:

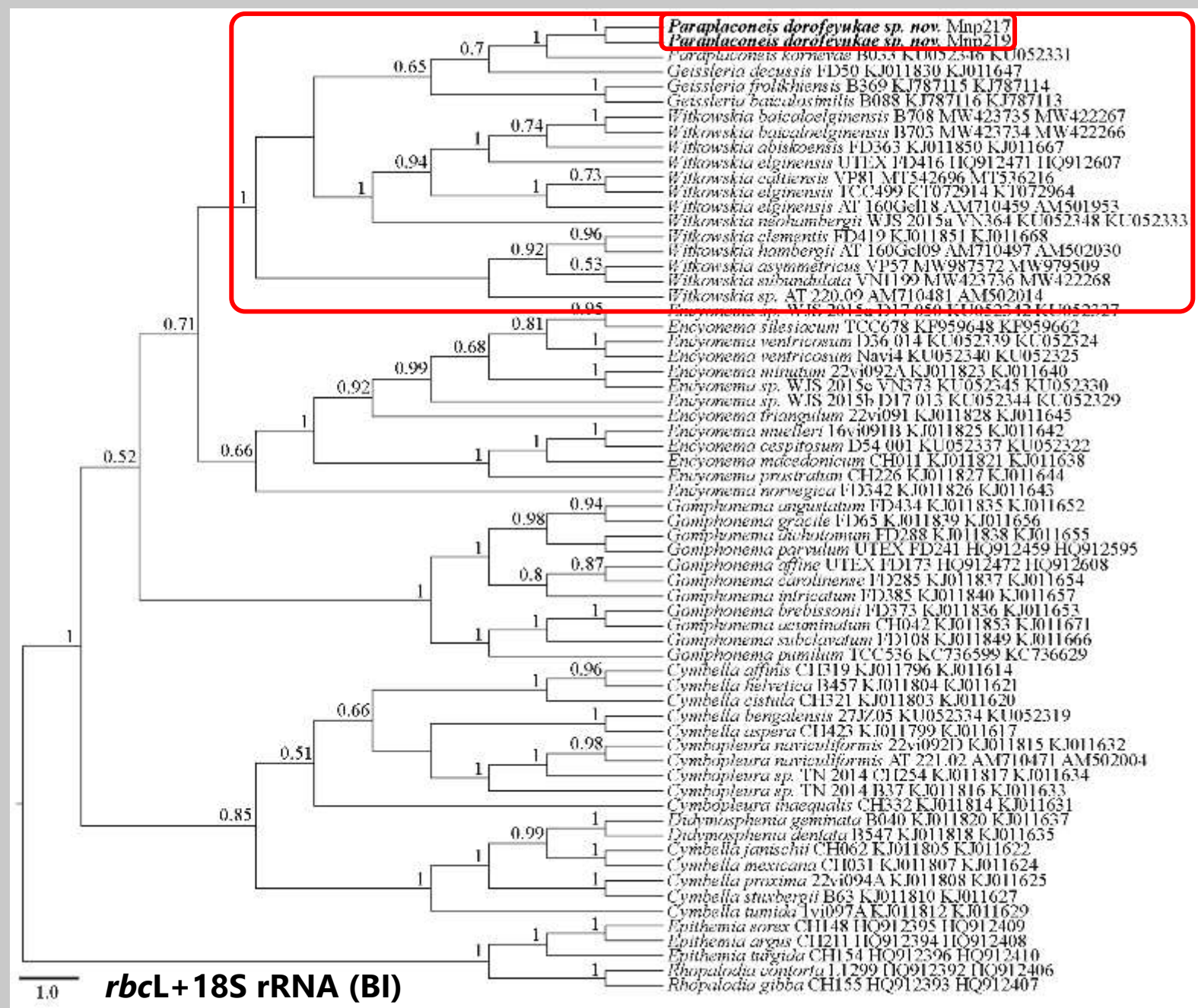
- На примере *P. dorofeyukae* проиллюстрированы типичные для рода *Paraplasoneis* окклюзии типа форикулотектулум.

Paraplaconeis dorofeyukae sp. nov. (Cymbellales, Bacillariophyceae)—a new species from Mongolia, described based on molecular and morphological investigations

ANDREI MIRONOV^{1,2*}, ANTON GLUSHCHENKO^{1,3}, YEVHEN MALTSEV^{1,7}, SONINKHISHIG NERGÜP⁴, SVETLANA CHEBOTARYOVA^{4,9} & MAXIM KULIKOVSKIY^{1,10}

! Изучена морфология и филогения нового вида *Paraplaconeis dorofeyukae*:

- Подтверждена принадлежность нового вида к роду *Paraplaconeis*;
- Выявлена филогенетическая близость родов *Paraplaconeis*, *Geissleria*, *Witkowskia*;



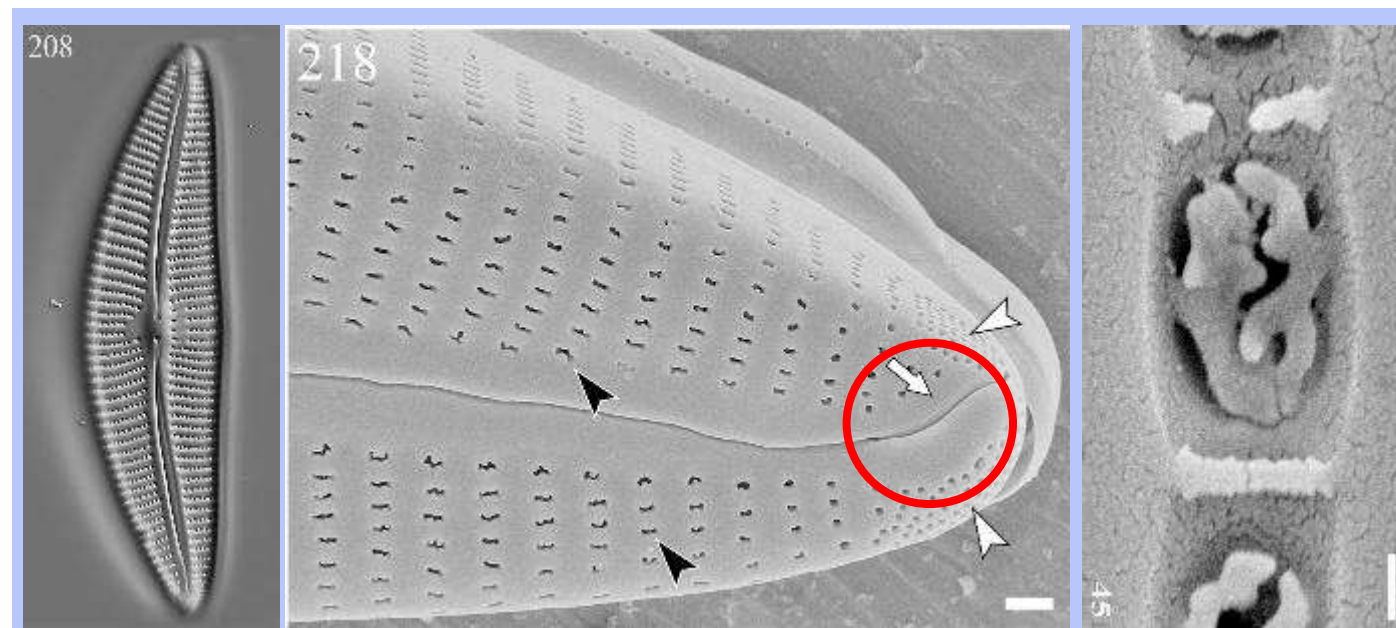
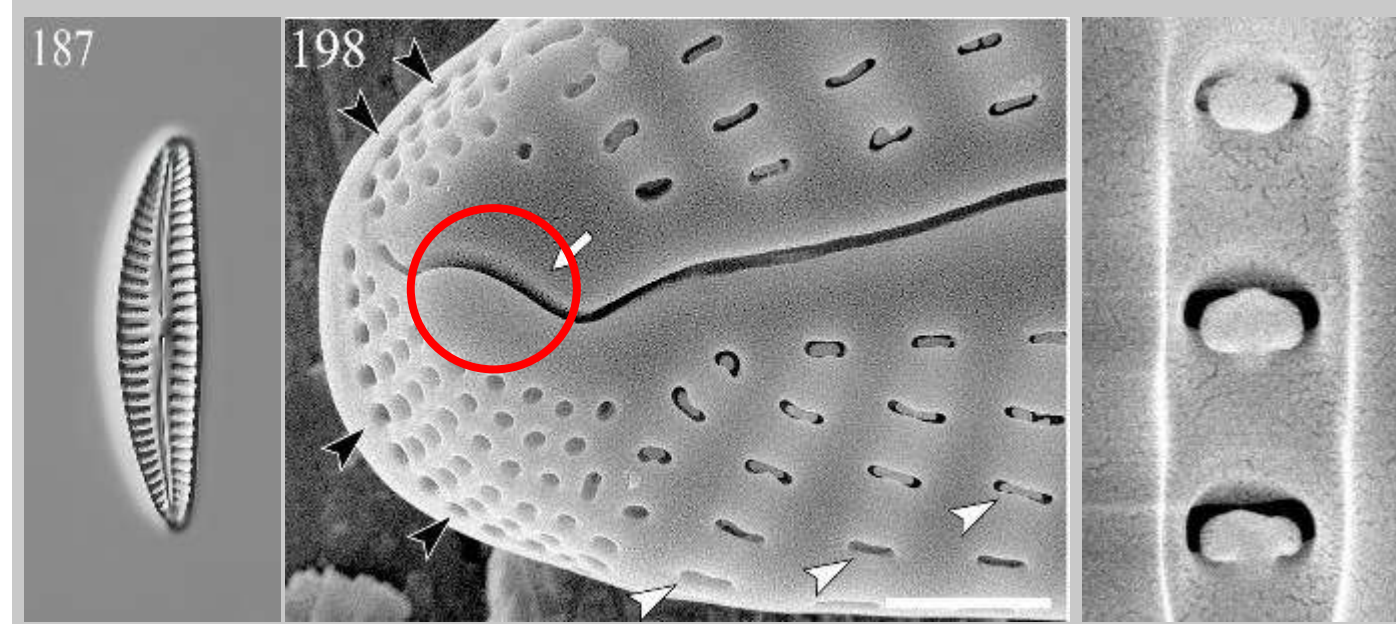
RESEARCH ARTICLE

Molecular and morphological investigations of two new species in *Qinia* and *Cymbella* (Bacillariophyceae: Cymbellales) from ChinaJingshen Li¹, Andrei Mironov^{2,3}, Yutong Jiang¹, Jinyan Liang¹, John P. Kociolek⁴, Yevhen Maltsev², Yawen Fan¹, Yan Liu^{1*}, Maxim Kullikovskiy²

1 College of Life Science and Technology, Harbin Normal University, Harbin, China, 2 K.A. Timiryazov Institute of Plant Physiology RAS, IPP RAS, Moscow, Russia, 3 Faculty of Biology, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, 4 Museum of Natural History and Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Colorado, Boulder, Colorado, United States of America

! Применен **интегративный подход** к анализу морфологии и филогении *Qinia hubeii* и *Cymbella wuhanensis*:

- *Q. hubeii* обладает **типичным для рода *Qinia*** строением апикальных поровых полей и ареол;
- *C. wuhanensis* характеризуется **нетипичными для *Cymbella s.s.*** разделенными апикальными поровыми полями и окклюзиями с нерегулярными выростами.



RESEARCH ARTICLE

Molecular and morphological investigations of two new species in *Qinia* and *Cymbella* (Bacillariophyceae: Cymbellales) from China

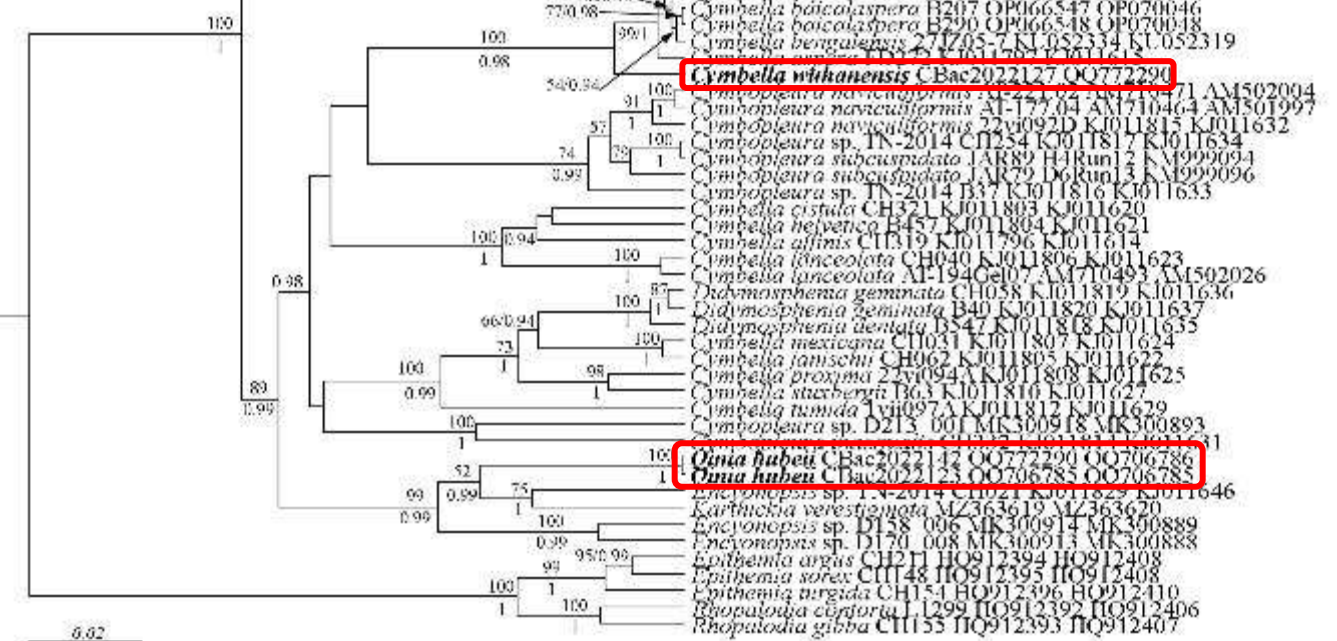
Jingshen Li¹, Andrei Mironov^{2,3}, Yutong Jiang¹, Jinyan Liang¹, John P. Kociolek⁴, Yevhen Maltsev², Yawen Fan¹, Yan Liu^{1*}, Maxim Kullikovsky²

1 College of Life Science and Technology, Harbin Normal University, Harbin, China, **2** K.A. Timiryazov Institute of Plant Physiology RAS, IPP RAS, Moscow, Russia, **3** Faculty of Biology, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, **4** Museum of Natural History and Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Colorado, Boulder, Colorado, United States of America

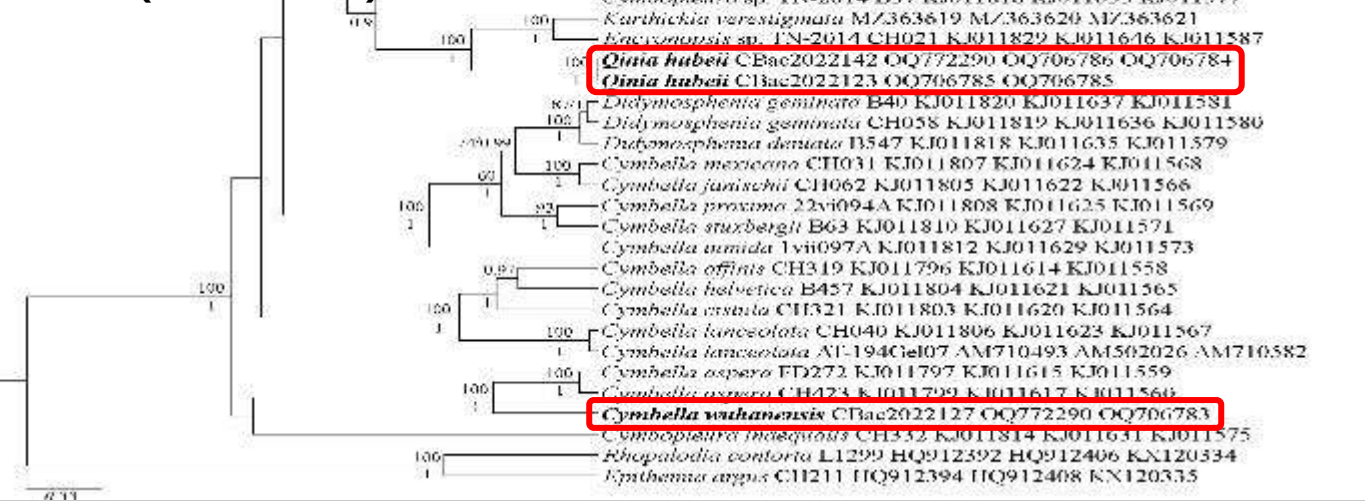
! Применен **интегративный подход** к анализу морфологии и филогении *Qinia hubeii* и *Cymbella wuhanensis*:

- Впервые исследована филогения рода *Qinia*. Определена его принадлежность к порядку **Cymbellales**, а также близость к роду *Encyonopsis*;
- Выявлено родство нового вида *Cymbella wuhanensis* и группы видов *Cymbella aspera*.

rbcL+18S rRNA (BI+RAxML)



rbcL+18S rRNA +28S rRNA (BI+RAxML)

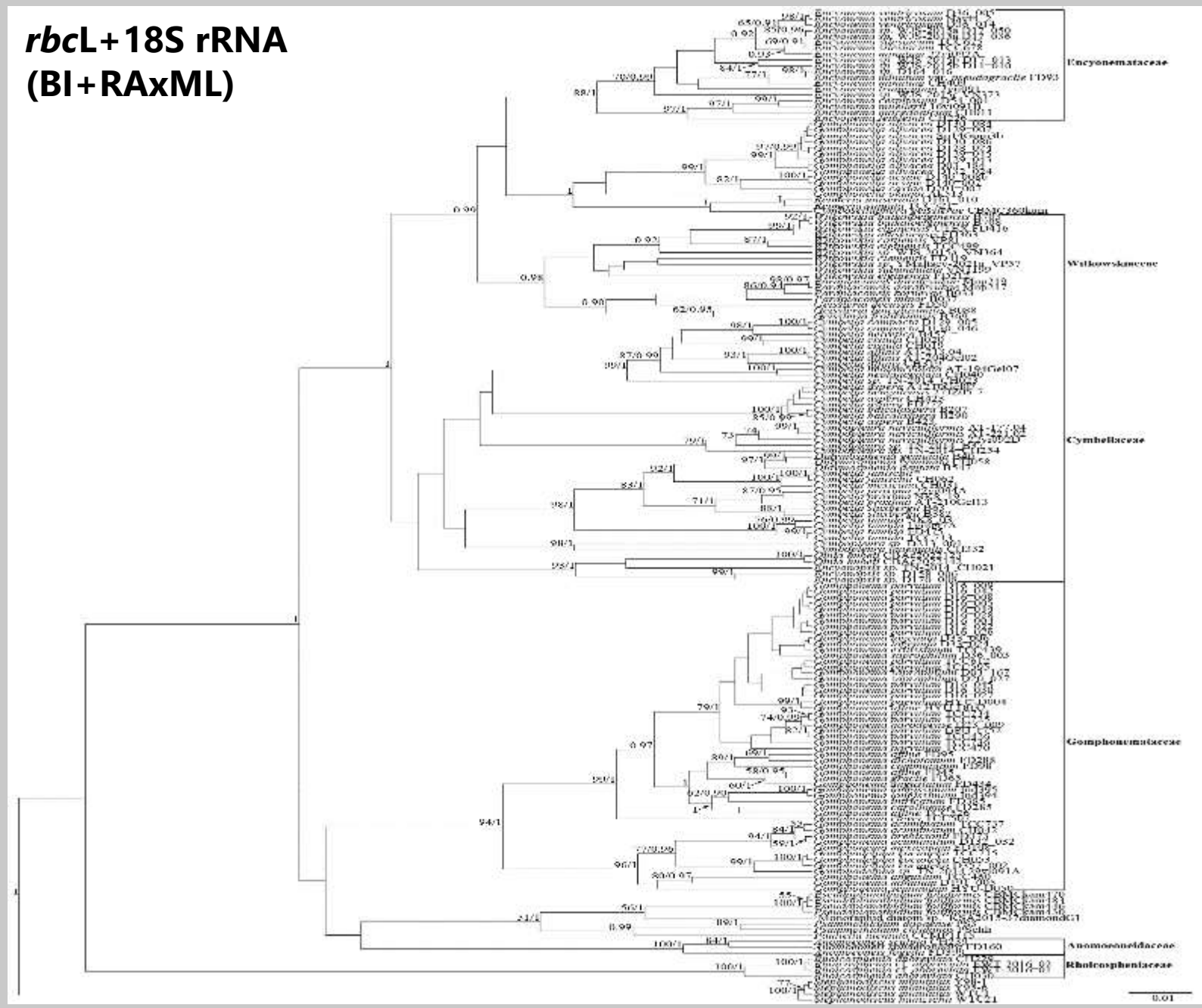


Check for updates

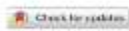
OPEN Description of Encyonemataceae fam. nov. and Witkowskiaceae fam. nov. (Bacillariophyceae, Cymbellales) based on molecular and morphological analyses

Andrei Mironov^{1,4,5}, Yevhen Maltsev², John Patrick Kociolek³, Elena Kezlya², Yan Liu^{1,2} & Maxim Kulikovskiy²

rbcL+18S rRNA (BI+RAxML)



! Проведена ревизия общепринятой системы порядка Cymbellales на основе сопоставления молекулярно-генетических (гены 18S rRNA+*rbcL*) и морфологических данных (признаки протопласта и кремнеземного панциря).

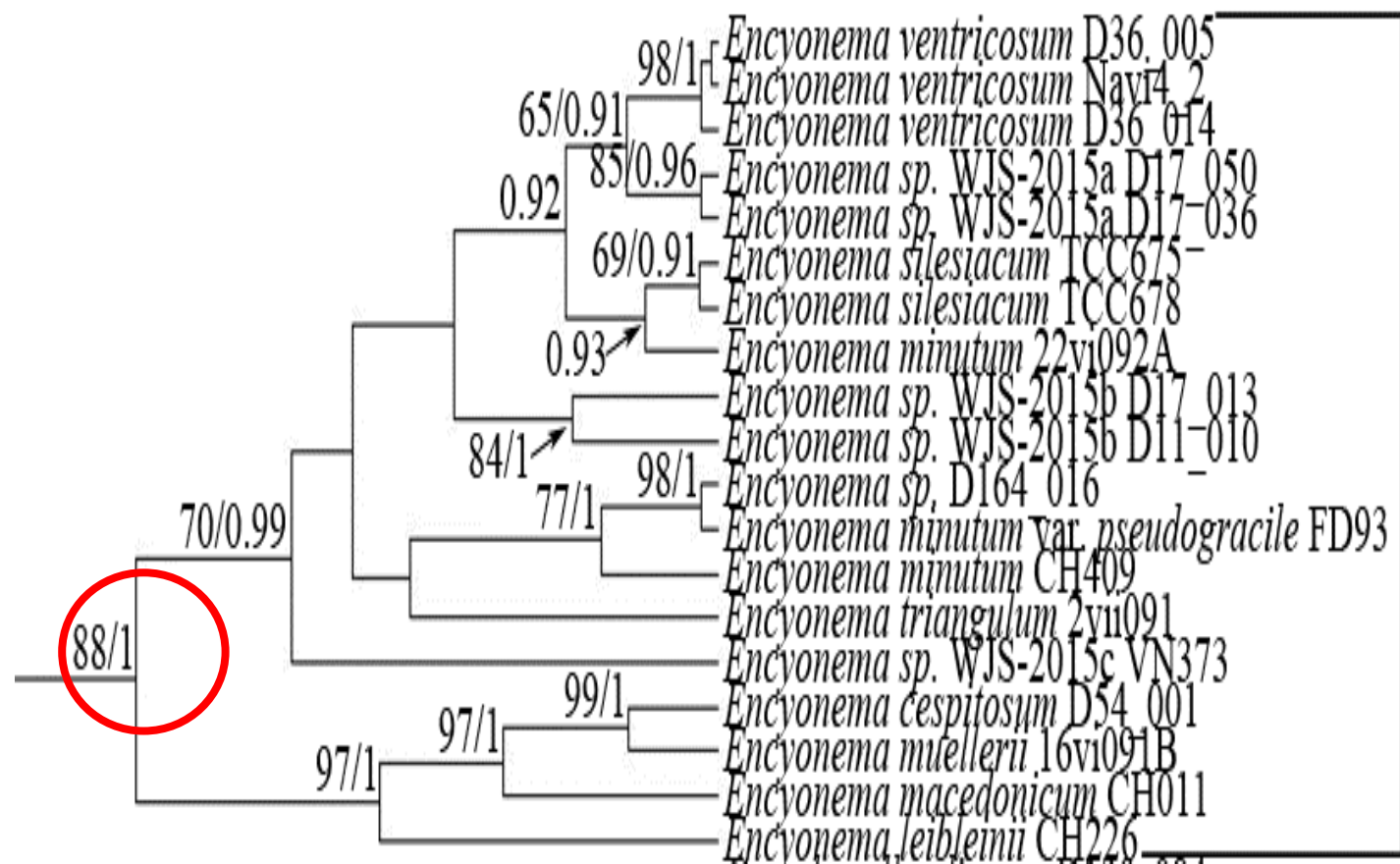


OPEN Description of Encyonemataceae fam. nov. and Witkowskiaceae fam. nov. (Bacillariophyceae, Cymbellales) based on molecular and morphological analyses

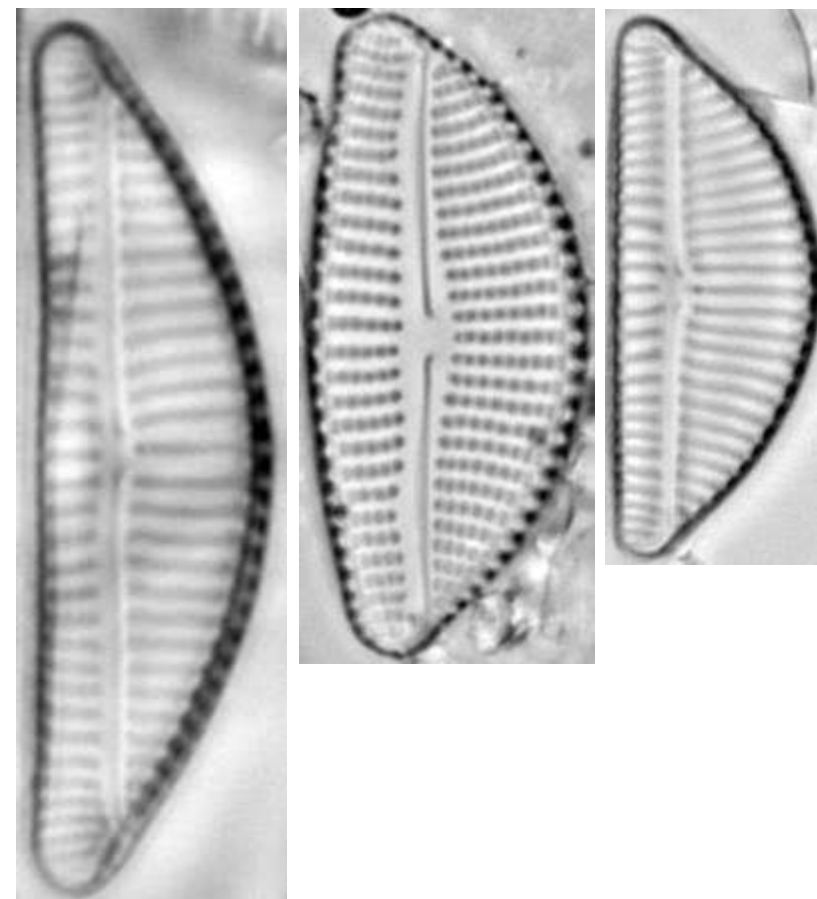
Andrei Mironov^{1,2,3}, Yevhen Maltsev¹, John Patrick Kociolek⁴, Elena Kezlya², Yan Liu¹ & Maxim Kulkovskiy²

Encyonemataceae:

Encyonema, *Cymbellopsis*, *Pseudencyonema*



Encyonemataceae

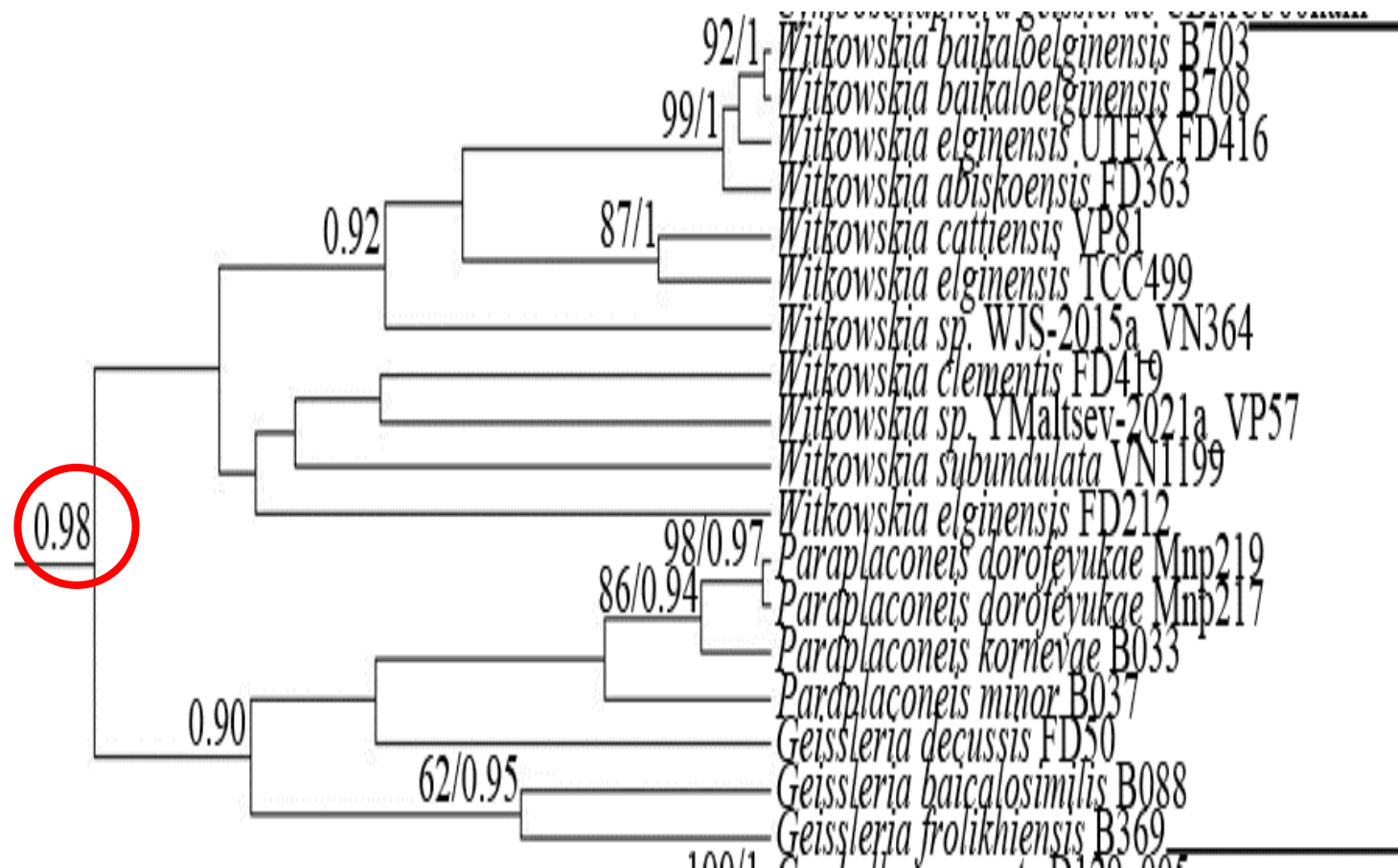


OPEN Description of Encyonemataceae fam. nov. and Witkowskiaceae fam. nov. (Bacillariophyceae, Cymbellales) based on molecular and morphological analyses

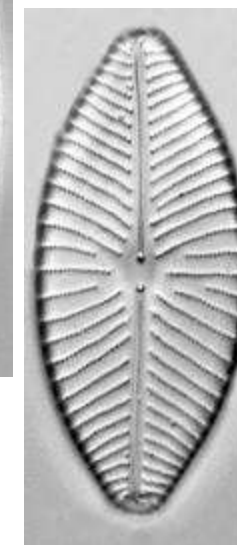
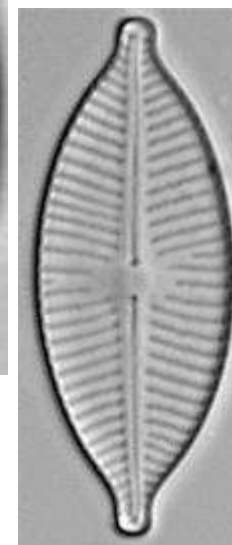
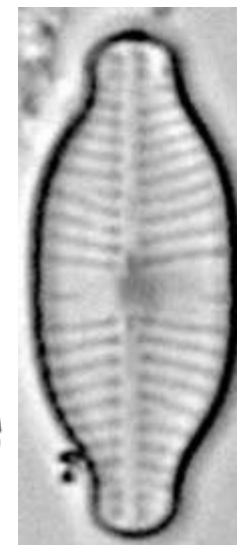
Andrei Mironov^{1,2,3}, Yevhen Maltsev^{1,2}, John Patrick Kociolek⁴, Elena Kezlya², Yan Liu^{1,2} & Maxim Kulikovskiy²

Witkowskiaceae:

Geissleria, *Paraplaconeis*, *Witkowskia*, *Chudaevia*, *Khursevichia*, *Ochigma*, *Placoneis*, *Rexlowea*



Witkowskiaceae



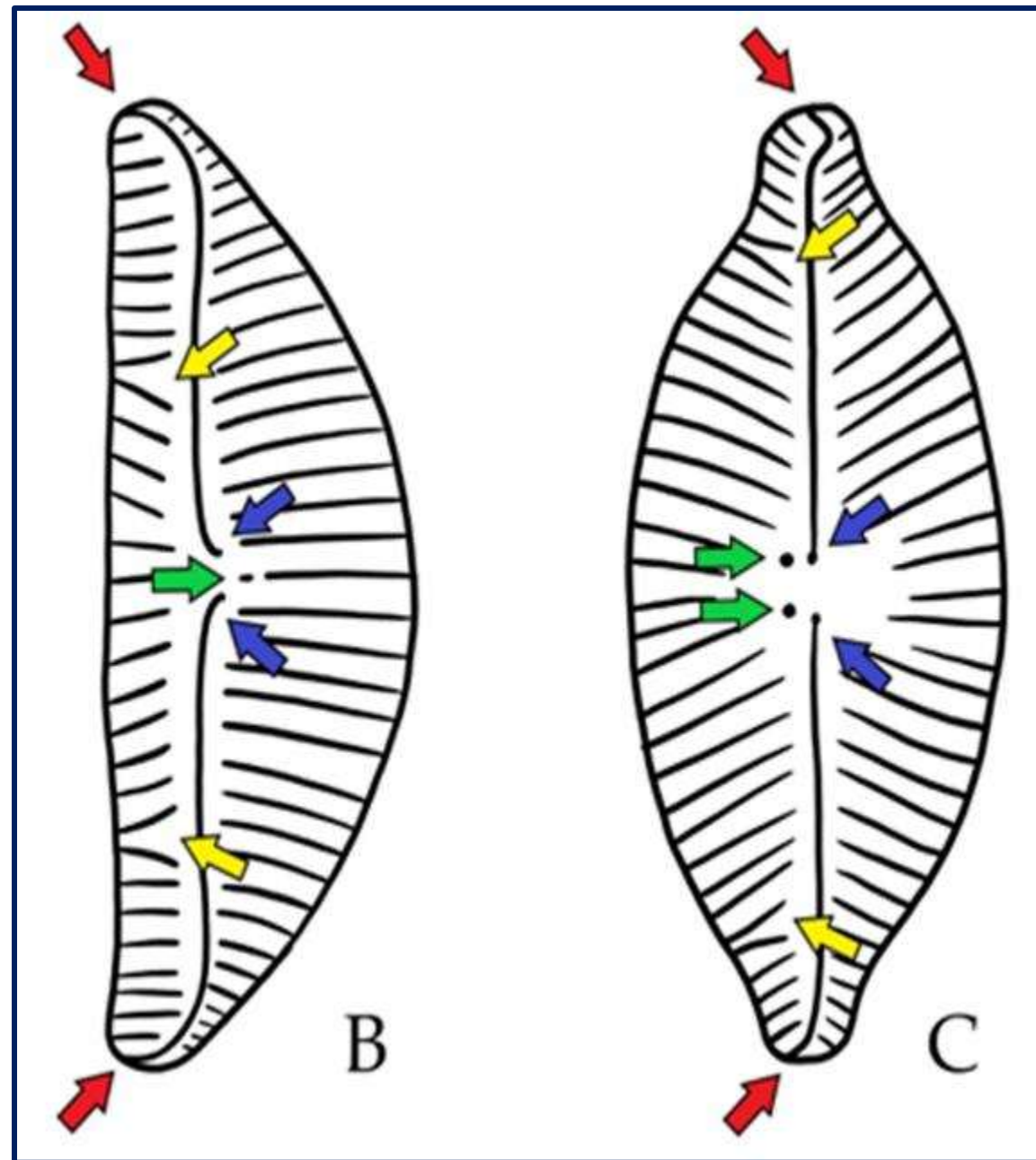
Морфологические диагнозы семейств = тип симметрии + тип шва + положение дефектов Вуа + тип поровых окклюзий + стигмы/стигмоиды + хлоропласты:

Encyonemataceae:

апикальная асимметрия, *Encyonema*-тип шва, дефекты Вуа вентральные, волы или гимены, дорзальные стигмоиды, нет апикальных поровых полей, хлоропласт смещен вентрально.

Witkowskiaceae:

симметрия, *Witkowskia*-тип шва, дефекты Вуа на вторичной половине створки, тектулюмы s.l., стигмоиды, нет апикальных поровых полей, хлоропласт смещен к вторичной половине створки.



Выводы:

1. На основе проведенного обзора литературы показано, что **ультраструктурные признаки панциря обладают большей значимостью** для понимания филогении порядка Symbellales, чем тип симметрии и очертания створок, которым ранее придавалось основное значение;
2. На основе описания нового для науки вида ***Delicata zhangii*** и анализа морфологического разнообразия видов рода предложен **новый термин «апикальный кластер штрихов»**. Морфология ареол и структура изолированных пор имеют важное значение для выделения и диагностики видов рода *Delicata*;
3. Виды *Witkowskia famintsinii*, *Witkowskia murzaevii*, *Witkowskia shishmarevii*, *Gomphonema lepskayae* и *Paraplaconeis dorofeyukaе* являются новыми для науки, поскольку обладают **уникальными комбинациями морфологических признаков**. Таксон *Navicula similis* var. *strigosa* должен быть перенесен в род *Witkowskia*, в связи с наличием типичного для рода **тектулюма s.s.**

Выводы:

4. *Symbella wuhanensis* и *Qinia hubeii* обладают как типичными (на уровне родов), так и уникальными особенностями морфологии панциря (нерегулярные ветвистые окклюзии у *Symbella wuhanensis*, диапазоны метрических признаков у *Qinia hubeii*). **К роду *Qinia* филогенетически близок род *Encyonopsis*, а род *Symbella* является полифилетичным;**
5. Представители порядка с навикулоидным типом симметрии (роды *Geissleria*, *Paraplasconeis*, *Witkowskia*) и виды рода *Encyonema* образуют две самостоятельные филогенетические линии, соответствующие новым семействам **Witkowskiaceae** и **Encyonemataceae**. Выделение новых семейств подкреплено **признаками структуры панциря** – типом симметрии, организацией шва и его окончаний, строением стигмоидов, ареол и апикальных поровых полей, морфологией поровых окклюзий.

Публикации:

1. **Mironov, A.**, Maltsev, Y., Kociolek, J.P., Kezlya, E., Liu, Y. & Kulikovskiy, M. (2024). Description of Encyonemataceae fam. nov. and Witkowskiaceae fam. nov. (Bacillariophyceae, Cymbellales) based on molecular and morphological analyses. *Scientific Reports*, 14, 31045. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82213-0>
2. Li, J., **Mironov, A.**, Jiang, Y., Liang, J., Kociolek, J. P., Maltsev, Y., Fan, Y., Liu, Y. & Kulikovskiy, M. (2024). Molecular and morphological investigations of two new species in *Qinia* and *Cymbella* (Bacillariophyceae: Cymbellales) from China. *PLoS ONE*, 19(12), e0314880. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314880>
3. Liu, J., **Mironov, A.**, Asimtul, P., Jv, H., Tan, X., Kulikovskiy, M., Kociolek, J.P., Fan, Y. & Liu, Y. (2025). Morphological analysis of the genus *Delicata* (Bacillariophyta), with description of *D. zhangii* from China. *Phycologia*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/00318884.2025.2550681>
4. **Mironov, A.**, Glushchenko, A. & Kulikovskiy, M. (2024). Description of *Witkowskia famintsinii* sp. nov. (Cymbellales, Bacillariophyceae) with morphological investigation of *Witkowskia strigosa* comb. et stat. nov. *Phytotaxa*, 670(1), 31-42. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.670.1.3>
5. **Mironov, A.**, Glushchenko, A., Maltsev, Y., Nergui, S., Chebotaryova, S. & Kulikovskiy, M. (2025). *Paraplaconeis dorofeyukae* sp. nov. (Cymbellales, Bacillariophyceae)—a new species from Mongolia, described based on molecular and morphological investigations. *Phytotaxa*, 681(3), 277-289. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.681.3.3>
6. **Mironov, A.**, Glushchenko, A., Genkal, S., Iurmanov, A., Kociolek, J. P., Nergui, S. & Kulikovskiy, M. (2025). Two new species of *Witkowskia* (Bacillariophyceae, Cymbellales) from Mongolia and Russia. *Nova Hedwigia*, 120 (1-4), 79-94. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2025/1017
7. **Mironov, A.**, Glushchenko, A., Kezlya, E. & Kulikovskiy, M. (2025). Species composition of the diatom communities in the watercourses of Northeastern Kamchatka with comments on abundant taxa and description of *Gomphonema lepskayae* sp. nov. *Phytotaxa*, 726(1), 1-19. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.726.1.1>

Спасибо за внимание!

