

Важнейшие результаты исследований ИКВС УрО РАН, полученные в 2023 г. по биологическим наукам

1.2.5 Совместно с Институтом полярных исследований (Италия) охарактеризован с использованием омиксных технологий новый культивируемый вид экстремально галофильных архей *Ca. Nanohalococcus occultus*, который является единственным представителем новых предложенных таксонов в составе филума Nanohaloarchaeota: класса *Ca. Nanohalococcia*, порядка *Ca. Nanohalococcales*, семейства *Ca. Nanohalococcaceae*, рода *Ca. Nanohalococcus*. Наногалоархеи *Ca. Nanohalococcus occultus* существуют как облигатные эктосимбионты галоархей *Haloferax* в составе экстремально галофильной ассоциации, выделенной из гипергалинных Соль-Илецких озер. Трехкомпонентный консорциум, представленный ксиланолитическими галоархеями рода *Halorhabdus*, наногалоархеями *Ca. Nanohalococcus occultus* и их «хозяевами» *Haloferax lucentense*, которые утилизируют олигосахариды, образующиеся при гидролизе ксилана *Halorhabdus*, является перспективным для биодegradации этого компонента древесины в условиях высокой солености. (Селиванова Е.А., ИКВС УрО РАН, тел.: (3532)775417, e-mail: icis-ofrc@list.ru; Якимов М.М., группа экстремальной микробиологии, биотехнологии и астробиологии Института полярных исследований, Италия) **1.6.3.1.; 1.6.6.1.**

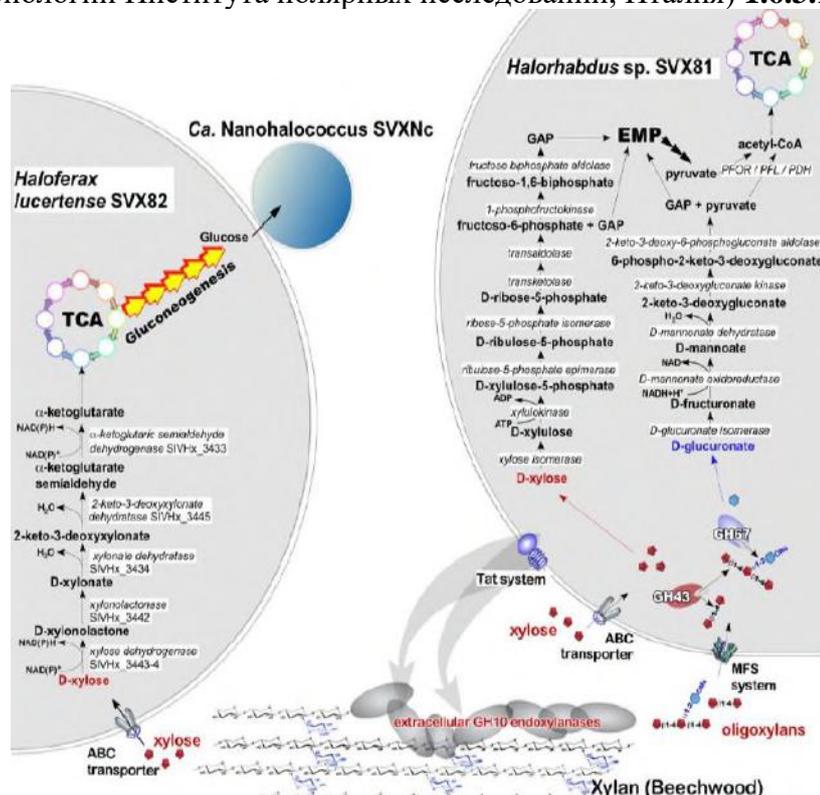


Рис. 5. Схема трофических отношений, созданная на основе геномных данных, в трехчленной культуре, разлагающей ксилан. EMP – путь Эмбдена-Мейергофа-Парнаса; GAP – глицеральдегид-3-фосфат; MFS – транспортеры суперсемейства основных фасилитаторов; ПДГ – пируватдегидрогеназа; PFL – пируват-формиат-лиаза; PFOR – пируват-ферредоксин-оксидоредуктаза; TCA – цикл трикарбоновых кислот.

Публикации:

1. La Cono V., Messina E., Reva O., Smedile F., La Spada G., Crisafi F., Marturano L., Miguez N., Ferrer M., Selivanova E.A., Golyshina O.V., Golyshin P.N., Rohde M., Krupovic M., Merkel A.Y., Sorokin D.Y., Hallsworth J.E., Yakimov M.M. Nanohaloarchaea as beneficiaries of xylan degradation by haloarchaea. *Microbial Biotechnology*. 2023; 16: 1803–1822. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14272> (Web of Science, Q1)
2. Reva O., Messina E., La Cono V., Crisafi F., Smedile F., La Spada G., Marturano L., Selivanova E.A., Rohde M., Krupovic M., Yakimov M.M. Functional diversity of nanohaloarchaea within

xylan-degrading consortia. *Frontiers in Microbiology*. 2023. 14:1182464. doi: 10.3389/fmicb.2023.1182464 (**Web of Science, Q1**)

1.2.6. Совместно с МГУ имени М.В. Ломоносова в стратифицированном оз. Кисло-Сладкое, частично изолированном от Белого моря, с помощью световой и электронной микроскопии впервые определены вертикальная структура, видовое богатство и разнообразие протистов. Выявлено 97 видов фототрофных, гетеротрофных и миксотрофных протистов. Установлено, что вертикальное перемешивание сильно нарушает стратификацию сообществ, при этом видовой состав протистов значительно отличается от состояния меромиксии. Меромиксия характеризуется четким хемоклином с цветением *Rhodomonas cf. baltica* и обилием хищных протистов в прилежащих слоях. В результате сильного перемешивания морской и озерной воды сообщества протистов в разных горизонтах становятся недифференцированными, за исключением поверхностного пресного слоя 0–1 м. Полученные результаты имеют фундаментальное значение для оценки биоразнообразия арктических водоемов и его изменений под действием естественных и антропогенных факторов. (Миндолина Ю.В., Селиванова Е.А., Игнатенко М.Е., Плотников А.О., ИКВС УрО РАН; Краснова Е.Д., МГУ имени М.В. Ломоносова; Воронов Д.А., ИППИ им. А.А. Харкевича РАН). **1.6.3.1.; 1.6.6.2.**

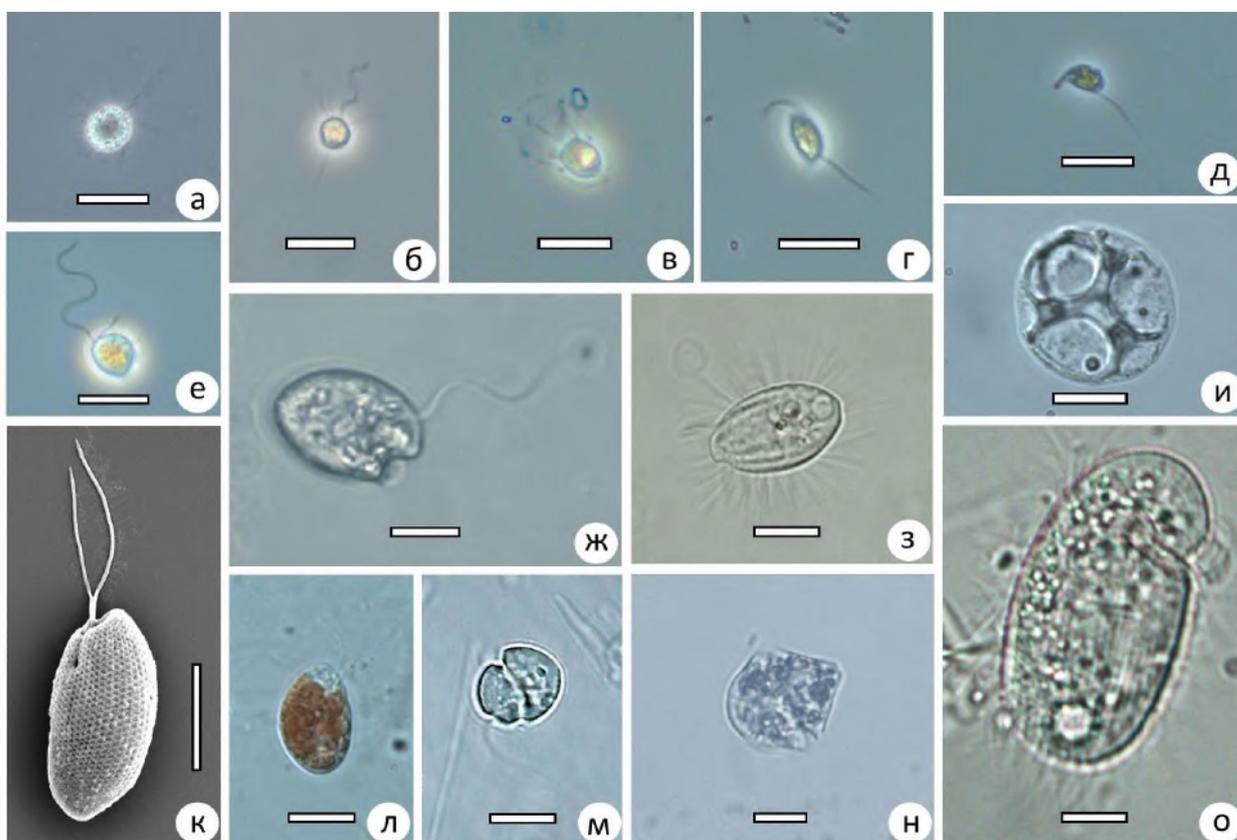


Рис. 6. Микрофотографии протистов распространенных по горизонтам стратифицированного оз. Кисло-Сладкое: а – *Actinomonas mirabilis*, б – *Pteridomonas danica*, в – *Stephanoeca* sp., г – *Neobodo designis*, д – *Rhynchomonas nasuta*, е – *Paraphysomonas* sp., ж – *Oxvrrhis marina*, з – *Cyclidium* sp., и – *Ebria tripartita*, к, л – *Rhodomonas cf. baltica*, м – *Gymnodinium* sp., н – *Scrippsiella trochoidea*, о – *Plagiopyla* sp. Световая микроскопия, к – сканирующая электронная микроскопия. Масштаб: к – 5 мкм, а-и, л-о – 10 мкм.

Публикации:

Mindolina Y.V., Selivanova E.A., Ignatenko M.E., Krasnova E.D., Voronov D.A., Plotnikov A.O. Taxonomic Composition of Protist Communities in the Coastal Stratified Lake Kislo-Sladkoe (Kandalaksha Bay, White Sea) Revealed by Microscopy // *Diversity*. 2023. V. 15: 44. <https://doi.org/10.3390/d15010044> (**Web of Science, Q2**)

1.2.7. Совместно с Тюменским государственным университетом и Институтом биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН проведен анализ морфологии и молекулярной филогении центрохелидных солнечников (Haptista: Centroplasthelida), имеющих радиальные чешуйки с сердцевидным основанием. В результате описан новый род *Cernunnos* Gerasimova 2023 (Pterocystidae), включающий четыре вида *C. uralica*, *C. arctica*, *C. america*, *C. antarctica*, обнаруженные в географически отдаленных регионах земного шара. *Cernunnos arctica* Mindolina, Plotnikov et Gerasimova 2023 выделен в стратифицированной лагуне на Зеленом мысе в Кандалакшском заливе Белого моря, в зоне хемоклина. Этот вид - единственный представитель центрохелидных солнечников, обладающий уникальным стебельком, состоящим из кремниевых чешуек нескольких типов. (Миндолина Ю.В., Катаев В.Я., Балкин А.С., Плотников А.О., ИКВС УрО РАН; Герасимова Е.А., ТюмГУ; Тихоненков Д.В., Загумённый Д.Г., ИБВВ РАН им. И.Д. Папанина). **1.6.3.1., 1.6.6.1.**

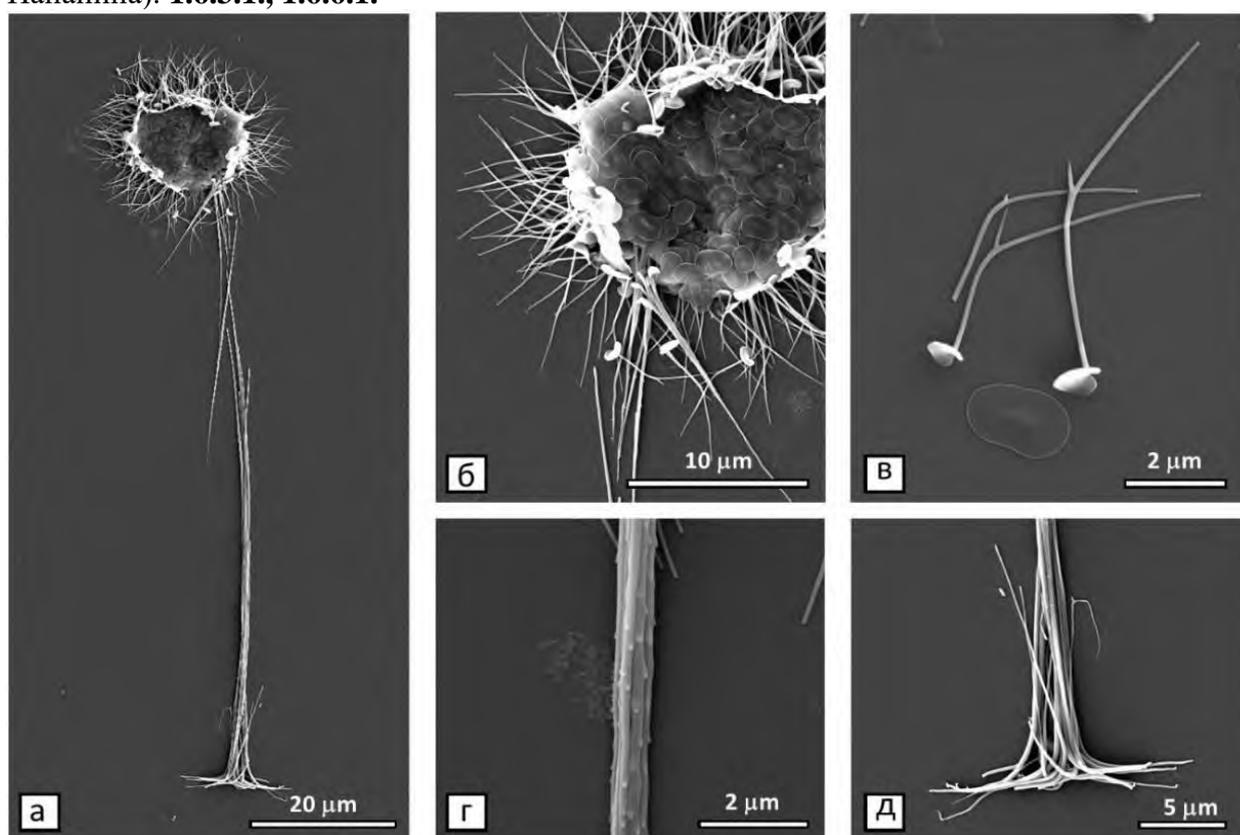


Рис. 7. Морфология *Cernunnos arctica*, сканирующая электронная микроскопия: (а) общий вид клетки на стебельке; (б) клетка на вершине стебелька; (в) отдельные радиальные чешуйки со шпорами и пластинчатая чешуйка; (г) медиальная часть стебля, состоящего из отдельных зазубренных чешуек; (д) L-образные чешуйки в основании стебля с заостренными вершинами и изогнутыми концами.

Публикации:

Gerasimova, E.A., Mindolina, Y.V., Tikhonenkov, D.V., Kataev, V.Y., Balkin, A.S., Mikhailov, K.V., Zagumyonnyi D.G., Plotnikov A.O., Zlatogursky V.V. Unexpected ubiquity of heart-shaped scale morphotype in Centroplasthelida (Haptista): Ancestral trait or multiple acquisitions? // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2023. 70: e12992. <https://doi.org/10.1111/jeu.12992> (Web of Science, Q4)

1.2.8. Совместно с Казанским федеральным университетом, государственным природным заповедником «Шульган-Таш», Уфимским ФИЦ РАН в результате молекулярно-таксономического анализа биопленок, выделенных из пещеры Шульган-Таш (Южный Урал) выявлено два основных кластера микробных сообществ. Первый кластер объединил большую часть сообществ биопленок и характеризовался доминированием актинобактерий. Второй кластер представлен уникальным сообществом из глубоких частей пещеры, в котором преобладали гаммапротеобактерии, а также присутствовали Planctomycetes, Alphaproteobacteria, Acidobacteria. Сообщества этого типа характеризовались наибольшим разнообразием и автономным метаболизмом с высоким автотрофным потенциалом. В олиготрофных условиях пещеры активно развивались хемолитотрофные микроорганизмы, с разнообразным энергетическим метаболизмом: метаногенез, нитрификация, денитрификация, окисление серы, сульфатредукция. Установлено, что видовой состав биопленок связан с условиями окружающей среды, такими как состав субстрата, температура, влажность, вентиляция и содержание CO₂. Отмечено, что пещерные биопленки способствуют биокоррозии поверхности стен пещер. (Балкин А.С., ИКВС УрО РАН, тел.: (3532)775417, e-mail: icis-ofrc@list.ru; Гоголева Н.Е., Гоголев Ю.В., Шагимарданова Е.И., КФУ; Червяцова О.Я., Государственный природный заповедник «Шульган-Таш»; Кузьмина Л.Ю., УФИЦ РАН). **1.6.6.2.**

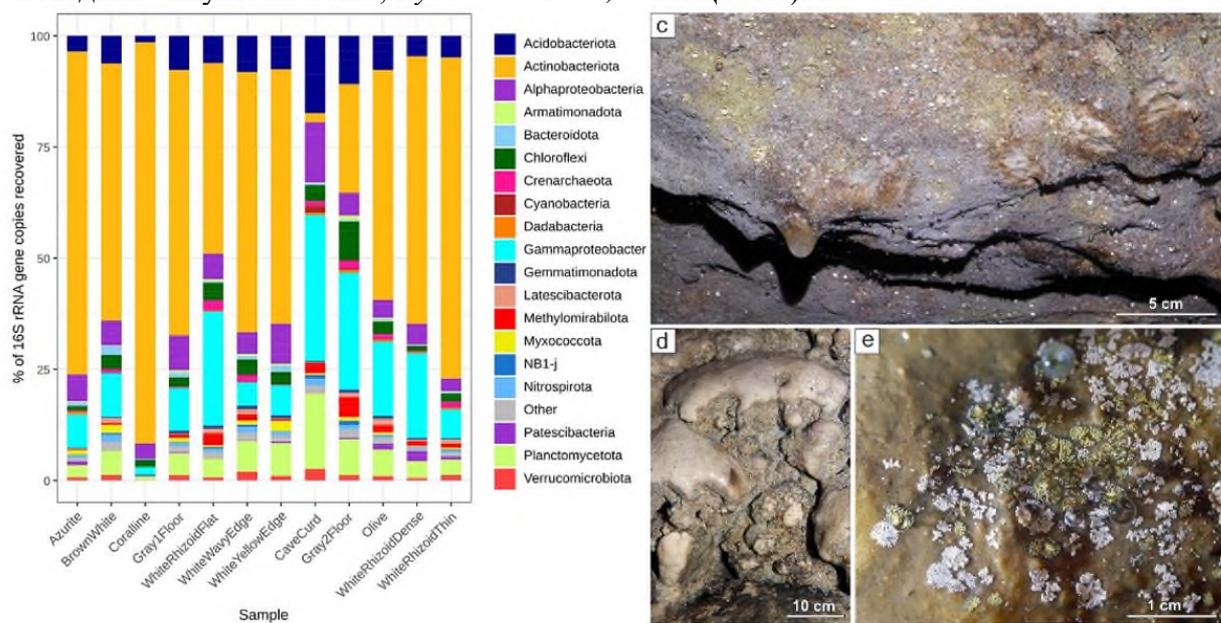


Рис. 8. а) Относительное обилие бактериальных филумов в сообществах биопленок пещеры Шульган-Таш (филум Proteobacteria поделен на классы); с) сплошные эпилитные обрастания потолка пещерной арки «Зал живописи» с обильным конденсатом; d) непрерывное эпилитическое обрастание в Сталагмитовом зале; е) макрофотографии отдельных биопленок.

Публикации:

Gogoleva N., Chervyatsova O., Balkin A., Kuzmina L., Shagimardanova E., Kiseleva D., Gogolev Y. Microbial tapestry of the Shulgan-Tash cave (Southern Ural, Russia): influences of environmental factors on the taxonomic composition of the cave biofilms. Environmental Microbiome 18, 82 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40793-023-00538-1> (Web of Science, Q1)

1.2.9. Впервые в степной зоне Южного Урала зарегистрированы представители Cocolithophyceae (Haptophyta) — группы микроводорослей, обитающих преимущественно в морских экосистемах, клетки которых покрыты кальцифицированными чешуйками (кокколитами). В среднем течении реки Урал обнаружен и описан новый вид *Hymenomonas uralensis* Ignatenko et Yatsenko-Stepanova 2023, являющийся вторым (наряду с *Hymenomonas roseola* F. Stein) пресноводным представителем кальцифицированных Haptophyta. Впервые на территории России выявлен вид *Jomonolithus littoralis* Inouye et Chihara и с помощью СЭМ верифицирована находка вида *H. roseola*. Для *J. littoralis* доказан широкий диапазон галотолерантности (0.6–20‰). Полученные данные расширяют представление о разнообразии Cocolithophyceae в пресноводных местообитаниях, а также уточняют биогеографию и экологию этой группы микроорганизмов. (Игнатенко М.Е., Яценко-Степанова Т.Н., ИКВС УрО РАН, тел.: (3532)775417, e-mail: icis-ofrc@list.ru). **1.6.6.1., 1.6.3.7.**

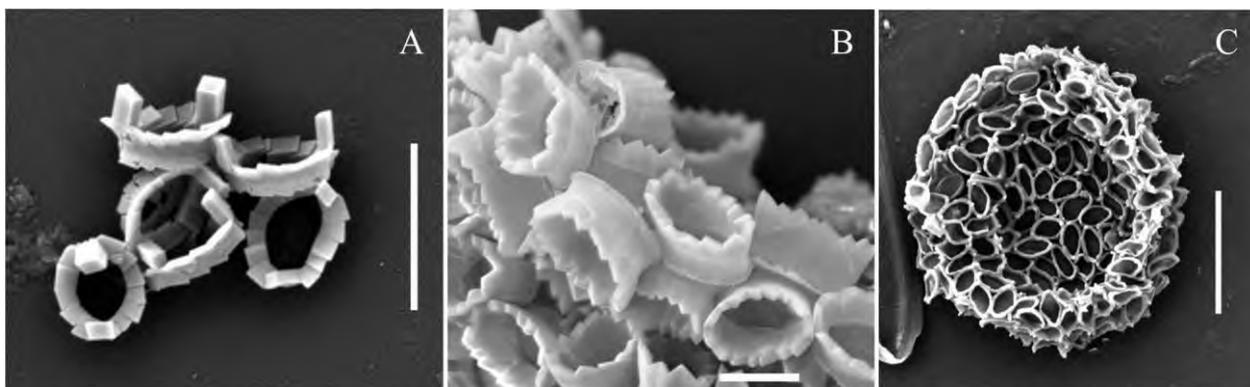


Рис. 9. Чешуйки представителей Cocolithophyceae, найденных в водоемах степной зоны Южного Урала (сканирующая электронная микроскопия): А — *Hymenomonas uralensis* Ignatenko et Yatsenko-Stepanova 2023; В — *Hymenomonas roseola* F. Stein; С – *Jomonolithus littoralis* Inouye et Chihara. Масштабная линейка: А — 2 мкм, В — 1 мкм, С – 5 мкм.

Публикации:

1. Ignatenko M., Yatsenko-Stepanova T. Cocolithophores in the algal flora from South Urals (Russia) with the description of a new *Hymenomonas* species. *Phytotaxa*. 2023; 609(1): 055–064. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.609.1.5> (Web of Science, Q4);
2. Коткова В.М., Чернядьева И.В., Давыдов Е.А. и др. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 11. Новости систематики низших растений. 2023, 57(1). С. 155-204. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2023.57.1.155> (Scopus).

1.2.10. В результате изучения разнообразия стоматоцист (покоящихся стадий) золотистых водорослей в водоемах степной зоны Южного Урала обнаружены и описаны два новых морфотипа: стоматоциста 6, Ignatenko, Yatsenko-Stepanova et Kapustin, 2023, продуцируемая *Paraphysomonas caelifrica* Preisig, Hibberd и стоматоциста 7, Ignatenko et Yatsenko-Stepanova, 2023, принадлежащая *Mallomonas doignonii* Bourrelly. В водоемах национального парка «Бузулукский бор» идентифицированы 10 морфотипов стоматоцист, из которых стоматоциста 67, Van de Vijver et Beyens, 2000 и стоматоциста 271, Gilbert et Smol in Gilbert et al., 1997 впервые зарегистрированы на территории России. Полученные результаты уточняют таксономическую принадлежность стоматоцист, вносят вклад в расшифровку жизненных циклов золотистых водорослей, а также дополняют сведения о распространении редких видов на территории России. (Игнатенко М.Е., Яценко-Степанова Т.Н., ИКВС УрО РАН, тел.: (3532)775417, e-mail: icis-ofrc@list.ru; Капустин Д.А., ИФР им. К.А. Тимирязева РАН; Гусев Е.С., ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН). **1.6.3.7.**

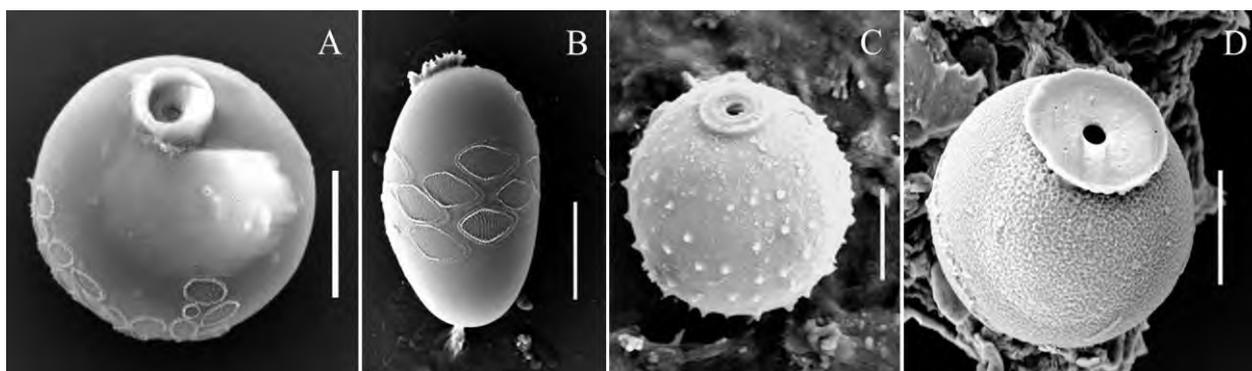


Рис. 10. Новые и редкие морфотипы стоматоцист золотистых водорослей, обнаруженные в водоемах Южного Урала (сканирующая электронная микроскопия): А — стоматоциста 6, Ignatenko, Yatsenko-Stepanova et Kapustin, 2023; В — стоматоциста 7, Ignatenko et Yatsenko-Stepanova, 2023; С — стоматоциста 67, Van de Vijver et Beyens, 2000; D — стоматоциста 271, Gilbert et Smol in Gilbert et al., 1997. Масштабная линейка: А–С — 2 мкм, D — 5 мкм.

Публикации:

1. Ignatenko M., Gusev E., Yatsenko-Stepanova T. Diversity of Silica-Scaled Chrysophytes in the Steppe Zone of the Southern Urals with a Description of a New Species from the Genus *Mallomonas*. *Life* 2023, 13, 2214. <https://doi.org/10.3390/life13112214> (Web of Science, Q2)
2. Kapustin D., Ignatenko M., Yatsenko-Stepanova T. On stomatocysts of *Paraphysomonas caelifrica* (Stramenopiles, Paraphysomonadida). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 2023, 70, e12979. <https://doi.org/10.1111/jeu.12979> (Web of Science, Q4)
3. Игнатенко М.Е., Яценко-Степанова Т.Н. Стоматоцисты золотистых водорослей (Chrysophyta) водоемов национального парка “Бузулукский бор” (юго-восток Европейской части России). *Ботанический журнал*. 2023; 108(7): 617-627. <https://doi.org/10.31857/S0006813623070025> (Web of Science, RSCI)