



**BUTLEROV
HERITAGE**

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies
ISSN 2074-0948 (print)



2021. Vol.2, No.3, Id.12.

Journal Homepage: <https://c-journal.butlerov.com/>

Thematic section: Biochemical Research.

Subsection: Biotechnology.

Full Paper

The Reference Object Identifier – ROI-jbc-C/21-2-3-12

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/21-2-3-12

Received 19 August 2021; Accepted 22 August 2021

The effect of white phosphorus on the protein profile of *Aspergillus niger*

**Anton Z. Mindubaev,^{1*+} Tatiana V. Grigoryeva,³ Yulia Dz. Romanova,³
Valeria A. Romanova,³ Shamil' Z. Validov,³ Vasily M. Babaev,²
Daina N. Buzyurova,² Edward V. Babynin,³ Alexandra D. Voloshina,²
Elena K. Badeeva,² Salima T. Minzanova,² Lubov G. Mironova,²
and Yaw Abayie Akosah³**

¹ Institute of Power Engineering and Advanced Technologies. Kazan Scientific Center. Russian Academy of Sciences. Lobachevsky St., POB 261, 2/31. Kazan, 420111. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: mindubaev@iopc.ru; mindubaev-az@yandex.ru; a.mindubaev@knc.ru

² Institute of Organic and Physical Chemistry Named after A.E. Arbuzov. Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Arbuzov St., 8. Kazan, 420088. Republic of Tatarstan. Russia.

³ Kazan (Volga Region) Federal University. University St., 18. Kazan, 420008. Republic of Tatarstan. Russia.

*Supervising author; +Corresponding author

Keywords: biodegradation, white phosphorus, proteomic analysis, two-dimensional electrophoresis, mass spectrometry, *Aspergillus niger*.

Abstract

In earlier works, we have already investigated the resistance of microorganisms to white phosphorus (P₄), as well as the biodegradation of this dangerous pollutant. Our studies have resulted in providing solid evidence on the biodegradation of P₄. Of greatest interest are the strains *Aspergillus niger* AM1 and AM2, which are effective destructors of both elemental phosphorus and several toxic reduced compounds of this element. Nevertheless, the mechanisms of resistance of the fungus to such toxic substances have not been fully established. There could be several such mechanisms involved. In previous articles, we identified the various morphological changes that occur in the strains *A. niger* AM1 and AM2, following their interaction with P₄. These include a significant thickening of cell walls, as well as an augmented number and size of mitochondria. At the same time, very significant differences were found in the AM2 strain. They are of interest not only from a practical point of view but also as fundamental evolutionary changes associated with the growing adaptability of a microorganism to extreme conditions. However, in addition to those already described earlier, other adaptive mechanisms acting on the scale of molecules are possible. They

are associated with the expression of stress genes and the production of proteins by the fungus involved in the detoxification of toxicants, such as white phosphorus. To identify them, proteomic studies were carried out. They provided the first, confirmation of the anticipated resistance mechanisms since they revealed significant differences in the protein profile in the absence and the presence of white phosphorus. The MALDI method showed the biosynthesis of new enzymes that possibly take part in the detoxification of white phosphorus.

For citation: Anton Z. Mindubaev, Tatiana V. Grigoryeva, Yulia Dz. Romanova, Valeria A. Romanova, Shamil' Z. Validov, Vasily M. Babaev, Daina N. Buzyurova, Edward V. Babynin, Alexandra D. Voloshina, Elena K. Badeeva, Salima T. Minzanova, Lubov G. Mironova, Yaw Abayie Akosah. *Butlerov Communications* C. 2021. Vol.2, No.3, Id.12. DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/21-2-3-12

References

- [1] A.Z. Mindubaev, D.G. Yakhvarov. Biodegradation as a method for waste processing: view on the problem. Part 1. The essence of the method. *Butlerov Communications*. **2013**. Vol.33. No.3. P.1-37. ROI: jbc-01/13-33-3-1 (Russian)
- [2] A.Z. Mindubaev, D.G. Yakhvarov. Biodegradation as a method for waste processing: view on the problem. Part 2. Are xenobiotics really xenobiotics? *Butlerov Communications*. **2013**. Vol.34. No.4. P.1-20. ROI: jbc-01/13-34-4-1 (Russian)
- [3] Миндубаев А.З. Биодegradация ксенобиотиков как самозащита природы. *Биомолекула*. **2017**. <https://biomolecula.ru/articles/biodegradatsiia-ksenobiotikov-kak-samozashchita-prirody>
- [4] Миндубаев А.З. Биодegradация токсичных веществ как самозащита природы. *Экологический вестник Северного Кавказа*. **2018**. Т.14. №1. С.11-23.
- [5] Миндубаев А.З. Кто съел полиэтилен? *Наука и жизнь*. **2018**. №4. С.32-38.
- [6] Миндубаев А.З. Являются ли ксенобиотики ксенобиотиками? Одна из сторон разнообразия природных соединений. *Биомолекула*. **2018**.
- [7] Миндубаев А.З. Раздумья о природной и неприродной химии. *Биомолекула*. **2019**.
- [8] Миндубаев А.З. Микроорганизмы деструкторы и их роль в очистке природных сред (обзор). *Живые и биокосные системы*. **2020**. № 31. С.1-20.
- [9] Миндубаев А.З. Микробы-санитары. *Наука и жизнь*. **2020**. №4. С.28-32.
- [10] Миндубаев А.З. Биодegradация: что в ней удивительного? *Биомолекула*. **2020**.
- [11] Миндубаев А.З. Живые клетки – химики. *Наука и жизнь*. **2020**. №12. С.28-36.
- [12] Миндубаев А.З. Химия природная и неприродная: где грань и есть ли она? *Национальные приоритеты России*. **2021**. №1(40).С.76-89.
- [13] V.H. Nguyen, V.C. Nguyen, T.C. Nguyen, D.M.T. Tran, T.T.T. Nguyen, Q.T. Vu, D.T. Nguyen, H. Thai. Treatment of Yellow Phosphorus Slag and Reuse of It as an Absorbent of Chromium (VI) Ions and Methylene Blue. *Journal of Chemistry*. **2020**. Vol.2020. No.(ID 1834829). P.1-16.
- [14] Кашкин П.Н., Хохряков М.К., Кашкин А.П. Определитель патогенных, токсигенных и вредных для человека грибов. *Л.: Медицина*. **1979**. 272с.
- [15] E. Gheerbrant. Paleocene emergence of elephant relatives and the rapid radiation of African ungulates. *PNAS*. **2009**. Vol.106. No.26. P.10717-10721.
- [16] N. Bardet, X.P. Suberbiola, M. Iarochene, B. Bouya, M. Amaghazaz. A new species of *Halisaurus* from the Late Cretaceous phosphates of Morocco, and the phylogenetical relationships of the Halisaurinae (Squamata: Mosasauridae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. **2005**. Vol.143. No.3. P. 447-472.
- [17] B. Ostash, S. Walker. Moenomycin family antibiotics: chemical synthesis, biosynthesis, and biological activity. *Nat. Prod. Rep*. **2010**. Vol.27. No.11. P.1594-1617.

- [18] P.R. Carini, B.A.S. Van Mooy, J.C. Thrash, A.E. White, Y. Zhao, E.O. Campbell, H.F. Fredricks, S.J. Giovannoni. SAR11 lipid renovation in response to phosphate starvation. *PNAS*. **2015**. Vol.112. No.25. P.7767-7772.
- [19] W.R. Riekhof, S. Naik, H. Bertrand, C. Benning, D.R. Voelker. Phosphate Starvation in Fungi Induces the Replacement of Phosphatidylcholine with the Phosphorus-Free Betaine Lipid Diacylglyceryl-N,N,N-Trimethylhomoserine. *Eukaryotic Cell*. **2014**. Vol.13. No.6. P.749-757.
- [20] M. Sebastián, A.F. Smith, J.M. González, H.F. Fredricks, B. Van Mooy, M. Koblížek, J. Brandsma, G. Koster, M. Mestre, B. Mostajir, P. Pitta, A.D. Postle, P. Sánchez, J.M. Gasol, D.J. Scanlan, Y. Chen. Lipid remodelling is a widespread strategy in marine heterotrophic bacteria upon phosphorus deficiency. *The ISME Journal*. **2016**. Vol.10. No.4. P. 968-978.
- [21] X. Zeng, J.J. Huang, B. Hua. Efficient phosphorus removal by a novel halotolerant fungus *Aureobasidium* sp. MSP8 and the application potential in saline industrial wastewater treatment. *Bioresource Technology*. **2021**. Vol.334. No.125237. P.1-8.
- [22] S.R. Pallerla, S. Knebel, T. Polen, P. Klauth, J. Hollender, V.F. Wendisch, S.M. Schoberth. Formation of volutin granules in *Corynebacterium glutamicum*. *FEMS Microbiology Letters*. **2005**. Vol.243. No.1. P.133-140.
- [23] P. Finkbeiner, J.P. Hehn, C. Gnam. Phosphine Oxides from a Medicinal Chemist's Perspective: Physicochemical and in Vitro Parameters Relevant for Drug Discovery. *J. Med. Chem*. **2020**. Vol.63. P.7081-7107.
- [24] E. Saxon, C.R. Bertozzi. Cell Surface Engineering by a Modified Staudinger Reaction. *Science*. **2000**. Vol.287. P.2007-2010.
- [25] Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В., Энгельхарт М., Вайссер Т., Чеботарева М.В. Прикладная экобиотехнология. Учебник для высшей школы. Изд. БИНОМ. 2-е изд. **2015**. Т.2. 485с.
- [26] J. Du, J. J. Duan, Q. Zhang, J. Hou, F. Bai, N. Chen, G. Bai. Enzymatic Synthesis of L-tryptophan from D,L-2-amino- Δ^2 -thiazoline-4-carboxylic Acid and Indole by *Pseudomonas* sp. TS1138 L-2-amino- Δ^2 -thiazoline-4-carboxylic Acid Hydrolase, S-carbamyl-L-cysteine Amidohydrolase and *Escherichia coli* L-Tryptophanase. *Applied Biochemistry and Microbiology*. **2012**. Vol.48. No.2. P.159-166.
- [27] K. Yoshida, K. Kato, H. Tsukamoto. Metabolism of Drugs. XLIV. Glucuronyl Transfer Reaction catalyzed by β -Glucuronidase by the Use of Ester Glucuronides as Substrates. *Chem.Pharm.Bull*. **1964**. Vol.12. No.6. P.656-663.
- [28] E. Gout, S. Aubert, R. Bligny, F. Rébeillé, A.R. Nonomura, A.A. Benson, R. Douce. Metabolism of Methanol in Plant Cells. Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance Studies. *Plant Physiology*. **2000**. Vol.123. No.1. P.287-296.
- [29] W. Huang, E. Ertekin, T. Wang, L. Cruz, M. Dailey, J. DiRuggiero, D. Kisailus. Mechanism of water extraction from gypsum rock by desert colonizing microorganisms. *PNAS*. **2020**. Vol.117. No.20. P.10681-10687.
- [30] A. Escudero, S. Palacio, F.T. Maestre, A.L. Luzuriaga. Plant life on gypsum: a review of its multiple facets. *Biol. Rev*. **2015**. Vol.90. P.1-18.
- [31] Schallmeyer, M. Schallmeyer. Recent advances on halohydrin dehalogenases – from enzyme identification to novel biocatalytic applications. *Appl Microbiol Biotechnol*. **2016**. Vol.100. No.18. P.7827-7839.
- [32] L. Chen, H. Shen, C. Wei, Q. Zhu. Bioresolution of (R)-glycidyl azide by *Aspergillus niger* ZJUTZQ208: a new and concise synthon for chiral vicinal amino alcohols. *Appl Microbiol Biotechnol*. **2013**. Vol.97. No.6. P.2609-2616.
- [33] Y. Cao, S. Qi, Y. Zhang, X. Wang, B. Yang, Y. Wang. Synthesis of Structured Lipids by Lipase-Catalyzed Interesterification of Triacetin with Camellia Oil Methyl Esters and Preliminary Evaluation of their Plasma Lipid-Lowering Effect in Mice. *Molecules*. **2013**. Vol.18. No.4. P.3733-3744.

- [34] M. Pičmanová, E.H. Neilson, M.S. Motawia, C.E. Olsen, N. Agerbirk, C.J. Gray, S. F litsch, S. Meier, D. Silvestro, K. Jørgensen, R. Sánchez-Pérez, B. L. Møller, N. Bjarnholt. A recycling pathway for cyanogenic glycosides evidenced by the comparative metabolic profiling in three cyanogenic plant species. *Biochemical Journal*. **2015**. Vol.469. No.3. P.375-389.
- [35] J. Wicker, K. Fenner, L. Ellis, L. Wackett, S. Kramer. Predicting biodegradation products and pathways: a hybrid knowledge- and machine learning-based approach. *Bioinformatics*. **2010**. Vol.26. No.6. P.814-821.
- [36] R. Margesin, F. Schinner. Biodegradation and bioremediation of hydrocarbons in extreme environments. *Appl. Microbiol Biotechnol*. **2001**. Vol.56. No.5-6. P.650-663.
- [37] M.-A. Abril, C. Michan, K.N. Timmis, J.L. Ramos. Regulator and Enzyme Specificities of the TOL Plasmid-Encoded Upper Pathway for Degradation of Aromatic Hydrocarbons and Expansion of the Substrate Range of the Pathway. *J. Bacteriol*. **1989**. Vol.171. No.12. P.6782-6790.
- [38] J.L. Ramos, A. Wasserfallen, K. Rose, K.N.Timmis. Redesigning metabolic routes: manipulation of TOL plasmid pathway for catabolism of alkylbenzoates. *Science*. **1987**. Vol.235. No.4788. P.593-596.
- [39] R.J. Kolenc, W.E. Inniss, B.R. Glick, C.W. Robinson, C.I. Mayfield. Transfer and Expression of Mesophilic Plasmid-Mediated Degradative Capacity in a Psychrotrophic Bacterium. *Applied and Environmental Microbiology*. **1988**. Vol.54. No.3. P.638-641.
- [40] K.I. Sasajima, A.J. Sinskey. Oxidation of L-glucose by a Pseudomonad. *Biochim Biophys Acta*. **1979**. Vol.571. No.1. P.120-126.
- [41] Y. Yang. Building polyfunctional piperidines: a stereoselective strategy of a three-component Mannich reaction inspired by biosynthesis and applications in the synthesis of natural alkaloids (+)-241D; (-)-241D; isosolenopsin A and (-)-epimyrtenine. *RSC Adv*. **2015**. Vol.5. No.24. P.18894-18908.
- [42] Chopra, A.K. Dhingra, R.P. Kapoor, D.N. Prasad. Piperine and Its Various Physicochemical and Biological Aspects: A Review. *Open Chemistry Journal*. **2016**. Vol.3. P.75-96.
- [43] **Ловкова М.Я. Биосинтез и метаболизм алкалоидов в растениях. Москва: «Наука». 1981. С.169.**
- [44] P. Tähtinen, G. Guella, G. Saielli, C. Debitus, E. Hnawia, I. Mancini. New Sulfur-Containing Polyarsenicals from the New Caledonian Sponge *Echinochalina Bargibanti*. *Mar. Drugs*. **2018**. Vol.16. No.10. e382. P.1-14.
- [45] M. Wiesner-Reinhold, M. Schreiner, S. Baldermann, D. Schwarz, F.S. Hanschen, A.P. Kipp, D.D. Rowan, K.L. Bentley-Hewitt, M.J. McKenzie. Mechanisms of Selenium Enrichment and Measurement in Brassicaceous Vegetables, and Their Application to Human Health. *Front. Plant Sci*. **2017**. Vol.8. No.1365. P.1-20.
- [46] S.J. Coulthurst, N.A. Whitehead, M. Welch, G.P.C. Salmond. Can boron get bacteria talking? *TRENDS in Biochemical Sciences*. **2002**. Vol.27. No.5. P.217-219.
- [47] Wang, Sh. Huang, P. Liu, X. Liu, Y. He, W. Chen, Q. Hu, T. Wei, J. Gan, J. Ma, H. Chen. Structural Analysis of the Hg(II)-Regulatory Protein Tn501 MerR from *Pseudomonas aeruginosa*. *Sci. Rep*. **2016**. Vol.6. No.33391. P.1-9.
- [48] A.P. Lee, L.R. Brooker, D.J. Macey, J. Webb, W. van Bronswijk. A new biomineral identified in the cores of teeth from the chiton *Plaxiphora albida*. *J. Biol. Inorg. Chem*. **2003**. Vol.8. No.3. P. 256-262.
- [49] Y. Delaunois, A. Huby, C. Malherbe, G. Eppe, É. Parmentier, Ph. Compère. Microstructural and compositional variation in pacu and piranha teeth related to diet specialization (Teleostei: Serrasalminidae). *J. Biol. Inorg. Chem*. **2020**. Vol.8. No.3. P.256-262.

- [50] J.N. Cha, K. Shimizu, Y. Zhou, S.C. Christiansen, B.F. Chmelka, G.D. Stucky, D.E. Morse. Silicatein filaments and subunits from a marine sponge direct the polymerization of silica and silicones *in vitro*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. **1999**. Vol.96. P.361-365.
- [51] S.E. Wolf, U. Schlossmacher, A. Pietuch, B. Mathiasch, H.-C. Schröder, W.E.G. Müller, W. Tremel. Formation of silicones mediated by the sponge enzyme silicatein- α . *Dalton Trans.* **2010**. Vol.39. No.39. P.9245-9249.
- [52] S. Kobayashi, H. Uyama, S. Kimura. Enzymatic Polymerization. *Chem. Rev.* **2001**. Vol.101. No.12. P.3793-3818.
- [53] T. Matsuda. Future Directions in Biocatalysis. *Elsevier*. **2017**. 2st Edition. 460p.
- [54] J.C. Lewis, P.S. Coelho, F.H. Arnold. Enzymatic functionalization of carbon–hydrogen bonds. *Chem. Soc. Rev.* **2011**. Vol.40. No.4. P.2003-2021.
- [55] J. Büchler, A. Papadopoulou, R. Buller. Recent Advances in Flavin-Dependent Halogenase Biocatalysis: Sourcing, Engineering, and Application. *Catalysts*. **2019**. Vol.9. No.1030. P.1-20.
- [56] V. Agarwal, Z.D. Miles, J.M. Winter, A.S. Eustáquio, A.A. El Gamal, B.S. Moore. Enzymatic Halogenation and Dehalogenation Reactions: Pervasive and Mechanistically Diverse. *Chem. Rev.* **2017**. Vol.117. No.8. P.5619-5674.
- [57] A.V. Fejzagić, J. Gebauer, N. Huwa. T. Classen. Halogenating Enzymes for Active Agent Synthesis: First Steps Are Done and Many Have to Follow. *Molecules*. **2019**. Vol.24. No.4008. P.1-34.
- [58] S.E. Payer, K. Faber, S.M. Glueck. Non-Oxidative Enzymatic (De)Carboxylation of (Hetero)Aromatics and Acrylic Acid Derivatives. *Adv. Synth. Catal.* **2019**. Vol.361. No.11. P.2402-2420.
- [59] N. Rios-Lombardia, J. Garcia-Álvarez, J. González-Sabin. One-Pot Combination of Metal- and Bio-Catalysis in Water for the Synthesis of Chiral Molecules. *Catalysts*. **2018**. Vol.8. No.75. P.1-28.
- [60] Plata, M. Ruiz, J. Ruiz, C. Ortiz, J.J. Castillo, R. Fernández-Lafuente. Chemoenzymatic Synthesis of the New 3-((2,3-Diacetoxypropanoyl)oxy)propane-1,2-diyl Diacetate Using Immobilized Lipase B from *Candida antarctica* and Pyridinium Chlorochromate as an Oxidizing Agent. *Int. J. Mol. Sci.* **2020**. Vol.21. No.6501. P.1-14.
- [61] M.M. Pinney, D.A. Mokhtari, E. Akiva, F. Yabukarski, D.M. Sanchez, R. Liang, T. Doukov, T.J. Martinez, P.C. Babbitt, D. Herschlag. Parallel molecular mechanisms for enzyme temperature adaptation. *Science*. **2021**. Vol.371. No.eaay2784. P.1-16.
- [62] I.S. Povolotskaya, F.A. Kondrashov. Sequence space and the ongoing expansion of the protein universe. *Nature Letters*. **2010**. Vol.465. P.922-927.
- [63] A.I. Podgoraia, M.T. Laub. Pervasive degeneracy and epistasis in a protein-protein interface. *Science*. **2014**. Vol.347. No.6222. P.673-677.
- [64] T.N. Starr, L.K. Picton, J.W. Thornton. Alternative evolutionary histories in the sequence space of an ancient protein. *Nature*. **2017**. Vol.549. No.7672. P.409-413.
- [65] J.T. Bridgham, E.A. Ortlund, J.W. Thornton. An epistatic ratchet constrains the direction of glucocorticoid receptor evolution. *Nature Letters*. **2009**. No.7263. Vol.461. P.515-519.
- [66] A. Chowdhury, C.D. Maranas. Designing overall stoichiometric conversions and intervening metabolic reactions. *Sci Rep.* **2015**. Vol.5. No.16009. P.1-20.
- [67] W.-D. Lin, C.-Y. Chen, H.-C. Chen, W.-H. Hsu. Enantioselective synthesis of (S)-phenylephrine by whole cells of recombinant *Escherichia coli* expressing the amino alcohol dehydrogenase gene from *Rhodococcus erythropolis* BCRC 10909. *Process Biochemistry*. **2010**. Vol.45. No.9. P.1529-1536.

- [68] W. Bao, P.J. Sheldon, E. Wendt-Pienkowski, C.R. Hutchinson. The *Streptomyces peuceitius* *dpsC* Gene Determines the Choice of Starter Unit in Biosynthesis of the Daunorubicin Polyketide. *Journ. of Bacteriol.* **1999**. Vol.181. No.15. P.4690-4695.
- [69] T. Weber, P. Charusanti, E.M. Musiol-Kroll, X. Jiang, Y. Tong, H.U. Kim, S. Y. Lee. Metabolic engineering of antibiotic factories: new tools for antibiotic production in actinomycetes. *Trends in Biotechnology.* **2015**. Vol.33. No.1. P.15-26.
- [70] C. Zhang, D. Ke, Y. Duan, W. Lu. The Combinatorial Biosynthesis of “Unnatural” Products with Polyketides. *Transactions of Tianjin University.* **2018**. Vol.24. No.6. P.501-512.
- [71] B.K. Singh, A. Walker. Microbial degradation of organophosphorus compounds. *FEMS Microbiol. Rev.* **2006**. Vol.30. No.3. P.428-471.
- [72] A.Z. Mindubaev, D.G. Yakhvarov. Phosphorus: properties and application. *Butlerov Communications.* **2014**. Vol.39. No.7. P.1-24. ROI: jbc-01/14-39-7-1 (Russian)
- [73] Миндубаев А.З., Аюсаха Я.А., Алимова Ф.К., Афурдоань Д.М., Болормаа Ч., Кагиоров Р.М., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г. О разложении белого фосфора осадком сточных вод. *Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки.* **2011**. Т.153. №2. С.110-119.
- [74] A.Z. Mindubaev, F.K. Alimova, S.C. Ahossiyenagbe, C. Bolormaa, A.D. Voloshina, N.V. Kulik, S. T. Minzanova, L.G. Mironova, D.G. Yakhvarov. The possibility for anaerobic detoxication of white phosphorus. *Butlerov Communications.* **2013**. Vol.33. No.1. P.22-34. ROI: jbc-01/13-33-1-22 (Russian)
- [75] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, D.G. Yakhvarov. Biological degradation of white phosphorus: feasibility and prospects. *Butlerov Communications.* **2013**. Vol.33. No.2. P.1-17. ROI: jbc-01/13-33-2-1 (Russian)
- [76] A.Z. Mindubaev, F.K. Alimova, S.C. Ahossiyenagbe, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, D.G. Yakhvarov. New confirmation for white phosphorus biodegradation. *Butlerov Communications.* **2013**. Vol.36. No.10. P.1-12. ROI: jbc-01/13-36-10-1 (Russian)
- [77] A.Z. Mindubaev, F.K. Alimova, S.C. Ahossiyenagbe, C. Bolormaa, A.D. Voloshina, N.V. Kulik, S. T. Minzanova, L.G. Mironova, D.G. Yakhvarov. Microbial metabolism of the white phosphorus. *Butlerov Communications.* **2013**. Vol.36. No.12. P.34-52. ROI: jbc-01/13-36-12-34 (Russian)
- [78] A.Z. Mindubaev, F.K. Alimova, S.C. Ahossiyenagbe, A.D. Voloshina, E.V. Gorbachuk, N.V. Kulik, S. T. Minzanova, L.G. Mironova, D.G. Yakhvarov. Metabolites and tolerant microflora in substrates with white phosphorus 0.1%. *Butlerov Communications.* **2014**. Vol.37. No.3. P.67-78. ROI: jbc-01/14-37-3-67 (Russian)
- [79] C. Bolormaa, K.A. Saparmyradov, F.K. Alimova, A.Z. Mindubaev. Comparison of phytotoxicity indices, fungicidal and bactericidal activity of *Streptomyces* from different habitats. *Butlerov Communications.* **2014**. Vol.38. No.6. P.147-152. ROI: jbc-01/14-38-6-147 (Russian)
- [80] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, E.V. Gorbachuk, N.V. Kulik, S.C. Ahossiyenagbe, F.K. Alimova, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, A.V. Pankova, C. Bolormaa, K.A. Saparmyradov, D.G. Yakhvarov. White phosphorus as a new object of biological destruction. *Butlerov Communications.* **2014**. Vol.40. No.12. P.1-26. ROI: jbc-01/14-40-12-1 (Russian)
- [81] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, E.V. Gorbachuk, N.V. Kulik, F.K. Alimova, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, K.A. Saparmyradov, K.R. Khayarov, D.G. Yakhvarov. The inclusion white phosphorus in the natural cycle of matter. Cultivation of resistant microorganisms. *Butlerov Communications.* **2015**. Vol.41. No.3. P.54-81. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/15-41-3-54 (Russian)

- [82] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, E.V. Gorbachuk, S. Z. Validov, N.V. Kulik, F.K. Alimova, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, D.E. Belostotskiy, K.A. Saparmyradov, R.I. Tuxhatova, D.G. Yakhvarov. Adaptation of microorganisms to white phosphorus as a result of directed selection. Genetic identification of sustainable *Aspergillus* and metabolic profiling of *Streptomyces* A8. *Butlerov Communications*. **2015**. Vol.44. No.12. P.1-28. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/15-44-12-1 (Russian)
- [83] Миндубаев А.З. Биодegradация белого фосфора: как яд стал удобрением. *Биомолекула*. **2016**. <http://biomolecula.ru/content/1932>
- [84] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, S. Z. Validov, N.V. Kulik, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, D.G. Yakhvarov, A.Y. Akkizov. *Aspergillus niger* AM1 culture growth in medium with two phosphorus sources. The validity of the definition "biodegradation" with respect to white phosphorus. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.46. No.5. P.1-20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-46-5-1 (Russian)
- [85] Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Минзанова С.Т., Тухбатова Р.И., Яхваров Д.Г. Способ детоксикации белого фосфора с применением штамма микроорганизмов *Trichoderma asperellum* ВКПМ F-1087. Патент на изобретение № 2603259 от 1.11.2016. Бюл. 33. Дата приоритета 28. 07. 2015 г. Регистрационный номер 2015131380 (048333). Решение о выдаче патента от 29. 08. **2016**.
- [86] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, A.D. Voloshina, S.Z. Validov, N.V. Kulik, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, A.Y. Akkizov, D.G. Yakhvarov. Evaluation of white phosphorus genotoxicity. Growth of bacterial culture in a medium with potassium phosphite as a sole source of phosphorus. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.47. No.7. P.1-20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-47-7-1 (Russian)
- [87] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, A.D. Voloshina, I.F. Sakhapov, N.V. Kulik, S.Z. Validov, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, A. Y. Akkizov, D.G. Yakhvarov. Genotoxicity of white phosphorus. *Butlerov Communications*. **2017**. Vol.49. No.1. P.1-20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/17-49-1-1 (Russian)
- [88] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, S. Z. Validov, N.V. Kulik, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, D.G. Yakhvarov, A.Y. Akkizov. *Aspergillus niger* AM1 culture growth in medium with two phosphorus sources. The validity of the definition "biodegradation" with respect to white phosphorus. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.46. No.5. P.1-20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-46-5-1 (Russian)
- [89] Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Validov Ш.З., Яхваров Д.Г. Биодegradация белого фосфора. *Природа*. **2017**. №5. С.29-43.
- [90] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, E.V. Gorbachuk, S.Z. Validov, N.V. Kulik, F.K. Alimova, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, D.E. Belostotsky, K.A. Saparmyradov, R.I. Tuxhatova, D.G. Yakhvarov. Adaptation of microorganisms to white phosphorus as a result of directed selection. Genetic identification of sustainable *Aspergillus* and metabolic profiling of *Streptomyces* A8. *Butlerov Communications*. **2015**. Vol.44. No.12. P.1-28. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/15-44-12-1 (Russian)
- [91] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, S.Z. Validov, A.D. Voloshina, N.V. Kulik, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, A.Y. Akkizov, D.G. Yakhvarov. Evaluation of white phosphorus genotoxicity. Growth of bacterial culture in a medium with potassium phosphite as a sole source of phosphorus. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.47. No.7. P.1-20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-47-7-1 (Russian)
- [92] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, A.D. Voloshina, I.F. Sakhapov, N.V. Kulik, S.Z. Validov, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, A.Y. Akkizov, D.G. Yakhvarov. Genotoxicity of white phosphorus. *Butlerov Communications*. **2017**. Vol.49. No.1. P.1-20. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/17-49-1-1 (Russian)
- [93] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, D.G. Yakhvarov. Biological degradation of white phosphorus: feasibility and prospects. *Butlerov Communications*. **2013**. Vol.33. No.2. P.1-17. ROI: jbc-02/13-33-2-1 (Russian)

- [94] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, Kh.R. Khayarov, I.F. Sakhapov, E.K. Badeeva, A.S. Strobykina, Sh.Z. Validov, V.M. Babaev, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, A.Y. Abaye, D.G. Yakhvarov. Dynamics of white phosphorus transformation by a culture of black aspergill. *Butlerov Communications*. **2017**. Vol.51. No.8. P.1-26. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/17-51-8-1 (Russian)
- [95] Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Хаяров Х.Р., Минзанова С.Т., Яхваров Д.Г. Микробиологическая деградация белого фосфора. *Экология и промышленность России*. **2018**. Т.22. №1. С.33-37.
- [96] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, E.V. Babynin, Sh.Z. Validov, K.A. Saparmyradov, Kh.R. Khayarov, E.K. Badeeva, S. T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah, D.G. Yakhvarov. Neutralization of white phosphorus by means of microbiological decomposition. *Butlerov Communications*. **2017**. Vol.52. No.12. P.87-118. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/17-52-12-87 (Russian)
- [97] A.Z. Mindubaev, A.Y. Abaye, D.G. Yakhvarov. Phosphine oxide as a prospective intermediate of biological processes. *Butlerov Communications*. **2018**. Vol.53. No.3. P.1-34. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/18-53-3-1 (Russian)
- [98] A.Z. Mindubaev, A.D. Voloshina, E.V. Babynin, Sh.Z. Validov, K.A. Saparmyradov, Kh.R. Khayarov, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah, D.G. Yakhvarov. Neutralization of white phosphorus by means of microbiological decomposition. *Butlerov Communications*. **2017**. Vol.52. No.12. P.87-118. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/17-52-12-87 (Russian)
- [99] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, D. B. Piskunov, A.N. Makhijanov, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L. G. Mironova, A.Y. Abayie, A. D. Voloshina. Cytogenetic effect of white phosphorus. *Butlerov Communications*. **2018**. Vol.55. No.9. P.1-21. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/18-55-9-1 (Russian)
- [100] Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Бабынин Э.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Бадеева Е.К. Исследование биodeградации белого фосфора. *Сборник трудов II Международной научной конференции «Проблемы экологического образования в XXI веке»*. Владимир. **2018**. С.172-176.
- [101] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, E.K. Badeeva, G.G. Kabirova, A.A. Sinitsina, R.K. Shaykhutdinov, A.A. Sharipov, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah. The resistance of *Aspergillus niger* strains and bacteria to white phosphorus. The impact of divalent copper on biodegradation. *Butlerov Communications*. **2018**. Vol.56. No.11. P.1-24. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/18-56-11-1 (Russian)
- [102] Миндубаев А.З. От яда к удобрению. *Наука и жизнь*. **2019**. №3. С.46-47.
- [103] Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Бабынин Э.В., Хаяров Х.Р., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Й.А. Акосах. Обоснование метода биологической очистки природных сред от загрязнения белым фосфором. *Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки*. **2019**. Т.43. №1. С.87-97.
- [104] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Пискунов Д.Б., Махиянов А.Н., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Волошина А.Д. Генотоксичность и цитогенетическое действие белого фосфора. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. **2019**. Т.9. №1. С.81-94.
- [105] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah. The influence of the culture media composition on the white phosphorus biodegradation by *Aspergillus niger*. *Butlerov Communications*. **2019**. Vol.58. No.5. P.1-23. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/19-58-5-1 (Russian)
- [106] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Волошина А.Д., Сапармырадов К.А., Акосах Й.А., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г. Возможность обезвреживания белого фосфора микробными культурами. *Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук*. **2019**. Т.5. №437. С.122-128

- [107] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, I.S. Nizamov, N.R. Khasiyatullina, L.M. Pirut, E.E. Barskaya, Y.A. Akosah. Biodegradation of a phosphorus compounds by the culture of black aspergill. *Butlerov Communications*. **2019**. Vol.60. No.12. P.1-24. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/19-60-12-1 (Russian)
- [108] Миндубаев А.З., Кузнецова С.В., Евтюгин В.Г., Даминова А.Г., Григорьева Т.В., Романова Ю.Д., Романова В.А., Бабаев В.М., Бузюрова Д.Н., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г. Влияние белого фосфора на выживаемость, протеом и клеточную морфологию *Aspergillus niger*. *Прикладная биохимия и микробиология*. **2020**. Т.56. №2. С.156-164.
- [109] A.Z. Mindubaev, S.V. Kuznetsova, V.G. Evtyugin, A.G. Daminova, T.V. Grigoryeva, Y.D. Romanova, V.A. Romanova, V.M. Babaev, D.N. Buzyurova, E.V. Babynin, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova. Effect of White Phosphorus on the Survival, Cellular Morphology, and Proteome of *Aspergillus niger*. *Applied Biochemistry and Microbiology*. **2020**. Vol.56. No.2. P.194-201. DOI: 10.1134/S0003683820020118
- [110] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, I.S. Nizamov, Kh.R. Khayarov, Y.A. Akosah. Metabolism of phosphorus compounds and taxonomic position of the *Aspergillus niger* AM1 mold. *Butlerov Communications*. **2020**. Vol.62. No.6. P.98-124. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-62-6-98 (Russian)
- [111] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Волошина А.Д., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А. Биологическая детоксикация белого и красного фосфора. *Южно-Сибирский научный вестник*. **2020**. №4(32). С.73-81
- [112] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г. Влияние состава культуральных сред на микробный метаболизм белого фосфора. *Южно-Сибирский научный вестник*. **2020**. №6(34). С.39-46.
- [113] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Бадеева Е.К., Акосах Й.А. Биодegradация ряда соединений фосфора культурой черного аспергилла. *Сборник статей по материалам IV Международной научной экологической конференции «Экология речных ландшафтов»*. Краснодар. **2019**. С.83-91.
- [114] Миндубаев А.З., Федосимова С.В., Григорьева Т.В., Романова В.А., Бабаев В.М., Бузюрова Д.Н., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А., Караева Ю.В. Влияние белого фосфора на клеточную морфологию и белковый профиль штаммов гриба *Aspergillus niger*. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. **2021**. Т.11. №1. С.69-79.
- [115] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, A.G. Daminova, E.K. Badeeva, E.V. Gorbachuk, I.S. Nizamov, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah. The effect of white phosphorus on the *Aspergillus niger* AM1 and AM2 survival. The origin of these strains. *Butlerov Communications C*. **2021**. Vol.1. No.1. Id.1. DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/21-1-1-1 (Russian)
- [116] Акосах Й.А., Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Минзанова С.Т., Бадеева Е.К. Филогенетическое исследование грибов *Aspergillus niger* AM1. *Материалы III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых АПК «Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика»*, *Рассвет*. **2021**. С.8-12.
- [117] Y.A. Akosah, A.Z. Mindubaev. Biodegradation of a inorganic phosphorus compounds. *Материалы XXII Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке»*, Томск. **2021**. Т.2. С.173-174.
- [118] Миндубаев А.З., Акосах Й.А., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Биодegradация неорганических фосфорных соединений. *Материалы XVII Всероссийской*

- конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии», г. Казань. 2021. С.473-477.
- [119] Миндубаев А.З., Минзанова С.Т., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Биодegradация белого и красного фосфора. *Сборник докладов 10-й Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных городов», Саратов. 2021. С.219-223.*
- [120] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Акосах Й.А., Минзанова С.Т., Даминова А.Г. Филогенетическое исследование *Aspergillus niger* AM1, устойчивость к фосфору и его соединениям. *Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Теоретические и прикладные аспекты естественнонаучного образования». г. Чебоксары. 2021. С.182-189.*
- [121] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Даминова А.Г. Влияние белого фосфора на жизнеспособность *Aspergillus niger* AM1 и AM2. Биодegradация глифосата. *Экологический вестник Северного Кавказа. 2021. Т.17. №2. С.38-44.*
- [122] Миндубаев А.З., Минзанова С.Т., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Биодеструкция элементного фосфора. *Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире». Казань. 2021. С.1876-1881.*
- [123] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Акосах Й.А., Сапармырадов К.А. Микробиологическая детоксикация загрязнений токсичными соединениями фосфора. Тезисы докладов конференции «Наука, техника и развитие инновационных технологий», посвященной 30-летию юбилею Независимости Туркменистана. Аишабад, Туркменистан. 2021. С.520-522.
- [124] Миндубаев А.З., Минзанова С.Т., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Биодegradация элементного фосфора. *Сборник научных трудов Пятой международной научно-практической конференции «Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке – достижения, проблемы, перспективы», г. Минск (Беларусь). 2021. С.93-96.*
- [125] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А. Биологическая дegradация желтого (белого) фосфора - вещества первого класса опасности. *Журнал неорганической химии. 2021. Т.66. №8. С.1137-1142.*
- [126] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Акосах Й.А. Исследование филогенеза штамма *Aspergillus niger* AM1. *Сборник материалов XII Национальной научно-практической конференции (с международным участием) «Экологические чтения – 2021». Омск. 2021. С.476-479.*
- [127] Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Акосах Й.А., Караева Ю.В. Механизмы адаптации аспергилла к белому фосфору. *Сборник материалов XII Национальной научно-практической конференции (с международным участием) «Экологические чтения – 2021». Омск. 2021. С.480-484.*
- [128] A.Z. Mindubaev, S.V. Fedosimova, V.G. Evtugyn, E.V. Babynin, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah, J.V. Karaeva. Morphological adaptations of *Aspergillus niger* to white phosphorus. *Butlerov Communications. 2021. Vol.66. No.6. P.48-66. DOI: 10.37952/ROI-jbc-1/21-66-6-48 (Russian)*
- [129] Акосах Й.А., Миндубаев А.З. Биодеструкция неорганических фосфорных соединений. *Сборник материалов Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи «Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК», посвященной 150-летию со дня рождения профессора Карла Генриховича Боля. Казань. 2021. С.147-149.*
- [130] Акосах Й.А., Миндубаев А.З. Микробиологическое обезвреживание загрязнений ядовитыми соединениями фосфора. *Материалы Международной*

научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова». Белгород. 2021. С.2450-2452.

- [131] A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, E.K. Bedeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2021. Vol.66. No.8. P.1239-1244. DOI: 10.1134/S0036023621080155
- [132] Sanger, S. Nicklen, A.R. Coulson. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 1977. Vol.74. No.12. P.5463-5467.
- [133] R.M. Hagen, A. Rhodes, J. Oxley, M.R. Ladomery. A M-MLV reverse transcriptase with reduced RNaseH activity allows greater sensitivity of gene expression detection in formalin fixed and paraffin embedded prostate cancer samples. *Experimental and Molecular Pathology*. 2013. Vol.95. No.1. P.98-104.
- [134] A.V. Maltsev, Y.M. Kokoz, E.V. Evdokimovskii, O.Y. Pimenov, S. Reyes, A.E. Alekseev. Alpha-2 adrenoceptors and imidazoline receptors in cardiomyocytes mediate counterbalancing effect of agmatine on NO synthesis and intracellular calcium handling. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*. 2014. Vol.68. P.66-74.
- [135] V. Bhadauria, Y.-L. Peng. Optimization of a protein extraction technique for fungal proteomics. *Indian J Microbiol*. 2010. Vol.50. No.1. P.S127-S131.
- [136] C. Lelong, M. Chevallet, S. Luche, T. Rabilloud. Silver Staining of Proteins in 2DE Gels. *Methods Mol Biol*. 2009. Vol.519. P.339-350.
- [137] M. Karmakar, R.R. Ray. Current Trends in Research and Application of Microbial Cellulases. *Research Journal of Microbiology*. 2011. Vol.6. No.1. P.41-53.
- [138] E.-S.A. Kassim. Cellulase Enzyme from *Aspergillus niger*. *Microbiol. Immunol*. 1982. Vol.26. No.6. P.449-454.
- [139] Auerbach, A. Herrmann, A. Bracher, G. Bader, M. Gütllich, M. Fischer, M. Neukamm, M. Garrido-Franco, J. Richardson, H. Nar, R. Huber, A. Bacher. Zinc plays a key role in human and bacterial GTP cyclohydrolase I. *PNAS*. 2000. Vol.97. No.25. P.13567-13572.
- [140] M.J. Harriff, L. Danelishvili, M. Wu, C. Wilder, M. McNamara, M.L. Kent, L.E. Bermudez. *Mycobacterium avium* Genes MAV_5138 and MAV_3679 Are Transcriptional Regulators That Play a Role in Invasion of Epithelial Cells, in Part by Their Regulation of CipA, a Putative Surface Protein Interacting with Host Cell Signaling Pathways. *Journal of Bacteriology*. 2009. Vol.191. No.4. P.1132-1142.
- [141] Anton Z. Mindubaev, Tatiana V. Grigoryeva, Yulia Dz. Romanova, Valeria A. Romanova, Shamil' Z. Validov, Vasily M. Babaev, Daina N. Buzyurova, Edward V. Babynin, Alexandra D. Voloshina, Elena K. Badeeva, Salima T. Minzanova, Lubov' G. Mironova, Yaw Abayie Akosah. The effect of white phosphorus on the protein profile of *Aspergillus niger*. *Butlerov Communications*. 2021. Vol.68. No.11. P.59-77. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-68-11-59 (Russian)