

SHORT COMMUNICATION



UDC 576.311.349+582.261.58

The first record of uric-acid-containing inclusions in *Nitzschia acidoclinata* (Bacillariophyceae)

D.A. Chudaev^{1,*} , E.Yu. Parshina² , A.E. Solovchenko³ ¹Department of Mycology and Algology, ²Department of Biophysics and ³Department of Bioengineering, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory 1–12, Moscow, 119234, Russia;

*e-mail: chudaevda@my.msu.ru

Nitrogen (N) is an essential macronutrient for microalgae. Shortage of N profoundly affects their growth dynamics, cell metabolism, productivity, and composition. Nevertheless, many free-living microalgae thrive in oligotrophic habitats, obviously due to the presence of long-term N reserves in their cells. Recently, purine microcrystals were nominated for the role of such reserves that was experimentally confirmed as such in several microalgal species. However, to the best of our knowledge, the presence of the purine crystals was not documented in ecologically important diatoms belonging to the genus *Nitzschia* at the time of this writing. Here, we report on the birefringent inclusions found by polarization microscopy in the cells of a freshwater *Nitzschia* strain isolated from a temporary waterbody in the Moscow Region. Based on the frustule morphology, the species was identified as *N. acidoclinata*. The Raman microspectroscopy study, a mainstream method of chemical fingerprinting of cell inclusions, revealed that uric acid was a major component of the inclusions. Aged cultures contained much more inclusions than younger, rapidly dividing ones. The inclusions were relatively stable in living cells albeit dissolved rapidly in the cells treated with aqueous fixatives. In the air-dried cells, the inclusions looked unchanged on the polarized light micrographs, but it was not possible to confirm their chemical composition with Raman spectroscopy. The findings are discussed in the context of the role of purine crystals as long-term N reserves in diatoms and their environmental fitness.

Keywords: diatoms, *Nitzschia*, uric acid, purines, Raman microspectroscopy, polarization microscopy**DOI:** 10.55959/MSU0137-0952-16-81-1-2

Introduction

Microalgae are among key primary producers driving the global carbon cycle. On one hand, their productivity is frequently limited by availability of key nutrients, especially nitrogen (N) [1, 2]. On the other hand, high concentration of bioavailable N, often from anthropogenic sources, results in eutrophication and harmful algal blooms [3]. N shortages and imbalance of the nutrient (e.g., N and phosphorus) availability profoundly affect metabolism of microalgal cell slowing down cell division, reducing photosynthetic apparatus, and triggering accumulation of carbon-rich reserve compounds [4]. Until recently, long-term reserves of N in eukaryotic microalgae were unknown. Under N shortage, these phototrophs mobilize intracellular inorganic N and organic N-rich compounds, such as polyamines, amino acids, and chlorophyll [4] as well as surplus proteins and nucleic acids [5]. Admittedly, these kinds of reserves are hardly sufficient to survive for long periods of N starvation. Recently, N-rich crystalline inclusions composed from purines such as guanine were proposed as suitable candidates for long-term N storage pools in microalgae. Notably,

such inclusions are common in the cells of other major taxa where they serve diverse functions from light modulation to metabolic waste disposal [6]. Later, the role of the purine crystals as N reserve was confirmed in several microalgal species [7–9].

Studies on physiological significance of uric acid in diatoms are scarce although it is well known that they can take up both inorganic and organic N. The latter can be absorbed in form of purines such as guanine abundant in marine environment and then metabolically transformed via versatile metabolic pathways [10]. Uric acid is formed as an intermediate of these pathways [11].

Recent screening of over two hundred species of eukaryotes via Raman microspectroscopy revealed that most of them contain crystalline inclusions mainly composed of purines [12]. Among the 19 diatom species studied by these authors, crystal inclusions were found in 10 taxa. The inclusions in the diatom cells were composed from calcite, xanthine, guanine, but in most cases, they were comprised by uric acid [12]. Nevertheless, representatives of the huge (899 accepted species names according to [13]) and ecologically im-

portant diatom genus *Nitzschia* Hassal have not been screened for presence of the purine microcrystals, to the best of our knowledge. Species of *Nitzschia* are widely distributed in almost all types of habitats (planktonic/benthic, freshwater/marine/aerial) and play an important role in the functioning of ecosystems. Accordingly, this paper aimed at characterizing the morphology and chemical nature of birefringent inclusions in a strain of *Nitzschia acidoclinata* as the N-rich inclusions—suitable candidate for the role of N reserves.

Materials and Methods

The studied strain of *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot (MSUALGDMA 39-2) was isolated from Nizhnelutinskoe swamp (N 55,70467°, E 36,74073°), located at the floodplain of the Moskva River at the territory of S.N. Skadovsky Zvenigorod Biological Station of Lomonosov Moscow State University (Moscow Region, Russia). This waterbody is a sedge-swamp, water-filled during only the spring and early summer and drying up later. An environmental sample was collected from the waterbody on May 01, 2024. A few drops of the sample were spread over the surface of the Chu-10 medium [14] (modified by replacing $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ for $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ retaining the equivalent Fe^{3+} quantity and solidified with 1,6% agar) in Petri dishes with a glass spatula. During several weeks a single diatom microcolony was selected and transferred to the same fresh medium with a microbiological loop. For strain isolation and cultivation, the same medium was used. The strain was cultivated in a thermostat with LED illumination (12/12 hours light/dark photoperiod) at 15°C.

For precise taxonomical identification of the strain, the cells were cleaned from the organic substances by heating in concentrated hydrogen peroxide (37%) for 1 h at 100°C with subsequent rinsing with distilled water by centrifugation (4 times). Suspension of cleaned valves was air-dried onto coverslips. For light microscopy the material was embedded in Naphrax (Brunel Microscopes Ltd., UK), for scanning electron microscopy (SEM) the coverslips were attached to aluminum stubs with nail-polish and coated with Au-Pd in Eiko IB3 ion coater.

Light microscopy of unmounted cells in bright field and polarization (crossed polars) modes was performed with Leica DM2500 microscope, equipped with Leica DFC495 digital camera (Leica Microsystems Wetzlar GmbH, Germany). Permanent Naphrax-slide was investigated under Levenhuk Med25 (Levenhuk, Inc., USA) microscope with Zeiss (Carl Zeiss Jena, Germany) apochromat oil immersion lens (numerical aperture 1,32) and Levenhuk M1000 PLUS (Levenhuk, Inc., USA) digital camera. SEM investigation was made under Jeol JSM-6380 (JEOL Ltd., Japan) at acceleration voltage 20 kV and working distance 10 mm.

We also attempted to develop a fixation procedure retaining the crystalline inclusions for subsequent investigation. Three methods were tested: (1) 4% for-

maldehyde solution, (2) 70% ethanol solution, and (3) air-drying. For the methods (1) and (2), the cells were harvested with microbiological loop and suspended in the corresponding fixatives; for the method (3), cells were suspended in liquid Chu-10 medium, drops of suspension were placed onto microscope slides and air-dried. Slides with dried cells were investigated using oil-immersion, but without a coverslip.

Raman microspectroscopy, a method of choice for molecular fingerprinting of biochemical components of living cells [8, 15], was performed on Raman spectrometer NTEGRA-SPECTRA (NT-MTD, Russia) with Olympus (Olympus Corporation, Japan) inverted optical microscope, 100× objective, numerical aperture 0,60. For recording the spectra, the following parameters were used: line excitation—532 nm; power—5 mW; grid—600 lines per mm; integration time—30–60 s. The cells in media were placed under coverslip. Laser spot was focused on the cell regions with the clearly visible crystal inclusions, controlled in white (polychromatic) light and in polarized light (crossed polarizer-analyzer configuration). Spectra from 5–7 single cells from the same culture were recorded. The resulting spectra were processed using the Spectragryph 1.2 software (Spectroscopy Ninja, Germany). Pure compounds, 2-amino adenine, 9-methyl adenine, guanine, adenine, 2-thioxanthine, uric acid, hypoxanthine, xanthine anhydride, 6-methylpurine (all from Sigma-Aldrich, USA) were used for recording of the reference spectra.

Results

Morphology of studied *Nitzschia* strain. Permanent preparation (Fig. 1A–N) contained linear valves with slightly protracted apices, 19,5–21,0 µm long and 2,7–2,9 µm wide. Striae were parallel, 28,3–30,5 per 10 µm. Canal raphe run along valve face-mantle junction, fibulae density was 10,4–12,9 per 10 µm, two central fibulae set apart from each other. In SEM micrographs (Fig. 1O), the striae were uniseriate, composed of round to round-rectangular areolae. The areolae density was 42,2–44,9 per 10 µm. Near the raphe-canal each stria was terminated by a pair of areolae. Raphe slit was interrupted by the central nodule. In living cultures single cells with two plate-like yellow-brown chloroplasts positioned fore-and-aft were observed (Fig. 2A, C).

Morphology of birefringent inclusions and their abundance. In the cytoplasm of the cells of the studied *Nitzschia* strain, numerous small spherical shiny inclusions were observed (Fig. 2C). These inclusions appeared bright on the dark background when observed through between the crossed polarizer-analyzer pair (Fig. 2D). In the old culture (6 weeks of cultivation), almost every cell contained such inclusions (Fig. 2C–D), whereas after 1,5 weeks of cultivation only few cells with birefringent inclusions were found (Fig. 2A–B). The presence of birefringent inclusions in old cultures was confirmed by polarization microscopy in at least three independent cultivation experiments.

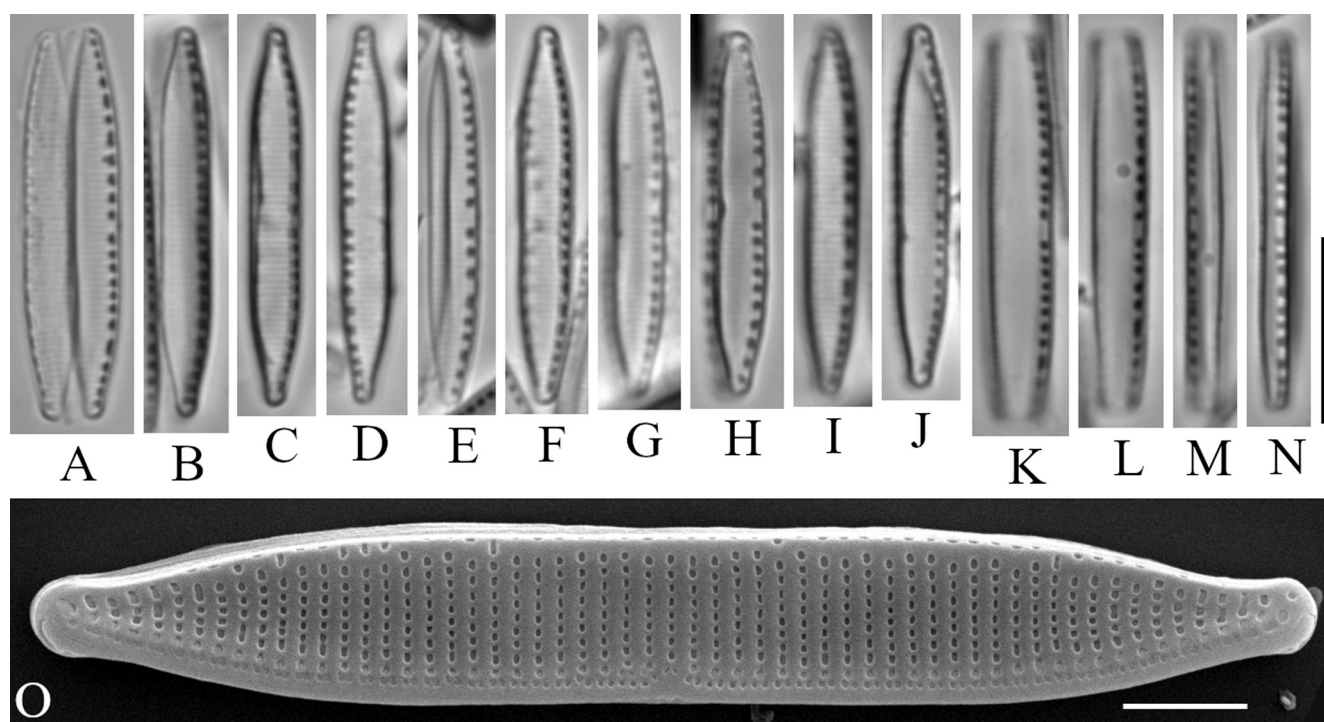


Fig. 1. *Nitzschia acidoclinata*, strain MSUALGDMA 39-2, material cleaned from organics. A–N – Light microscopy, valve view (A–J), girdle view (K–N). O – Scanning electron microscopy, external valve surface. Scale bars: A–N – 10 μ m; O – 2 μ m.

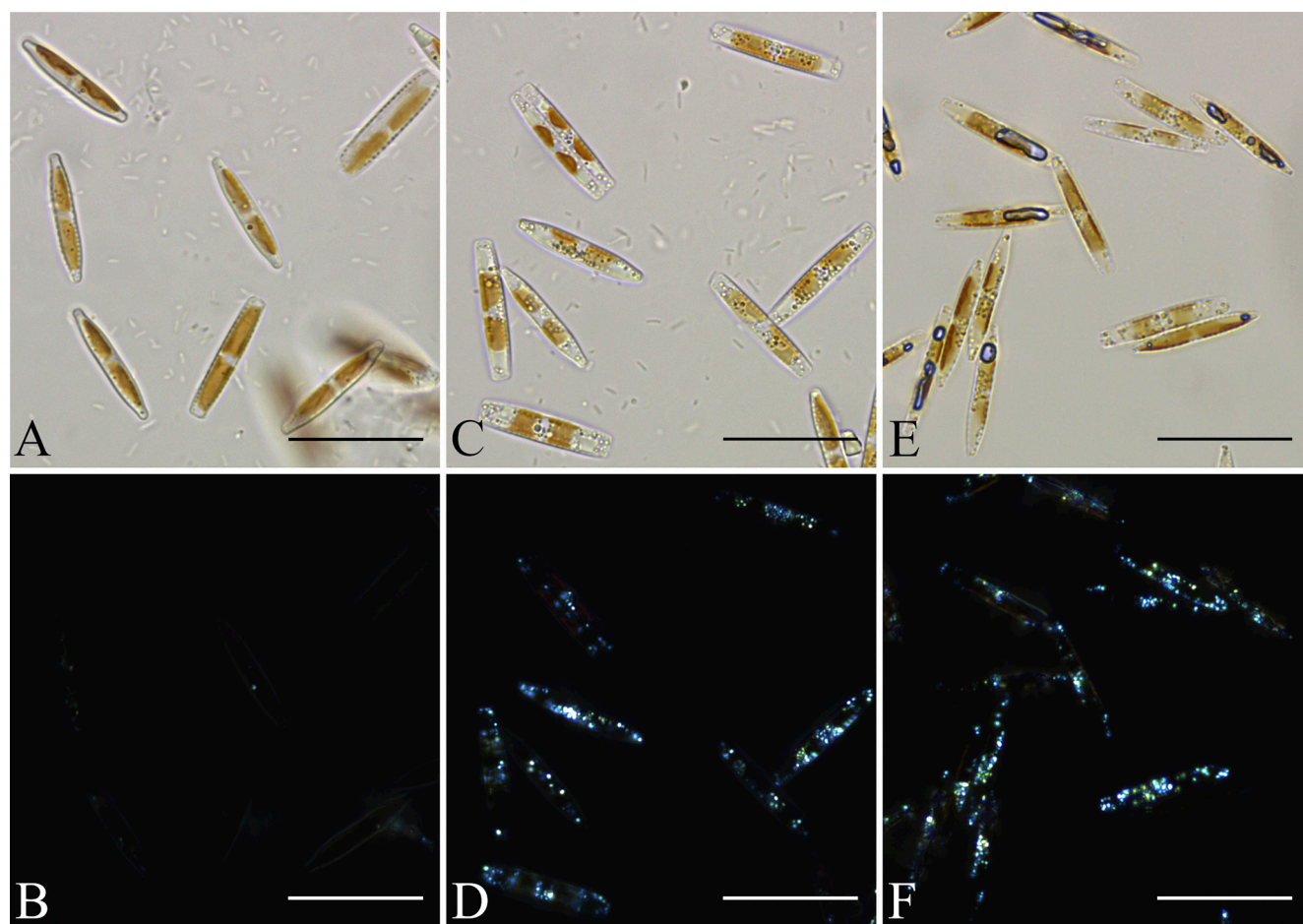


Fig. 2. *Nitzschia acidoclinata*, strain MSUALGDMA 39-2. A–B – Cells after 1,5 weeks of cultivation. Note that almost all cells are devoid of birefringent inclusions. C–D – Cells after 6 weeks of cultivation. Note that almost every cell contains birefringent inclusions. E–F – Air-dried cells of 6-week-old culture. Note the presence of birefringent inclusions in dried cells. A, C, E – bright field microscopy. B, D, F – polarization microscopy (crossed polars). Scale bars – 20 μ m.

Subsamples of 11-week-old culture with cells containing numerous birefringent inclusions were fixed with 4% formaldehyde or 70% ethanol. Microscopical observations on the next day after fixation showed the complete loss of the inclusions, hence we decided to fix the inclusions by air-drying of the cell suspension without aqueous fixatives. This approach allowed to retain the birefringent inclusions in the cells (Fig. 2E–F), but we were unable to confirm (via Raman spectroscopy) that their chemical content remained unchanged. The inclusions were still present in dried cells after 3 weeks of storage. Nevertheless, the nature and/or structure of these inclusions was considerably altered as compared to that of the native inclusions in living cells so that their Raman spectra lost the characteristic features of purines (data not shown).

Identification of the chemical composition of inclusions by Raman microspectrometry. To identify the composition of crystals within *N. acidoclinata* cells, Raman spectra were recorded by focusing on the areas where the crystals were localized inside the cell. The obtained spectra (Fig. 3) were presumably a superposition of signals from the crystals and other algal cell components—proteins and lipids.

To determine the crystal composition, spectra from nine chemically pure crystalline powders of several purines were measured (2-aminoadenine, 9-methyladenine, guanine, adenine, 2-thioxanthine, uric acid, hypoxanthine, xanthine anhydride, 6-methylpurine). The most complete match with the spectra of the intracellular crystals was observed with the spectrum of uric acid crystals (Fig. 3). The band at 1426 cm^{-1} , which differs in position from the bands in the uric acid spectrum, likely belongs to lipids localized in the algal cell (deformation vibrations of methylene groups in the fatty acid chains of lipids).

Thus, based on the analysis of the Raman spectra, it can be concluded that the crystals inside the living cells of *N. acidoclinata* consist primarily of uric acid.

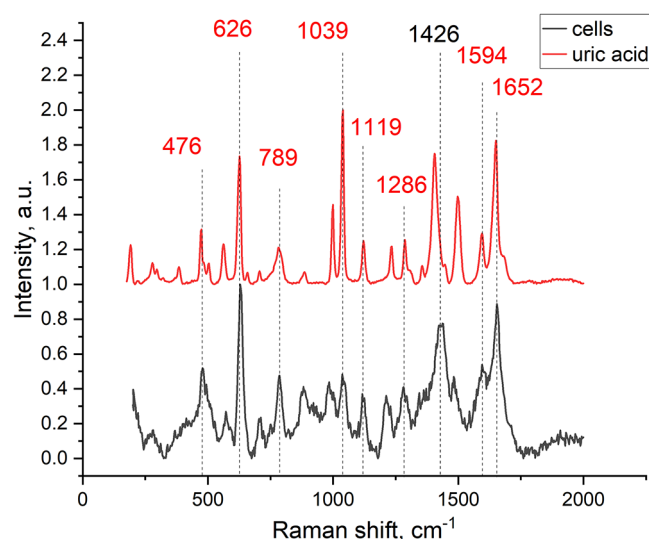


Fig. 3. Raman spectra of crystals inside of living cells of *Nitzschia acidoclinata* in liquid media (black) and of dry crystal of uric acid.

Discussion

Metabolism of the purines seems to be fundamental to diatom physiology since it serves as a distribution and repackaging hub for inorganic carbon and N important for the maintenance of their growth under fluctuating N availability and for the contribution of diatoms to productivity of marine ecosystems. It is also coupled to the turnover of the major diatom osmolyte proline and the precursors for long-chain polyamines required for silica precipitation during cell wall formation [16]. As far as we are aware, this report is the first evidence of the presence of uric acid crystals as intracellular inclusions in diatoms from the genus *Nitzschia* (exemplified by *N. acidoclinata*). This finding is important since it extends the number of species harboring the N-rich purine inclusions in their cells. In other algal species abundant uric acid reserves can be mobilized rapidly [17], so our findings can be regarded as an additional indirect confirmation of the potential role of purine crystals as intracellular long-term N reserves, although direct evidence for that role of uric acid in the diatoms is yet to be obtained. Such reserves can be important for the resilience of diatoms to intermittent N availability frequently encountered by the diatoms in nature.

Considering the identification of the studied strain, its features are in a good agreement with reported images and metric values for *N. acidoclinata* [18–20], confirming the correct identification of the morphospecies. Bright appearance of the studied inclusions on the dark background when studied between the crossed polars indicates that they are optically anisotropic and possess highly ordered, probably crystalline, structure. These properties of the uric acid crystals can be indicative of their possible role in acclimatory adjustments of the illumination environment within the cell (known to be modulated by the frustules themselves [21]).

Low content of purine crystals in young cultures was previously shown for algae from the other taxonomical groups. Kazakov et al. [7] reported 2–2,5-fold drop in the abundance of guanine cell inclusions during the first week after subculturing green microalga *Coelastrella* in fresh nutrient-rich medium. This is in agreement with our observations of decline of the uric acid crystals in 1,5-week culture of *Nitzschia* as compared to 6-week (and more aged) cultures. Following the logical line ascribing the purines a role of intracellular N-depot, low crystal abundance in frequently dividing young cells may be explained by N-consumption for building the biochemical components of nascent cells.

Rapid disappearance of the inclusions after fixation in aqueous solutions of formaldehyde or ethanol may be explained by water solubility, chemical reactions prone to artifact formation, and overall chemical instability of uric acid [22]. Another reason of the dramatic loss of the Raman spectral signature can stem from structural and/or chemical alterations during desiccation [23]. This observation indirectly suggests the existence of active mechanism maintaining intracellular

concentration of uric acid within living cells which is compatible with its function as N reserve. Drying of cells does not affect the morphology of inclusions, but, probably, alter their chemical structure, since we were not able to confirm presence of uric acid in dried cells by Raman spectroscopy. One of the possible ways to study the morphology of native inclusions is the employment of freeze-drying or cryofixation, although suitability of this method for precise chemical identification of the chemically unstable compounds forming these inclusions [22] remains to be tested. At the same time, comparison of the Raman-spectra of the birefringent inclusions in *Nitzschia* with those of pure uric acid showed a high similarity of spectral band positions, that allows to conclude that crystals are composed mostly of uric acid. Still, the possibility of presence of other purines (see, e.g., the work of Pinski et al. [24]) in the inclusions cannot be ruled completely out without data obtained by independent analytical techniques such as X-ray diffraction or mass spectrometry.

According to our unpublished observations of natural algal samples and populations with a polarizing microscope, diatom species only rarely contain birefringent inclusions in comparison with, e.g., chlorophyte algae. This agrees with data of Pilátová et al. [12], where only 6 of 19 studied diatom species possessed purine inclusions (whereas all studied Chlorophyceae taxa harbored guanine crystals). Revealing uric acid inclusions in *N. acidoclinata* further supports the hypothesis that this substance is a common crystal-forming purine in diatoms. On the side of biotechnology, the strains with a high ability to accumulate purine crystals in their cells might be promising for applications such as biotreatment of aquaculture waste streams and biosynthesis of N-rich bioactive compounds.

REFERENCES

1. Antia N.J., Harrison P.J., Oliveira L. The role of dissolved organic nitrogen in phytoplankton nutrition, cell biology and ecology. *Phycologia*. 1991;30(1):1–89.
2. Falkowski P.G. Evolution of the nitrogen cycle and its influence on the biological sequestration of CO₂ in the ocean. *Nature*. 1997;387(6630):272–275.
3. Anderson D.M., Glibert P.M., Burkholder J.M. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*. 2002;25:704–726.
4. Schmollinger S., Mühlhaus T., Boyle N.R., et al. Nitrogen-sparing mechanisms in *Chlamydomonas* affect the transcriptome, the proteome, and photosynthetic metabolism. *Plant Cell*. 2014;26(4):1410–1435.
5. Baulina O., Gorelova O., Solovchenko A., Chivkunova O., Semenova L., Selyakh I., Scherbakov P., Burakova O., Lobakova E. Diversity of the nitrogen starvation responses in subarctic *Desmodesmus* sp. (Chlorophyceae) strains isolated from symbioses with invertebrates. *FEMS Microbiol. Ecol*. 2016;92(4):fiw031.
6. Gur D., Palmer B.A., Weiner S., Addadi L. Light manipulation by guanine crystals in organisms: Biogenic

Conclusions

The inclusions of uric acid can be considered a plausible candidate to the role of the long-term N storage pool in diatom cell; additional roles of these crystals in stress resilience of the diatoms are also conceivable. One may speculate that the evolutionary success of diatoms which became remarkably diverse, abundant, and widespread in marine and freshwater habitats, might stem, at least in part, from their ability to form long-term N reserves allowing them to cope with long periods of N shortage. Still, this is only a preliminary hypothesis requiring further studies to be (dis)proved.

Acknowledgments

SEM studies were carried out at the Shared Research Facility “Electron microscopy in life sciences” at Moscow State University (Unique Equipment “Three-dimensional electron microscopy and spectroscopy”). Generous donation of the purine compounds by Dr. Peter Mojzes is deeply appreciated.

Funding

The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University.

Ethics approval and consent to participate

This work does not contain any studies involving human and animal subjects.

Conflict of interests

The authors of this work declare that they have no conflicts of interest.

scatterers, mirrors, multilayer reflectors and photonic crystals. *Adv. Funct. Mater.* 2017;27(6):1603514.

7. Kazakov G.A., Zaitsev P.A., Chudaev D.A., Parshina E.Yu., Moiseenko A.V., Zaitseva A.A., Fedorenko T.A., Bokov M.G., Mojzeš P., Lobakova E.S., Solovchenko A.E. The turnover and possible physiological significance of purine crystals in the cells of the Chlorophytes from the genus *Coelastrella* (Scenedesmaceae, Chlorophyta). *Russ. J. Plant Physiol.* 2024;71(4):121.

8. Mojzeš P., Gao L., Ismagulova T., Pilátová J., Moudříková Š., Gorelova O., Solovchenko A., Nedbal L., Salih A. Guanine, a high-capacity and rapid-turnover nitrogen reserve in microalgal cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020;117(51):32722–32730.

9. Bott M., Jantschke A. HPLC quantification of guanine, hypoxanthine, xanthine, and uric acid in microalgae: The effects of different nitrogen sources on the purine profile of *Cryptomonas maculata*. *Algal Res.* 2026;93:104483.

10. Allen A.E., Dupont C.L., Oborník M., Horák A., Nunes-Nesi A., McCrow J.P., Zheng H., Johnson D.A., Hu H., Fernie A.R., Bowler C., Evolution and metabolic

significance of the urea cycle in photosynthetic diatoms. *Nature*. 2011;473(7346):203–207.

11. Shah N., Syrett P.J. Enzymes of purine metabolism in the diatom, *Phaeodactylum tricornutum*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 1984;64(3):557–562.

12. Pilátová J., Pánek T., Oborník M., Čepička I., Mojžeš P. Revisiting biocrystallization: purine crystalline inclusions are widespread in eukaryotes. *ISME J.* 2022;16(9):2290–2294.

13. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway. [Electronic resource]. 2025. URL: <https://www.algaebase.org> (searched on 23.09.2025).

14. Chu S.P. The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonic algae. Part I. Methods and culture media. *J. Ecol.* 1942;30(2):284–325.

15. Moudříková Š., Nedbal L., Solovchenko A., Mojžeš P. Raman microscopy shows that nitrogen-rich cellular inclusions in microalgae are microcrystalline guanine. *Algal Res.* 2017;23:216–222.

16. Kröger N., Poulsen N. Diatoms – from cell wall biogenesis to nanotechnology. *Annu. Rev. Genet.* 2008;42(1):83–107.

17. Clode P.L., Saunders M., Maker G., Ludwig M., Atkins C.A. Uric acid deposits in symbiotic marine algae. *Plant. Cell. Environ.* 2009;32(2):170–177.

18. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/2*. Hrsg. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig und D. Mollenhauer. Jena: VEB Gustav Fisher Verlag; 1988. 596 S.

19. Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. *Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment. English edition with updated taxonomy and added species*. Schmitt-Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books; 2017. 942 pp.

20. Bagmet V.B., Abdullin S.R., Nikulin A.Y., Nikulin V.Y., Gontcharov A.A. Biology, genetic diversity, and ecology of *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot (Bacillariophyta). *Diversity*. 2022;14(12):1133.

21. Dyakov S., Cvjetinovic J., Maksimov E., Davidovich N., Statnik E., Bedoshvili Y., Dresvyankin D., Fradkin I., Salimon A., Lagoudakis P., Korsunsky A., Gippius N., Gorin D. Talbot effect in nanostructured diatom frustules. *Optica*. 2025;12(7):1003–1013.

22. Shah N., Syrett P.J. Uptake of guanine by the diatom, *Phaeodactylum tricornutum* l. *J. Phycol.* 1982;18(4):579–587.

23. Li Q., Gluch J., Liao Z., Clausner A., Dąbek P., Zschech E. Morphology and mechanical behavior of diatoms in wet and dry states studied using nano-XCT. *BMC Biol.* 2025;23(1):239.

24. Pinsk N., Wagner A., Cohen L., Smalle C.J.H., Hughes C.E., Zhang G., Pavan M.J., Casati N., Jantschke A., Goobes G., Harris K.D.M., Palmer B.A. Biogenic guanine crystals are solid solutions of guanine and other purine metabolites. *J. Am. Chem. Soc.* 2022;144(11):5180–5189.

Received 26.09.2025

Revised 19.01.2026

Accepted 22.04.2026

Information about the authors

Dmitry A. Chudaev – candidate of biological sciences, researcher, Department of Mycology and Algology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University. Tel.: +7(495)939-27-64; e-mail: chudaevda@my.msu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8407-6832>

Eugenia Yu. Parshina – candidate of biological sciences, senior researcher, Department of Biophysics, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University. Tel.: +7(495)939-27-64; e-mail: parshinae@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7072-0693>

Alexey E. Solovchenko – doctor of biological sciences, professor, Department of Bioengineering, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University. Tel.: +7(495)939-25-87; e-mail: solovchenkoae@my.msu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6746-8511>

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Вестник Московского университета. Серия 16. Биология» является научным изданием биологического факультета Московского университета имени М.В. Ломоносова. Статьи и материалы, публикуемые в журнале, затрагивают самые разные разделы современной биологии, но обязательно в фундаментальном аспекте. К печати принимаются только комплексные работы, представляющие собой завершённые исследования или проблемные теоретические обзоры.

«Вестник Московского университета. Серия 16. Биология» входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. Он также публикуется американской компанией «Pleiades Publishing Group» на английском языке под названием «Moscow University Biological Sciences Bulletin». Оба издания синхронны и выходят четыре раза в год. Русская версия журнала индексируется в базах данных РИНЦ, ВИНТИ, EastView, RSCI на платформе Web of Science, английская – в Scopus, SCImago, EBSCO Discovery Service, OCLC WorldCat Discovery Service, ProQuest Central, AGRICOLA, EMBiology, Institute of Scientific and Technical Information of China, Japanese Science and Technology Agency (JST), Dimensions, Google Scholar и др. Двухлетний импакт-фактор РИНЦ русскоязычной версии в 2023 г. составляет 0,892, показатель CiteScore 2023 (Scopus) англоязычной версии – 1,0.

После принятия статьи в печать редакция высылает авторам договоры с издателем журнала, которые необходимо заполнить и подписать всем соавторам. Авторский договор вступает в силу в случае и с момента принятия статьи к публикации. Заполненные и подписанные договоры можно присылать в редакцию в отсканированном виде по электронной почте.

Общая информация

Сотрудники любых научных учреждений (как российских, так и зарубежных) могут присылать в наш журнал свои статьи, если они написаны на литературном русском языке и оформлены в соответствии с настоящими Правилами.

Все указанные в статье авторы должны нести ответственность за ее содержание. Не принимаются к печати работы, уже опубликованные или отправленные в другие издания, в связи с этим к рукописи должно прилагаться сопроводительное письмо, в котором авторы подтверждают это. Редакция оставляет за собой право осуществлять литературное редактирование рукописей. Плата с авторов за публикацию не взимается. Работы, оформленные не по правилам или не соответствующие профилю издания, могут быть отклонены редакцией журнала без рецензирования.

Структура статьи

Статьи представляются в электронной форме в формате Word 97-2003 (*.doc) и Word 2007 (*.docx), файл со статьей должен быть назван по фамилии автора, а если авторов несколько – по фамилии первого (например, Иванов и др.doc). Форматирование: шрифт Times New Roman, кегль 12, междустрочный интервал – полуторный, отступ – 1,25, выравнивание по ширине (для удобства к правилам прилагается шаблон статьи). Редакция рекомендует придерживаться следующего объема рукописи: до 4000 слов для экспериментальной статьи, до 7000 слов для обзорной (включая список литературы и резюме на английском языке). Объемы, значительно отклоняющиеся от рекомендованных, необходимо согласовывать с редакцией.

На первой странице рукописи в левом верхнем углу следует указать индекс УДК, соответствующий содержанию статьи. В следующих строках приводятся: название работы (полужирным шрифтом, кегль 14), инициалы и фамилии авторов (полужирным шрифтом), наименование организации с указанием почтового адреса (курсивом), в сноске на первой странице указывается e-mail автора (отмеченного в заголовке звездочкой), ответственного за переписку с редакцией. После информации о местах работы следуют резюме статьи на русском языке (150–300 слов) и ключевые слова (6–7 слов или словосочетаний, курсивом).

Образец оформления «шапки» статьи:

УДК 577.29

Эволюция представлений о патогенезе болезни Альцгеймера**Н.А. Стефанова¹, Н.Г. Колосова^{1,2,*}**¹ Сектор молекулярных механизмов старения, Институт цитологии и генетики, Сибирское отделение Российской академии наук, Россия, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, д. 10;² кафедра цитологии и генетики, биологическое отделение, Новосибирский государственный университет, Россия, 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 2

*e-mail: kolosova@mail.ru

Статья должна быть структурирована и включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты, обсуждение результатов (можно объединить с предыдущим пунктом как «результаты и обсуждение»), заключение, список литературы. Названия разделов печатаются с заглавной буквы без точки в конце (полужирным шрифтом), слова «список литературы» набираются заглавными буквами (обычный шрифт). Произвольная структура допустима для теоретических и обзорных статей, но они также должны содержать резюме и ключевые слова. Страницы публикации должны быть пронумерованы (расположение — нижний колонтитул, середина страницы).

Информация о финансировании работы приводится перед списком литературы в следующей формулировке:

«Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 00-00-00000)».

Кроме того, также перед списком литературы авторы должны сообщить о наличии или отсутствии конфликта интересов и указать, каким этическим советом утверждены протоколы исследования, если эксперименты проводились с использованием животных или с привлечением людей в качестве испытуемых.

После списка литературы размещается фраза «Поступила в редакцию...», где указывается дата отправки рукописи.

Далее на отдельной странице на английском языке печатаются заглавие, инициалы и фамилии авторов, названия организаций с адресами и e-mail автора, ответственного за переписку, резюме и ключевые слова (полный перевод русской версии, форматирование такое же, как и в «шапке» статьи).

*Образец оформления англоязычной «шапки» статьи:***Evolution of understanding of Alzheimer's disease pathogenesis****N.A. Stefanova¹, N.G. Kolosova^{1,2,*}**¹ Sector of Molecular Mechanisms of Aging, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentyeva pr. 10, Novosibirsk, 630090, Russia;² Chair of Cytology and Genetics, Department of Natural Sciences, Novosibirsk State University, Pirogova ul. 2, Novosibirsk, 630090, Russia

*e-mail: kolosova@mail.ru

После ключевых слов приводится информация о финансировании работы (Funding) на английском языке:

Funding: The research was funded by Russian Foundation for Basic Research, project number 00-00-00000. (This study was performed under the state assignment of Moscow State University, project number AAAA-A00-000000000000-0).

На последней странице приводятся сведения об авторах: фамилия, имя и отчество полностью (курсивом), научная степень, должность, место работы, рабочий телефон (с кодами страны и города), e-mail.

Образец:

Иванов Иван Иванович — канд. (докт.) биол. (мед.) наук, ст. (мл.) науч. сотр., (доц., проф.) кафедры..... биологического факультета МГУ. Тел.:8-495-939-...-...; e-mail:...

Таблицы и рисунки

Число таблиц и рисунков не должно быть избыточным (рекомендуется приводить не более трех единиц суммарно, каждая не более половины листа А4). Не допускается представление одних и тех же материалов в табличной и графической формах, предпочтение отдается рисункам. Подписи к рисункам и фотографиям, содержащие расшифровку условных обозначений, приводятся не на самих иллюстрациях, а на отдельной странице в конце рукописи (после сведений об авторах). Они должны быть информативными и понятными без прочтения статьи. Рисунки и таблицы должны иметь порядковый номер, который указывается при ссылке на них в тексте статьи (пример: рис. 1, табл. 2). Если в статье только один рисунок (или одна таблица), то слово «рисунок» («таблица») при ссылке на него в тексте не сокращается и не нумеруется.

Графические иллюстрации и фотографии представляются в формате TIFF в виде отдельных файлов, другие форматы не принимаются. Файлам с рисунками присваивают такое же название, как и файлу статьи, при этом добавляют слово «рис» и порядковый номер (если рисунков несколько). Не допускается вставка рисунков, фотографий и таблиц в основной текст. Пиксельное реальное (не интерполированное!) разрешение фотографий должно обеспечивать ясность всех деталей (не менее 300 точек на дюйм). Иллюстрации могут быть цветными, однако необходимо учитывать, что цвет будет сохранен лишь в электронной версии статьи, но не в печатной. В связи с этим необходимо подобрать цвета таким образом, чтобы при переводе рисунка в оттенки серого его смысл не терялся и все элементы были различимы.

Таблицы печатаются на отдельных страницах после сведений об авторах.

Список литературы

Список литературы оформляется в соответствии с форматом Vancouver. Указатель литературы к статьям формируется в порядке упоминания в тексте, а не по алфавиту. Мы рекомендуем авторам придерживаться осмысленного соотношения объемов текста статьи и приставейного списка литературы. Как правило, список литературы должен занимать от 20 до 40% общего объема рукописи.

Желательно, чтобы список литературы состоял преимущественно из ссылок на научные статьи, в основном — напечатанные в последнее десятилетие (в некоторых областях биологии допустимы отклонения от этого правила, которые необходимо согласовывать с редакцией). Ссылки на все остальные варианты публикаций следует свести к минимуму.

В тексте ссылка на цитируемый источник приводится в квадратных скобках с указанием ее порядкового номера. При наличии нескольких источников они перечисляются в порядке возрастания номеров через запятую, например: [3, 5, 8], а если номера идут подряд, то через тире [3–7]. Фамилии иностранных авторов приводятся в тексте статьи на русском языке, например, «...что соответствует выводам Смита [19]».

Ссылки в списке литературы оформляются следующим образом:

1) **Статья в журнале.** Авторы (инициалы после фамилии). Название статьи. *Название журнала* (принятый сокращенный вариант). Год; том(номер): страницы.

2) **Книга.** Авторы (инициалы после фамилии). *Название книги*. Город: Название издательства (без кавычек); год. Общее количество страниц.

3) **Статья в сборнике.** Авторы (инициалы после фамилии). Название статьи. *Название сборника*. Под ред. (Eds.) Инициалы и фамилия (если редактора два, то между ними ставится и/and). Город: Название издательства (без кавычек); год: страницы.

4) **Электронный ресурс.** *Название сайта* [Электронный ресурс]. Год. Дата обновления (если есть): дд.мм.гггг. URL: <http://www...> (дата обращения: дд.мм.гггг). [Дата обращения — это дата последнего посещения сайта, она обязательно должна быть указана].

5) **Электронная публикация.** Авторы (инициалы после фамилии). Название публикации [Электронный ресурс]. *Название источника*. Год. URL: <http://www...> (дата обращения: дд.мм.гггг).

Если авторов больше 15, то приводятся только фамилии и инициалы первых трех (*Сидоров С.С., Иванов И.И., Петров П.П. и др.; Smith A., Jones J., Brown R., et al.*). При указании журнала следует приводить его принятое сокращенное название (Бюллетень МОИП — Бюл. МОИП, Journal of Biochemistry — J. Biochem. и т.п.), то же касается и городов (Москва — М., New York — N.Y. и т.д.). Допустимо использовать ссылку на электронную публикацию только в том случае, если статья не издавалась в бумажном виде.

*Примеры оформления источников в списке литературы:***Статья в журнале:**

Litchfield K., Reading J.L., Puttick C., Thakkar K., Abbosh C., Bentham R., Watkins T.B., Rosenthal R., Biswas D., Rowan A., Lim E. Meta-analysis of tumor- and T cell-intrinsic mechanisms of sensitization to checkpoint inhibition. *Cell*. 2021;184(3):596–614.

Marchena M., Echebarria B. Influence of the tubular network on the characteristics of calcium transients in cardiac myocytes. *PloS One*. 2020;15(4):e0231056.

Гребенкин И.В., Алексеенко А.Е., Гайворонский Н.А., Игнатов М.Г., Казённов А.М., Козаков Д.В., Кулагин А.П., Холодов Я.А. Применение ансамбля нейросетей и методов статистической механики для предсказания связывания пептида с главным комплексом гистосовместимости. *Комп. исслед. моделир.* 2020;12(6):1383–1395.

Книга:

Holliday R. *Aging: the paradox of life: why we age*. Dordrecht: Springer; 2007. 132 pp.

Рязанова Г.И. *Поведение насекомых*. М.: Изд-во Моск. ун-та; 2019. 232 с.

Статья в сборнике:

Mahajan M., Yadav R.K. Labeling and sorting of Arabidopsis SAM cell populations to capture their transcriptome profile. *Plant Stem Cells: Methods and Protocols*, vol. 2094. Eds. M. Naseem and T. Dandekar. N.Y.: Humana; 2020:39–47.

Храмченкова О.М., Бачура Ю.М. Альгодиагностика деградированных почв. *Радиация, экология и техносфера: материалы междунар. науч. конф. (Гомель, 26–27 сент. 2013 г.)*. Под ред. А.Д. Наумова. Минск: Ин-т Радиологии; 2013:174–176.

Электронный ресурс:

Senescence.info [Электронный ресурс]. 1997. Дата обновления: 18.08.1989. URL: <http://www.senescence.info> (дата обращения: 11.03.2021).

Официальный сайт ЮНЕСКО [Электронный ресурс]. 2009. URL: <http://www.unesco.org> (дата обращения: 15.02.2021).

Электронная публикация:

Bizzarro J.J. Slatyspotted guitarfish (*Rhinobatos glaucostigma*) [Электронный ресурс]. *IUCN Red List of Threatened Species*. 2009. URL: <http://www.iucnredlist.org> (дата обращения: 10.07.2014).

Ссылки на неопубликованные или находящиеся в печати работы не допускаются.

При цитировании статей, опубликованных в российских журналах и при этом имеющих переводные версии на английском языке, желательно указывать выходные данные англоязычных версий. Это позволит избежать проблем при переводе списков литературы.

Дополнительные правила оформления

Все размерности физических величин должны соответствовать Международной системе единиц (СИ), например: м – метр, кг – килограмм, мин – минута, ° – градус и т.д. Все сокращения размерностей и величин приводятся по ГОСТу. В десятичных дробях целая часть от дробной отделяется запятой. В тексте можно использовать только прямые кавычки. Цифры до десяти включительно пишутся словами. Знак процента (%) не отделяется от цифры пробелом, например, 50%. Между цифрами всегда ставится тире без пробелов, например, 1–3 км, 50–120 мкл и т.п.

Химические соединения следует указывать согласно номенклатуре, рекомендуемой ИЮПАК (1979 г.). Вместо названий простых веществ допускается использование их формулы, например, хлорид натрия – NaCl, углекислый газ – CO₂ и т.д. Разрешается пользоваться общепринятыми аббревиатурами наиболее часто используемых соединений. К ним относятся: нуклеотиды, нуклеиновые кислоты, аминокислоты (например, аденозинтрифосфорная кислота – АТФ, дезоксирибонуклеиновая кислота – ДНК, аргинин – Арг, валин – Вал). Все прочие нестандартные сокращения должны быть пояснены в тексте при первом упоминании.

Названия генов пишутся курсивом, их продуктов – обычным шрифтом. Например: ген – *FOXO3*, его продукт – FOXO3.

При наличии в тексте русских названий представителей различных царств живых организмов обязательно должны быть указаны соответствующие латинские названия (род, вид), желательно

пользоваться Международными кодексами номенклатуры (Международный кодекс ботанической номенклатуры, Международный кодекс номенклатуры бактерий и т.д.). Курсивом выделяются только родовые, видовые и подвиговые названия.

Например: ... два вида кузнечиков подсемейства мечников (Tettigoniidae, Conocephalinae): мечник обыкновенный *Conocephalus fuscus* (Fabr.) (= *discolor* Thunb.) и мечник короткокрылый *C. dorsalis* (Latr.)...

Подготовка к печати

Рукопись, присланная автором, проверяется редколлегией на соответствие профилю и правилам оформления журнала. На первичное рассмотрение отводится 7–10 дней. Если в оформлении статьи обнаруживаются ошибки, ее рассмотрение занимает больше времени, так как редакторам необходимо составить список недочетов. Если работа совсем не соответствует требованиям, она возвращается авторам без рецензирования. Правильно оформленные статьи поступают на рецензию. Рецензирование занимает от двух недель до месяца. Срок рецензирования включает в себя не только непосредственную работу рецензентов с рукописью, но и поиск подходящих специалистов (поиск может занять от двух дней до двух недель). После рецензирования рукописи, при необходимости, отправляются авторам на доработку и исправление ошибок. Исправленный вариант статьи должен быть возвращен в редакцию не позднее, чем через 7 дней, вместе с подробным ответом на все замечания рецензентов. Если автор присылает исправленный вариант позднее указанного срока, статья рассматривается как вновь поступившая. Возможно несколько раундов рецензирования, если у рецензентов возникают новые замечания или они не согласны с исправлениями и ответами авторов. Далее над рукописью работают редакторы, исправленный текст и замечания отсылаются авторам на 2–3 рабочих дня.

Корректуры (русско- и англоязычная) статей направляются авторам также на 2–3 рабочих дня, в течение которых необходимо тщательно проверить текст, рисунки, таблицы и т.д., внося в гранки необходимую правку. В случае англоязычной корректуры желательно уделить особое внимание специальным терминам, которые могут быть неправильно интерпретированы переводчиками. Приветствуется практика публикации в английской версии авторских переводов статей.

Важно: если авторы подают статью, написанную на английском языке в русскоязычную версию журнала, она публикуется только в этой версии и не публикуется в переводной версии (Moscow University Biological Science Bulletin). Для подачи статьи в переводную версию, необходимо воспользоваться системой сайта Pleiades Publishing (<https://www.pleiades.online/ru/journal/bbscimgu/>).

Полезные ссылки

Список сокращенных названий журналов можно найти [здесь](#)

Классификатор УДК располагается [здесь](#)

О том, как правильно сокращать общепринятые термины, можно прочитать [здесь](#)