# Ученые записки

# Брянского государственного университета

<u>№ 2</u> 2022

Естественные науки

# Ученые записки Брянского государственного университета: естественные науки 2022. №2 (26)

Точка доступа: http://scim-brgu.ru. Размещено на официальном сайте журнала: 29.06.2022

# Председатель редакционной коллегии

**Антихов Андрей Викторович** – ректор Брянского государственного университета им. акад. И. Г. Петровского, доктор филологических наук, профессор

# Главный редактор журнала

Зайцева Елена Владимировна – доктор биологических наук, профессор

# Заместители главного редактора журнала

Харлан Алексей Леонидович – кандидат биологических наук **Лямцев Владимир Петрович** – кандидат сельскохозяйственных наук

# Редакционная коллегия

# Математика и механика/ Компьютерные науки и информатика Ответственные редакторы:

Родикова Е.Г. - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского (математика).

**Лагерев И.А.** – доктор технических наук, доцент, проректор по инновационработе Брянского государственного университета им. И.Г. Петровского (механика, компьютерные науки и информатика).

# Члены редакционной коллегии:

Васильев А.Ф. - доктор физико-математических наук, профессор кафедры алгебры и геометрии Гомельского национального университета.

Иванова Н.А. - кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой информатики и прикладной математики Брянского государственного университета им. акад. Й.Г. Петровского.

Путилов С.В. - кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Расулов К.М. - доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой математического анализа Смоленского государственного университета.

Сорокина М.М. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

# Физические науки

# Ответственный редактор:

Попов П.А. - доктор физико-математических наук, профессор, кафедры экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

# Члены редакционной коллегии:

Будько С.Л. - кандидат физико-математических наук, профессор Университета Айовы (США, г. Айова).

Митрошенков Н.В. - кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

# Биологические науки

Ответственные редакторы: Семенищенков Ю.А. – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петров-

Харлан А.Л. - кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

# Члены редакционной коллегии:

Анищенко Л.Н. - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры землеустройства Брянского государственного географии, экологии и университета им. акад. И.Г. Петровского.

Булохов А.Д. – доктор биологических наук, профессор, Заслуженный работник высшего профессионального образования РФ, заведующий кафедрой государственного университета И.Г. Петровского.

Зайцева Е.В. – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Заякин В.В. – доктор биологических наук, профессор кафедры химии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Зенкин А.С. - доктор биологических наук, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и ветеринарной патологии Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева.

Панасенко Н.Н. - доктор биологических наук, доцент кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Пронин В.В. - доктор биологических наук, профессор, руководитель центра доклинических исследований Федерального центра охраны здоровья живот-

### Химические науки

# Ответственный редактор:

Лукашов С.В. - кандидат химических наук, доцент кафедры химии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

# Члены редакционной коллегии:

Авдеев Я.Г. – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института физической химии и электрохимии Российской академии наук. Кузнецов С.В. – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой химии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского. *Цублова Е.Г.* – доктор биологических наук, профессор кафедры химии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского. Шлеев С.В. – доктор химических наук, профессор университета Мальме.

# Науки о Земле и окружающей среде Ответственный редактор

Москаленко О.П. - кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

# Члены редакционной коллегии:

Долганова М.В. - кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Потоцкая Т.И. - доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии и природопользования Смоленского государственного университет.

**Чернов А.В.** – доктор географических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова.

Шмакова М.В. - доктор географических наук, профессор Института озероведения Российской академии наук

# Педагогика (методика обучения естественным наукам)

# Ответственный редактор:

**Малинникова Н.А.** - кандидат педагогических наук, доцент кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

# Члены редакционной коллегии:

Алдошина М.И. - доктор педагогических наук, профессор кафедры технологий психолого-педагогического и специального образования Орловского государственного университета.

Горбачев В.И. – доктор педагогических наук, Заслуженный учитель РФ, Почетный работник ВПО, профессор кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Дробышев Ю.А. – доктор педагогических наук, профессор кафедры высшей математики и статистики Финансового университета при Правительстве РФ. Дробышева И.В. - доктор педагогических наук, профессор, заведующая кафедрой высшей математики и статистики Финансового университета при Правительстве РФ.

Малова И.Е. – доктор педагогических наук, Почетный работник ВПО, профессор кафедры математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Симукова С.В. - кандидат педагогических наук, доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-62799 от 18.08.2015 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Ответственность за фактические данные, представленные в статьях, лежит на их авторах

- © РИО ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского», 2022
- © Коллектив авторов, 2022

# SCIENTIFIC NOTES of the Bryansk State University

N 2 2022

Natural sciences

# Scientific notes of the Bryansk State University. Natural sciences 2022. N 2 (26)

http://scim-brgu.ru. Published on the official site of the journal: 29.06.2022

# **Head of the Editorial board**

Andrey Viktorovich Antyukhov, Rector of the Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, Sc. D. in Philological Sciences, Professor

# **Editor-in-chief**

Elena Vladimirovna Zaitseva, Sc. D. in Biological Sciences, Professor

# **Deputy Editor-in-chief**

Alexey Leonidovich Kharlan, Ph. D. in Biological Sciences Vladimir Petrovich Lyamtsev, Ph. D. in Agricultural Sciences

# **Editorial board**

### Mathematics and Mechanics / Computer sciences Associate editors:

Rodikova E.G. - Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky (Mathematics).

Lagerev I.A. - Sc. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Innovation, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky (Mechanics / Computer sciences).

# Editorial board:

Vasiliev A.F. - Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Algebra and Geometry, Gomel National University.

Ivanova N.A. - Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Computer Science and Applied Mathematics, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Putilov S.V. - Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Rasulov K.M. - Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Head of the Department of Mathematical Analysis, Smolensk State University.

Sorokina M.M. - Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

### Physical sciences Associate editor:

Popov P.A. - Sc. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Experimental and Theoretical Physics, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky.

# Editorial board:

Budko S.L. - Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Professor of the University of Iowa (USA, Iowa).

Mitroshenkov N.V. - Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Experimental and Theoretical Physics, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky.

# Biological sciences

# Associate editors:

Semenishchenkov Yu.A. - Sc. D. in Biological Sciences, Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician

Kharlan A.L. – Ph. D. in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician

# **Editorial board:**

Anishchenko L.N. - Sc. D. in Agricultural Sciences, Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Bulokhov A.D. - Sc. D. in Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Head of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Zaitseva E.V. - Sc. D. in Biological Sciences, Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Zayakin V.V. - Sc. D. in Biological Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Zenkin A.S. - Sc. D. in Biological Sciences, Head of the Department of Morphology, Physiology and Veterinary Pathology, Mordovian State University named after N. P. Ogarev.

Panasenko N.N. - Sc. D. in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Pronin V.V. - Sc. D. in Biological Sciences, Professor, Head of the Center for Preclinical Research of the Federal Center for Animal Health.

# Chemical Sciences

# Associate editor:

Lukashov S.V. - Ph. D. in Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

### Editorial board:

Avdeev Ya.G. - Sc. D. in Chemical Sciences, Leading Researcher at the Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, Russian Academy of Sciences.

Kuznetsov S.V. - Ph. D. in Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Tsublova E.G. - Sc. D. in Biological Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Shleev S.V. - Sc. D. in Chemical Sciences, Professor at the University of Malmo.

# Earth and Environmental Sciences

# Associate editor:

Moskalenko O.P. - Ph. D. in Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

# Editorial board:

Dolganova M.V. - Ph. D. in Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Pototskaya T.I. - Sc. D. in Geographical Sciences, Professor of the Department of Socio-Economic Geography and Environmental Management, Smolensk State

Chernov A.V. - Sc. D. in Geographical Sciences, Professor, Moscow State University.

Shmakova M.V. - Sc. D. in Geographical Sciences, Professor of the Institute of Lake Science, Russian Academy of Sciences.

# Pedagogy

# Associate editor:

Malinnikova N.A. - Ph. D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

# Editorial board:

Aldoshina M.I. - Sc. D. in Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Technologies of Psychological, Pedagogical and Special Education, Oryol State University.

Gorbachev V.I. - Sc. D. in Pedagogical Sciences, Honored Teacher of the Russian Federation, Honorary Worker of the Higher Educational Institution, Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Drobyshev Yu.A. - Sc. D. in Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Higher Mathematics and Statistics, Financial University under the Government of the Russian Federation.

Drobysheva I.V. - Sc. D. in Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Higher Mathematics and Statistics, Financial University under the Government of the Russian Federation.

Malova I.E. - Sc. D. in Pedagogical Sciences, Honorary Worker of the Higher Educational Institution, Professor of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

Simukova S.V. - Ph. D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Experimental and Theoretical Physics, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky.

# СОДЕРЖАНИЕ

# МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Путилов С.В. Конечные группы с заданными подгруппами9			
компьютерные науки и информатика			
Лагерев И.А., Цублова Е.Г. Имитационное компьютерное моделирование накопления твердых коммунальных или технологических отходов	20		
Химич А.В. Имитационное компьютерное моделирование режимов работы канатной грузоподъемной машины для лесозаготовки на склонах	28		
Химич А.В., Лагерев И.А. Математическое моделирование динамики канатной грузоподъемной машины с учетом влияния тягового и несущего канатов	31		
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ			
Захарченко Е.Н., Ноздрачева Е.В. Влияние продолжительности сна на успеваемость школьников	36		
Карпенко Е.Н., Харлан А.Л. Обмен веществ у нетопыря малого под воздействием отрицательных экологических факторов Брянской области	40		
Крапивин А.Д. Предварительный анализ флоры Пальцовского полесья	48		
Холенко М.С., Беляева Е.В. Особенности онтогенеза инвазионного вида Cornus alba L. (Cornaceae) в пределах вторичного ареала в Брянской области	58		
химические науки			
Волчек А.А., Кузнецов С.В., Митрошенков Н.В. Ап-конверсионная люминесценция твердых растворов $98\%$ MeF <sub>2</sub> x $2\%$ ErF <sub>3</sub> (где Me – Ca, Sr, Ba).	65		
Евтюхова К.А. Исследование поверхности стали методом зондововой микроскопии после воздействия коррозионной среды	70		
Савина П.К. Выбор направлений исследования коррозионной стойкости чугуна в кислой среде	75		

# науки о земле и окружающей среде

Нестеренко М.А. Динамика радиационного загрязнения почв сельскохозяйственных угодий Брянской области	83
Соболева О.А. Сезонные изменения концентрации нитрат-ионов в водах родников города Брянска	89
ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОННОМ НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА» («УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ БГУ»)	95

# **CONTENT**

# MATHEMATICS AND MECHANICS

Putilov S.V.		
Finite groups with given subgroups	9	
COMPUTER SCIENCES		
Lagerev I.A., Tsublova E.G. Simulation computer simulation of solid municipal or technological waste accumulation	20	
Khimich A.V.  Computer simulation of the modes of operation of the cable lifting machine for logging on the slopes	28	
Khimich A.V., Lagerev I.A.  Mathematical modeling of dynamics cable lifting machine with the influence of traction and load-bearing ropes	31	
BIOLOGY		
Zakharchenko E.N., Nozdracheva E.V. Influence of sleep duration on schoolchildren's performance	36	
Karpenko E.N., Kharlan A.L.  Metabolism in a small bat under the influence of negative environmental factors of the Bryansk region	40	
Krapivin A.D.  Analysis of the flora of the Paltsovskoye polesye	48	
Kholenko M.S., Belyaeva E.V. Features of the invasive species Cornus alba L. (Cornaceae) ontogenesis within the secondary range in the Bryansk region	58	
CHEMISTRY		
Volchek A.A., Kuznetsov S.V., Mitroshenkov N.V.  Up-conversion luminescence of 98%MeF <sub>2</sub> X 2%ErF <sub>3</sub> solid solutions (where Me is Ca, Sr, Ba)	65	
Evtyuhowa K.A.  Investigation of the steel surface by probe microscopy after exposure to a corrosive environment	70	
Savina P.K.  Approaches to the study of corrosion of cast iron and steel in aqueous solutions of paper pulp	75	

# **EARTH SCIENCES**

Nesterenko M.A.  Dynamics of radiation pollution of soils of agricultural lands of the Bryansk region	83
Soboleva O.A.  Seasonal changes in the concentration of nitrate ions in the spring waters of the city of Bryansk	89
REQUIREMENTS TO THE CONTENTS AND PAPERS OFFERED FOR PUBLICATION IN PEER-REVIEWED ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNALS «SCIENTIFIC NOTES OF	
BRYANSK STATE UNIVERSITY» («SCIENTIFIC NOTES OF BSU»)	95

# МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 512.542

# КОНЕЧНЫЕ ГРУППЫ С ЗАДАННЫМИ ПОДГРУППАМИ

# С.В. Путилов

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Рассматриваются только конечные группы. Доказываются следующие теоремы: 1) Если в конечной группе G каждая ненормальная в G вторая максимальная подгруппа включается в подгруппу простого индекса, то G/F(G) сверхразрешимая; 2) Если в ненильпотентной конечной группе G каждый максимальный кофактор является нильпотентной или простой группой, то G разрешимая или G группа Шмидта; 3) Если в конечной группе G для каждой максимальной подгруппы M с условием  $\left|G_p\right|$  делит  $\left|M\right|$ , где  $G_p \in Syl_p(G)$ ,  $p \in \pi(G)$ , существует p разложимая подгруппа H с  $\left|H\right| = \left|M\right|$ , то или группа G нильпотентная, или  $\pi(G) = 2$  и G/F(G) имеет простой порядок; 4) Если нормализатор силовской 2 подгруппы в простой неабелевой конечной группе G имеет индекс равный степени простого числа, то  $G \cong A_5$ .

**Ключевые слова:** конечная группа, максимальная подгруппа, индекс подгруппы, разрешимая группа.

Все используемые обозначения и определения соответствуют [1]. В статье [2] авторы поставили следующий вопрос: Пусть всякая собственная не максимальная подгруппа конечной группы G содержится в подгруппе простого индекса группы G; верно ли, что G— разрешимая группа? Положительный ответ на этот вопрос получен в [3]. Теорема 1 обобщает результат из [3]. В 1924 году О.Ю. Шмидт [4] доказал разрешимость ненильпотентной группы, в которой все максимальные подгруппы нильпотентны. В дальнейшем такие группы стали называть группами Шмидта. В [5] доказано, что если в группе G все максимальные подгруппы простые или нильпотентные, то G—группа Шмидта. Продолжением этих исследований является теорема 2, дополняющая результаты из [8]. Теорема 3 усиливает теорему 1 из [10]. Теорема 4 продолжает исследования, проведенные в [11-12]. Полученные результаты анонсированы в [14-17].

Буквами p,q,r обозначаются простые числа, а  $G_p$  — силовская p — подгруппа группы G ,  $Syl_p(G)$  — множество всех силовских p — подгрупп в группе G ,  $G_{p'}$  — дополнение к силовской p — подгруппе в группе G , т. е. p' — холлова подгруппа группы G . Группу G называют pd — группой, если порядок G делится на p ; p — замкнутой, если  $G_p$  нормальна в G ; p — нильпотентной, если  $G_{p'}$  нормальна в G .

Далее использованы следующие обозначения:  $\pi$ -некоторое множество простых чисел;  $\pi'$ - дополнение к  $\pi$  в множестве всех простых чисел, в частности,  $p' = P \setminus \{p\}$ , где P-множество всех простых чисел;  $\pi(G)$  – множество всех простых делителей порядка группы G; группа G называется  $\pi$ -группой если  $\pi(G) \subseteq \pi$ ;  $H \unlhd G - H$  нормальная подгруппа группы G;  $S_n$  – симметрическая группа степени n;  $A_5$ - знакопеременная группа на S символах;  $O^p(G)$  – наибольшая нормальная подгруппа в G с индексом равным степени простого числа p; F(G) – подгруппа Фиттинга группы G; в цепи максимальных подгрупп  $M_n < M_{n-1} < \dots < M_1 < G$  группы G подгруппа  $M_n$  считается G — максимальной; G — максимальной G0 — максимальной G1 — максимальной G3 — подгруппа наибольшего порядка в G4 нормальная в G6 или ядро G3 или ядро G4 в

G; G=[A]B—группа G равна полупрямому произведению подгруппы A на подгруппу B, т.е. G=AB,  $A\cap B=1$  и  $A\lhd G$ ; кофактором подгруппы H группы G называется фактор-группа  $H/H_G$ ; если H—максимальная подгруппа, то кофактор называется максимальным;  $A_5$ —свободной группой называется группа, не имеющая секций изоморфных  $A_5$ . Для доказательства теорем необходимы следующие результаты.

**Лемма 1 [5, теорема 1].** Если в ненильпотентной группе G каждая максимальная подгруппа нильпотентная или простая, то G— группа Шмидта.

**Лемма 2 [1, лемма 1.9.6].** Пусть  $N_1$  и  $N_2$ -нормальные подгруппы группы G. Если фактор-группы  $G/N_1$  и  $G/N_2$  разрешимые, то  $G/(N_1 \cap N_2)$  разрешима.

**Лемма 3 [1, теорема 1.8.6** *a*)]. Пусть N – нормальная подгруппа группы G . Если N и фактор-группа G/N разрешимые, то G разрешимая.

**Лемма 4 [1, теорема V.7.3].** Группа порядка  $p^n \cdot q^m$  разрешимая для любых простых чисел p, q.

**Лемма 5 [1, теорема IV.7.4].** Если в нильпотентной максимальной подгруппе группы G силовская 2—подгруппа имеет класс нильпотентности не более 2, то G разрешимая.

**Лемма 6 [1, теорема I.3.8 в)].** Пусть  $\varphi$ -гомоморфизм группы G в группу H. Тогда  $G/Ker \varphi \cong \varphi(G) \leq H$ .

**Лемма 7 [1, теорема I.7.8].** Пусть N-нормальная подгруппа группы G и P-силовская p-подгруппа в N . Тогда G=N· $N_G(P)$  .

**Лемма 8 [6, теорема X.8.13].** Пусть p > 3, P -силовская p -nодгруппа в группе G ≠ 1. Если  $N_G(P) / C_G(P)$  будет p -группой, то  $O^p(G) > 1$ .

**Лемма 9 [1, теорема V.21.1].** Пусть G-транзитивная группа подстановок простой степени p>2 с циклической силовской p-подгруппой P. Тогда  $N_G(P)$ - группа Фробениуса с ядром P. Кроме того, если  $|G|\neq p$ , то коммутант G-простая неабелевая группа с циклической фактор-группой G/G' и |G/G'| делит p-1.

**Лемма 10 [1, теорема I.4.5].** Пусть  $N_G(A)$  и  $C_G(A)$ —соответственно нормализатор и централизатор подгруппы A в группе G. Тогда фактор-группа  $N_G(A)/C_G(A)$  изоморфна подгруппе группы автоморфизмов A.

**Лемма 11 [3, с. 834].** Пусть N- минимальная нормальная подгруппа группы G, p- наибольший простой делитель |G|u  $|G_p|=p$ . Если N- простая неабелевая группа,  $G \leq Aut(N)$  и фактор-группа G/N циклическая порядка, делящего p-1, то в N нет подгрупп индекса p.

**Лемма 12 [1, теорема VI.8.6a)].** Если фактор-группа  $G/\Phi(G)$  сверхразрешимая, то группа G сверхразрешимая.

**Лемма 13 [1, теорема III.4.2d)].** Пусть  $\Phi(G)$ — подгруппа Фраттини и F(G)— подгруппа Фиттинга группы G . Тогда  $F(G/\Phi(G))=F(G)/\Phi(G)$  .

Лемма 14 [1, теорема I.3.10c)]. Пусть N-нормальная подгруппа группы G. Если  $N \le M \triangleleft G$ , то  $M \mid N \triangleleft G \mid N$  и  $(G \mid N) \mid (M \mid N) \cong G \mid M$ .

Лемма 15 [1, теорема II.3.9]. Пусть A и B-максимальные подгруппы разрешимой группы G. Тогда или G=AB и A, B- подгруппы не сопряженные в G, или G≠AB и подгруппы A, B сопряжены в G.

Лемма 16 [1, лемма I.2.12c)]. Пусть  $Au\ B$ -подгруппы группы G. Если  $A \le C \le Gu$   $C \subseteq AB$ , то  $C = C \cap A \cdot B = A \cdot (C \cap B)$ .

**Лемма 17 [1, теорема VI.9.5].** Конечная группа G сверхразрешимая тогда и только тогда, когда индекс каждой максимальная подгруппа в G равен простому числу.

**Лемма 18.** Если в ненильпотентной группе G каждый максимальный кофактор является нильпотентной или простой группой, то группа G непростая.

 $\mathcal{A}$ оказательство. Пусть G-простая группа. Тогда множество максимальных кофакторов группы G совпадает с множеством максимальных подгрупп в G, то есть в G каждая максимальная подгруппа или нильпотентная или простая. Теперь из леммы 1 следует, что G-группа Шмидта. Лемма 18 доказана.

**Лемма 19.** Пусть  $\overline{H}$  – собственная подгруппа фактор-группы  $\overline{G}$ =G/N группы G . Тогда кофактор подгруппы  $\overline{H}$  в  $\overline{G}$  обладает свойствами, которые имеет кофактор подгруппы H в G .

Доказательство. Так как  $\overline{H}$  – собственная подгруппа в  $\overline{G}$  , то  $N{<}H$  и  $N{<}H_G$  Тогда по лемме 14 будет

$$H/H_G \cong (H/N)/(H_G/N) = (\overline{H}/\overline{H}_G)$$
. (1)

Поскольку 
$$\overline{H}_{\overline{G}} = \bigcap_{\overline{g} \in \overline{G}} \overline{H}^{\overline{g}} = (\bigcap_{g \in G} H^g) / N = H_G / N = \overline{H}_G$$
, то  $\overline{H}_{\overline{G}} = \overline{H}_G$ . Поэтому  $\overline{H} / \overline{H}_{\overline{G}} = \overline{H} / \overline{H}_G$ . (2)

Тогда из (1) и (2) следует, что  $H/H_G \cong H/H_{\overline{G}}$ . Значит, кофактор подгруппы  $\overline{H}$  в  $\overline{G}$  обладает свойствами, которые имеет кофактор подгруппы H в G. Лемма 19 доказана.

**Лемма 20 [1, теорема I.3.12].** Пусть B-подгруппа u A-нормальная подгруппа группы G. Тогда  $A \cap B \leq B u(BA) / A \cong B / (A \cap B)$ .

**Лемма 21 [7, теорема 2.1.1].** Конечная группа G нильпотентная тогда и только тогда, когда для любого простого числа  $p \in \pi(G)$  нормализатор каждой силовской p-подгруппы группы G является p-разложимой подгруппой в группе G.

**Лемма 22 [1, теорема І.7.5в)].** Любые две силовские p-подгруппы группы G сопряжены в G.

**Лемма 23 [1, теорема I.18.1].** Пусть N-нормальная подгруппа группы G u (|N|,|G/N|)=1. Тогда существует в G дополнение  $\kappa$  N.

**Лемма 24 [1, теорема I.18.2].** Пусть N-нормальная подгруппа группы G u (|N|,|G/N|)=1. Если N или G/N разрешимая, то все дополнения  $\kappa$  N в G сопряжены.

**Лемма 25 [1, теорема I.7.5a)].** Пусть P— силовская p—подгруппа группы G и R—подгруппа G порядка степени p . Тогда  $R \le P^x$  для некоторого  $1 \ne x \in G$ .

**Лемма 26 [11, следствие с.369].** Пусть G-конечная простая неабелевая группа и S-силовская 2-подгруппа в G. Тогда  $N_G(S) = S$  за исключением следующих случаев:

- (a) G-группа лиева типа над полем характеристики 2 и  $N_G(S)$ -подгруппа Бореля в G , отличная от S ;
  - (6)  $G\cong L_2(q), 3 < q \equiv \pm 3 \pmod{8} \ u \ N_G(S) \cong A_4;$
- (в)  $G \cong L_m^\pm(q), m \geq 3, q$  нечетно u  $S \neq N_G(S) = S \times C_1 \times C_2 \times \cdots \times C_{t-1}$ , где число  $t \geq 2$  находится из 2- адического разложения  $m=2^{s_1}+\cdots+2^{s_t}, s_1>\cdots>s_t\geq 0$ , а  $C_1,\cdots,C_{t-2},C_{t-1}-$  циклические группы порядков  $(q\mp 1)_2$ ,  $\cdots$ ,  $(q\mp 1)_2$ ,  $(q\mp 1)_2$ ,  $(q\mp 1)_2$ ,  $(q\mp 1)_2$  соответственно (здесь  $L_m^+(q)$  и  $L_m^-(q)$  обозначают группы  $L_m(q)$  и  $U_m(q)$  соответственно);

- (г)  $G\cong PSp_{2m}(q), m\geq 2, q\equiv \pm 3 \pmod{8}$  и факторгруппа  $N_G(S)$  / S изоморфна элементарной абелевой 3-группе порядка  $3^t$ , где число t находится из 2-адического разложения  $m=2^{s_1}+\dots+2^{s_t}, s_1>\dots>s_t\geq 0$ ;
- (Д)  $G\cong E_6^\pm(q), q$  нечетно и  $N_G(S)=S\times C$ , где C-неединичная циклическая группа порядка  $(q\mp 1)_2^-/(q\mp 1,3)$  (здесь  $E_6^+(q)$  и  $E_6^-(q)$  обозначают соответственно группы  $E_6(q)$  и  $^2E_6(q)$ ;
  - (e)  $G \cong {}^2G_2(q)$  или  $J_1 u N_G(S) \cong 2^3.7.3 < Hol(2^3)$ ;
  - (ж)  $G \cong J_2, J_3, Suz uлu HN u |N_G(S):S| = 3$ .

**Лемма 27 [12, теорема 1].** Пусть G-простая неабелевая группа, H- ее подгруппа и  $|G:H|=r^{\alpha}>1$ , где r-простое число. Тогда выполняется одно из следующих утверждений:

- (1)  $G \cong A_n, H \cong A_{n-1} u n = r^{\alpha}$ ;
- (2)  $G \cong L_n(q), n$ -нечетное простое число,  $|G:H| = (q^n-1)/(q-1) = \mathbf{r}^{\alpha}$  и H- холлова  $\mathbf{r}'$ -подгруппа в G, равная стабилизатору прямой или гиперплоскости проективного пространства, соответствующего группе G;
  - (3)  $G \cong L_2(11), H \cong A_5 u r^{\alpha} = 11;$
  - (4)  $G \cong U_4(2) \cong PSp_4(3), H \cong 2^4 : A_5 u r^{\alpha} = 27;$
  - (5)  $G \cong M_{23}, H \cong M_{22} u \quad r^{\alpha} = 23$ ;
  - (6)  $G \cong M_{11}, H \cong M_{10} \ u \ \mathbf{r}^{\alpha} = 11.$

**Лемма 28 [1, теорема VI.4.3].** Пусть A, B-нильпотентные подгруппы группы G. Если G=AB, то G разрешимая.

**Лемма 29 [13, лемма 5].** Пусть в группе G нормализатор всякой силовской подгруппы группы G имеет примарный индекс. Если K-нормальная подгруппа группы G, то нормализатор каждой силовской подгруппы группы K тоже имеет примарный индекс.

Справедливо следующее утверждение:

**Теорема 1.** Если в конечной группе G каждая ненормальная в G вторая максимальная подгруппа включается в подгруппу простого индекса, то G/F(G) сверхразрешимая.

Пусть все максимальные подгруппы в группе G нильпотентные. Тогда из леммы 1 следует, что G – группа Шмидта, откуда G/F(G) сверхразрешимая. Значит, в G есть ненильпотентные максимальные подгруппы, у которых не все вторые максимальные подгруппы нормальные в G.

Пусть N– минимальная нормальная подгруппа группы G и G/N — фактор-группа по N. Так как G/N наследует условие теоремы, то по индукции G/N разрешимая. По лемме 3 подгруппа Фраттини  $\Phi(G) = 1$  и N неразрешимая.

Пусть  $N_1$  и  $N_2$  различные минимальные нормальные подгруппы в G . Тогда по лемме 2 группа  $G=G/1\cong G/(N_1\cap N_2)$  , откуда G разрешимая. Значит, N-единственная минимальная нормальная подгруппа в G .

Пусть простое число  $p = \max \left\{ p \,\middle|\, p \in \pi(G) \right\}$  и  $P = G_p$ , где  $G_p \in Syl_p(G)$ . Тогда по лемме 4 будет  $|\pi(G)| \geq 3$ . Так как p > 3, то по лемме 5 подгруппа P не максимальная в G.

Пусть  $H = N_G(P)$  — не максимальная подгруппа в G. Тогда H включается в некоторую максимальную подгруппу D группы G. Ясно, что  $H = N_D(P)$ . Поскольку H — абнормальная подгруппа в D, то H включается в ненормальную максимальную подгруппу группы D.

Пусть H-максимальная подгруппа в G и P включается в максимальную подгруппу из H, которая нормальная в G. Тогда P нормальная в G. Противоречие. Так как подгруппа P не максимальная в G, то P-собственная подгруппа в H. Значит, P включается в максимальную подгруппу группы H, которая ненормальная в G.

Тогда в G найдется подгруппа A простого индекса t, в которую включается P. Пусть  $A, x_2 A, \cdots, x_t A$  — левые смежные классы по A. Тогда отображение  $\varphi: x \to \begin{pmatrix} A, x_2 A, \cdots, x_t A \\ xA, xx_2 A, \cdots, x_t A \end{pmatrix}$ ,  $\forall x \in G$  будет гомоморфизмом группы G в симметрическую группу  $S_t$ . Покажем, что  $Ker \varphi = A_G$ .

Так как  $A_G \triangleleft G$  , то  $\forall y \in A_G$  и  $\forall g \in G$  найдется  $y_1 \in A_G$  такой, что  $yg = gy_1$ . Поэтому если  $y \in A_G$  , то  $\varphi \colon y \to \begin{pmatrix} A, x_2 A, \cdots, x_t A \\ yA, yx_2 A, \cdots, yx_t A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A, x_2 A, \cdots, x_t A \\ A, x_2 y_1 A, \cdots, x_t y_1 A \end{pmatrix}$ . Так как  $y, y_1 \in A$  , то  $yA = A = y_1 A$  и  $\varphi \colon y \to \begin{pmatrix} A, x_2 A, \cdots, x_t A \\ yA, yx_2 A, \cdots, yx_t A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A, x_2 A, \cdots, x_t A \\ A, x_2 A, \cdots, x_t A \end{pmatrix}$ . Значит,  $A_G \subseteq Ker\varphi$ . Ясно, что  $Ker\varphi \subseteq A_G$ . Поэтому  $A_G = Ker\varphi$  и по лемме 6 будет  $G/A_G \cong \varphi(G) \leq S_t$ . Тогда  $|G/A_G|$  делит  $|S_t| = t = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots (t-1) \cdot t$ . Так как t < p , то p не делит  $|G/A_G|$  , что влечет  $P \leq A_G$ . Значит, группа G непростая и  $N \leq A_G$ 

Пусть s — наибольший простой делитель порядка подгруппы N и S — силовская s — подгруппа в N . Тогда по лемме 7 будет  $G = N \cdot N_G(S)$  и  $N_G(S)$  — собственная подгруппа в группе G .

Пусть  $X = N_G(S)$  — не максимальная подгруппа в G . Тогда X включается в некоторую максимальную подгруппу B группы G . Тогда  $X \le B < G$  и без ограничения общности можно считать, что |G:B| = r — простое число. Пусть  $B_G \ne 1$  .Тогда  $N \le B_G$  и  $G = N \cdot X \le N \cdot B = B$  , что противоречиво. Значит,  $B_G = 1$  и представление перестановками на левых смежных классах по подгруппе B будет точным степени F . Тогда группа G изоморфна подгруппе симметрической группы  $S_F$  . Последнее возможно, когда F — наибольший простой делитель порядка группы G , т.е. F — F . Так как F —

Следовательно, подгруппа X максимальная в G. Ясно, что подгруппа  $K = N_N(S) = (N \cap X) \triangleleft X$ . Если  $K \leq \Phi(X)$ , то K нильпотентная, откуда  $N_K(S) / C_K(S) - S$ —группа. Тогда по лемме 8 в N есть собственная нормальная подгруппа индекса степени S, что невозможно. Значит,  $K \not\subset \Phi(X)$ .

Тогда в группе X найдется максимальная подгруппа C такая, что  $K \not\subset C$ . Так как  $K \lhd X$ , то  $\langle K, C \rangle = K \cdot C = X$ . По лемме 7 будет  $G = N \cdot X = N \cdot K \cdot C = N \cdot C$ . Если  $C \lhd G$ , то  $N \leq C$  и  $G = N \cdot C = C$ . Противоречие. Значит, подгруппа C ненормальная в G. Тогда в G существует подгруппа M такая, что  $C \leq M$  и |G:M| = m—простое число.

Так как  $G=N\cdot C$  , то  $G=N\cdot M$  , откуда  $M_G=1$ . Значит,  $G\cong L\leq S_m$  и p делит  $\left|S_m\right|=m!$ . Поэтому m=p . Так как  $m^2$  не делит  $\left|S_m\right|$  , то  $\left|G_m\right|=m$  , для любой силовской m- подгруппы из G . Поскольку  $m=|G:M|=\frac{|G|}{|M|}=\frac{|N\cdot M|}{|M|}=\frac{|N||M|}{|N\cap M||M|}=\frac{|N|}{|N\cap M|}=|N:N\cap M|$  , то  $S\leq N$  и |S|=m . То-

гда N – простая группа, которая содержит подгруппу  $N \cap M$  индекса равного простому числу m . Из леммы 9 следует, что X является группой Фробениуса с циклическим m – дополнением, коммутант G' является простой неабелевой группой и фактор-группа G/G' циклическая порядка, делящего (m-1) . Так как N — минимальная нормальная подгруппа группы G, то  $N \le G'$  . Поскольку G' — простая группа, то N = G' .

Так как N—единственная минимальная неабелевая нормальная подгруппа в G, то  $C_G(N)$ =1. Тогда  $G=N_G(N)\cong N_G(N)/1=N_G(N)/C_G(N)$  и по лемме 10 группа G изоморфно вкладывается в группу автоморфизмов N. Теперь по лемме 11 приходим к противоречию. Значит, подгруппа N разрешимая, что влечет разрешимость группы G.

Так как группа G/N наследует условие теоремы, то по индукции (G/N)/F(G/N) сверхразрешимая группа. Пусть  $N=\Phi(G)$ . Тогда по лемме  $(G/\Phi(G))/F(G/\Phi(G))=(G/\Phi(G))/(F(G)/\Phi(G))$  и по лемме 14  $(G/\Phi(G))/(F(G)/\Phi(G))\cong G/F(G)$ , откуда G/F(G) сверхразрешимая. Следовательно,  $\Phi(G)=1$ . Значит, G – примитивная группа. Тогда G = [N]X для любой максимальной подгруппы X с единичным ядром, откуда N = F(G) - Gединственная минимальная нормальная подгруппа в G. Пусть X – нильпотентная группа. Тогда  $X \cong G/N$  и G/N = G/F(G) нильпотентная. Пусть  $X_1$  – произвольная ненормальная максимальная подгруппа в X. Тогда в G существует подгруппа T такая, что  $X_1 \subseteq T$  и |G:T| = t - простое число. Пусть  $T_G$ =1. Тогда по лемме 15 подгруппы X и T сопряжены в G, откуда |N| = |G:T| = t и G — сверхразрешимая группа. Пусть  $T_G \ne 1$ . Тогда  $N \subseteq T$  и по лемме 16 подгруппа  $T = G \cap T = N \cdot X \cap T = N(X \cap T) = NX_1$ . Так как  $X \cap N = X_1 \cap N = 1$ , то  $t = |G:T| = |NX:NX_1| = |X:X_1|$  и по лемме 17 группа X сверхразрешимая. Так как  $X \cong G/N$ , то G/N = G/F(G) сверхразрешимая. Теорема 1 доказана.

**Следствие 1.1.** [3, теорема]. Если G – конечная группа, у которой любая собственная не максимальная подгруппа содержится в подгруппе простого индекса, то фактор-группа G/F(G) сверхразрешимая.

Докажем следующее утверждение:

**Теорема 2.** Если в ненильпотентной конечной группе G каждый максимальный кофактор является нильпотентной или простой группой, то G разрешимая или G – группа Шмидта.

Доказательство проведем индукцией по порядку группы G . Пусть G – простая группа. Тогда по лемме 18 будет G группой Шмидта. Значит, G – непростая группа. Рассмотрим фактор-группу G/N по минимальной нормальной подгруппе N группы G . По лемме 19 факторгруппа G/N наследует условия теоремы и по индукции разрешимая. Тогда по лемме 2 подгруппа N единственная в G , а по лемме 3 подгруппа N неразрешимая. Поэтому  $\Phi(G)$  = 1 и в G есть максимальные подгруппы с единичным ядром.

Пусть S — максимальная подгруппа в G,  $S_G=1$  и S простая. Тогда G=NS. Так как  $N \cap S \lhd S$ , то  $N \cap S=1$ . Тогда по лемме 20 будет  $G/N=SN/N\cong S/S\cap N=S/1\cong S$ . Поскольку G/N разрешимая, то S — разрешимая простая группа. Значит, S — простая абелева группа, то есть  $|S| \in P$ ..

Пусть  $p \in \pi(N)$  и  $P \in Syl_p(N)$ . По лемме 7 будет  $G = N\!N_G(P)$  и  $N_G(P)$  включается в некоторую максимальную подгруппу A группы G. Тогда  $G = N\!A$ . Если  $1 < A_G$ , то  $N \le A_G$  и

 $G=N\!A=A$  , что противоречиво. Значит,  $A_G=1$ . Тогда подгруппа A или простая, или нильпотентная. Пусть A-простая группа. Тогда  $N\cap A=1$ , откуда  $N_G(P)\not\subset A$ . Значит, A нильпотентная, откуда  $N_G(P)$  нильпотентен. Так как  $N_N(P)\le N_G(P)$  , то  $N_N(P)$ -нильпотентная группа. Тогда по лемме 21 будет N нильпотентной группой и по лемме 3 группа G разрешимая. Теорема 2 доказана.

**Следствие 2.1[8 с. 247].** Если в группе G каждый максимальный кофактор нильпотентен, то G разрешимая.

Следствие 2.2[9 теорема 1]. *Если в группе G каждая ненормальная максимальная подгруппа нильпотентная или простая, то G разрешимая или группа Шмидта.* 

Справедлива

**Теорема 3.** Если в конечной группе G для каждой максимальной подгруппы M c условием  $\left|G_{p}\right|$  делит  $\left|M\right|$ , где  $\left|G_{p}\in Syl_{p}(G), p\in\pi(G), c$ уществует p-разложимая подгруппа H c  $\left|H\right|=\left|M\right|$ , то или группа G нильпотентная, или  $\pi(G)=2$  и G / F(G) имеет простой порядок.

Доказательство. Пусть  $P=G_p\in Syl_p(G)$  для произвольного простого числа  $p\in\pi(G)$  и P ненормальная в G . Тогда  $N_G(P)$  включается в некоторую максимальную подгруппу M группы G . По условию теоремы в G существует p—разложимая подгруппа S такая, что |S|=|M| . Так как  $S_p\in Syl_p(G)$ , то по лемме 22 существует  $1\neq x\in G$ , такой, что  $P^x=S_p$ . Тогда  $P=S_p^{x^{-1}}\leq S^{x^{-1}}$  . Поэтому без ограничения общности можно считать, что  $P=S_p$  . Тогда  $S\leq N_G(P)\leq M$  , откуда S=M и  $N_G(P)-p$  -разложимая группа. Значит, для любого  $p\in\pi(G)$  будет  $N_G(P)$  p -разложимой группой. Тогда по лемме 21 группа G нильпотентна.

Пусть  $P \lhd G$ . Тогда по лемме 23 в G существует p' -холлова подгруппа A , а по лемме 24 все p' -холловы подгруппы сопряжены в G . Пусть простое число  $t \in \pi(A)$  и  $A_t = T \in Syl_t(G)$  . Если  $N_G(T)$  включается в максимальную подгруппу H группы G , то в G есть t -разложимая подгруппа B с |B| = |H|.

Без ограничения общности можно считать, что  $B_t = T$ . Тогда  $B \le N_G(T) \le H$ . Поэтому B = H и  $N_G(T)$  будет t — разложимой группой. Тогда подгруппа  $N_A(T) = N_G(T) \cap A$  будет t — разложимой. Так как простое число t выбиралось произвольно из множества  $\pi(A)$ , то нормализатор каждой силовской t — подгрупп из A является t — разложимой группой для любого  $t \in \pi(A)$ . Тогда по лемме 21 подгруппа A нильпотентная.

Пусть PT < G. Тогда PT включается в максимальную подгруппу L группы G и в G существует подгруппа R такая, что |R| = |L| и подгруппа R будет t -разложимой. Без ограничения общности можно считать, что  $R_t = T$ . Так как P единственная силовская p -подгруппа в G, то  $P \le R$  и подгруппа PT нильпотентная. Тогда  $T \lhd \langle P, A \rangle = G$ . Так как t выбиралось из  $\pi(A)$  произвольно, то силовские t — подгруппы для любого  $t \in \pi(A)$  будут нормальными в G. Значит, G нильпотентная.

Пусть PT = G. Если |T| = t, то F(G) = P и все доказано. Пусть  $|T| \neq t$  и подгруппа  $T_1$  максимальная в T. Тогда подгруппа  $PT_1$  будет максимальной в G и существует p—разло-

жимая подгруппа K, такая, что  $|PT_1| = |K|$ . Тогда  $PK_t$  нильпотентная. По лемме 25 будет  $K_t$  максимальной подгруппой в  $T^x$ ,  $1 \neq x \in G$ . Так как  $K_t \triangleleft \left\langle P, T^x \right\rangle = G$ , то  $F(G) = PK_t$ . Теорема 3 доказана.

**Следствие 3.1[10 теорема 1]**. Пусть в конечной группе G для каждой максимальной подгруппы H существует нильпотентная подгруппа  $H_1$  такая, что  $|H_1| = |H|$ . Тогда или группа G нильпотентная, или  $|\pi(G)| = 2u$  G/F(G) имеет простой порядок.

Справедлива

**Теорема 4.** Если нормализатор силовской 2-подгруппы в простой неабелевой конечной группе G имеет индекс равный степени простого числа, то  $G \cong A_5$ .

Доказательство. Пусть S—силовская 2—подгруппа в G и  $N_G(S)$ — нормализатор S в G . В лемме 26 рассмотрены все возможные случаи для  $N_G(S)$  в простых неабелевых группах. По лемме 26 возможен случай, когда  $N_G(S) = S$  . Тогда по лемме 4 группа G разрешима, что противоречиво. В лемме 27 указаны все простые неабелевы группы, в которых есть подгруппа примарного индекса. Из пункта (б) леммы 26 и пункта (1) леммы 27 следует, что  $G \cong A_5$ . По пункту (в) леммы 26 в группе  $G \cong L_n(q)$ ,  $n \ge 3$ ,q нечетно будет  $N_G(S)$  нильпотентной группой. Тогда по пункту (2) леммы 27 группа  $G \cong L_n(q) = G_r N_G(S)$ , где  $G_r \in Syl_r(G)$ ,  $r \in \pi(L_n(q))$ . Теперь по лемме 28 G разрешима, что противоречиво. В пунктах (3), (5) леммы 27 подгруппа  $N_G(S)$  изоморфна или простой группе  $A_5$ , или простой группе  $M_{22}$ , что невозможно. В пунктах (4), (6) леммы 27 подгруппа  $N_G(S)$  изоморфна группам, имеющим или простую подгруппу  $A_5$ , или простую подгруппу  $A_6$ . Но тогда в  $A_5$  и  $A_6$  силовские 2—подгруппы будут нормальными. Все случаи рассмотрены. Теорема 4 доказана.

**Следствие 4.1.** Если в  $A_5$  – свободной группе G нормализатор силовской 2 – подгруппы имеет индекс равный степени простого числа, то G разрешимая.

Доказательство. Пусть G— контрпример минимального порядка. По теореме 4 группа G непростая. Пусть N— нормальная подгруппа группы G такая, что 1 < N < G. Тогда по теореме 4 и лемме 29 подгруппа N удовлетворяет условию теоремы и по индукции разрешимая. Поскольку фактор-группа G/N наследует условие теоремы, то по индукции G/N разрешимая. Теперь по лемме 3 группа G разрешимая. Следствие 4.1. доказано.

**Следствие 4.2.** Если в группе G нормализатор силовской 2-подгруппы 2-нильпотентен u имеет индекс равный степени простого числа, то G разрешимая.

*Доказательство*. Так как нормализатор силовской 2– подгруппы в  $A_5$  не является 2– разложимым, то по теореме 4 группа G будет  $A_5$  – свободной. Тогда по следствию 4.1 будет G разрешимой. Следствие 4.2 доказано.

**Следствие 4.3.** Пусть в группе G нормализатор силовской 2-подгруппы 2-нильпотентен, имеет циклическое ядро и примарный индекс. Тогда группа G сверхразрешимая.

Доказательство. По следствию 4.2 группа G разрешимая. Так как фактор-группа G/N наследует условия теоремы, то по лемме 12 подгруппа Фраттини  $\Phi(G)=1$ . Пусть  $K=N_G(G_2)$ . Так как |G:K|— простое число, то K— максимальная подгруппа в G. Если  $K_G=1$ , то в G есть нормальная подгруппа порядка равного |G:K| и G сверхразрешимая. Если  $1 < K_G$ , то  $K_G$ — циклическая группа, откуда G сверхразрешимая. Следствие 4.3 доказано.

# Список литературы

- 1. Huppert B. Endliche Gruppen I. Berlin; Heidelberg; New York; Springer Verlag, 1967. 793 s.
- 2. Berkovich Y., Kazarin L. Indices of elements and normal structure of finite groups // J. Algebra, 283: 3 (2005). C. 564-583.
- 3. Монахов В.С., Тютянов В.Н. О конечных группах с некоторыми подгруппами простых индексов // Сибирский математический журнал. 2007. №48:4. С. 833-836.
- 4. Шмидт О.Ю. Группы, все подгруппы которых специальные // Математический сборник. -1924. -№31. -№366-372.
- 5. Монахов В.С., Тютянов В.Н. О конечных группах с заданными максимальными подгруппами // Сибирский математический журнал. 2014. №55:3. С. 553-561.
- 6. Huppert B., Blackburn N. Finite groups. III. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1982. 454 s.
- 7. Путилов С.В. К теории конечных групп: Брянск: Группа компаний «Десяточка», 2009.-63 с.
- 8. Беркович Я.Г. Конечные группы с большими ядрами максимальных подгрупп // Сибирский математический журнал. 1968. N = 9:2. C.243-248.
- 9. Путилов С.В. О непростых конечных группах // Ученые записки Брянского государственного университета: физико-математические науки. №2019. №3. С. 17-23. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://scim-brgu.ru.
- 10. Монахов В.С., Тютянов В.Н. Конечные группы со сверхразрешимыми подгруппами заданных порядков // Труды института математики и механики. 2019. №25:4. С. 155-163.
- 11. Кондратьев А. С. Нормализаторы силовских 2-подгрупп в конечных простых группах // Математические заметки. -2005. №78:3. С. 368-376.
- 12. Guralnick R. M. Subgroups of prime index in a simple group // J. Algebra. 1983.  $N \ge 81:2.$  C. 304-311.
- 13. Го В. Конечные группы с заданными индексами нормализаторов силовских подгрупп // Сибирский математический журнал. -1996. -№3:2. C. 295-300.
- 14. Путилов С.В. О нормализаторах силовских 2-подгрупп в конечных группах // «Алгебра, теория чисел и дискретная геометрия: современные проблемы, приложения и проблемы истории»: материалы XVIII Международной конференции, посвященной столетию со дня рождения профессоров Б. М. Бредихина, В. И. Нечаева и С. Б. Стечкина (Тула, 23 26 сентября 2020 г.). Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, 2020. С. 90-91.
- 15. Путилов С.В. О конечных группах с заданными подгруппами равной мощности // Алгебра, теория чисел, дискретная геометрия и многомасштабное моделирование: современные проблемы, приложения и проблемы истории. Материалы XIX Международной конференции, посвященной двухсотлетию со дня рождения академика П. Л. Чебышева (г. Тула, 18 22 мая 2021 г.) Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, 2021. С. 37-38.
- 16. Путилов С.В. О конечных группах с нильпотентными или простыми максимальными кофакторами // Алгебра, теория чисел, дискретная геометрия и многомасштабное моделирование: современные проблемы, приложения и проблемы истории. Материалы XIX Международной конференции, посвященной двухсотлетию со дня рождения академика П. Л. Чебышева (г. Тула, 18 22 мая 2021 г.) Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, 2021. С. 39-40.
- 17. Путилов С.В. О подгруппах конечной группы близких по мощности к самой группе // Алгебра, теория чисел, дискретная геометрия и многомасштабное моделирование: современные проблемы, приложения и проблемы истории. Материалы XIX Международной конференции, посвященной двухсотлетию со дня рождения академика П. Л. Чебышева (г. Тула, 18 22

мая 2021 г.) – Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, 2021. – С. 43-44.

# Сведения об авторе

Путилов Сергей Васильевич – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математического анализа, алгебры и геометрии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: algebra.bgu@yandex.ru.

# FINITE GROUPS WITH GIVEN SUBGROUPS

# S.V. Putilov

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

Only finite groups are considered. The following theorems are proved: 1) If in a finite group G every not normal in G the second maximal subgroup is included in a subgroup of a simple index, then G/F(G) it is supersolvable; 2) If in a not nilpotent finite group G every maximal cofactor is a nilpotent or simple group, then G a solvable or Schmidt group; 3) If in a finite group G for each maximal subgroup G with the condition  $|G_p|$  divides |M|, where  $G_p \in Syl_p(G)$ ,  $p \in \pi(G)$ , there exists a p-decomposable subgroup G with |H| = |M|, then either the group G is nilpotent, or  $\pi(G) = 2$  and G/F(G) has a simple order; 4) If the normalizer of a Sylow 2-subgroup in a simple not abelian finite group has a index equal to the power of a prime number, then  $G \cong A_5$ 

Keywords: finite group, maximal subgroup, subgroup index, solvable group.

# References

- 1. Huppert B. Endliche Gruppen I. Berlin; Heidelberg; New York; Springer Verlag, 1967. –793 s.
- 2. Berkovich Y., Kazarin L. Indices of elements and normal structure of finite groups // J. Algebra. − 2005. − №283:3. − P. 564-583.
- 3. Monakhov V.S., Tyutyanov V. N. On finite groups with some subgroups of simple indices // Siberian Mathematical Journal. -2007. -N048:4. -P. 833-836.
- 4. Schmidt O.Y. Groups, all subgroups of which are special // Mathematical collection. -1924. N031. P.366-372.
- 5. Monakhov V.S., Tyutyanov V. N. On finite groups with given maximal subgroups // Siberian Mathematical Journal. − 2014. − №55:3. − P. 553-561.
- 6. Huppert B., Blackburn N. Finite groups. III. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1982. 454 s.
- 7. Putilov S.V. On the theory of finite groups: Bryansk: Group of companies «Desyatochka», 2009.-63~p.
- 8. Berkovich Ya.G. Finite groups with large kernels of maximal subgroups // Siberian Mathematical Journal. -1968. -1968. -1968. -1968.
- 9. Putilov S.V. On uneasy finite groups // Scientific Notes of Bryansk State University: Physical and Mathematical Sciences. -2019. N = 3. P. 17-23 [Electronic resource]. Access mode: http://scim-brgu.ru.
- 10. Monakhov V.S., Tyutyanov V. N. Finite groups with supersolvable subgroups of given orders // Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN. − 2019. − №25:4. − P. 155-163.
- 11. Kondratiev A.S. Normalizers of Silovsky 2-subgroups in finite simple groups // Mathematical notes. -2005. -Normalizers of Silovsky 2-subgroups in finite simple groups // Mathematical notes. -2005. -Normalizers of Silovsky 2-subgroups in finite simple groups // Mathematical notes. -2005. -Normalizers of Silovsky 2-subgroups in finite simple groups // Mathematical notes.
- 12. Guralnick R.M. Subgroups of prime index in a simple group  $/\!/$  J. Algebra. 1983. P.81:2. P. 304-311.

- 13. Go V. Finite groups with given indices of normalizers of Silov subgroups // Siberian Mathematical Journal. -1996. -No3:2. -P. 295-300.
- 14. Putilov S.V. On the normalizers of Silovsky 2-subgroups in finite groups // «Algebra, number theory and discrete geometry: modern problems, applications and problems of history»: proceedings of the XVIII International Conference dedicated to the centenary of the birth of Professors B. M. Bredikhin, V. I. Nechaev and S. B. Stechkin (Tula, 23 September 26, 2020). / Tula: Tolstoy Tula State Pedagogical University, 2020. P. 90-91.
- 15. Putilov S.V. On finite groups with given subgroups of equal cardinality // Algebra, number theory, discrete geometry and multiscale modeling: Modern problems, applications and problems of history. Materials of the XIX International Conference dedicated to the bicentenary of the birth of Academician P. L. Chebyshev (Tula, May 18-22, 2021) Tula: Tolstoy Tula State Pedagogical University, 2021. P. 37-38.
- 16. Putilov S.V. On finite groups with nilpotent or simple maximal cofactors / Algebra, number theory, discrete geometry and multiscale modeling: Modern problems, applications and problems of history. Materials of the XIX International Conference dedicated to the bicentenary of the birth of Academician P. L. Chebyshev (Tula, May 18-22, 2021) Tula: Tolstoy Tula State Pedagogical University, 2021. P. 39-40.
- 17. Putilov S.V. On subgroups of a finite group close in cardinality to the group itself / Algebra, number theory, discrete geometry and multiscale modeling: modern problems, applications and problems of history. Materials of the XIX International Conference dedicated to the bicentenary of the birth of Academician P. L. Chebyshev (Tula, May 18-22, 2021) Tula: Tolstoy Tula State Pedagogical University, 2021. P. 43-44.

# **About author**

Putilov S.V. – Ph. D. in Physics and Mathematics, Associate Professor, Head of the Department of Mathematical Analysis, Algebra and Geometry, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *algebra.bgu@yandex.ru*.

# КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

УДК 628.4

# ИМИТАЦИОННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ИЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

# И.А. Лагерев, Е.Г. Цублова

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В статье рассматриваются вопросы имитационного компьютерного моделирования накопления твердых коммунальных отходов в пределах муниципального образования. Данные модели могут быть также использованы при оценке объемов вывоза технологических отходов при лесозаготовке специальными канатными машинами. Представлены математические модели и алгоритмы, выполнены тестовые расчеты. Исследование выполнено по заказу Департамента природных ресурсов и экологии Брянской области (договор от 01.03.2022 г. №02-22), при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук № МД-1543.2022.4.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, компьютерное моделирование, имитационное моделирование, накопление, твердые коммунальные отходы, канатная грузоподъемная машина, технологические отходы.

Одним из важнейших факторов надежности и последовательности принимаемых решений в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами является достоверность исходных данных, на основе которых осуществляется координация процесса обращения с отходами. Определение объемов и массы образующихся твердых коммунальных отходов является первым этапом в цепи вопросов, формирующих учетную политику в сфере обращения с отходами. Знание первичных объемов позволяет планировать всю систему обращения с твердыми коммунальными отходами, начиная с этапа сбора и заканчивая размещением отходов, а мониторинг количества образующихся отходов позволит обеспечить систему перспективного планирования. Внедрение рациональных методов утилизации отходов является важной составляющей перехода к зеленой экономике. В статье рассматриваются вопросы имитационного компьютерного моделирования накопления твердых коммунальных отходов в пределах муниципального образования.

Для теоретического исследования сложных процессов, в том числе накопления твердых коммунальных отходов, могут быть использованы методы имитационного компьютерного моделирования на основе предварительно собранных эмпирических данных. Результаты моделирования могут использоваться при принятии управленческих решений.

Сбор эмпирических данных для имитационного моделирования проводится на местности. Выбор объектов для мониторинга объемов накопления твердых коммунальных отходов должен отражать структуру промышленности и домохозяйств на исследуемой территории. Сначала необходимо выбрать муниципальные образования, на территории которых расположены объекты для мониторинга.

Следует выбрать следующие виды муниципальных образований: областной центр, крупный промышленный город, районный центр, поселок городского типа, село, деревню. Муниципальные образования должны располагаться в районах области с различным преобладающим типом хозяйственной деятельности — промышленный, сельскохозяйственный, рекреационный и т.д.

После выбора муниципальных образований на их территории необходимо выбрать конкретные объекты, на которых размещены контейнеры для сбора мусора или площадки, на которых выполняется бесконтейнерный сбор твердых коммунальных отходов. Список типовых объектов для проведения мониторинга (по категориям) приведен в таблице.

Таблица

Типы объектов и расчетные единицы накопления твердых коммунальных отходов

	типы ооъектов и расчетные единицы накопления т				
No		Расчетная единица, в отношении			
п/п	Наименование категории объектов	которой			
11/11		устанавливается норматив			
	ОБЪЕКТЫ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ				
1.	Административные здания, учреждения, конторы:				
	Научно-исследовательские, проектные	1 кв. метр общей площади и 1			
	институты и конструкторские бюро	сотрудник			
	Банки, финансовые учреждения	1 кв. метр общей площади и 1			
	вания, финансовые у греждения	сотрудник			
	Отделения связи	1 кв. метр общей площади и 1			
		сотрудник			
	Административные, офисные учреждения,	1 сотрудник			
	организации	1.			
2.	Предприятия торго				
	Продовольственный магазин	1 кв. метр общей площади			
	Промтоварный магазин	1 кв. метр общей площади			
	Павильон	1 кв. метр общей площади			
	Палатка, киоск	1 кв. метр общей площади			
	Торговля с машин	1 торговое место			
	Супермаркет, универмаг	1 кв. метр общей площади			
	Рынки	1 кв. метр общей площади			
	Склады, строительные базы, пункты приема				
	вторсырья	1 кв. метр общей площади			
3.	Предприятия транспортной ин	фраструктуры:			
	Автомастерские, шиномонтажная мастерская,				
	станция технического обслуживания	1 машино-место			
	Автозаправочные станции	1 машино-место			
	Автостоянки и парковки	1 машино-место			
	Гаражи, парковки закрытого типа	1 машино-место			
	Автомойка	1 машино-место			
	Железнодорожные и автовокзалы, аэропорты,				
	речные порты	1 пассажир			
	Автотранспортные предприятия и пр.	1 маршрут и 1 машино-место			
4.	Дошкольные и учебные з	заведения:			
	Дошкольное образовательное учреждение	1 ребенок			
	Общеобразовательное учреждение,	1 учащийся			
	Учреждение начального и среднего				
	профессионального образования, высшего				
	профессионального и послевузовского	1 учащийся			
	образования или иное учреждение,				
	осуществляющее образовательный процесс				
	Детские дома, интернаты	1 место			
	Школа искусств, учреждение дополнительного	1 vn vom of			
	образования, центры развития детей и т.п.	1 кв. метр общей площади			
5.	Культурно-развлекательные, спорт	гивные учреждения:			
	Дома культуры, сельские клубы, кинотеатры,				
	концертные залы, театры, цирки	1 место			

	n	T	
	Развлекательные клубы, центры, букмекерские конторы и пр.	1 кв. метр общей площади	
	Библиотеки, архивы	1 место	
	Выставочные залы, музеи	1 кв. метр общей площади	
	Спортивные арены, стадионы	1 место	
	Спортивные клубы, центры, комплексы и пр.	1 кв. метр общей площади	
	Зоопарк, ботанический сад, парки культуры и	•	
	отдыха и пр.	1 кв. метр общей площади	
	Пансионаты, дома отдыха, туристические базы	1 кв. метр общей площади и 1 место	
6.			
	Кафе, рестораны, бары, закусочные, столовые и иные предприятия общественного питания	1 кв. метр общей площади	
7.	Предприятия службы	быта:	
	Мастерские по ремонту бытовой и		
	компьютерной техники	1 кв. метр общей площади	
	Мастерские по ремонту обуви, ключей, часов, ломбарды	1 кв. метр общей площади	
	Ремонт, пошив одежды, химчистки и пр.	1 кв. метр общей площади	
	Парикмахерские, косметические салоны, салоны		
	красоты	1 кв. метр общей площади	
	Гостиницы	1 место	
	Общежития	1 место	
	Бани, сауны	1 кв. метр общей площади	
8.			
	Кладбища	1 место	
	Организация, оказывающая ритуальные услуги	1 кв. метр общей площади	
9.	Медицинские, лечебно-профилактические уч		
	учреждения		
	Аптеки и пункты продажи лекарственных	1 6 9	
	средств	1 кв. метр общей площади	
	Учреждения стационарного типа (клиники,	1 ~ ~	
	больницы, родильные дома, госпитали) и т.п.	1 кв. метр общей площади	
	Поликлиники, диспансеры, стоматологии,	1 кв. метр общей площади	
	ветклиники	ткв. метр общен илощади	
10.	Иные организаци	и	
	Садоводческие и огороднические товарищества,	1 участник (член)	
	участки		
	Предприятия перерабатывающей промышленности	1 кв. метр общей площади	
	Предприятия иных отраслей промышленности	1 кв. метр общей площади	
11.			
11.	домовищем	1 проживающий,	
	Многоквартирные дома	в том числе кпупногабаритные	
		отходы	
	Индивидуальные жилые дома	1 проживающий	
1	Industry and the Millie Holla	1 Thownparomin	

Проведение замеров объемов накопления и массы твердых коммунальных отходов по объектам жилищного фонда и объектам общественного назначения должно проводиться в весенний, летний, осенний и зимний периоды. На выбранных участках поселений и

городских округов определяется не менее трех объектов каждой категории. В случае отсутствия на выбранных участках поселений и городских округов необходимого количества объектов допускается проведение натурных измерений отходов на меньшем количестве объектов. Срок проведения натурных измерений должен составлять не менее семи дней подряд в период каждого сезона.

После сбора исходных выполняются данных расчеты соответствии постановлением Правительства Российской Федерации от 04.04.2016 определении нормативов накопления твердых коммунальных отходов» и включают в себя определение: среднесуточного норматива за сезон (за весенний, летний, осенний и зимний периоды года), выраженного в количественных показателях массы и объема на одну расчетную единицу в сутки; среднесезонного суточного норматива, выраженного в количественных показателях массы и объема на одну расчетную единицу в сутки; годового норматива, выраженного в количественных показателях массы и объема на одну расчетную единицу в год; среднемесячного норматива, выраженного в количественных показателях массы и объема на одну расчетную единицу в месяц (год). Результаты обработки информации можно представить в виде блоков распределения параметров. распределения в дальнейшем используются в ходе имитационного моделирования.

В ходе имитационного моделирования на основе информации, собранной на ограниченном количестве объектов, прогнозируются объемы накопления на всей территории региона для всех объектов накопления твердых коммунальных отходов (рис. 1). Результаты моделирования представляются в виде массива значений во времени.

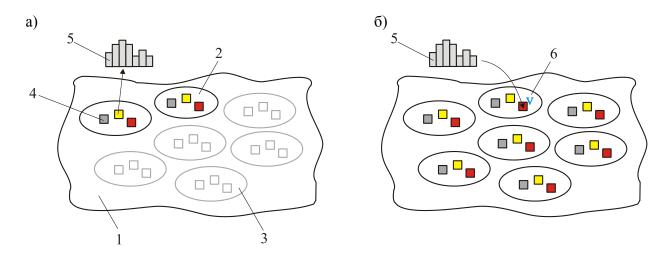


Рис. 1. Схема имитационного моделирования: а – сбор эмпирических данных (мониторинг); б – имитационное моделирование; 1 – регион; 2 – муниципальные образования, на территории которых проводится мониторинг; 3 – муниципальные образования, на территории которых не проводится мониторинг; 4 – объекты мониторинга (по категориям); 5 – результаты мониторинга в виде блоков распределения (по сезонам для каждой категории объектов в различных муниципальных образованиях); 6 – результаты моделирования объема накопления

Генерация значений исследуемых параметров на основе блока распределения выполняется следующим образом. Выбор значения параметра фактора, соответствующего i-й ступени блока распределения, происходит на основе следующей зависимости:

$$Q = \begin{cases} Q_{\rm l} \text{ при } x_{\rm R} \leq P_{\rm s-l,1}; \\ \dots \\ Q_{\rm i} \text{ при } \sum_{\rm k=l}^{\rm i-l} P_{\rm s-l,k} \leq x_{\rm R} \leq \sum_{\rm k=l}^{\rm i} P_{\rm s-l,k}; \\ \dots \\ Q_{\rm N} \text{ при } \sum_{\rm k=l}^{\rm N-l} P_{\rm s-l,k} \leq x_{\rm R} \leq 1, \end{cases}$$

где Q — результат текущего вычислительного опыта;  $s=1...N_{U\!C}$ ;  $x_R$  — случайное число, распределенное равномерно в интервале  $[0;\ 1]$  (генерируется с помощью встроенного генератора случайных чисел) [1-4].

Таким образом, разработанный алгоритм имитационного моделирования возможно применить при оценке объемов генерации твердых коммунальных отходов. Конкретные примеры имитационного моделирования будут приведены после окончания мониторинга на территории Брянской области в декабре 2022 года.

До 20...40% объема исходной древесины превращаются в отходы при лесозаготовке. Поэтому оценка объемов генерации отходов необходима для более точного планирования мероприятий по лесозаготовке и лесовосстановлению. Кроме того, отходы лесозаготовки при гниении выделяют парниковые газы, поэтому оценка их выделения важна с точки зрения планирования мероприятий по противодействию изменению климата.

Одним из способов оценки объемов генерации отходов при лесозаготовке также является имитационное моделирование на основе собранных эмпирических данных. В данной работе предложен алгоритм имитационного моделирования объема отходов при лесозаготовке с использованием одиночной лесозаготовительной машины. В ходе исследования использовались методики, рассмотренные в работах [1-4].

На первом этапе моделирования генерируется трасса, вдоль которой перемещается лесозаготовительная машина. Алгоритм имитационного моделирования на этом этапе следующий (рис. 2).

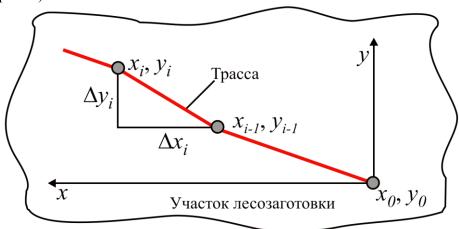


Рис. 2. Схема генерации трассы перемещения машины

- 1. Машина помещается в начальную точку с координатами  $x_0$ ,  $y_0$ . Эта точка назначается произвольно и ее координаты являются исходными параметрами моделирования.
- 2. На основании блока распределения моделируется расстояние перемещения до очередного дерева  $\Delta x_i$  и  $\Delta y_i$ . Выполняется проверка условия, что следующая точка лежит в пределах участка лесозаготовки. Если нет, то моделирование  $\Delta x_i$  и  $\Delta y_i$  выполняется повторно. Машина перемещается вдоль трассы в точку  $x_{i+1} = x_i + \Delta x_i$ ,  $y_{i+1} = y_i + \Delta y_i$ .

На втором этапе имитационного моделирования определяются места и объемы генерации отходов вдоль смоделированной трассы. Алгоритм имитационного моделирования на этом этапе следующий.

- 1. Машина располагается в начальной точке трассы x=0. Считается, что здесь происходит валка первого дерева, что приводит к генерации первой порции отходов объемом  $V_1$  (может измеряться как в кубических метрах, так и в килограммах).
- 2. Моделируется объем генерации отходов  $V_i = \sum V_{ij}$ , где  $V_{ij}$  объем генерации отходов от j-й технологической операции (валка, раскряжевка и т.д.). В данном случае для моделирования требуются блоки распределения  $V_{ij}$ . Допускается генерация значения  $V_i$  с использованием единого блока распределения, не учитывающего разновидности операций.
- 3. Этап 2 повторяется до тех пор, пока машина не окажется в точке конца смоделированной трассы x=L.

В результате моделирования формируется массив данных, связывающих точки в пространстве и объемы отходов, сгенерированных в них при валке леса. В последующем данные значения могут быть использованы для анализа накопления отходов.

Многократное повторение алгоритма моделирование позволяет получить большой объем данных, статистическая обработка которых позволяет получить информацию об объемах генерации отходов при лесозаготовке.

При лесозаготовке на крутых склонах перспективным является использование канатных лесозаготовительных машин, рабочий орган которых перемещается по канатной системе, натянутой между несколькими базовыми станциями. В данном случае трасса перемещения рабочего органа является прямой линией, поэтому имитационное моделирование объемов генерации отходов выполняется в один этап по следующему алгоритму.

- 1. Машина помещается в начальную точку с координатой  $x_0 = 0$ .
- 2. Моделируется объем генерации отходов в начальной точке по формуле  $V_1$ .
- 3. На основании блока распределения моделируется расстояние перемещения до очередного дерева  $\Delta x_i$ . Машина перемещается вдоль трассы в точку  $x_{i+1} = x_i + \Delta x_i$ . Блок распределения может быть единым для всей трассы, так и разбит по участками (в данном случае для каждого участка трассы существуют различные вероятности перехода на другой участок трассы) (рис. 3).

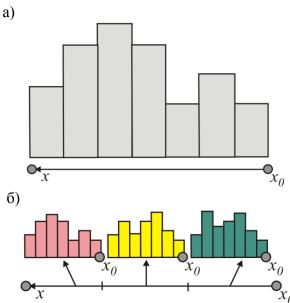


Рис. 3. Варианты блока распределения: а — единый блок для всей трассы; б — блоки для отдельных участков

X, M

0,0

2,1

3,5

7,2

6,4

- 4. Моделируется объем генерации отходов в начальной точке по формуле  $V_i$ .
- 5. Этап<br/>s 3-4 повторяются до тех пор, пока машина не окажется в точке конца смоделированной трассы<br/> x=L.

Результаты тестового моделирования для лесозаготовки с использованием харвестера приведены в листинге.

125

228

8,5 4,2 85 ... ...

2,4

3,6

Таким образом, разработанный алгоритм имитационного моделирования возможно применить при оценке объемов генерации отходов при лесозаготовке.

# Список литературы

- 1. Лагерев И.А. Имитационное моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана // Вестник Брянского государственного технического университета.  $2009. N \cdot 24. C. 65-70.$
- 2. Лагерев И.А. Моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана на основе сетевой имитационной модели // Вестник Брянского государственного технического университета. -2010. -№2. -C. 74-81.
- 3. Лагерев И.А. Моделирование факторов нагруженности крана-манипулятора машины для сварки трубопроводов // Вестник Брянского государственного технического университета. -2012.-N 1.-C.62-70.
- 4. Лагерев И.А. Имитационное моделирование жизненного цикла малых инновационных предприятий при вузах // Экономика. Социология. Право. 2016. №1. С. 19-24.

# Сведения об авторах

Лагерев Игорь Александрович — доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе  $\Phi \Gamma EOV BO$  «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.

Цублова Елена Геннадьевна — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры химии  $\Phi \Gamma BOY$  BO «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», etsublova@yandex.ru.

# SIMULATION COMPUTER SIMULATION OF SOLID MUNICIPAL OR TECHNOLOGICAL WASTE ACCUMULATION

# I.A. Lagerev, E.G. Tsublova

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

The article deals with the issues of computer simulation of the accumulation of solid municipal waste within the municipality. These models can also be used to estimate the volume of technological waste removal during logging by special rope machines. Mathematical models and algorithms are presented, test calculations are performed. The study was commissioned by the Department of Natural Resources and Ecology of the Bryansk Region (Contract No. 02-22 dated 01.03.2022), the study was supported by Presidential Grant for Governmental Support to Young Russian Scientists No. MD-1543.2022.4.

**Keywords**: mathematical modeling, computer modeling, simulation modeling, accumulation, solid municipal waste, rope lifting machine, technological waste.

# References

- 1. Lagerev I.A. Simulation of a bridge crane metal construction loading parameters. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnitcheskogo universiteta. − 2009. − №4. − P. 65-70.
- 2. Lagerev I.A. Simulation of a bridge crane metal construction loading parameters. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnitcheskogo universiteta. − 2010. − №2. − P. 74-81.
- 3. Lagerev I.A. Simulation of a crane-manipulator of mobile energy unit metal construction loading parameters. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnitcheskogo universiteta. -2012. N = 1. P. 62-70.
- 4. Lagerev I.A. Life cycle simulation modeling of small innovate companies with universities sharing // Economics. Sociology. Law. − 2016. − №1. − P. 19-24.

# **About authors**

Lagerev I.A. – Sc. D. in Technical Sciences, Assistant Professor, Vice rector for Innovations, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.

Tsublova E.G. – Sc. D. in Biological Sciences, Assistant Professor, Professor of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, etsublova@yandex.ru.

# УДК 621.86

# ИМИТАЦИОННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАНАТНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕСОЗАГОТОВКИ НА СКЛОНАХ

# А.В. Химич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В статье рассматриваются вопросы имитационного компьютерного моделирования параметров режимов работы канатной грузоподъемной машины для лесозаготовки на склонах. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук № МД-1543.2022.4.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, компьютерное моделирование, имитационное моделирование, канатная грузоподъемная машина, лесозаготовка на склоне, режимы работы.

Канатные грузоподъемные машины (КГМ) могут использоваться для заготовки древесины на крутых склонах, в труднодоступной местности [1]. Для создания современных конкурентоспособных грузоподъемных машин необходимо разрабатывать и внедрять эффективные методы исследования. Численное компьютерное математическое моделирование является эффективным методом исследования динамики создаваемых инновационных транспортно-технологических машин [2-5].

Конкретные значения параметров, определяющих прочность конструкции, зависят от текущего режима работы  $K\Gamma M$ . К типовым режимам может относиться: передвижение рабочего органа  $K\Gamma M$  к месту спила дерева, валка дерева, его предварительная обработка, транспортировка в зону временного складирования.

В свою очередь, режимы работы КГМ определяются совокупностью значений параметров (факторов нагруженности) в текущий момент времени, например, масса груза (дерева), координаты рабочего органа в пространстве, скорость движения рабочего органа, скорость ветра на рабочей площадке КГМ и т.д.

Типовым способом представления исходной информации для имитационного моделирования является блок распределения [6-8]. Переход от одного уровня нагрузки к другому осуществляется согласно условным вероятностям перехода  $P_{ij}$  от i-го уровня к j-го уровню. Вычисление этих вероятностей осуществляется после каждого вычислительного опыта (после каждого перехода). Число переходов равно числу циклов работы КГМ в сутки. Схема моделирования приведена на рис. 1.

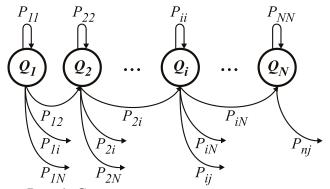


Рис. 1. Схема моделирования переходов

В вычислительном опыте с номером s переход к значению фактора нагруженности, соответствующего i-й ступени блока распределения определяется следующим образом:

$$Q_s = \begin{cases} Q_1 \text{ при } x_R \leq P_{s-1,1}; \\ \dots \\ Q_i \text{ при } \sum_{k=1}^{i-1} P_{s-1,k} \leq x_R \leq \sum_{k=1}^{i} P_{s-1,k}; \\ \dots \\ Q_N \text{ при } \sum_{k=1}^{N-1} P_{s-1,k} \leq x_R \leq 1, \end{cases}$$

где  $Q_S$  — результат S-го вычислительного опыта;  $S=1...N_{UC}$ ;  $x_R$  — случайное число, распределенное равномерно в интервале [0;1].

Если требуется не указать интервал, а определить точное значение параметра, то необходимо пересчитывать значение пропорционально  $x_R$ .

Если в ходе моделирования в течение s вычислительных опытов получено, что машина отработала  $\hat{N}_i$  циклов с значением параметра, лежащим в i-й группе, то вероятность перехода в s+1-м вычислительном опыте к грузу j-й группы равна

$$P_{ij} = \frac{N_{IJC} \cdot Q_{Ej} - \widehat{N}_j}{N_{IJC} - s},$$

где  $Q_{\mathit{Б}i}$  – относительная масса груза, перемещаемого в течение  $\mathcal{C}_i$  циклов.

Указанный подход в дальнейшем будет использоваться для моделирования факторов нагруженности, которые будут использоваться как параметры моделей и начальные условия для интегрирования уравнений движения, представленных в работе [1].

# Список литературы

- 1. Лагерев И.А., Химич А.В. Математическое моделирование динамики кабельной грузоподъемной машины // Ученые записки Брянского государственного университета. 2022. №1.
- 2. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Оптимальное проектирование линий канатного метро в условиях сильно урбанизированной городской среды // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. − 2015. − Т.1. − № 1. − С. 57-65.
- 3. Киютина И.И., Лагерев И.А. Формирование компетенций в области современных сквозных цифровых технологий у обучающихся по направлению «Реклама и связи с общественностью» // Ученые записки Брянского государственного университета. − 2020. − №2. − С. 11-15.
- 4. Лагерев И.А., Мильто А.А., Лагерев А.В. Эффективность упругого демпфирования в шарнирных соединениях стрел крано-манипуляторных установок при повышенных зазорах // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2016. № 1. С. 18-36.
- 5. Лагерев И.А., Мильто А.А., Лагерев А.В. Снижение ударной нагрузки, вызываемой люфтом в шарнирных соединениях звеньев крано-манипуляторных установок // Научнотехнический вестник Брянского государственного университета. 2015. № 2. С. 37-44.
- 6. Лагерев И.А. Имитационное моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана // Вестник Брянского государственного технического университета. -2009. -№4. -ℂ. 65-70.
- 7. Лагерев И.А. Моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана на основе сетевой имитационной модели // Вестник Брянского государственного технического университета. 2010. №2. С. 74-81.

8. Лагерев И.А. Моделирование факторов нагруженности крана-манипулятора машины для сварки трубопроводов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2012. - N 1. - C. 62-70.

# Сведения об авторе

Химич Анна Васильевна – аспирант ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: *annahimich14@mail.ru*.

# COMPUTER SIMULATION OF THE MODES OF OPERATION OF THE CABLE LIFTING MACHINE FOR LOGGING ON THE SLOPES

# A.V. Khimich

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

The article deals with the issues of simulation computer modeling of the parameters of the modes of operation of a cable lifting machine for logging on slopes. The study was supported by Presidential Grant for Governmental Support to Young Russian Scientists No. MD-1543.2022.4

**Keywords**: mathematical modeling, computer modeling, simulation modeling, rope lifting machine, logging on the slope, operating modes.

# References

- 1. Lagerev I.A., Khimich A.V. Mathematical modeling of dynamics cable lifting machine. Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. − 2022. − №1.
- 2. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimal design of cable subway lines in a highly urbanized city environment. Izvestiya MGTU "MAMI". 2015. Vol.1. No.1. pp. 57-65.
- 3. Lagerev I.A., Kiyutina I.I. Development and support of advertising websites on the Internet in case of the problem of the browser cache updating. Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta.  $-2020. N \cdot 2. P. 16-20.$
- 4. Lagerev I.A., Milto A.A.. Lagerev A.V. Effectiveness of elastic damping in the pivot joints of cargo boom of crane-manipulating installations at large gaps. Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. − 2016. − №1. − P. 18-36.
- 5. Lagerev I.A., Milto A.A., Lagerev A.V. Reducing the impact load arising from the looseness in joints of articulating cranes. Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. -2015. -N2. -P. 37-44.
- 6. Lagerev I.A. Simulation of a bridge crane metal construction loading parameters. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnitcheskogo universiteta. 2009. №4. P. 65-70.
- 7. Lagerev I.A. Simulation of a bridge crane metal construction loading parameters. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnitcheskogo universiteta. − 2010. − №2. − P. 74-81.
- 8. Lagerev I.A. Simulation of a crane-manipulator of mobile energy unit metal construction loading parameters. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnitcheskogo universiteta. -2012. N01. P. 62-70.

# About author

Khimich A.V. – Post-graduate Student, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, e-mail: *annahimich14@mail.ru*.

# УДК 621.86

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КАНАТНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ТЯГОВОГО И НЕСУЩЕГО КАНАТОВ

# А.В. Химич, И.А. Лагерев

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В статье рассматриваются вопросы моделирования динамики канатной грузоподъемной машины, рабочий орган которой перемещается вдоль линейно протяженного кабеля с помощью лебедки. Разработана математическая модель, учитывающая колебания рабочего органа на тяговом и несущем канатах, при его движении вдоль склона. Проведено численное интегрирование уравнений движения. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук № МД-1543.2022.4.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, компьютерное моделирование, кабельная грузоподъемная машина, кабельный кран, лебедка, канат, динамика.

Канатные грузоподъемные машины могут использоваться проведения погрузочно-разгрузочных работ Для современных склонах. создания конкурентоспособных грузоподъемных машин необходимо разрабатывать и внедрять эффективные Численное компьютерное методы исследования. математическое моделирование является эффективным методом исследования динамики транспортнотехнологических машин [1-4].

Ранее была предложена расчетная схема для исследования рабочих процессов канатной грузоподъемной машины (далее КГМ) показанная на рис. 1. По склону 1 диной Lи углом наклона к горизонту  $\alpha$  между верхней 2 и нижней 3 станциями КГМ натянут несущий канат 7, по которому движется рабочий орган 4, приводимый в движение тяговым канатом 6 с помощью лебедки 5 [1].

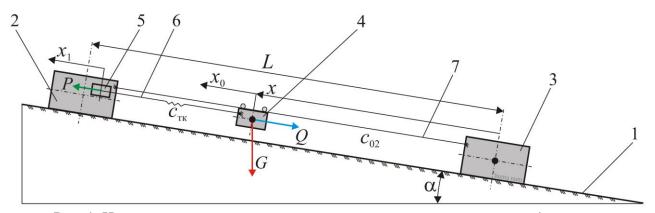


Рис. 1. Исходная расчетная схема канатной грузоподъемной машины: 1 — склон; 2 — верхняя станция; 3 — нижняя станция; 4 — рабочий орган; 5 — лебедка; 6 — тяговый канат; 7 — несущий канат [1]

Однако модель [1] не учитывает вклад несущего каната в динамику системы. Поэтому была разработана математическая модель с учетом влияния несущего каната. В исходную математическую модель добавлена вертикальная степень свободы, описывающая вертикальные колебания грузозахватного органа на несущем канате. В рамках исследования рассматриваются только процессы движения рабочего органа с грузом вдоль несущего каната. Рабочие процессы валки леса не рассматриваются.

Уточненная расчетная схема показана на рис. 2. Грузозахватный орган совершает колебательные движения вдоль тягового каната по координате  $x_0$ , а также в вертикальном направлении по координате  $y_0$ . При этом он смещается из точки O в точку  $O_1$  на расстояние  $\delta_0$  (перемещение вдоль тягового каната  $\delta_{0x}$ , вертикальное перемещение  $\delta_{0y}$ ).

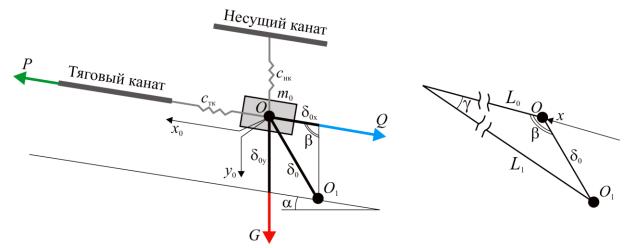


Рис. 2. Расчетная схема канатной грузоподъемной машины с учетом влияния тягового и несущего канатов

Математическая модель для расчетной схемы (рис. 2) имеет следующий вид:

$$\begin{cases} m_{0}\ddot{x}_{0} + c_{_{TK}}(x_{1} - x_{0}) - c_{_{HK}}y_{0}\sin\alpha = -Q - G\sin\alpha; \\ m_{0}\ddot{y}_{0} - c_{_{HK}}y_{0} + c_{_{TK}}(x_{1} - x_{0})\sin\alpha = G + Q\sin\alpha; \\ m_{1}\ddot{x}_{1} + c_{_{TK}}(x_{0} - x_{1}) = P(\dot{x}_{1}), \end{cases}$$
(1)

где  $x_0$ ,  $y_0$  и  $x_1$  — линейные координаты грузозахватного органа вдоль тягового каната, в вертикальном направлении и привода лебедки соответственно;  $m_0$  — масса рабочего органа канатной машины с грузом (кг);  $m_1$  — приведенная к линейному движению тягового каната масса привода и вращающихся частей лебедки (кг);  $c_{\text{тк}}$  — жесткость тягового каната (H/м);  $c_{\text{нк}}$  — жесткость несущего каната (H/м); Q — внешнее воздействие со стороны рабочего органа (H), которое задается в виде закона или совокупности значений; G — вес рабочего органа с грузом (H);  $P(\dot{x}_1)$  — приведенное к линейному движению тягового каната тяговое усилие лебедки (H), зависящее от скорости ее вращения.

Начальные условия  $x_0(t=0)=x$ ,  $y_0(t=0)=y$ ,  $\dot{x}_1(t=0)=x_{10}$ , где t – модельное время в ходе численного интегрирования (c); x, y – начальное положение рабочего органа вдоль тягового каната и в вертикальном направлении соответственно (м),  $x_{10}$  – номинальная скорость вращения лебедки, приведенная к линейному движению тягового каната (м/c).

Параметры рассматриваемой системы можно вычислить следующим образом.

$$\begin{split} \delta_0 &= \delta_{0x}^2 + \delta_{0y}^2 - 2\delta_{0x}\delta_{0y}\mathrm{cos}\beta \ \ (\mathrm{M}); \ \beta = 0.5\pi + \alpha \ \ (\mathrm{рад}); \\ \delta_{0x} &= \frac{1}{c_{_{\mathrm{TK}}}} \Big[ Q + G\sin\alpha - c_{_{\mathrm{TK}}}(x_1 - x_0) - c_{_{\mathrm{HK}}}y_0\sin\alpha \Big] \ \ (\mathrm{M}); \\ \delta_{0y} &= \frac{1}{c_{_{\mathrm{HK}}}} \Big[ G - Q\sin\alpha - c_{_{\mathrm{TK}}}(x_0 - x_1)\sin\alpha - c_{_{\mathrm{HK}}}y_0\sin\alpha \Big] \ \ (\mathrm{M}); \\ L_0 &= L - x - x_0 \ \ (\mathrm{M}); \ L_1 = L_0^2 + \delta_0^2 - 2L_0\delta_0\cos(\beta) \ \ \ (\mathrm{M}); \\ \gamma &= \mathrm{arccos}\Big[ (L_0^2 + \delta_0^2 - L_1)(2L_0\delta_0)^{-1} \Big] \ \ (\mathrm{pag}). \end{split}$$

Жесткость несущего каната изменяется в зависимости от положения грузозахватного органа между станциями КГМ. Расчетная схема к определению  $c_{\rm нк}$  приведена на рис. 3. В основу определения жесткости положено вычисление податливостей  $\varepsilon_i$  — деформаций каната (прогибов) при приложении единичной силы в i-й его точке. Тогда жесткость  $c_{\rm нк}$  несущего каната в i-й его точке можно вычислить как  $\varepsilon_i^{-1}$ . При численном интегрировании  $c_{\rm нк}$  вычисляется на каждой итерации с учетом текущего значения x.

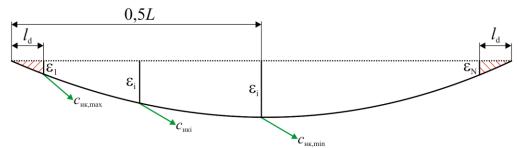


Рис. 3. Расчетная схема к определению жесткости несущего каната

Считаем, что минимальное значение жесткость несущего каната достигается на середине склона при x=0.5L и равно

$$c_{_{\mathrm{HK,min}}} = \frac{48EJ}{x(3L^2-4x^2)}$$
 при  $x \leq 0.5L;$   $c_{_{\mathrm{HK,min}}} = \frac{48EJ}{(L-x)(3L^2-4(L-x)^2)}$  при  $x > 0.5L,$ 

где E – модуль упругости каната (Па), J – момент инерции иссечения каната (м<sup>4</sup>).

Максимальное значение жесткость несущего каната достигает на краях. С целью обхода сингулярности при вычислении жесткости, считаем, что грузозахватный орган не доходит до станции КГМ  $l_{\rm d}$  = 0,2 м. Тогда

$$c_{\text{HK,max}} = \frac{48EJ}{0,2(3L^2 - 0,16)}$$
.

Решение уравнений движения (1) проводилось численно методом Рунге-Кутта в программе собственной разработки. Шаг интегрирования по времени был выбран 0,01 с.

Параметры тестовой модели:  $m_0 = 500$  кг,  $m_1 = 126000$  кг,  $c_{\text{тк}} = 100000$  Н/м,  $c_{\text{нк,min}} = 900000$  Н/м,  $c_{\text{нк,max}} = 2100000$  Н/м, Q = 0 Н; G = 4905 Н; максимальное значение P = 5396 Н, x = 0 м,  $y_0 = 0$  м,  $x_{10} = 0,129$  м/с,  $\alpha = 30^\circ$ . Закон изменения тягового усилия лебедки принят аналогичным закону, приведенному в [5].

Результаты интегрирования уравнений движения показаны на рис. 4 – рис. 5.

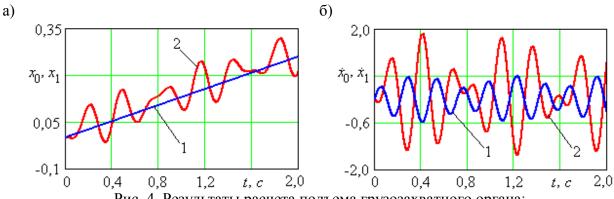


Рис. 4. Результаты расчета подъема грузозахватного органа: а – графики изменения координат; б – графики изменения скоростей; 1 – для лебедки; 2 – для грузозахватного органа

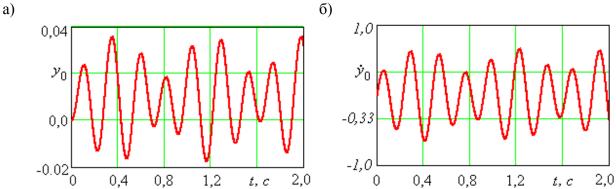


Рис. 5. Результаты расчета вертикальных колебаний грузозахватного органа: а – графики изменения координаты; б – графики изменения скорости

Интегрирование уравнений движения (1) позволяет не только определить координаты и скорости элементов системы, но и оценить параметры динамической нагруженности конструкции, например, усилий в канатах. На рис. 6 показаны динамические процессы изменения усилий в канатах исследуемой КГМ.

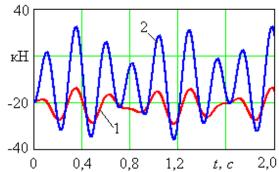


Рис. 6. Результаты расчета усилий в канатах КГМ (кН): 1 – тяговый канат; 2 – несущий канат

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Учет влияния тягового и несущего каната позволяет повысить точность исследования рабочих процессов. Амплитуды и частоты колебательных процессов координат и скоростей вдоль тягового каната выше, чем без учета влияния несущего каната (по данным работы [1]). Для исследуемой КГМ колебания грузозахватного органа в вертикальной плоскости и вдоль тягового каната происходят в противофазе.

# Список литературы

- 1. Лагерев И.А., Химич А.В. Математическое моделирование динамики кабельной грузоподъемной машины // Ученые записки Брянского государственного университета. -2022. №1.
- 2. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Оптимальное проектирование линий канатного метро в условиях сильно урбанизированной городской среды // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. -2015. -T.1. -№ 1. -C. 57-65.
- 3. Лагерев А.В., Лагерев И.А, Мильто А.А. Универсальная методика определения напряжений в стержневых элементах конструкций гидравлических кранов-манипуляторов в задачах динамики // Вестник Брянского государственного университета. 2013. №4. С. 21-27.
- 4. Киютина И.И., Лагерев И.А. Формирование компетенций в области современных сквозных цифровых технологий у обучающихся по направлению «Реклама и связи с

общественностью» // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2020. – №2. – С. 11-15.

5. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.

# Сведения об авторах

Химич Анна Васильевна – аспирант ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: *annahimich14@mail.ru*.

Лагерев Игорь Александрович — доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе  $\Phi\Gamma$ БОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.

# MATHEMATICAL MODELING OF DYNAMICS CABLE LIFTING MACHINE WITH THE INFLUENCE OF TRACTION AND LOAD-BEARING ROPES

# A.V. Khimich, I.A. Lagerev

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

The article deals with the issues of modeling the dynamics of a cable lifting machine, the working body of which moves along a linearly extended cable with the help of a cable winch. A mathematical model has been developed that takes into account the vibrations of the working body on the traction and load-bearing ropes as it moves along the slope. Numerical integration of the equations of motion is carried out. The study was supported by Presidential Grant for Governmental Support to Young Russian Scientists No. MD-1543.2022.4

Keywords: modeling, simulation, cable lifting machine, cable crane, winch, rope, dynamics.

# References

- 1. Lagerev I.A., Khimich A.V. Mathematical modeling of dynamics cable lifting machine. Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. − 2022. − №1.
- 2. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Optimal design of cable subway lines in a highly urbanized city environment. Izvestiya MGTU "MAMI". 2015. Vol.1. No.1. pp. 57-65.
- 3. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. Universal technique for stress analysis of beam elements of articulating cranes in case of dy-namic load. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. No.4. pp. 21-27.
- 4. Lagerev I.A., Kiyutina I.I. Development and support of advertising websites on the Internet in case of the problem of the browser cache updating. Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta.  $-2020. N \cdot 2. P. 16-20.$ 
  - 5. Lobov N.A. Overhead cranes dynamics. M.: Mashinostroenie, 1987. 160 p.

# **About authors**

Khimich A.V. – Post-graduate Student, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *annahimich14@mail.ru*.

Lagerev I.A. – Sc. D. in Technical Sciences, Assistant Professor, Vice rector for Innovations, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 613.79

# ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СНА НА УСПЕВАЕМОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ

# Е.Н. Захарченко, Е.В. Ноздрачева

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В настоящее время проблемы нарушения сна, его недостаточной продолжительности стоят наиболее остро. Представления о влиянии недостатка сна функциональное состояние нервной системы недостаточно глубоки и однозначны. На решение данных проблем направлены усилия большого количества учёных и врачей разных стран мира. Каждый год создаются всё новые способы исследования сна. В данной работе поднимается проблема влияния сна на успеваемость школьников. Несмотря на важность сна для детей и подростков, ему часто не уделяют должного внимания. В ходе исследования было выяснено, что многие школьники регулярно не досыпают, некоторые из них имеют проблемы со сном. Все это негативно сказывается на их успеваемости. У учащихся ухудшается память, снижается концентрация, многие предметы тяжелее поддаются изучению.

Ключевые слова: сон, школьники, успеваемость, недосыпание.

Введение. Сон и сновидения издавна интересовали человека. Необычное содержание и загадочность сновидений послужили поводом для догадок и предположений о природе сна. Современные представления о сне строятся на трудах М. Жуве и его последователей. Их труды были в полной мере подтверждены ближе к концу 20 века в связи с развитием науки и техники. Большинство учёных искали ответы на вопросы в области сомнологии, чтобы понять, как сон влияет на здоровье человека, каковы гистологические, цитологические, физиологические основы этого процесса. Ученые и сейчас активно занимаются исследованием сна. На современном этапе изучаются уже генетические, биохимические и молекулярно-биологические аспекты сна. Одной из важнейших проблем современности является дефицит сна. С ней сталкиваются и дети, и взрослые. Несмотря на важность этого процесса, ему часто не уделяется должное внимание. Во время сна мозг анализирует информацию, восстанавливается и готовится к получению новых знаний. Если эти процессы прошли успешно, то человек просыпается бодрый и с ясной головой. В обратном случае ухудшается внимание и память, снижается настроение и концентрация [3].

Особенно необходим полноценный сон для школьников. Ведь в это время происходит регенерация клеток и образование гормонов, которые положительно скажутся на настроении, аппетите, внимании и, как следствие, на успеваемости ребенка [1].

Сон школьника должен в среднем составлять 11-12 часов в начальной школе и 9,5-10,5 часов в старших классах.

Чтобы обеспечить здоровый сон школьнику, необходимо придерживаться нескольких правил: укладываться спать в одно и то же время, исключить подвижные игры и использование гаджетов перед сном, спальное место должно быть правильно организовано, последний приём пищи должен быть не позднее, чем за два часа до отхода ко сну [2].

Методы исследования. Целью исследования являлось установление влияния продолжительности сна на успеваемость школьников. Нами было проведено анкетирование школьников среднего звена (6-8классы) на предмет качества и количества их сна. В предложенной обследуемым школьникам анкете содержались вопросы о времени отхода ко сну и его продолжительности, о наличии ночных кошмаров, качестве сна, а также о субъективной оценке функционального состояния своего организма при недосыпании. Всего в опросе участвовало 100 учащихся. Анкетирование проводилось на базе МБОУ «Гимназия №6» г. Брянска. Обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Word и Microsoft Exel.

Результаты исследования. В результате исследования были получены следующие данные. Большинство детей (47%) ложатся спать в промежуток с 22:30 до 23:30 часов; 30% учащихся отходят ко сну в промежуток с 21:30 до 22:30 часов и 23% ложатся спать с 23:30 до 00:30 часов. Продолжительность сна у 43% учащихся составляет менее 8 часов, 40% учащихся спит в среднем 8,5-9,5 часов и 17% учащихся спит более 9,5 часов. С беспокойным сном и ночными кошмарами часто сталкивается лишь 7% учеников, иногда ночные кошмары беспокоят 32% учащихся и никогда не сталкиваются с беспокойным сном 61% детей. С понятием «гигиена сна» не знакомы 50% учеников, вовсе не соблюдают гигиену сна 20% учеников,18% учащихся иногда соблюдают гигиену сна, и лишь 12% ребят регулярно придерживаются правил гигиены сна. При недосыпании ребята сталкиваются с трудностями в обучении. Так, 27% опрошенных отмечают снижение внимания, 24% замечают снижение активности на уроках, 25% обучающихся испытывают ухудшение памяти, снижение многозадачности наблюдается у 19% детей, 3% учащихся сталкиваются со всеми перечисленными трудностями, а 2% ребят не испытывают трудностей в обучении при недосыпании (рис.1).

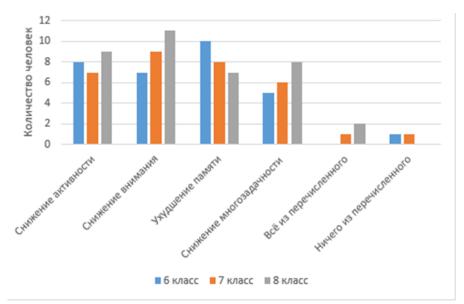


Рис. 1 Влияние сна на успеваемость учащихся МБОУ «Гимназия №6» г. Брянска

Кроме того, нами было выявлено, что при недосыпании обучающие сталкиваются со сложностями при изучении учебного материала в области определенных дисциплин (рис. 2). Так, 28% обучающихся тяжело дается изучение иностранных языков, 25% — математических наук, при изучении естественных наук сталкиваются со сложностями 18% учеников, а при изучении гуманитарных наук — 15% учащихся, страдающих недосыпанием. Важно отметить, что 9% обучающихся ответили, что у них возникают трудности со всеми перечисленными науками, и только у 5% обследуемых школьников трудности не возникают (рис. 2).

Заключение. На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что 43% опрошенных учащихся регулярно не досыпают, так как их продолжительность сна составляет менее 8 часов, при норме ночного сна 8,5-9,5часов. Отход ко сну после 23:30 часов (23% опрошенных) также может приводить к недосыпанию. При нехватке сна ребята сталкиваются со снижением внимания (27% опрошенных), снижением активности на уроках (24% опрошенных), ухудшением памяти (25% опрошенных). Все это не может не сказаться на процессе обучения. Особенно трудно ребятам дается изучение иностранных языков (28% опрошенных) и математических наук (25%). А 9% учащихся завили, что при недосыпании им тяжело дается изучение всех предметов.

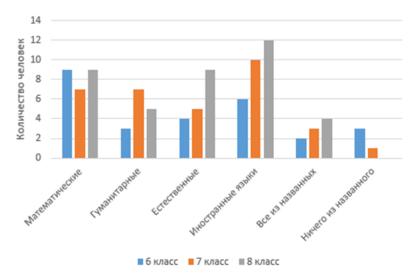


Рис. 2. Трудности, возникающие у обучающихся при недосыпании, при изучении отдельных дисциплин

Стоит отметить, что многие учащиеся не знакомы с понятием «гигиена сна» (50% опрошенных), а регулярно ее соблюдают лишь 12% детей. Это может сильно отразиться на качестве сна. Если на момент опроса 61% учащихся не сталкивается с беспокойным сном и ночными кошмарами, то при несоблюдении гигиены сна этот процент может сократиться. Беспокойный сон также повлияет на успеваемость учащихся.

Однократное недосыпание не сможет сильно повлиять на успеваемость детей. Однако, при регулярном недосыпании будет наблюдаться ухудшение памяти, внимания, активности, снижение учебной мотивации и, как следствие, ухудшение успеваемости. Поэтому чрезвычайно важно соблюдать правильный режим сна.

Процесс сна и его влияние на организм исследованы не до конца, поэтому данное направление является перспективным. Особенно актуален этот вопрос в настоящее время, ведь у людей (в частности школьников) возрастает умственная и эмоциональная нагрузка [1].

### Список литературы

- 1. Грицина О.П. Транковская Л.В., Лисецкая Е.А., Тарасенко Г.А. Особенности режима и качества сна современных школьников // Здоровье. Медицинская экология. Наука. №2. 2019. С. 13-16.
- 2. Коломейчук С.Н., Теплова Л.И. Качество и параметры сна у школьников // Журнал неврологии и психиатрии. -2017. N = 3. C.10-12.
- 3. Мусалимова Р.С., Янбарисова А.С. Качество сна учащейся молодёжи: возрастные и гендерные особенности // Вестник современных исследований. -2018.- № 12.- С. 105-109.

### Сведения об авторах

Захарченко Екатерина Николаевна — магистрант кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: katya.zakharchenko98@mail.ru.

Ноздрачева Елена Владимировна — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, е-mail: nozd-ev@mail.ru.

#### INFLUENCE OF SLEEP DURATION ON SCHOOLCHILDREN'S PERFORMANCE

### E.N. Zakharchenko, E.V. Nozdracheva

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

Currently, the problems of sleep disturbance and its insufficient duration are most acute. Ideas about the impact of lack of sleep on the functional state of the nervous system are not deep enough and unambiguous. The efforts of a large number of scientists and doctors from around the world are aimed at solving these problems. Every year, new ways of exploring sleep are being created. In this paper, the problem of the influence of sleep on the academic performance of schoolchildren is raised. Despite the importance of sleep for children and adolescents, it is often not given due attention. During the study, it was found out that many schoolchildren regularly lack sleep, some of them have problems with sleep. All this negatively affects their academic performance. Students' memory deteriorates, concentration decreases, and many subjects are harder to study.

Key words: sleep, schoolchildren, academic performance, lack of sleep.

#### References

- 1. Gritsina O.P., Trankovskaya L.V. Lisetskaya E.A., Tarasenko G.A. Features of the mode and quality of sleep of modern schoolchildren // Zdorovye. Medical ecology. The science. − 2019. − №2. − S. 13-16.
- 2. Kolomeychuk S.N., Teplova L.I. Quality and parameters of sleep in schoolchildren // Journal of Neurology and Psychiatry. 2017. №3. S.10-12.
- 3. Musalimova R.S., Yanbarisova A.S. The quality of sleep in students: age and gender characteristics // Bulletin of modern research.  $-2018. N_{\odot}$ . 12. S. 105-109.

#### **About authors**

Zkharchenko E.N. – Postgraduate, Department of Biology, of Bryansk State University named after academician I.G. Petrovsky, e-mail: *katya.zakharchenko98@mail.ru* 

Nozdracheva E.V – Ph. D. in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: nozd-ev@mail.ru

УДК 591.05

# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У НЕТОПЫРЯ МАЛОГО ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

# Е.Н. Карпенко, А.Л. Харлан

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»

Летучие мыши гетеротермные животные, у которых температура тела вне периода активности меняется в зависимости от температуры окружающей среды, поэтому для них неблагоприятны как низкие температуры, так очень высокие, вызывающие перегрев тела. В статье представлены результаты исследования биохимических показателей крови, отражающих состояние метаболизма нетопыря малого, проживающего в экологических условиях Брянской области. Установлено повышение азотистого и углеводного обмена, снижение белкового обмена, увеличение метаболической активности в тканях почек и сдвигов в процессах ассимиляции и диссимиляции. Ключевые слова: нетопырь малый, Pipistrellus pygmaeus, обмен веществ, биохимический анализ

**Ключевые слова:** нетопырь малый, Pipistrellus pygmaeus, обмен веществ, биохимический анализ крови, Брянская область.

**Введение.** Рукокрылые Брянской области принадлежат к одному подотряду рукокрылые – *Microchiroptera*, надсемейству *Vespertilionoidae*, семейству Гладконосые (*Vespertilionidae*) – обыкновенные летучие мыши или кожановые. Из 10 родов представителей хироптерофауны, это семейства, которые встречаются в России на территории Брянской области. Всего было выявлено 15 видов.

Летучие мыши гетеротермные животные, у которых температура тела вне периода активности меняется в зависимости от температуры окружающей среды. Именно поэтому для них неблагоприятны как низкие температуры ниже 0°, так и очень высокие, вызывающие перегрев тела. Дневного перегрева рукокрылые избегают благодаря ночной активности, проводя день в убежищах с благоприятным микроклиматом [14], а в умеренных широтах на холодный период они впадают в 5-7-месячную зимнюю спячку, во время которой скорость обмена веществ замедляется в 30 раз, а часть летних дней летучие мыши проводят в заторможенном состоянии, снижая уровень метаболизма в 2-3 раза [6].

Необходимость спячки обусловливают не столько температурные условия, сколько отсутствие в этот период активных насекомых, составляющих пищу летучих мышей [14].

Насекомоядные летучие мыши, обитающие в умеренных широтах, и в летний период испытывают незакономерные колебания обилия корма, связанные с непостоянством погоды.

Благодаря гетеротермии летучие мыши могут при неблагоприятных погодных условиях, оставаясь неподвижными, затормозить жизненные процессы и в течение нескольких суток обходиться без пищи. На летний активный период у летучих мышей приходится беременность у самок, накопление половых продуктов у самцов, линька, рост и развитие молодых особей.

Процессы подготовки самок к репродукции и полового созревания у самцов, требуют от организма больших энергетических затрат. В связи с этим у летучих мышей выработался механизм поддержания в течение длительного времени высокого уровня обмена веществ и температуры тела при неподвижности, не требующий больших энергетических затрат. Это поведенческая терморегуляция, которая у летучих мышей развита сильнее, чем у других млекопитающих. Например, подковоносы выбирают на такое время более теплые убежища; большая и остроухая ночницы образуют плотные скопления из нескольких десятков особей, внутри которых температура бывает на 15-20° выше окружающего воздуха [7, 11, 12].

Существенная роль в обмене белков принадлежит печени. Из аминокислот, поступающих с кровью, в печени образуется белок, где формируются фибриноген, протромбин, выполняющие важные функции в свертывании крови. В печени происходят

процессы перестройки аминокислот дезаминирование, трансаминирование, декарбоксилирование [8].

В печени происходит биотрансформация большинства токсических веществ, поступающих в организм с пищей. Подобная биотрансформация подразумевает превращение токсичных химических субстанций в новые вещества, которые не опасны для организма и способны легко выводиться. Печень способна регенерировать или замещать, восстанавливать собственные пораженные клетки, сохраняя свои основные функции.

Кровь, являясь тканью внутренней среды организма, находится в тесном контакте со всеми тканями и органами организма. Кровь отражает все изменения в физико-химических свойствах, которые происходят в организме животного [1, 2, 4, 5].

По данным Е. М. Охрименко [10]; А. Н. Квочко [4], белки сыворотки крови являются компонентами динамической циркулирующей системы и отражают физико-биохимические особенности организма в целом.

Содержание белков в сыворотке крови у летучих мышей вида нетопырь малый в половозрастном аспекте изучено недостаточно. При изучении обмена веществ особое место отводится белковому обмену, поскольку с белками связаны все процессы жизнедеятельности организма. В данном исследовании для анализа динамики показателей белкового обмена в организме изучалась соединительная ткань внутренней среды организма – кровь и сыворотка крови летучих мышей.

**Материалы и методы исследования.** У нетопыря малого гематологические и биохимические исследования крови проводились с использованием общепринятых методик [9].

С помощью биохимического фотометра Stat fax 1904+R, колориметрическим биуретовым, определяли общий белок сыворотки крови.

При помощи ФЭК-56ПМ (Россия) определяли белковые фракции в сыворотке крови турбидиметрическим методом [9].

Исследуемую сыворотку крови смешивали с рабочими фосфатными растворами заданной концентрации. Оптическую плотность данных растворов определяли при красном светофильтре в кювете с толщиной слоя 1 см, сравнивая с контролем. Зная концентрацию общего белка в сыворотке крови, рассчитывали содержание каждой фракции в абсолютных величинах.

Высокоспецифичные цитохимические методы используются для интерпретации морфологических, гематологических, иммунологических данных и применяются в диагностических целях.

Для изучения влияния антропогенных факторов на организм летучих мышей в сыворотке крови оценивали показатели:

- общий белок, альбумины и глобулины, характеризующие белковый обмен;
- мочевина и мочевая кислота, характеризующие азотистый обмен.

Было проведено исследование динамики показателей белкового обмена у нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*) в постнатальном онтогенезе, обитающего в локальном районе на территории Брянской области в условиях негативной антропогенной нагрузки с общим фоном радиоактивных излучений  $10,70^{137}$ Cs,  $Бк/м^2$  за 2014-2018 годы, (n=50).

**Результаты исследований.** Динамика показателей белкового обмена у летучих мышей, обитающих в локальном районе на территории Брянской области в условиях отрицательных экологических факторов с общим фоном радиоактивных излучений  $10.70^{137}$ Cs,  $\mathrm{Fk/m}^2$ .

По уровню общего белка в сыворотке крови разница у самок и самцов в первой колонии рукокрылых составили -0.93% (p<0.05), во второй колонии -0.95% (p<0.05). В первой колонии у самцов и самок уровень общего белка в сыворотке крови ниже, чем у самцов второй колонии на 5.89 г/л, у самок - на 5.38 г/л.

Разница по количеству альбуминов в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии нетопыря малого составили -9,33% (p<0,05), во второй колонии -10,47%. Установлено, что количество альбуминов в сыворотке крови у самок в первой и второй колониях выше, чем у самцов в 2,39 раза в первой и в 1,88 раза во второй колониях (табл. 1).

Таблица 1 Динамика общего белка и альбуминов в крови нетопыря малого за 2014-2018 годы (n=50)

Динамика общего оснае и анбоуминов в крови нетопыри малого за 2014 2010 годы (н=50)					
Год	Общий белок, г/л	Альбумины, %			
ТОД		M±m			
Самки (колония № 1)					
2014	35,95±1,26*	51,48±0,14			
2018	35,99±1,30*	51,56±0,08			
Среднее значение	35,97±1,28*	51,52±0,11			
Самки (колония № 2)					
2014	41,32±1,44*	53,25±0,11			
2018	41,38±1,50*	53,60±0,35*			
Среднее значение	41,35±1,47*	53,42±0,23*			
Самцы (колония № 1)					
2014	33,55±1,16	47,31±0,10			
2018	33,61±1,22	47,65±0,34*			
Среднее значение	33,58±1,19	47,48±0,22*			
Самцы (колония № 2)					
2014	39,48±1,41	47,85±0,06			
2018	39,46±1,39	47,99±0,14*			
Среднее значение	39,47±1,40	47,75±0,10*			

<u>Примечание</u>: статистическая значимость различий между самцами и самками одной колонии: \* - p<0,05.

Под влиянием атмосферного воздуха, не отвечающего гигиеническим нормативам по оксиду углерода, углеводородам, формальдегиду, взвешенным веществам, азота диоксиду, оксиду азота и диоксиду серы, с общим фоном радиоактивных излучений  $10.70^{137}$ Cs, Бк/м², в период с 2014 по 2018 годы, разница по уровню  $\alpha$ -глобулинов в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии составили – 1.02% (p<0.05), во второй колонии – 1.09% (p<0.05).

В первой колонии у самцов и самок уровень  $\alpha$ -глобулинов в сыворотке крови выше, чем у самцов второй колонии на 1,77 %, у самок – на 0,43% (табл. 2).

Разница по уровню β-глобулинов в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии составили – 1,06% (p<0,05), во второй колонии – 1,06% (p<0,05). В первой колонии у самцов и самок уровень β-глобулинов в сыворотке крови выше, чем у самцов второй колонии на 0,5 %, у самок – на 0,53%.

Разница по уровню  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии составили — 1,06% (p<0,05), во второй колонии — 1,07% (p<0,05). В первой колонии у самцов и самок уровень  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови выше, чем у самцов второй колонии на 0,11 %, у самок — на 0,16 %.

При изучении азотистого обмена в сыворотке крови в постнатальном онтогенезе у летучих мышей вида нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) было выявлено, что в колонии № 1, обитающей в деревне Кукуевка Навлинского района Брянской области, у самок, общий белок на 2,39 г/л и мочевая кислота на 18,76 мкмоль/л, больше, а мочевина на 0,06 ммоль/л; достоверно меньше, чем самцов.

Таблица 2 Динамика уровня α-, β- и γ-глобулинов в крови нетопыря малого за 2014-2018 годы (n=50)

динамика уровня и-, р- и у-тлооулинов в крови нетопыря малого за 2014-2010 годы (п=30)						
Год	α-глобулины, %	β-глобулины, %	γ-глобулины, %			
ТОД	M±m					
Самки (колония № 1)						
2014	21,35±0,03	7,71±0,05	13,12±0,11			
2018	21,48±0,13*	7,82±0,11*	13,42±0,30*			
Среднее значение	21,41±0,08*	7,76±0,08*	13,28±0,20*			
Самки (колония № 2)						
2014	19,03±0,10	7,65±0,09	13,03±0,08			
2018	19,21±0,18*	7,76±0,11	13,21±0,18			
Среднее	19,08±0,24*	7,70±0,10	13,12±0,12			
значение	19,08±0,24					
Самцы (колония № 1)						
2014	21,78±0,16	8,23±0,15	14,11±0,02			
2018	21,90±0,12	8,36±0,13	14,23±0,12*			
Среднее значение	21,84±0,19	8,29±0,14	14,16±0,07*			
Самцы (колония № 2)						
2014	20,77±0,05	8,13±0,06	14,08±0,20			
2018	20,93±0,16*	8,27±0,14*	14,02±0,06*			
Среднее значение	20,85±0,15*	8,20±0,17*	14,05±0,13*			

<u>Примечание</u>: статистическая значимость различий между самцами и самками одной колонии: \* - p<0,05.

В колонии № 2, обитающей в городе Мглин Брянской области, у самок, общий белок на 1,18 г/л больше, а мочевина на 0,37 ммоль/л, мочевая кислота на 19,99 мкмоль/л, достоверно меньше, чем у самцов (табл. 3).

Известно, что в организме животного, основными метаболитами белкового обмена считаются азотсодержащие вещества, одним из которых является мочевина.

Разница по количеству мочевины (ммоль/л) в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии составили -8,90%, во второй колонии -1,68%.

Установлено, что концентрация мочевины в сыворотке крови у самок вида нетопырь малый в первой и второй колониях ниже, чем у самцов в 0,06 раза в первой и в 0,37 раза во второй колониях.

Снижение концентрации мочевины в сыворотке крови отмечено у самок летучих мышей в первой колонии, обитающих в сельской местности, общей численностью 46 особей, из которых 31 самка и 15 самцов, и составила 0,49 ммоль/л.

Высокие значения мочевины в сыворотке крови у летучих мышей вида нетопырь малый, по нашему мнению, обусловлены накоплением этого метаболита в период спячки и наступлением сдвигов в процессах ассимиляции и диссимиляции и влияния отрицательной антропогенной нагрузки и ионизирующих излучений.

Снижение уровня мочевины в сыворотке крови в последующем, по нашему мнению, связано с интенсивным набором массы, ростом, движением летучих мышей, их половым и физиологическим созреванием в условиях техногенной нагрузки.

Увеличение количества мочевины у самцов, обитающих в городской среде в период после спячки, можно объяснить активным ростом животного, половым созреванием и, как следствие, интенсификацией обмена пуриновых оснований.

Таблица 3 Показателей азотистого обмена у нетопыря малого за 2014-2018 годы (n=50)

$N_{\underline{0}}$		ого оомена у нетопыря малого Мочевина, ммоль/л	Мочевая кислота, мкмоль/л		
п/п	Пол особи/годы	N	∕I±m		
	В деревне Кукуевка Брянской области Навлинского района				
1 колония	2014 год Самка (n=5)	0,48±0,01	170,14±9,63*		
	2018 год Самка (n=5)	0,50±0,03	170,10±9,59*		
	Ср. зн. Самка (n=10)	$0,49\pm0,02$	170,12±9,61*		
	2014 год Самец (n=5)	0,56±0,03*	151,34±8,92		
	2018 год Самец (n=5)	0,54±0,01*	151,38±8,96		
	Ср. зн. Самец (n=10)	0,55±0,02*	151,36±8,94		
	В городе Мглин Брянской области				
2 колония	2014 год Самка (n=5)	0,53±0,01	172,92±4,00		
	2018 год Самка (n=5)	0,55±0,03	172,96±4,04		
	Ср. зн. Самка (n=10)	$0,54\pm0,02$	172,94±4,02		
	2014 год Самец (n=5)	0,90±0,02*	132,94±4,74*		
	2018 год Самец (n=5)	0,92±0,04*	132,92±4,72*		
	Ср. зн. Самец (n=10)	0,91±0,03*	132,93±4,73*		

<u>Примечание</u>: статистическая значимость различий между одноименными показателями самцов и самок одной колонии: \*- p<0,05.

Основным и конечным продуктом азотистого обмена веществ в организме животного, является мочевина, содержащаяся в крови. От функционального состояния почек, от количества потребляемого белка и скорости его расщепления в организме зависит содержание в крови мочевины [13].

Разница по количеству мочевой кислоты (мкмоль) в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии нетопыря малого составили -11,23%, во второй колонии -13,01%.

Установлено, что количество мочевой кислоты в сыворотке крови у самок нетопыря малого в первой и второй колониях выше, чем у самцов в 18,89 раза в первой и в 40,01 раза во второй колониях.

По мнению А. Н. Квочко (2002) [5], мочевая кислота, это конечный продукт обмена пуриновых оснований, входящих в состав нуклеопротеидов, она также является компонентом остаточного азота.

В результате исследований установлено, что в крови у летучих мышей количество мочевой кислоты меняется волнообразно. Максимальные значения мочевой кислоты в сыворотке крови (172,94 мкмоль) приходится самок в 2018 году, обитающих в городской

среде под воздействием отрицательных экологических факторов, с общей численностью колонии 63 особи (из которых 42 самки и 21 самец).

Анализ результатов, отражающих влияние экологических факторов на организм летучих мышей вида нетопырь малый, с учетом показателей качественного и количественного состава крови, динамики содержания общего белка и его фракций в сыворотке крови, иммунологических и цитохимических показателей, свидетельствует об активизации важнейших реакций, обеспечивающих гомеостаз организма особей во время активного полета [2].

Под влиянием атмосферного воздуха, не отвечающего гигиеническим нормативам по оксиду углерода, углеводородам, формальдегиду, взвешенным веществам, азота диоксиду, оксиду азота и диоксиду серы, с общим фоном радиоактивных излучений  $10,70^{137}$ Cs,  $\text{Бк/m}^2$ , в период с 2014 по 2018 годы, различия между самками и самцами в 1 колонии в уровне мочевины составили 1,12%, во 2 колонии составили -1,68%; в 1 колонии в уровне мочевой кислоты составили 1,12%, во 2 колонии составили -1,17%.

**Выводы.** Критерием биохимической адаптации у нетопыря малого, находящегося под влиянием не отвечающего гигиеническим нормативам атмосферного воздуха по оксиду углерода, углеводородам, формальдегиду, взвешенным веществам, азота диоксиду, оксиду азота и диоксиду серы, на фоне радиоактивного (ионизирующего) излучения, является компенсаторно-приспособительная реакция, затрагивающая:

Метаболический статус, меняющийся с различной периодичностью и амплитудой колебания: повышение азотистого обмена (мочевина и мочевая кислота); снижение белкового обмена (общий белок, альбумины и глобулины); повышение углеводного обмена (глюкоза) и повышение метаболической активности (мочевины, мочевой кислоты и глюкозы) в тканях почек и сдвигов в процессах ассимиляции и диссимиляции (накоплении метаболитов), вследствие длительной спячки и воздействия антропогенных факторов.

# Список литературы

- 1. Иванов К.П. Мельникова Н.Н. Роль лейкоцитов в динамике микроциркуляции в норме и при патологии // Вестник РАМН. -2004. -№ 3. C. 3-14.
- 2. Иванова С.М. Лабецкая О.И., Попова И.А. и др. Изменения гликолиза в тканях скелетных мышц и печени // Результаты исслед. на биоспутниках. РАН. Отделение физиологии. М. 1992. С. 214-216.
- 3. Карпенко Е.Н., Зайцева Е.В., Анищенко Л.Н., Харлан А.Л., Крикливый Н.Н. Адаптивные преобразования биохимических показателей почек и крови рукокрылых рода Нетопырь, обитающих на территории Брянской области // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. -2021. -T. 13. -№ 2. -C. 138-161.
- 4. Квочко А.Н. Динамика морфофункциональных показателей мочевыделительной системы и паренхиматозных органов мериносовых овец в норме и при уролитиазе: дисс... д-ра биол. наук. Ставрополь, 2002. 380 с.
- 5. Квочко А.Н. Оценка белково-синтетической функции в почках мериносовых овец в постнатальном онтогенезе // Цитология. 2001. Т.43. №12. С. 1174-1178.
  - 6. Кожунина Е.И. Не птицы, а летают // Журнал «Биология». №17. 2000. 552 с.
- 7. Кучерук В. В. Медицинская териология: грызуны, хищные, рукокрылые. М.: Наука, 1989.-272 с.
- 8. Лысов В.Ф., Максимов В.И. Физиология и этология животных. М.: Издательство «Москва», 2012.-605 с.
- 9. Методы ветеринарной и клинической диагностики / Под ред. И.П. Кондрахина. М.: Издательство «КолосС», 2004. 520 с.
- 10. Охрименко Е.М. Нестерович Р.С. Изменение общего белка и его фракций в сыворотке крови гусей в зависимости от физиологического состояния // Материалы IV республиканской конференции. Львов, 1968. С. 297.

- 11. Панютин С.К. Происхождение полета рукокрылых // Рукокрылые (Chiroptera). М.: Наука, 1980. С. 176-186.
- 12. Панютин С.К. Рукокрылые // Итоги мечения млекопитающих. М.: Наука, 1980. С. 23-46.
- 13. Реутова Е.А. Стацевич Л.Н. Изменения биохимических и морфологических показателей крови у животных. Новосибирск, 2005. 131 с.
- 14. Saint G. M.-C. Particulates du cycle annuel des chiropteresen regions tempereesfroides // Period, biologorum. 1973. Vol. 75. N1. P. 207-213.

### Сведения об авторах

Карпенко Елизавета Николаевна — ассистент кафедры химии  $\Phi \Gamma EOV$  ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail:  $liza\_zayceva22@mail.ru$ .

Харлан Алексей Леонидович – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: alexkharlan@mail.ru.

# METABOLISM IN A SMALL BAT UNDER THE INFLUENCE OF NEGATIVE ENVIRONMENTAL FACTORS OF THE BRYANSK REGION

# E.N. Karpenko, A.L. Kharlan

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

Bats are heterothermal animals whose body temperature outside the period of activity varies depending on the ambient temperature, therefore, both low temperatures and very high temperatures are unfavorable for them, causing overheating of the body. The article presents the results of a study of biochemical blood parameters reflecting the state of metabolism of a small bat living in the environmental conditions of the Bryansk region. An increase in nitrogen and carbohydrate metabolism, a decrease in protein metabolism, an increase in metabolic activity in kidney tissues and shifts in assimilation and dissimilation processes were found.

Keywords: small bat, Pipistrellus pygmaeus, metabolism, biochemical blood analysis, Bryansk region.

### References

- 1. Ivanov K.P. Mel'nikova N.N. Rol' lejkocitov v dinamike mikrocirkulyacii v norme i pri patologii // Vestnik RAMN. 2004. № 3. S. 3-14.
- 2. Ivanova S.M. Labeckaya O.I., Popova I.A. i dr. Izmeneniya glikoliza v tkanyah skeletnyh myshc i pecheni // Rezul'taty issled. na biosputnikah. RAN. Otdelenie fiziologii. M. 1992. S. 214-216.
- 3. Karpenko E.N., Zajceva E.V., Anishchenko L.N., Kharlan A.L., Kriklivyj N.N. Adaptivnye preobrazovaniya biohimicheskih pokazatelej pochek i krovi rukokrylyh roda Netopyr', obitayushchih na territorii Bryanskoj oblasti // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture.  $2021. T. 13. N \cdot 2. S. 138-161.$
- 4. Kvochko A.N. Dinamika morfofunkcional'nyh pokazatelej mochevydelitel'noj sistemy i parenhimatoznyh organov merinosovyh ovec v norme i pri urolitiaze: diss...d-ra biol. nauk. Stavropol', 2002. 380 s.
- 5. Kvochko A.N. Ocenka belkovo-sinteticheskoj funkcii v pochkah merinosovyh ovec v postnatal'nom ontogeneze // Citologiya. -2001. T.43. №12. S. 1174-1178.
  - 6. Kozhunina E.I. Ne pticy, a letayut // ZHurnal «Biologiya». №17. 2000. 552 s.
- 7. Kucheruk V. V. Medicinskaya teriologiya: gryzuny, hishchnye, rukokrylye. M.: Nauka, 1989. 272 s.
- 8. Lysov V.F., Maksimov V.I. Fiziologiya i etologiya zhivotnyh. M.: Izdatel'stvo «Moskva», 2012. 605 s.

- 9. Metody veterinarnoj i klinicheskoj diagnostiki / Pod red. I.P. Kondrahina. M.: Izdatel'stvo «KolosS», 2004. 520 s.
- 10. Ohrimenko E.M. Nesterovich R.S. Izmenenie obshchego belka i ego frakcij v syvorotke krovi gusej v zavisimosti ot fiziologicheskogo sostoyaniya // Materialy IV respublikanskoj konferencii. L'vov, 1968. S. 297.
- 11. Panyutin S.K. Proiskhozhdenie poleta rukokrylyh // Rukokrylye (Chiroptera). M.: Nauka, 1980. S. 176-186.
- 12. Panyutin S.K. Rukokrylye // Itogi mecheniya mlekopitayushchih. M.: Nauka, 1980. S. 23-46.
- 13. Reutova E.A. Stacevich L.N. Izmeneniya biohimicheskih i morfologicheskih pokazatelej krovi u zhivotnyh. Novosibirsk, 2005. 131 s.
- 14. Saint G. M.-C. Particulates du cycle annuel des chiropteresen regions tempereesfroides // Period, biologorum. 1973. Vol. 75. N1. R. 207-213.

### **About authors**

Karpenko E.N. – Assistant of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *liza\_zayceva22@mail.ru*.

Kharlan A.L. – Ph. D. in Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *alexkharlan@mail.ru*.

УДК 581.9 (470.333)

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЛОРЫ ПАЛЬЦОВСКОГО ПОЛЕСЬЯ

# А.Д. Крапивин

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»

В статье обсуждается уровень таксономического разнообразия и особенностей структуры флоры Пальцовского полесья, как уникального региона, расположенного на стыке ботанико-географических зон. Данное исследование проведено на основе опубликованных данных, анализа гербарных материалов и собственных маршрутных исследований. Выполнен ботанико-географический и эколого-биологический анализ флоры. Результаты данной работы могут быть использованы в целях планирования биомониторинга и охраны растительного покрова региона.

Ключевые слова: флора, Пальцовское полесье, Брянская область

**Введение.** Растительный покров полесских ландшафтов за XX век сильно изменился в результате интенсивной антропогенной нагрузки: осущение и выработка торфяников, вырубка лесных массивов, регулирование стока рек, распашка территории и т.п. В связи с этим возникает необходимость изучения состояния флористического разнообразия этих территорий для прогнозирования динамики природных популяций и оценки их восстановительного потенциала на исследуемой территории.

Пальцовское полесье расположено на границе физико-географических провинций и ботанико-географических подзон хвойно-широколиственных и широколиственных лесов [6, 23]. Своеобразие данной территории подчеркивается ее уникальным расположением у ряда флористических, ботанико-географических и природных рубежей [15, 26, 27, 28]. Вследствие неоднородности геологического и геоморфологического строения, расположения на южной границе лесной зоны, низменного положения, широкого распространения сосновых боров, пустошей, низинных и переходных болот растительный покров отличается высоким флористическим разнообразием. Ландшафтную структуру дополняет древняя ложбина стока с крупными торфяниками – выработанные болота у н.п. Пальцо, Теплое [1, 2].

Территория района исследования проходит по северо-восточной границе Брянской области и по следующим населенным пунктам: п. Батагово, п. Стеклянная Радица, п. Большое Полпино, п. Снежка, п. Теплое, п. Трыковка, п. Мальтина, п. Песочня, д. Жиркины дворы, д. Желтоводье.

Данная территория является важным ботанико-географическим рубежом, так как через его территорию проходят границы распространения некоторых значимых древесных эдификаторов: *Picea abies* — юго-восточная граница сплошного распространения [13, 15], а также травянистых и кустарниковых растений — *Cinna latifolia, Cystopteris sudetica, Linnea borealis* — на южной границе ареала, *Lunaria rediviva* — на юго-восточной границе ареала [13, 17, 18, 33].

В пределах Пальцовского полесья расположены 9 памятников природы регионального значения: «Лесной заказник им. Г.Ф. Морозова», «Дендрарий им. Б.В. Гроздова», «Дендрарий в честь 200-летия лесного департамента России», «Дюнные всхолмления» (место массового произрастания двух редких видов растений, занесенных в региональную Красную книгу – Armeria vulgaris (охраняется на территории РФ) и Sempervivum ruthenicum, «Рябчик» (единственное в регионе местонахождение Fritillaria meleagris, занесенного в Красные книги РФ и Брянской области; место произрастания двух видов растений, занесенных в Красную книгу Брянской области – Goodyera repens и Juniperus communis, «Рессета», «Озеро Шумовец» (наиболее ценное грязевое месторождение Брянской области, богатое сапропелем, являющегося ценным органическим удобрением, а также место произрастания 4 видов растений, внесенных в региональную Красную книгу – Chamaedaphne calyculata, Iris sibirica. Ophioglossum vulgatum. Pedicularis sceptrum-carolinum). «Болото

Теплое» (является уникальным болотным массивом с редкими растительными сообществами, южная часть которого в значительной мере осушена и ранее разрабатывалось как торфяное месторождение), заказник «Карачевский» [17, 18].

Полесские ландшафты издавна привлекали внимание ученых-ботаников. Впервые о флоре исследуемой территории упоминает Ф.И. Рупрехт в «Геоботанических исследованиях о черноземе» [24]. Здесь им отмечены такие виды как Adenophora liliifolia, Epipactis palustris, Salix lapponum, которые занесены в Красную книгу Брянской области [17, 18]. Отдельные флористические находки, в том числе редких растений, выполнены В.Я. Цингером [39]: Angelica palustris, Drosera rotundifolia, Jovibarba sobolifera, Juniperus communis, Linnaea borealis, Lycopodium complanatum, Moneses uniflora, Pedicularis sceptrum-carolinum, Phegopteris connectilis, Salix myrtilloides, Thymus serpyllum; И.К. Пачосским [22]: Dianthus superbus; В.Н. Сукачевым [30]: Cystopteris sudetica, Linnaea borealis, Lycopodium complanatum, Platanthera chlorantha; И. С. Виноградовым [16]: Adenophora liliifolia, Betula humilis, Gladiolus imbricatus, Huperzia selago, Jovibarba sobolifera, Salvinia natans и Р.Т. Рыбаковым [25]: Jovibarba sobolifera.

Комплексными флористическими работами, из которых можно почерпнуть сведения о флоре Пальцовского ландшафта являются работы В.Н. Хитрово [35, 36, 37, 38], П.З. Босека [3, 4, 5], Б.С. Харитонцева [33, 34], А.Д. Булохова, Э.М. Величкина, В.Е. Вилинского, В.Г. Катышевцевой [11], А.Д. Булохова, Э.М. Величкина, Б.С. Харитонцева [12], А.К. Скворцова, А.Д. Булохова, Э.М Величкина, Ю.Э. Алексеева, В.В. Макарова [29], А.Д. Булохова, Э.М. Величкина [13], Ю.П. Федотова [32] и Красной книги Брянской области [17, 18].

Богатый материал о распространении редких и новых для региона видов отражен в работах А.Д. Булохова [7, 8]: Armeria vulgaris, Alyssum calycinum, Drapa sibirica, Drosera rotundifolia, Fritillaria meleagris, Huperzia selago, Orchis militaris, Silene borysthenica и Б. С. Харитонцева [33, 34]: Axyris amaranthoides, Cirsium polonicum, Dianthus superbus, Onopordum acanthium, Senecio fluviatilis.

Сведения о современном состоянии растительного покрова Пальцовского ландшафта можно найти в обзорных работах по флоре и растительности Юго-Западного Нечерноземья России [9, 14].

**Материал и методы исследования.** На основании анализа литературных данных В.Н. Хитрово [35, 36, 37, 38], П.З. Босека [3, 4, 5], Б.С. Харитонцева [33, 34], А.Д. Булохова и Э.М. Величкина [13], Ю.П. Федотова [32], Красной книги Брянской области [17, 18], а также гербарных коллекций BRSU, МW и собственных полевых маршрутных исследований, выполненных на территории Брянского и Карачевского районов Брянской области в течение апреля-ноября 2021 года составлен чек-лист флоры Пальцовского полесья.

При проведении анализа учитывались все виды сосудистых растений, отмеченных на территории полесского ландшафта района исследования и примыкающих к нему речных долин за исключением культурных растений.

Ботанико-географический анализ флоры Пальцовского ландшафта был проведен согласно общепринятым методам сравнительной флористики [20, 31] по следующим показателям: таксономический, географический, эколого-биологический анализ флоры.

Для оценки эколого-биологической структуры флоры использовали спектр экобиоморф, а также системы жизненных форм Раункиера (1936) и Серебрякова (1962) на основе работ А.Д. Булохова и Э.М. Величкина [13], А.Д. Булохова [9, 10]. При ботанико-географическом анализе определяли принадлежность вида к геоэлементу или полизональной группе [9, 10] Установление типа ареала проводилось по сводке Н. Meusel [40] с уточнениями во флоре европейской части СССР (1974-1989), работах А.Д. Булохова и Э.М. Величкина [13], А.Д. Булохова [9, 10], а также П.Ф. Маевского [19].

Для выявления редких и исчезающих видов флоры Пальцовского полесья были использованы материалы Красной книги Брянской области [17, 18].

Номенклатура названий всех семейств и видов дана в соответствии с 11-м изданием «Флоры...» П.Ф. Маевского [19].

**Результаты исследования.** На основе инвентаризации флоры Пальцовского ландшафта был выявлен 741 вид сосудистых растений, относящихся к 395 родам и 105 семействам. Более многочисленными по числу видов являются представители двудольных – 566 видов (76,4%), однодольные представлены 175 видами (23,6%).

В составе 10 ведущих семейств сосредоточено 409 видов, т.е. 55% видового состава флоры Пальцовского полесья: Compositae (81 вид), Poacea (61), Cyperaceae (47), Rosaceae (39), Fabaceae (36), Scrophulariaceae (32), Lamiaceae (31), Caryophyllaceae (31), Brassicaceae (26) и Umbelliferae (25). Данный таксономический спектр в целом характерен для голарктических бореальных флор и обнаруживает сходен с таксономическими спектрами флор Средней России [9, 10, 31]. В спектре ведущих семейств заметно увеличение ранга Fabaceae и Brassicaceae, что мы связываем с увеличением числа синантропных видов в результате антропогенной нагрузки.

В биоморфологическом сректре флоры Пальцовского полесья (рис. 1) доминируют многолетние короткокорневищные (17,27%), длиннокорневищные (16,73%) и стержнекорневые (10,53%) травы, что характерно для регионов Средней России. Нахождение монокарпических однолетников и двулетников в данном спектре на 3 и 5 позиции спектра свидетельствует о значительном антропогенном воздействии на флору данного региона, что приводит к увеличению численности однолетних антропохоров.

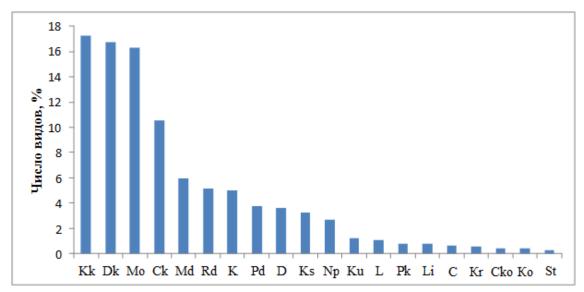


Рис. 1. Спектр жизненных форм флоры Пальцовского ландшафта по И.Г. Серебрякову. Условные обозначения: С — листовые суккуленты; Ск — стержнекорневые; Ско — стержнекорневые корнеотпрысковые; Dk — длиннокорневищные; Кк — короткокорневищные; К — кустарники; Ко — корнеотпрысковые; Кг — корнелуковичные; Кѕ — кистекорневые; L — луковичные; Li — травяные лианы; Md — монокарпические двулетники и малолетники; Мо — монокарпические однолетники; Np — наземноползучие; Pk — полукустарнички; Pd — плотнодерновинные; Rd — рыхлодерновинные; St — столонообразующие.

Анализ жизненных форм по Раункиеру (рис. 2) показывает, что для флоры Пальцовского полесья характерно преобладание гемикриптофитов (51,55%) и терофитов (18,22%) и геофитов (14,84%) в растительном покрове, что соответствует климатическим условиям территории Юго-Западного Нечерноземья России и полесских ландшафтов Брянской области [9, 10]. Хамефиты составляют 5,94% от общего числа выявленных видов. Также высока доля гидрофитов (6,61%) в связи с высокой заболоченностью территории.

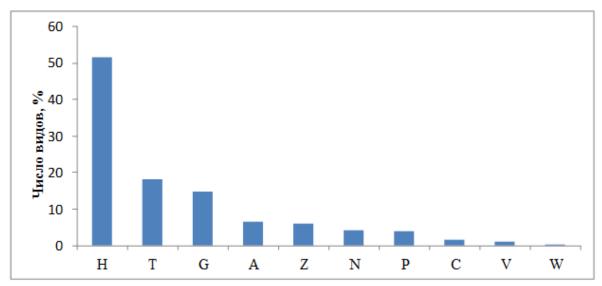


Рис. 2. Спектр жизненных форм флоры Пальцовского ландшафта по Раункиеру. Условные обозначения: А – гидрофиты; Н – гемикриптофиты; G – геофиты (криптофиты); Z – хамефиты; Т – терофиты; Р – фанерофиты; N – нанофанерофиты; С – хамефиты травянистые; V – полупаразиты; W – паразиты.

В спектре экобиоморф флоры Пальцовского полесья (рис. 3) доминируют мезоморфная (44,67%), ксеромезоморфная (9,72%) и геломорфная (8,64%) типы экобиоморф, что достаточно типично для флоры Юго-Западного Нечерноземья России [9]. Заметное участие гидроморфной экобиоморфы (5,67%) объясняется низинным и болотным характером полесских ландшафтов.

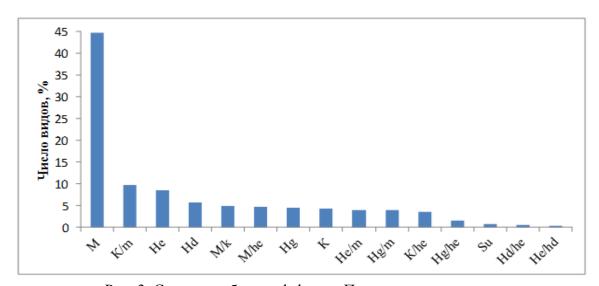


Рис. 3. Спектр экобиоморф флоры Пальцовского полесья.

Vсловные обозначения: Hd — гидроморфные; He — геломорфные; Hg/he — гигрогеломорфные; Hg — гигроморфные; M — мезоморфные; M — ксеромезоморфные; M — ксероморфные; M — гидрогеломорфные; M — ксерогеломорфные; M — гигромезоморфные; M — M0 — M1 — M2 — M3 — M4 — M5 — M6 — M8 — M8 — M9 — M9

Расположение района исследования на стыке природных зон находит свое отражение и в географической структуре флоры. Как видно из рис. 4 во флоре ведущая роль в спектре геоэлементов флоры Пальцовского ландшафта принадлежит видам полизонального флористического комплекса. Из 741 вида, формирующих флору, на его долю приходится —

453 вида (61,13%). Данные виды формируют азонально-зональную растительность региона (болота, луга). В составе флоры заметную роль играют виды неморального - 65 видов (8,77%), субпонтического - 46 видов (6,21%), суббореального (5,4%) и бореального геоэлемента (3,24%).

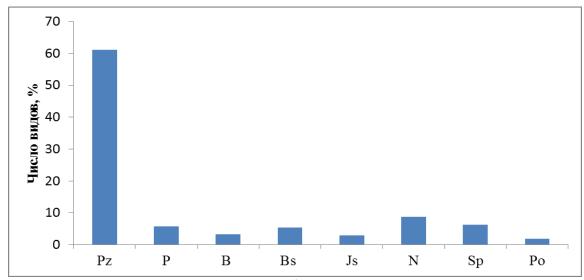


Рис. 4. Спектр геоэлементов флоры Пальцовского полесья.

*Условные обозначения*: Pz – полизональный; N – неморальный; Sp – субпонтический; Bs – суббореальный; B – бореальный; Po – понтический; Po – южносибирский; Po – плюрирегиональная группа.

Ведущую роль во флоре Пальцовского полесья (рис. 5) играют виды с еврозападноазиатским (21,19%), евро-азиатским (20,65%), циркумбореальным (20,11%) и европейским (19,84%) типом ареала, что является характерным для флор полесий Брянской области и Средней России.

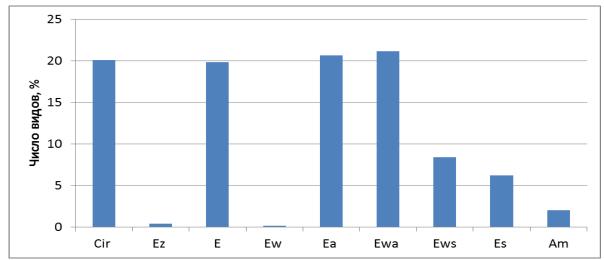


Рис. 5. Спектр типов ареалов флоры Пальцовского полесья.

Условные обозначения: Ewa — европейско-западноазиатский; Ea — евроазиатский; Cir — циркумбореальный; E — европейский; Ews — европейско-западносибирский; Es — евросибирский; Am — американский; Ez — западноевропейский; Ew — восточноевропейский.

В пределах Пальцовского полесья в Красную книгу Брянской области [18] занесены 51 вид сосудистых растений, из которых к первой категории редкости относятся 13 видов, ко

второй – 16 видов, к третьей – 22 вида. После 1970 года не отмечались 7 видов сосудистых растений: Adenophora liliifolia, Carex dioica, Carex chordorrhiza, Cystopteris sudetica, Hammarbya paludosa, Salix myrtilloides, Scheuchzeria palustris.

**Заключение**. Предварительный анализ флоры Пальцовского Полесья свидетельствует о достаточно высоком разнообразии — выявлен 741 вид сосудистых растений. Ведущее положение по числу видов занимают семейства *Compositae*, *Poacea* и *Cyperaceae*, что характерно для бореальных флор Евразии. В связи с антропогенной нагрузкой возрастает участие в общем спектре семейств *Fabaceae* и *Brassicaceae*.

Флористический облик Пальцовского полесья определяется комплексом болотных видов: Andromeda polifolia, Betula pubescens, Betula humilis, Carex aquatilis, Carex disperma, Carex globularis, Carex dioica, Carex vaginata, Chamaedaphne calyculata, Drosera rotundifolia, Eriophorum gracile, Hammarbya paludosa Menyanthes trifoliata, Pedicularis sceptrum-carolinum, Salix lapponum, Salix myrtilloides, Scheuchzeria palustris; псаммофитов: Armeria vulgaris, Astragalus arenarius, Dianthus borbasii, Jovibarba globifera, Jurinea cyanoides, Kochia laniflora, Sedum maximum, S. sexangulare, S. telephium, Sempervivum ruthenicum и бореальных видов: Corallorhiza trifida, Cinna latifolia, Daphne mezereum, Goodyera repens, Huperzia selago, Juniperus communis, Linnaea borealis, Lycopodium annotinum, L. complanatum, Moneses uniflora, Pyrola chlorantha. На данной территории также находится единственное местонахождение в Брянской области Fritillaria meleagris, что подчеркивает флористическое своеобразие Пальцовского полесья. Вышеперечисленные виды дифференцируют флору данной территории, большинство из них являются редкими и подлежат охране на территории региона.

Вопрос изучения флористического разнообразия Пальцовского полесья Брянской области остается открытым в связи с недостаточностью сведений о видовом составе. Это связано с тем, что подробное и всестороннее изучение флоры является длительным и трудоемким процессом.

### Список литературы

- 1. Ахромеев Л.М., Булохов А.Д. и др. Природа и природные ресурсы Брянской области. Брянск: Изд-во БГУ, 2001. 216 с.
- 2. Ахромеев Л.М., Данилов Ю.Г. Естественные и антропогенные ландшафты // Природа и природные ресурсы Брянской области. Брянск: Изд-во «Курсив», 2012. С. 247-271.
- 3. Босек П.З. Растения Брянской области. Справочное пособие. Брянск, 1975. 464 с.
- 4. Босек П.3. Дополнение к списку растений флоры Брянской области // Бот. журн. 1979. Т. 64. № 2. С. 241–244.
- 5. Босек П.3. Дополнение к флоре Брянской области // Бот. журн. 1989. Т. 74. № 10. С. 1505-1508.
- 6. Булохов А.Д. Геоботаническое районирование юго-восточной части Брянско-Жиздринского Полесья (в пределах Брянской области) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1974. Т. 79. Вып.  $2.-C.\ 115-124.$
- 7. Булохов А.Д. Новые и редкие виды растений северо-востока Брянской области // Биол. науки. 1974. № 2. С. 73-75.
- 8. Булохов А.Д. Степные элементы во флоре Брянской области // Бот. журн. 1977. Т. 62. № 10. С. 1505-1511.
- 9. Булохов А.Д. Травяная растительность Юго-Западного Нечерноземья России. Брянск: Изд-во БГУ, 2001. 296 с.
- 10. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение. Брянск: Изд-во БГУ, 2004.-245 с.

- 11. Булохов А.Д., Величкин Э.М., Вилинский В.Е., Катышевцева В.Г. Новые материалы к флоре Брянской области // Биол. науки. -1975. № 9. C. 73-77.
- 12. Булохов А.Д., Величкин Э.М., Харитонцев Б.С. Новые материалы к флоре Брянской области // Бот. журн. -1981. Т. 66. № 5. С. 750-753.
- 13. Булохов А.Д., Величкин Э.М. Определитель растений Юго-Западного Нечерноземья России (Брянская, Калужская, Смоленская, Орловская области). Брянск: Изд-во БГПУ, 1997. 320 с.
- 14. Булохов А.Д., Соломещ А.И. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России. Брянск: Изд-во БГУ, 2003. 359 с.
- 15. Булохов А.Д., Семенищенков Ю.А. Ботанико-географическое районирование Брянской области // Вестник Брянского гос. ун-та. Сер. Естественные и точные науки. -2012 (1). -№ 4. -C. 51-57.
- 16. Виноградов И.С. Новые материалы к флоре Западной области // Тр. Новозыб. пед. ин-та. Смоленск, 1937. С.131-153.
- 17. Красная книга Брянской области. Растения. Грибы. Брянск: ЗАО «Издательство «Читай-город», 2004. 272 с.
- 18. Красная книга Брянской области. / Ред. А.Д. Булохов, Н.Н. Панасенко, Ю.А. Семенищенков, Е.Ф. Ситникова. 2-е издание. Брянск, 2016. 432 с.
- 19. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М., 2014. 635 с.
- 20. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Изд-во Гилем, 2012. 488 с.
- 21. Панасенко Н.Н. Флора города Брянска. Брянск: Группа компаний «Десяточка», 2009. 134 с.
- 22. Пачосский И.К. Флора Полесья и прилежащих местностей. Ч. 1. // Тр. СПб общества естествоиспытателей. Т. 27. Вып. 2. Отд. ботаники. 1897. С. 1-260.
- 23. Растительность европейской части СССР / под ред. С.А. Грибовой, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1980. 429 с.
- 24. Рупрехт Ф. Геоботанические исследования о черноземе. Приложение к 10-му тому записок Императорской Академии наук.  $\mathbb{N}$  6. СПб., 1866. 131 с.
- 25. Рыбаков Р.Т. О находках новых и редких растений в западной части Орловской области // Советская ботаника, 1938. № 3. C.104-108.
- 26. Семенищенков Ю.А. Ботанико-географическое районирование бассейна Верхнего Днепра (Россия) на основе синтаксономии лесной растительности // Бот. журн. -2015. Т.100. № 7. С. 625-657.
- 27. Семенищенков Ю.А. Эколого-флористическая классификация как основа ботанико-географического районирования и охраны лесной растительности бассейна Верхнего Днепра (в пределах Российской Федерации) / дисс. ... д-ра. биол. наук. Уфа: БашГУ, 2016. 558 с.
- 28. Семенищенков Ю. А. Ботанико-географическое районирование российской части днепровского бассейна. Брянск: РИО БГУ, 2018. 60 с.
- 29. Скворцов А.К., Булохов А.Д., Величкин Э.М., Алексеев Ю.Э., Макаров В.В. Материалы к флоре Брянской области // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. 1982. Т. 87. Вып.  $3.-C.\ 104-110.$
- 30. Сукачев В.Н. Лесные формации и их взаимоотношения в Брянских лесах // Тр. По лесному опытному делу в России. СПб, 1908. Вып. 9. С. 1-61.
- 31. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. С. 111-147.
  - 32. Федотов Ю.П. Флора болот Брянской области. Брянск, 2011. 153 с.
- 33. Харитонцев Б.С. Флора левобережья р. Десна в пределах Брянской области / Дисс... канд. биол. наук. М., 1986. 392 с.

- 34. Харитонцев Б.С. Анализ флоры Брянско-Жиздринского Полесья // Деп. в ВИНИТИ 31.05.1990, № 6112-В90. Брянск, 1990 177 с.
- 35. Хитрово В.Н. Критические заметки по флоре Орловской губернии. II. Важнейшие находки и наблюдения исследователей за последнее время (1904–1906) // Мат. к познанию природы Орловской губернии.  $\mathbb{N}$  6. Киев, 1907. 39 с.
- 36. Хитрово В.Н. Критические заметки по флоре Орловской губернии. IV. Важнейшие находки и наблюдения исследователей за 1907–1910 года // Мат. к познанию природы Орловской губернии. Вып. 13. Киев, 1910. 31 с.
- 37. Хитрово В.Н. Конспект флоры Орловской губернии (с приложением карты Орловской губернии, с нанесенными маршрутами исследованных мест по изучению флоры упомянутой губернии) [Копия рукописи]. Муратово, 1923. 224 с.
- 38. Хитрово В.Н. Растительность // Природа Орловского края. Орел, 1925. С. 261-410.
  - 39. Цингер В.Я. Сборник сведений о флоре Средней России. М., 1886. 520 с.
- 40. Meusel H., Jager E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der zentraleuropaischen Flora. Bd. 1. Text, Karten. Jena, 1965. 583 S.

### Сведения об авторе

Крапивин Артур Дмитриевич – магистрант кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: *krapivin.artur2016@yandex.ru*.

### ANALYSIS OF THE FLORA OF THE PALTSOVSKOYE POLESYE

### A.D. Krapivin

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

The article attempts to identify the level of taxonomic diversity and features of the structure of the flora of the Paltsovskoye Polesye, as a unique region located at the junction of botanical and geographical zones and floral provinces. This study was conducted on the basis of reliable published data, analysis of herbarium materials and own route studies. Taxonomic, ecological-biological and botanical-geographical analysis of the flora was carried out. The percentage ratio of rare and common species is highlighted, and the distribution of species by rarity categories is shown. The article draws conclusions about the representation of various taxonomic groups of the flora of the Paltsovsky landscape, as well as conclusions about the features of the structure of the flora of the studied region. This work provides the basis for further research and new discoveries. The results of this work can be used for the purpose of competent planning of biomonitoring approaches and protection of the vegetation cover of the region.

Key words: flora, Paltsovskoye polesye, Bryansk region.

### References

- 1. Ahromeev L.M., Bulokhov A.D. i dr. Priroda i prirodnye resursy Bryanskoi oblasti. Bryansk: Izd-vo BGU, 2001. 216 p.
- 2. Ahromeev L.M., Danilov Yu.G. Estestvennye i antropogennye landshafty // Priroda i prirodnye resursy Bryanskoi oblasti. Bryansk: Izd-vo «Kursiv», 2012. P. 247-271.
  - 3. Bosek P.Z. Rasteniya Bryanskoi oblasti. Spravochnoe posobie. Bryansk, 1975. 464 p.
- 4. Bosek P.Z. Dopolnenie k spisku rastenii flory Bryanskoi oblasti // Bot. zhurn. 1979. T. 64. № 2. P. 241-244.
- 5. Bosek P.Z. Dopolnenie k flore Bryanskoi oblasti // Bot. zhurn. 1989. T. 74. № 10. P. 1505-1508.

- 6. Bulokhov A.D. Geobotanicheskoe raionirovanie yugo-vostochnoi chasti Bryansko-Zhizdrinskogo Poles'ya (v predelah Bryanskoi oblasti) // Byul. MOIP. Otd. biol. 1974. T. 79. Vyp. 2. P. 115-124.
- 7. Bulokhov A.D. Novye i redkie vidy rastenii severo-vostoka Bryanskoi oblasti // Biol. nauki. − 1974. − № 2. − P. 73-75.
- 8. Bulokhov A.D. Stepnye elementy vo flore Bryanskoi oblasti // Bot. zhurn. 1977. T. 62. № 10. P. 1505-1511.
- 9. Bulokhov A.D. Travyanaya rastitel'nost' Yugo-Zapadnogo Nechernozem'ya Rossii. Bryansk: Izd-vo BGU, 2001. 296 p.
- 10. Bulokhov A.D. Fitoindikatsiya i ee prakticheskoe primenenie. Bryansk: Izd-vo BGU, 2004. 245 p.
- 11. Bulokhov A.D., Velichkin E.M., Vilinskii V.E., Katyshevtseva V.G. Novye materialy k flore Bryanskoi oblasti // Biol. nauki. -1975.  $\cancel{N}$  9. P. 73-77.
- 12. Bulokhov A.D., Velichkin E.M., Haritontsev B.S. Novye materialy k flore Bryanskoi oblasti // Bot. zhurn. 1981. T.  $66. N_{\odot} 5. P. 750-753.$
- 13. Bulokhov A.D., Velichkin E.M. Opredelitel' rastenii Yugo-Zapadnogo Nechernozem'ya Rossii (Bryanskaya, Kaluzhskaya, Smolenskaya, Orlovskaya oblasti). Bryansk: Izd-vo BGPU, 1997. 320 p.
- 14. Bulokhov A.D., Solomeshch A.I. Ekologo-floristicheskaya klassifikatsiya lesov Yuzhnogo Nechernozem'ya Rossii. Bryansk: Izd-vo BGU, 2003. 359 p.
- 15. Bulokhov A.D., Semenishchenkov Yu.A. Botaniko-geograficheskoe raionirovanie Bryanskoi oblasti // Vestnik Bryanskogo gos. un-ta. Ser. Estestvennye i tochnye nauki. − 2012 (1). − № 4. − P. 51-57.
- 16. Vinogradov I.S. Novye materialy k flore Zapadnoi oblasti // Tr. Novozyb. ped. in-ta. Smolensk, 1937. P. 131-153.
- 17. Krasnaya kniga Bryanskoi oblasti. Rasteniya. Griby. Bryansk: ZAO «Izdatel'stvo «Chitai-gorod», 2004. 272 s.
- 18. Krasnaya kniga Bryanskoi oblasti / Red. A.D. Bulohov, N.N. Panasenko, Yu.A. Semenishchenkov, E.F. Sitnikova. 2-e izdanie. Bryansk, 2016. 432 p.
  - 19. Maevskii P.F. Flora srednei polosy evropeiskoi chasti Rossii. M., 2014. 635 p.
- 20. Mirkin B.M., Naumova L.G. Sovremennoe sostoyanie osnovnyh kontseptsii nauki o rastitel'nosti. Ufa: Izd-vo Gilem, 2012. 488 p.
- 21. Panasenko N.N. Flora goroda Bryanska. Bryansk: Gruppa kompanii «Desyatochka», 2009. 134 p.
- 22. Pachosskii I.K. Flora Poles'ya i prilezhashchih mestnostei. Ch. 1. // Tr. SPb obshchestva estestvoispytatelei. T. 27. Vyp. 2. Otd. botaniki. 1897. P. 1-260.
- 23. Rastitel'nost' evropeiskoi chasti SSSR / pod red. S.A. Gribovoi, T.I. Isachenko, E.M. Lavrenko. L.: Nauka, 1980. 429 p.
- 24. Ruprekht F. Geobotanicheskie issledovaniya o chernozeme. Prilozhenie k 10-mu tomu zapisok Imperatorskoi Akademii nauk. № 6. SPb., 1866. 131 p.
- 25. Rybakov R.T. O nahodkah novyh i redkih rastenii v zapadnoi chasti Orlovskoi oblasti // Sovetskaya botanika, 1938. № 3. P. 104-108.
- 26. Semenishchenkov Yu.A. Botaniko-geograficheskoe raionirovanie basseina Verhnego Dnepra (Rossiya) na osnove sintaksonomii lesnoi rastitel'nosti // Bot. zhurn. 2015. T. 100.  $N_{\odot}$  7. P. 625-657.
- 27. Semenishchenkov Yu.A. Ekologo-floristicheskaya klassifikatsiya kak osnova botaniko-geograficheskogo raionirovaniya i ohrany lesnoi rastitel'nosti basseina Verhnego Dnepra (v predelah Rossiiskoi Federatsii) / Dis. ... dokt. biol. nauk. Ufa: BashGU, 2016. 558 p.
- 28. Semenishchenkov Yu.A. Botaniko-geograficheskoe raionirovanie rossiiskoi chasti dneprovskogo basseina. Bryansk: RIO BGU, 2018. 60 p.

- 29. Skvortsov A.K., Bulohov A.D., Velichkin E.M., Alekseev Yu.E., Makarov V.V. Materialy k flore Bryanskoi oblasti // Byulleten' MOIP. Otd. Biol. 1982. T. 87. Vyp. 3. P. 104-110.
- 30. Sukachev V.N. Lesnye formatsii i ih vzaimootnosheniya v Bryanskih lesah // Tr. Po lesnomu opytnomu delu v Rossii. SPb, 1908. Vyp. 9. P. 1-61.
- 31. Tolmachev A.I. Vvedenie v geografiyu rastenii. L.: Izd-vo Leningr. un-ta, 1974. S. 111-147.
  - 32. Fedotov Yu.P. Flora bolot Bryanskoi oblasti. Bryansk, 2011. 153 p.
- 33. Haritontsev B.S. Flora levoberezh'ya r. Desna v predelah Bryanskoi oblasti / Diss... kand. biol. nauk. M., 1986. 392 p.
- 34. Haritontsev B.S. Analiz flory Bryansko-Zhizdrinskogo Poles'ya // Dep. v VINITI 31.05.1990, № 6112-V90. Bryansk, 1990 177 p.
- 35. Hitrovo V.N. Kriticheskie zametki po flore Orlovskoi gubernii. II. Vazhneishie nahodki i nablyudeniya issledovatelei za poslednee vremya (1904–1906) // Mat. k poznaniyu prirody Orlovskoi gubernii. N 6. Kiev, 1907. 39 p.
- 36. Hitrovo V.N. Kriticheskie zametki po flore Orlovskoi gubernii. IV. Vazhneishie nahodki i nablyudeniya issledovatelei za 1907–1910 goda // Mat. k poznaniyu prirody Orlovskoi gubernii. Vyp. 13. Kiev, 1910. 31 p.
- 37. Hitrovo V.N. Konspekt flory Orlovskoi gubernii (s prilozheniem karty Orlovskoi gubernii, s nanesennymi marshrutami issledovannyh mest po izucheniyu flory upomyanutoi gubernii) [Kopiya rukopisi]. Muratovo, 1923. 224 p.
  - 38. Hitrovo V.N. Rastitel'nost' // Priroda Orlovskogo kraya. Orel, 1925. P. 261-410.
  - 39. Tsinger V.Ya. Sbornik svedenii o flore Srednei Rossii. M., 1886. 520 p.
- 40. Meusel H., Jager E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der zentraleuropaischen Flora. bd. 1. Text, Karten. Jena, 1965. 583 p.

### **About author**

Krapivin A.D. – graduate student of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *krapivin.artur2016@yandex.ru*.

УДК 581.9

# ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕЗА ИНВАЗИОННОГО ВИДА *CORNUS ALBA* L. (*CORNACEAE*) В ПРЕДЕЛАХ ВТОРИЧНОГО АРЕАЛА В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

### М.С. Холенко, Е.В. Беляева

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»

В статье описаны особенности онтогенеза инвазионного кустарника *Comus alba* L. (*Cornaceae*) в пределах вторичного ареала в Брянской области. Активная натурализация этого вида наблюдается в последние десятилетия в долинах рек, растение широко распространено в озеленении населенных пунктов. Выявление онтогенетических состояний кизила белого проводилось в 2020–2022 гг. в Брянской области в антропогенных (посадки в населенных пунктах – г. Брянск, г. Жуковка, г. Сураж) и естественных (долина р. Десна, г. Брянск, Брянский-р-н) биотопах.

**Ключевые слова:** онтогенез, инвазионные виды, интродукция, Cornus alba L., Брянская область.

**Введение.** Дерен белый – *Cornus alba* L. [*Swida alba* (L.) Opiz] (*Cornaceae*) – европейско-азиатский континентальный температно-бореальный кустарник, естественный ареал которого охватывает Сибирь, Дальний Восток и северо-восточные области европейской части России, где его распространение к юго-западу ограничено долиной Волги [1, 5]. В Южном Нечерноземье России *S. alba* является инвазионным видом и широко используется в озеленении [2, 3, 8, 10]. Как отметил Ю.А. Семенищенков [10] на основе анализа доступных гербарных сборов и литературных данных, процесс натурализации данного вида начался во второй половине XX в. и продолжается в настоящее время.

Целью настоящей статьи является характеристика онтогенеза кизила белого в Брянской области для выявления особенностей биологии данного инвазионного вида в пределах вторичного ареала. До настоящего момента онтогенез этого кустарника специально не был описан, хотя имеются фрагментарные сведения о морфогенезе его вегетативных органов [7]; в Брянской области отмечались некоторые особенности биологии и фитоценотические связи вида [8, 10], значимые для анализа его натурализации [4].

**Материалы и методы исследования.** Выявление онтогенетических состояний кизила белого проводилось в 2020—2022 гг. в Брянской области в антропогенных (посадки в населенных пунктах – г. Брянск, г. Жуковка, г. Сураж) и естественных (долина р. Десна, г. Брянск, Брянский-р-н) биотопах.

Характеристика онтогенетических состояний проведено на основе общепринятой периодизации онтогенеза [6, 9, 12, 15, 16]. Для наблюдения за прегенеративными растениями проводилось выращивание их из семян в закрытом и открытом грунте на базе тепличного комплекса Брянского госуниверситета в 2022 г. Взвешивание семян производилось на электронных лабораторных весах SARTORIUS ME215S. При характеристике состояний онтогенеза указаны некоторые биоэкологические особенности растений на основании собственных наблюдений и литературных данных. В статье использованы фотографии авторов.

**Результаты исследования.** В данном разделе приведена характеристика онтогенетических состояний изучаемого вида.

**Семена** (se) — косоэллиптические, утончающиеся к концам, по одному или два в плодах — сочных ягодовидных ложных костянках, незрелых — синеватых, при созревании — голубовато-белых, сплюснутых. Распространяются орнитохорно. Масса 1000 семян 25 г. Всхожесть семян сохраняется 2–3(5) года.

*Проростки (р)* — образуются из семян, сформированных осенью, весной; при весеннем высеве всходы образуются только через 1—2 года, так как семена нуждаются в

стратификации [11, 13]. При выращивании в культуре стратификация занимает до 2 месяцев при температуре 4–5°С с последующим замачиванием и скарификацией семян.

Прорастание подземное. Семядоли овальные, цельнокрайние, с тупой верхушкой, 0.8-1.0 см в длину, с выраженной главной жилкой.

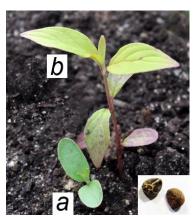


Рис. 1. Начальные этапы онтогенеза *Cornus alba*: *a* – проростки, *b* – ювенильные растения. В правом нижнем углу – семена. Фото: С. Кубасова.

**Ювенильные** (*j*) растения невысокие, не превышают по высоте травяной покров. Неразветвленные одноосные растения с супротивными удлиненно-ланцетными листьями, с заостренной верхушкой; боковых жилок 2 на первых листьях. Следующая пара листьев имеет 3 пары жилок; затем их число возрастает.

Ювенильные растения, так же, как и проростки, теневыносливы.

**Имматурные** (*im*) растения характеризуются активным ростом с формированием вегетативных длинных побегов. Первоначально имеют первичный неветвящийся побегхлыст, который моноподиально нарастает 2–3 года, однако в условиях сильного затенения — до 10 лет. Изначально имеют ортотропный рост, однако при затоплении могут пригибаться к земле и приподниматься. На данном этапе особенности морфогенеза кустарника были прослежены М.Т. Мазуренко и А.П. Хохряковым [7], которые отмечают, что стелющийся побег может достигать более 0,5 м, в случае отмирания верхушки замещается ближайшим к ней боковым. Пара побегов ветвления появляются акротонно на 2–3 год; они нарастают 1–2 года примерно по 5–15 см. После окончания их роста образуется еще по паре замещающих побегов. К 3–4 году растение достигает около 30 см и имеет разветвления 2–3 порядков.

Для кизила белого характерно укоренение основания побегов, чему способствует заиление при подтоплении полыми водами в прибрежно-водных местообитаниях. Данное явление мы наблюдали на подтопляемом побережье р. Десна в пределах ООПТ «Роща Соловьи» в г. Брянск. Происходит это и в городских посадках при засыпании грунтом отдельных ветвей кустарника при строительстве или земельных работах.

На 4–5 годы под отмершей верхушкой прошлогоднего прироста появляются 2 пары замещающих побегов: нижняя слабая с приростами до 1 см, живущая 1–2 года, и верхняя более сильная, прутьевидная. Если эти побеги имеют 2 прироста, то ветвятся они моноподиально, давая при этом слабые и недолговечные боковые веточки. При акросимподиальном ветвлении верхушки длинных хлыстовидных побегов не вызревают, а их верхняя часть (5–10 см) отмирает. Под ними отрастает пара таких же длинных побегов продолжения. Один из них может лидировать. В течение последующих 4–5 лет происходит акросимподиальное ветвление простых и дициклических хлыстовидных побегов 10–20 см. Верхушки их, как правило, отмирают, у простых – в большей степени.

Листья растений данного онтогенетического состояния имеют более 4 боковых жилок.

Имматурные растения обладают высокой теневыносливостью.

**Виргинильные** (v) растения отличаются интенсивным приростом и формированием кроны специфической ажурной формы, а также быстрым накоплением биомассы. Происходит активное ветвление с формированием системы вегетативных ветвящихся побегов.



Рис. 2. Онтогенетические состояния *Cornus alba* в городских насаждениях г. Брянск: a – имматурное растение, b – виргинильное, c – молодое генеративное, d – средневозрастное генеративное, e – старое генеративное. Фото: М. С. Холенко.

Генеративные (g) растения на первых этапах сохраняют черты архитектуры кроны виргинильных растений. Затем происходит формирование генеративных коротких побегов с последующим цветением и плодоношением. В культуре это наблюдается с 2—3-летнего возраста, однако в естественных местообитаниях переход в генеративное состояние обычно происходит позднее. В возрасте около 10 лет в верхних узлах появляются укороченные побеги, которые на следующий год дают терминальное щитковидное соцветие. Под ним отрастают 1—3 пары дициклических генеративных побегов ветвления следующего порядка. Такой порядок ветвления характерен для наиболее сильных верхних побегов, возникающих под самым основанием соцветия из пазух ближайшей к нему пары листьев. Чем пазушный побег расположен ниже, тем он слабее [7].



Рис. 3. Характерный тип ветвления при гибели верхушечного побега, г. Брянск. Фото: М. С. Холенко.

Боковые нижние побеги более мелкие, вегетативные, недолговечные. Они могут нарастать до 10 лет, не ветвясь, нередко отмирают на 2–3 год, не переходя к цветению. Нарастание системы, следовательно, продолжают главным образом верхние пары побегов. Размеры их многолетних частей вначале возрастают, а затем постепенно падают. Верхняя часть образованной таким образом системы побегов (ветвь) постепенно наклоняется.

В естественных прибрежно-водных местообитаниях происходит заиление первичной оси и основания первых двух ее разветвлений, ставших главными скелетными осями. Начиная с образования генеративных побегов ветвления 7–9 порядков, все больше появляется ослабленных и недолговечных вегетативных побегов, начинают отмирать не только мелкие, по и более крупные ветви. Основания главных скелетных осей полегают на 30–40 см, и па них появляются первые турионы из почек, покоившихся не менее 10 лет [7].

Особи вегетативного происхождения возникают как из спящих почек эпигеогенных корневищ, так и из придаточных почек на горизонтальных корнях, то есть в последнем случае формируется вегетативно-подвижный аэроксильный куст. Полегающие многолетние ветви, так же, как и наклоненные к земле ветви, укореняются. Онтогенез продолжается образованием новых парциальных кустов. Ветви систем разного порядка сильно переплетаются между собой, фазы их деградации и усиленного роста накладываются друг на друга и тем самым взаимно «гасятся». После рубки образует обильную поросль от разветвленных корней.

Бутонизация происходит одновременно с распусканием листьев. Обильное цветение – в первой половине лета, а в начале осени растение может зацветать повторно. Отдельные соцветия могут появляться в течение всего лета. Механизмы цветения и энтомофильного

опыления подробно описаны А. Konarska [17] на материалах из Польши. Цветение одного цветка продолжается до 3 дней.

Субсенильные (ss) и сенильные (s). В данном состоянии характерны процессы деградации: формируются только вегетативные побеги, преимущественно короткие, прирост небольшой. Ветви дуговидно изгибаются, ветвление замедляется. Основной жизненный цикл длится 15–20 лет. При этом система первичного побега живет около 20 лет [7].

# Список литературы

- 1. Ареалы деревьев и кустарников СССР. M.-Л., 1977. 164 с.
- 2. Босек П.З. Растения Брянской области. Брянск: Приокское кн. изд-во, 1975. 465 с.
- 3. Булохов А.Д., Величкин Э.М. Определитель растений Юго-Западного Нечерноземья России. Изд. 2-е, доп. Брянск: Изд-во БГУ, 1998. 380 с.
- 4. Булохов А.Д., Семенищенков Ю.А., Панасенко Н.Н., Харин А.В. Фитоценотические связи как критерий сохранения редких видов региональной флоры // Бюл. Брянского отделения РБО. -2016. -№ 1 (7). C. 10-22.
- 5. Власова Н.В. *Swida* Opiz Свидина. // Флора Сибири / под ред. Г.А. Пешковой. Т. 10. Новосибирск: Наука, 1996. С. 195.
- 6. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Ч. 1. 1989. М.: Изд-во МГПУ им. В.И. Ленина. 102 с.
- 7. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Структура и морфогенез кустарников. М.: Наука, 1977. 160 с.
- 8. Панасенко Н.Н. Роль инвазионных растений в современных процессах преобразования растительного покрова: Дис. ... докт. биол. наук. Брянск, 2021. 390 с.
- 9. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. 1950. Сер. 3. Геоботаника. 6. С. 7-204.
- 10. Семенищенков Ю.А. О распространении инвазионного вида *Swida alba* (l.) Оріz (*Cornaceae*) и сообществ с его участием в Брянской области // Российский Журн. Биол. Инвазий. -2017. -T. 10. № 2. С. 107-116.
- 11. Строгий А.А. Деревья и кустарники Дальнего Востока. М.: Дальгиз, 1934. С. 54–55.
- 12. Уранов А.А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Ценопопуляции растений. Развитие и взаимоотношения. M. C. 63-86.
- 13. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск: Хабаровское кн. изд., 1984. С. 179-180.
- 14. Цвелёв Н.Н. Свидина *Swida* Opiz // Флора Восточной Европы / отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. Т. XI. М.-СПб.: Тов. науч. изд. КМК, 2004. С. 301-304.
- 15. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). 1988. М.: Наука. 184 с.
- 16. Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees // Russian Journ. of Ecosystem Ecol. 2016. Vol. 1 (2). P. 1-13.
- 17. Konarska A. The biology of flowering and structure of selected elements of *Cornus alba* L. flowers // Acta Agrobotanica. 2009. Vol. 62 (1). P. 9-15.

## Сведения об авторах

Холенко Марина Сергеевна – аспирант кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: *marina.holenko@yandex.ru*.

Беляева Елена Васильевна – студент естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: lovemymoon69@gmail.com.

# FEATURES OF THE INVASIVE SPECIES CORNUS ALBA L. (CORNACEAE) ONTOGENESIS WITHIN THE SECONDARY RANGE IN THE BRYANSK REGION

# M.S. Kholenko, E.V. Belyaeva

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

The article describes the features of the ontogenesis of the invasive shrub *Cornus alba* L. (*Cornaceae*) within the secondary range in the Bryansk Region. Active naturalization of this species has been observed in recent decades in river valleys; the plant is widely distributed in the landscaping of settlements. The identification of the ontogenetic stages of the species was carried out in 2020–2022. in the Bryansk Region in anthropogenic (planting in settlements – the city of Bryansk, the city of Zhukovka, the city of Surazh) and natural (the valley of the Desna River, the city of Bryansk, the Bryansk District) biotopes.

Key words: ontogeny, invasive species, introduction, Cornus alba L., Bryansk Region.

#### References

- 1. Arealy derev'ev i kustarnikov SSSR. Moscow–Leningrad, 1977. 164 p.
- 2. Bosek P.Z. Rasteniya Bryanskoi oblasti. Bryansk: Priokskoe kn. izd-vo, 1975. 465 p.
- 3. Bulokhov A.D., Velichkin E.M. Opredelitel' rastenii Yugo-Zapadnogo Nechernozem'ya Rossii. Izd. 2-e, dop. Bryansk: Izd-vo BGU, 1998. 380 p.
- 4. Bulokhov A.D., Semenishchenkov Yu.A., Panasenko N.N., Kharin A.V. Fitotsenoticheskie svyazi kak kriterii sokhraneniya redkikh vidov regional'noi flory // Byul. Bryanskogo otdeleniya RBO. -2016.  $-\cancel{N}$ <sub>2</sub> 1 (7). P. 10-22.
- 5. Vlasova N.V. *Swida* Opiz Svidina. // Flora Sibiri / pod red. G. A. Peshkovoi. T. 10. Novosibirsk: Nauka, 1996. P. 195.
- 6. Diagnozy i klyuchi vozrastnykh sostoyanii lesnykh rastenii. Ch. 1. 1989. Moscow: Izd-vo MGPU im. V. I. Lenina. 102 p.
- 7. Mazurenko M.T., Khokhryakov A.P. Struktura i morfogenez kustarnikov. M.: Nauka, 1977. 160 p.
- 8. Panasenko N.N. Rol' invazionnykh rastenii v sovremennykh protsessakh preobrazovaniya rastitel'nogo pokrova: Dis. ... dokt. biol. nauk. Bryansk, 2021. 390 p.
- 9. Rabotnov T.A. 1950. Zhiznennyi tsikl mnogoletnikh travyanistykh rastenii v lugovykh tsenozakh // Tr. BIN AN SSSR. Ser. 3. Geobotanika. 6. P. 7-204.
- 10. Semenishchenkov Yu.A. O rasprostranenii invazionnogo vida *Swida alba* (l.) Opiz (*Cornaceae*) i soobshchestv s ego uchastiem v Bryanskoi oblasti // Rossiiskii Zhurn. Biol. Invazii. 2017. T. 10. № 2. P. 107-116.
- 11. Strogii A.A. Derev'ya i kustarniki Dal'nego Vostoka. Moscow: Dal'giz, 1934. P. 54-55.
- 12. Uranov A.A. 1975. Vozrastnoi spektr fitotsenopopulyatsii kak funktsiya vremeni i energeticheskikh volnovykh protsessov // Tsenopopulyatsii rastenii. Razvitie i vzaimoot-nosheniya. Moscow. P. 63-86.
- 13. Usenko N.V. Derev'ya, kustarniki i liany Dal'nego Vostoka. Khabarovsk: Khabarovskoe kn. izd., 1984. P. 179-180.
- 14. Tsvelev N.N. Svidina *Swida* Opiz // Flora Vostochnoi Evropy / otv. red. i red. toma N. N. Tsvelev. T. XI. Moscow–St,-Petersberg.: Tov. nauch. izd. KMK, 2004. P. 301-304.
- 15. Tsenopopulyatsii rastenii (ocherki populyatsionnoi biologii). 1988. Moscow: Nauka. 184 p.

- 16. Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees // Russian Journ. of Ecosystem Ecol. -2016. Vol. 1 (2). P. 1-13.
- 17. Konarska A. The biology of flowering and structure of selected elements of *Cornus alba* L. flowers // Acta Agrobotanica. 2009. Vol. 62 (1). P. 9-15.

## **About authors**

Kholenko M.S. – postgraduate of the Department of Biology, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *marina.holenko@yandex.ru*.

Belyaeva E. V. – student of the Faculty of Natural Sciences, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *lovemymoon69@gmail.com*.

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 54.057+535.37

# АП-КОНВЕРСИОННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ 98%MeF<sub>2</sub> x 2%ErF<sub>3</sub> (ГДЕ Me – Ca, Sr, Ba)

# А.А. Волчек, С.В. Кузнецов, Н.В. Митрошенков

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Синтезированы твердофазным способом порошкообразные системы 98%MeF<sub>2</sub> x 2%ErF<sub>3</sub> (где Me – Ca, Sr, Ba). Исследованы процессы люминесценции при лазерном возбуждении длинной волны 980 нм. Основные полосы люминесценции зафиксированы на 548 и 660 нм. В образцах BaF<sub>2</sub>–Er, SrF<sub>2</sub>–Er, CaF<sub>2</sub>–Er соотношение зеленой люминесценции к красной относятся как 1,68: 1,3: 0,45 соответственно.

*Ключевые слова*: щелочно-земельные фториды, твердые растворы, лазерная керамика, люминесцентные материалы, твердый гетеровалентный раствор.

Введение. В 60-х годах 20 века В.В Овсянкин и П.П. Феофилов открыли процесс преобразования длинноволнового излучение в коротковолновое [1] Данный процесс был впервые исследован на кристаллах ВаF<sub>2</sub>—5% ErF<sub>3</sub>, при возбуждении в инфракрасной области кристаллы имели зеленые и красные люминесцентные полосы. На данный момент поиск лазерных материалов способных эффективно преобразовывать получаемую энергию в излучение с большей энергией является актуальной задачей [2]. Главное влияние на процессы передачи энергии между редкоземельными ионами (РЗИ) оказывает матрица. Такая физическая характеристика матрицы, как энергия фононов, отвечает за степень рассеивания падающей энергии в виде теплового излучения. Низкой энергий фононов обладают фторидные матрицы щелочных и щёлочноземельных металлов [3].

Лазерные материалы, на основе фторидов щелочноземельных металлов с включения в кристаллическую решетку гетеровалентных РЗИ, находят широкое применение в качестве рабочего тела лазеров или как люминесцентные материалы. Они имеют высокую изоморфную емкость по РЗИ и обладают достаточно высокой теплопроводностью [4].

Данное исследование посвящено изучению механизмов и измерению энергетического выхода ап-конверсии в кристаллах щелочноземельных фторидов  $MeF_2$ —Er при возбуждении ионов  $Er^{3+}$ излючением с длинной волны 980 нм.

**Методика эксперимента.** Чистые фториды  $CaF_2$ ,  $SrF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $ErF_3$  получали из  $CaCO_3$ ,  $SrCO_3$ ,  $BaCO_3$  и  $Er_2O_3$  соответственно растворением в растворе HCl. К хлоридному раствору при постоянном перемешивании приливали плавиковую кислоту (40%) (квалификации «ХЧ») в 10-ти кратном избытке. Осадок отмывали методом декантации 6 раз с добавление HF (для предотвращения гидролиза). Отсутствие  $Cl^-$  ионов контролировали по реакции с раствором  $AgNO_3$ .

После декантации осадок отделяли на центрифуге (8000 об/мин). Отделенный осадок сушили в вакуумном эксикаторе над твердым КОН.

Окончательное обезвоживание проводили в никелевом тигле под вакуумом (давление 10 мм. рт. ст.) в 3 стадии: первая нагревание до  $100\text{-}150^{\circ}\text{C}$  в течение 0,4-0,5 часов, вторая – нагрев до  $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа, третья — нагрев до  $800\text{-}900^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа. Обезвоженный образец перетирали в агатовой ступке.

Твердые растворы 98%MeF<sub>2</sub> х 2%ErF<sub>3</sub> (где R- Ca, Sr, Ba) получали путем стехиометрического смешивания навесок чистых фторидов с последующим отжигом в индукционной печи в среде инертного газа Ar. Процесс нагрева для образцов производили в несколько этапов:

- 1. выдерживание в индукционной печи при 300°C 10 минут
- 2. повышение температуры каждые 10 минут на 100°C до 900 °C.
- 3. выдержка при 900°C в течение 20 минут.

Образец остывал на воздухе, извлекался из ампулы и перетирался в агатовой ступке. Процесс отжига проводили 2 раза для достижения гомогенности твердого раствора.

Рентгенофазовый анализ (РФА) синтезированных образцов проводили на универсальном рентгеновском спектрометре СУР-01 «РЕНОМ». Образец полученного твердого раствора в виде тонкого порошка запрессовывали в кювету рефрактометра. Условия снятия спектра: напряжение 30 кВ, сила тока 4,8 мА, трубка с медным анодом,

никелевый бета-фильтр, шаг 0,03° по 20, время экспозиции 1с. Расшифровку полученных рентгенограмм проводили

в программе Match

(демонстрационный режим) с использованием открытой базы спектров ISTM.

Для исследования ап-конверсионной люминесценции использовали прибор флюорат-02 «Панорама», включающий волоконно-оптическую приставку ВОЛОС-Рb-Эксклюзив. Настройка измерения: чувствительность ФЭУ средняя, усреднение 0,1 сек. Угол падения 45°, угол измерения излучения 45°.

Возбуждение ап-конверсионной люминесценции осуществляли полупроводниковым лазером с длинной волны 980 нм  $\pm 5$  нм и мощностью 1,2 BT/cм<sup>2</sup>.

Толщина слоя порошка составляла около 1 мм. Предварительно образец спрессовался при усилении 10т.

**Результаты исследования.** *Рентгенофазовый анализ.* Рентгенограммы образца  $98\%BaF_2-2\%ErF_3$  после термической обработки представлены на рис. 1. Анализ показывает, что в первом процессе спекания наблюдается твердый растворов со структурой флюорита с дефектами кристаллической решетки. Это свидетельствует о неравномерности распределения P3U в структуре  $BaF_2$ . После второго процесса спекания система имеет однофазовую однородную структуру флюорита.

Для систем состава  $98\%CaF_2-2\%ErF_3$  и  $98\%SrF_2-2\%ErF_3$  наблюдается аналогичная закономерность.

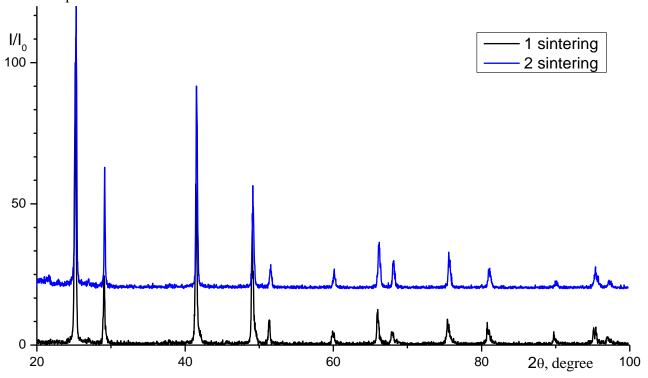


Рис. 1. Рентгеновские дифракционные спектры твердого раствора состава BaF<sub>2</sub>-ErF<sub>3</sub> с молярным соотношением компонентов 98-02

Ап-конверсия при возбуждении излучением с длинной волны 980 нм. В спектрах порошков  $MeF_2$ – $ErF_3$ , при возбуждении излучением с длинной волны 980 нм, наблюдаются полосы люминесценции  $Er^{3+}$  при 408 нм ( ${}^2H_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ ), 520 нм ( ${}^2H_{11/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ ), 548 нм ( ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ ) 660 нм ( ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ ) и широкие полосы пика в области 800 нм ( ${}^4I_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ ) рис.2.

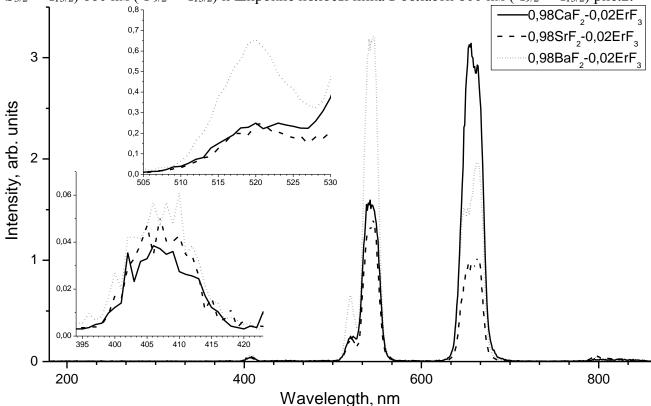


Рис. 2. Спектры люминесценции порошков щелочноземельных фторидов  $98\% MeF_2-2\% ErF_3$  при комнатной температуре при возбуждении излучением с длинной волны 980 нм

В работе [4] указано, что при превышении концентрации РЗИ выше 0,1 моль % в спектрах люминесценции начинают превалировать слабоструктурированные широкие полосы, принадлежащие ассоциатам нескольких РЗИ.

При переходе от  $BaF_2$ –Er к  $SrF_2$ –Er и  $CaF_2$ –Er наблюдается уменьшение доли зеленой полосы при 548 нм относительно красной полосы при 660 нм. Отношение длин волн 548/660 изменятся в матрицах  $BaF_2$ –Er,  $SrF_2$ –Er,  $CaF_2$ –Er как 1,68: 1,30: 0,45 соответственно. Суммарный цвет свечения кристаллов меняется от красного в  $CaF_2$ –Er к зеленому в  $BaF_2$ –Er. Предполагается, что это явление обусловлено зависимостью вероятности электронных переходов от длинны фононов матрицы. Уменьшение частоты фононов в ряду  $CaF_2$ – $SrF_2$ – $BaF_2$  приводит к уменьшению вероятности безызлучательного переноса энергии с вышележащих термов на более низкие.

Важной характеристикой излучения люминофоров являются координаты цветности. В таблице представлены координаты цветности для люминофоров состава  $98\% MeF_2 \times 2\% ErF_3$  (где Me- Ca, Sr, Ba). В спектре излучения твердых растворов происходит смешение свечения из красной области в зеленую при переходе от Ca к Ba.

Координаты цветности твердых растворов по стандарту СІЕ 31

Состав моль%.	X	у
CaF <sub>2</sub> ErF <sub>3</sub> 98-02	0,5040	0,5016
SrF <sub>2</sub> -ErF <sub>3</sub> 98-02	0,3956	0,6156
BaF <sub>2</sub> -ErF <sub>3</sub> 98-02	0,3791	0,6144

Таблица

**Выводы.** Синтезированные системы соответствуют кристаллической решетке флюорита. Облучение лазером  $\lambda$ =980 нм приводит к появлению люминесценции в видимой области. Основные полосы люминесценции зафиксированы на 548 и 660 нм. В образцах BaF<sub>2</sub>–Er, SrF<sub>2</sub>–Er, CaF<sub>2</sub>–Er соотношение зеленой люминесценции к красной относятся как 1,68: 1,30: 0,45 соответственно.

# Список литературы

- 1. Овсянкин В.В., Феофилов П.П. О механизме суммирования электронных возбуждений в активированных кристаллах // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1966. T. 3. C. 494-497.
- 2. Ляпин А.А., Рябочкина П.А., Гущин С.В., Кузнецов С.В., Чернов М.В., Пройдакова В.Ю., Воронов В.В., Федоров П.П. Ап-конверсионная люминесценция фторидных люминофоров  $SrF_2$ :Er, Yb при возбуждении лазерным излучением с длинной волны 1.5  $\mu$ m // Оптика и спектроскопия. 2018. Вып. 4 (Т. 125). С. 516-521.
- 3. Поминова, Д.В. Ап-конверсионное преобразование лазерного излучения кристаллическими биомаркерами, содержащими ионы  $Yb^{3+}$ - $Er^{3+}$ : дисс...к-та к.ф.-м.н. М., 2017.-124 с
- 4. Ушаков С.Н., Усламина М.А., Нищев К.Н., Федоров П.П., Кузнецов С.В., Осико В.В. Исследование оптических центров ионов  $Yb^{3+}$  в кристаллах твердых растворов фторидов CaF2–SrF2–YbF3 // Оптика и спектроскопия. 2020. Том 128. Вып. 5.

### Сведения об авторах

Волчек А. А. – магистрант кафедры химии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: *angelina.vol4ek@yandex.ru*.

Кузнецов С. В. – кандидат химических наук, доцент кафедры химии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: passivoxid@mail.ru.

Митрошенков Н. В. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: weerm@yandex.ru.

# UP-CONVERSION LUMINESCENCE OF 98%MeF<sub>2</sub> X 2%ErF<sub>3</sub> SOLID SOLUTIONS (WHERE Me IS Ca, Sr, Ba)

## A.A. Volchek, S.V. Kuznetsov, N.V. Mitroshenkov

Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky

Powdered systems  $98\% \, \text{MeF}_2 \times 2\% \, \text{ErF}_3$  (where Me is Ca, Sr, Ba) were synthesized by the solid-phase method. Luminescence processes under laser excitation at a wavelength of  $980 \, \text{nm}$  have been studied. The main luminescence bands were fixed at  $548 \, \text{and} \, 660 \, \text{nm}$ . In  $BaF_2$ –Er,  $SrF_2$ –Er, and  $CaF_2$ –Er samples, the ratio of green to red luminescence is 1.68:1.3:0.45, respectively.

**Keywords:** alkaline earth fluorides, solid solutions, laser ceramics, luminescent materials, solid heterovalent solution.

#### References

- 1. Ovsyankin V.V., Feofilov P.P. On the mechanism of summation of electronic excitations in activated crystals // Letters to the Journal of Experimental and Theoretical Physics. -1966. V. 3. P. 494-497.
- 2. Lyapin A. A., Ryabochkina P. A., Gushchin S. V., Kuznetsov S. V., Chernov M. V., Proydakova V.Yu., Voronov V.V., Fedorov P.P. Up-conversion luminescence of SrF2:Er, Yb

fluoride phosphors upon excitation by laser radiation with a wavelength of 1.5  $\mu$ m // Optics and Spectroscopy. -2018. - Rel. 4. - V. 125. - P. 516-521.

- 3. Pominova D.V. Up-conversion conversion of laser radiation by crystalline biomarkers containing  $Yb^{3+}$ - $Er^{3+}$  ions: diss...Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences. M., 2017. 124 p.
- 4. Ushakov S.N., Uslamina M.A., Nishchev K.N., Fedorov P.P., Kuznetsov S.V., Osiko V.V. Investigation of optical centers of Yb3+ ions in crystals of solid solutions of CaF2-SrF2-YbF3 fluorides // Optics and Spectroscopy. 2020. Vol. 128. Rel. 5.

#### **About authors**

Volchek A.A. – graduate student of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *angelina.vol4ek@yandex.ru*.

Kuznetsov S.V. – Ph. D. in Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: passivoxid@mail.ru.

Mitroshenkov N.V. – Ph. D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Experimental and Theoretical Physics, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: weerm@yandex.ru.

УДК 620.193.47; 182.23

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ МЕТОДОМ ЗОНДОВОВОЙ МИКРОСКОПИИ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ

### К.А. Евтюхова

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Целью являлось выявление оптимальных условий исследования поверхности стали, подвергшейся коррозии, методом зондовой микроскопии. Обоснован выбор метода зондовой микроскопии для исследования поверхности стали. Выполнено исследование поверхности стали сравнительным методом металлографической оптической микроскопии, установлены оптимальные условия исследования. В качестве агрессивной коррозионной среды использовался водный раствор бумажной пульпы в кислой среде с содержанием ионов тяжелых металлов, а в качестве перспективного материала — сталь марки 55X. При выполнении работы была выявлена проблема, заключающаяся в искажении и размытии изображений поверхности образцов вследствие внешних воздействий и шумов. По результатам сравнительных экспериментов были выявлены структурные изменения на поверхности образца, сделаны обоснованные выводы.

Ключевые слова: коррозия, зондовая микроскопия, металлографическая оптическая микроскопия.

Введение. В современном промышленном производстве активно внедряются новые технологические процессы, которые протекают в агрессивных средах. Это связано с развитием технологий переработки вторичного сырья и в целом с развитием химической промышленности. Поэтому к конструкционным материалам, применяемым в подобных производствах, предъявляются особые требования. Большая часть технологического оборудования современных производств изготавливается на основе конструкционных материалов, относящихся к металлам и их сплавам. При взаимодействии с агрессивными средами металлы и сплавы подвергаются коррозии, которая является в большинстве случаев самопроизвольным процессом и приводит к повреждению деталей машин и металлических конструкций [1, 2]. Локальные повреждения поверхности металлов, не поддающиеся выявлению оптическими методами, являются наиболее опасными видами коррозии. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что распространение процессов поражения направлено вглубь металла, приводящее в конечном итоге к снижению прочности и ухудшению других параметров металлоизделий [3]. Чаще всего оптические методы диагностики не способны выявить местные повреждения поверхности деталей на ранних стадиях ввиду малой разрешающей способности. Разрешение зондовой микроскопии превышает пределы разрешающей способности оптического микроскопа [4]. В связи с этим, применение зондовой микроскопии при исследовании поверхности металлов и их сплавов после воздействия коррозионной среды является актуальной задачей для оценки их деструкции.

Сканирующая зондовая микроскопия (C3M) — это группа методов, при которых происходит контроль взаимодействия сканирующего острого зонда (2-10 нм) по поверхности и образца. C3M — чрезвычайно полезный инструмент, который используется во многих исследовательских учреждениях, начиная от химии и материаловедения и заканчивая биологическими науками. В дополнение к визуализации поверхностей с нанометровым разрешением, С3M также может использоваться для определения различных свойств, включая: шероховатость поверхности, трение, поверхностные силы, энергии связи и локальную эластичность [5]. В процессе выполнения данной работы были проведены исследования изменений структуры на поверхности стальных образцов, которые были подвержены воздействия агрессивной коррозионной среды. В качестве агрессивной коррозионной среды использовался водный раствор бумажной пульпы, который содержит ионы тяжелых металлов (Рb (II), Cd (II) и др.), а также имеет кислую среду (рH = 2,5-3) [6]. Вследствие эксплуатации технологического оборудования в среде бумажной пульпы

происходит его интенсивный коррозионный износ. Например, по данным ООО «Брянская бумажная фабрика» срок коррозионного износа мешалки, используемой в воронке размольного аппарата бумажной пульпы, составляет в среднем две недели. В качестве перспективного материала была взята сталь марки 55X.

При выполнении работы столкнулись с некоторыми неотъемлемыми проблемами. Конструкция зондового микроскопа – колебательная система, чувствительная к внешним механическим воздействиям, что вследствие возникающего резонанса приводит к колебаниям зонда относительно образца. Данное явление создает паразитный шум, приводящий к искажению и размытию изображения поверхности образца. Для недопущения подобных случаев измерительную головку помещают на виброизолирующую платформу, эффективно защищающую прибор от внешних колебаний [5].

**Методы исследования.** Исследование поверхности образцов проводились на многофункциональном сканирующем зондовом микроскопе Femtoscan, а также сравнительным методом металлографической оптической микроскопии. Предварительная подготовка образца заключалась в его вырезке нужного размера, получении плоской поверхности, шлифовании, полировании и обезжиривании. Поверхность образца для исследования предварительно выравнивается по плоскостям, т.е. затачивается на гриндере, и затем шлифуется.

Шлифование проводят на наждачной шлифовальной бумаге разной зернистости с плавным переходом бумаги с крупным абразивным зерном к бумагам меньшей зернистости. При шлифовке вручную наждачную бумагу следует укладывать строго на ровную плоскую поверхность и совершать возвратно-поступательные движения в одном направлении, прижимая образец к абразивному покрытию бумаги. Перед переходом с крупнозернистой наждачной бумаги на более мелкозернистую необходимо произвести очистку образца от скопившейся наждачной пыли, затем повернуть на 90° относительно первоначального направления шлифования и продолжить шлифовать до полного исчезновения царапин. Данные мероприятия позволяют контролировать процесс шлифования, а также способствуют повышению эффективности и улучшению качества подготавливаемой поверхности.

В случае проведения шлифования механическим способом используются более мелкие абразивные частицы, что способствует устранению всех мелких рисок от шлифовальной наждачной бумаги и придает поверхности металлического образца гладкий зеркальный блеск.

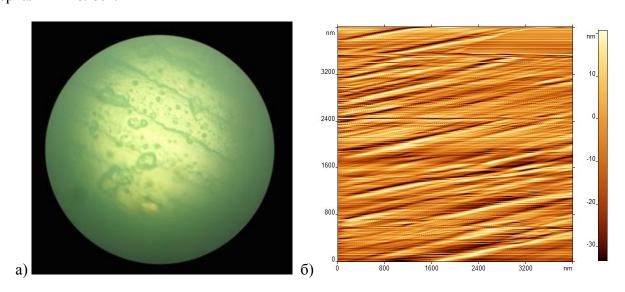


Рис. 1. Результаты исследования поверхности образца методом: а) металлографической оптической микроскопии; б) сканирующей зондовой микроскопии

**Результаты исследования.** В результате проведения пробоподготовки было выявлено, что поверхность стали 55X имеет в основном рельеф, характерный для образцов, отшлифованных до зеркального блеска. В то же время на снимке видны дефекты поверхности, присущие данному образцу (рис. 1-2).

Данные факты были установлены с помощью метода металлографической оптической микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии.

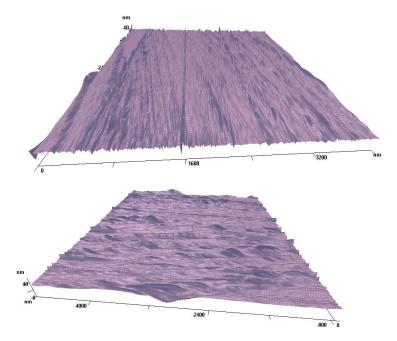


Рис. 2. Трехмерное изображение поверхности образца до воздействия коррозионной среды

На следующем этапе работы образец был подвергнут воздействию агрессивной среды бумажной пульпы. Для этого образец стали марки 55X поместили в водный раствор бумажной пульпы на сутки. Спустя установленное время на образце появились среды коррозионного воздействия. На поверхности образца появился бурый осадок. После этого образец очистили гексаном и высушили, затем исследовали топографию поверхности.

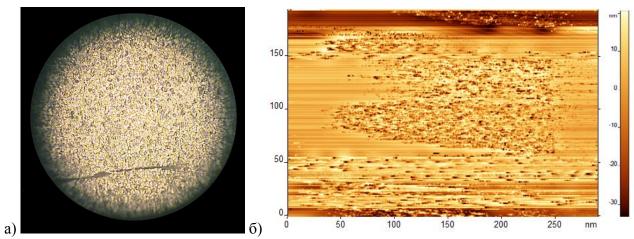


Рис. 3. Результаты исследования поверхности после воздействия коррозионной среды методом: а) металлографической оптической микроскопии; б) зондовой микроскопии

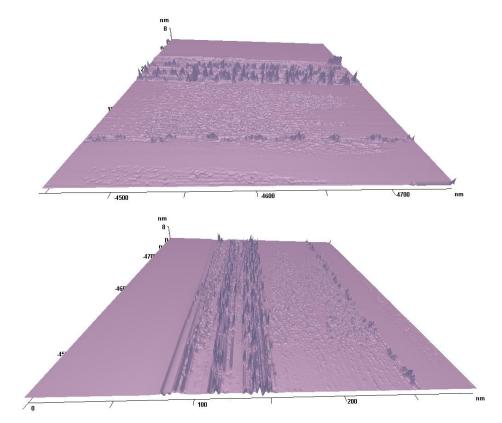


Рис. 4. Трехмерное изображение поверхности образца после воздействия коррозионной среды

После воздействия коррозионной среды структура поверхности образца изменилась. При рассмотрении рисунков 3-4 можно сделать вывод о том, что сталь марки 55X подвержена питтинговой коррозии.

**Выводы.** Использование метода сканирующей зондовой микроскопии при исследовании коррозионных процессов показало высокую ее эффективность для ранней диагностики локальной коррозии нержавеющей стали.

## Список литературы

- 1. Абдиев Д.А. Исследование физико-химической сущности коррозионных процессов для обоснования методов защиты металлов от коррозии // Аллея науки. -2019. №3 (30) [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38497710 (дата обращения 15.03.2022).
- 2. Есенин В.Н., Денисович Л.И. Стойкость металлических материалов в водных и водно-гликолевых растворах // Журнал прикладной химии. -2008. №11. С. 1772.
- 3. Карбань О.В., Ладьянов В.И., Маклецов В.Г., Решетников С.М., Борисова Е.М. Применение сканирующей зондовой микроскопии при коррозионных исследованиях стали 12X18H10T в различных средах // Вестник Удмуртского университета. Серия физика и химия. -2014. -N 2. -C. 5-12.
- 4. Памфилов Е.А., Прозоров Я.С., Кузнецов С.В., Лукашов С.В. Современные методы исследования коррозионно-механического изнашивания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. -2015. N 1. С. 146.
- 5. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Нижний Новгород: Книга по Требованию, 2004. 110 с.
- 6. Казаков Я.В. Характеристики деформативности как основополагающий критерий в оценке качества целлюлозно-бумажных материалов. Архангельск, 2015. 47 с

#### Сведения об авторе

Евтюхова К.А. – студент кафедры химии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: evtyuhowa.kseniya@yandex.ru.

# INVESTIGATION OF THE STEEL SURFACE BY PROBE MICROSCOPY AFTER EXPOSURE TO A CORROSIVE ENVIRONMENT

#### K.A. Evtyuhowa

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

The purpose was to identify the optimal conditions for the study of the surface of steel subjected to corrosion by probe microscopy. The choice of the probe microscopy method for the study of the steel surface is justified. The study of the steel surface by the comparative method of metallographic optical microscopy was carried out, optimal research conditions have been established. An aqueous solution of paper pulp in an acidic medium containing heavy metal ions was used as an aggressive corrosive medium, and 55X steel was used as a promising material. When performing the work, a problem was identified consisting in distortion and blurring of the images of the surface of the samples due to external influences and noise. According to the results of comparative experiments, structural changes on the surface of the sample were revealed, reasonable conclusions were made.

Keywords: corrosion, probe microscopy, metallographic optical microscopy

#### References

- 1. Abdiev D.A. Investigation of the physico-chemical essence of corrosion processes for substantiating methods of protecting metals from corrosion // Alley of Science. 2019. No. 3(30) [Electronic resource]. Access mode: URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38497710 (accessed 03.15.2022).
- 2. Yesenin V.N., Denisovich L.I. Resistance of metallic materials in aqueous and water-glycol solutions // Journal of Applied Chemistry. 2008. №11. P. 1772.
- 3. Karban O.V., Ladyanov V.I., Makletsov V.G., Reshetnikov S.M., Borisova E.M. Application of scanning probe microscopy in corrosion studies of 12X18H10T steel in various media // Bulletin of the Udmurt University. Physics and Chemistry series. − 2014. − №2. − Pp. 5-12.
- 4. Pamfilov E.A., Prozorov Ya.S., Kuznetsov S.V., Lukashov S.V. Modern methods of corrosion-mechanical wear research // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. -2015. No1. P. 146.
- 5. Mironov V.L. Fundamentals of scanning probe microscopy. Nizhny Novgorod: Book on Demand,  $2004.-110~\rm p.$
- 6. Kazakov Ya.V. Characteristics of deformability as a fundamental criterion in assessing the quality of pulp and paper materials. Arkhangelsk, 2015. 47 p.

#### **About author**

Evtyukhova K.A. – student of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: evtyuhowa.kseniya@yandex.ru.

УДК 620.193, 543.24, 544.08

# ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЧУГУНА В КИСЛОЙ СРЕДЕ

#### П.К. Савина

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Целью работы являлось определение направлений исследования коррозионной стойкости чугуна в кислой среде. Обоснован выбор материала чугуна в качестве объекта исследования. Исследован качественный и количественный состав выбранного для исследования образца. Осуществлен выбор методов исследования коррозии чугуна в кислых растворах. Изучена поверхность объекта исследования с помощью методов металлографической оптической и зондовой микроскопии. Отработана методика инверсионной вольтамперометрии для количественного определения ионов металлов в коррозионной среде водных растворов. Показано, что полученные данные можно положить в основу исследования коррозии чугуна в водных средах.

**Ключевые слова:** полярограф, ионы металлов, инверсионная вольтамперометрия, бумажная пульпа, коррозия.

Введение. В современное промышленное производство все чаще внедряются новые технологические процессы, которые протекают в агрессивных средах. Это связано с развитием технологий переработки вторичного сырья и в целом с развитием химической промышленности. Поэтому к конструкционным материалам, которые применяются в подобных производствах, предъявляют особые требования. Большая часть технологического оборудования современных производств изготавливается на основе конструкционных материалов, которые относятся к металлам и их сплавам. При взаимодействии с агрессивными средами металлы и сплавы подвергаются коррозии, которая является в большинстве случаев самопроизвольным процессом и приводит к выходу из строя машин, металлоконструкций и аппаратов [1, 2].

Данная проблема так же является актуальной для целлюлозно-бумажного производства. Техническая целлюлоза, полученная техническими методами, картон и бумага – это продукты химической переработки сырья, древесины и вторичного сырья. На данный момент заметно изменились способы получения бумаги и картона. Для их получения наиболее часто используют целлюлозу лиственных пород древесины и макулатура [3]. Сырьем на стадии химической переработки макулатуры является бумажная пульпа – этолигноцеллюлозный волокнистый материал, который получен с помощью химического или механического отделения целлюлозных волокон от древесины, волокнистых культур, макулатуры или ветоши. Водный раствор бумажной пульпы является агрессивной коррозионной средой, так как содержит ионы тяжелых металлов (Рb (II), Cd (II) и др.), а также имеет кислую среду (рH = 2,5-3) [4]. Вследствие эксплуатации технологического оборудования в среде бумажной пульпы происходит его интенсивный коррозионный износ. Например, по данным ООО «Брянская бумажная фабрика» срок коррозионного износа мешалки, используемой в воронке размольного аппарата бумажной пульпы, составляет в среднем две недели.

Целью исследования являлось определение направлений исследования коррозионной стойкости чугуна в кислой среде.

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведен анализ литературных данных, касающийся способов исследования коррозии чугуна в водных растворах;
  - обоснован выбор материала чугуна в качестве объекта исследования;

- исследован качественный и количественный состав выбранного для исследования образца;
- изучена поверхность объекта исследования с помощью метода металлографической оптической и зондовой микроскопии;
- отработана методика инверсионной вольтамперометрии для количественного определения ионов металлов в коррозионной среде водных растворов.

**Методы исследования.** При выполнении исследований использовали метод рентгенофлуоресцентного анализа, металлографической оптической и зондовой микроскопии, инверсионной вольтамперометрии, классические титриметрические методы анализа. Статистическая обработка результатов анализа проведена с использованием программы Mathcad.

В ходе анализа литературных данных по способам исследования коррозии в водных растворах, было установлено, что все методы исследования коррозионных процессов делятся на три группы [1]:

- эксплуатационные исследования (исследования машин, агрегатов и различного оборудования, средств защиты в условиях их дальнейшей эксплуатации);
- лабораторные исследования (испытания проходят в лабораториях, где воспроизводят различные эксплуатационные условия металлов и сплавов);
- внелабораторные исследования (испытания образцов в эксплуатационных естественных условиях, например, в море, на воздухе и т.п.).

На первоначальной стадии исследования коррозионного процесса нами было принято решение ограничиться лабораторными исследованиями. Так как объектом лабораторных исследований является металлический образец, возникла проблема поиска материалов проявляющих коррозионную стойкость в кислой среде.

По данным, представленным в исследованиях [2,5], в качестве перспективного материала мы рассмотрели чугун, модифицированный шаровидным графитом. Данный сплав был выбран нами в качестве объекта исследования коррозионного процесса в водных растворах.

При выборе способов коррозионного исследования руководствовались принципами, изложенными в исследованиях [1,6], в соответствии с которыми выделяются следующие этапы:

- исследование качественного и количественного состава выбранного образца чугуна;
  - изучение поверхности объекта исследования;
  - изучение механизма коррозионного процесса;
  - установление качественного и количественного состава продуктов коррозии.

В рамках настоящей работы нами была предпринята попытка реализации первых двух этапов из перечисленных.

Определение в сплаве химических элементов проводилось по большей части дробным методом при помощи микрокристаллоскопических и капельных реакций. В ходе исследования была составлена схема качественного анализа выбранного образца (рис.1).

**Результаты исследования.** В ходе качественного анализа в образце чугуна были обнаружены ионы  $Fe^{3+}$ ,  $Mo^{2+}$ .

Исследование количественного состава выбранного образца осуществляли с помощью рентгенофлюоресцентного анализа и перманганатометрии. РФА (рентгенофлуоресцентный анализ) — метод физического анализа, основанный на анализе спектра, который получают путем воздействия на материал рентгеновскими лучами.

Во время облучения атом переходит в возбужденное состояние, которое сопровождается переходом электронов на квантовые уровни наиболее высокого порядка. В таком состоянии атом находится достаточно мало времени, а после этого возвращается в

свое основное состояние. В это время электроны, которые находятся на внешних оболочках, или заполняют освободившиеся свободные места, а лишнюю энергию выпускают в виде фотонов, или передают энергию другим электронам, находящимся на внешних оболочках (они называются ожэ-электронами). В это время каждый атом выделяет фотоэлектрон, энергия которого имеет строгое значение. К примеру, железо во время облучения рентгеновским излучением испускает фотоны, равные Ка, или 6,4 кэВ. Соответственно, по количеству квантов и энергии можно судить о строении вещества.

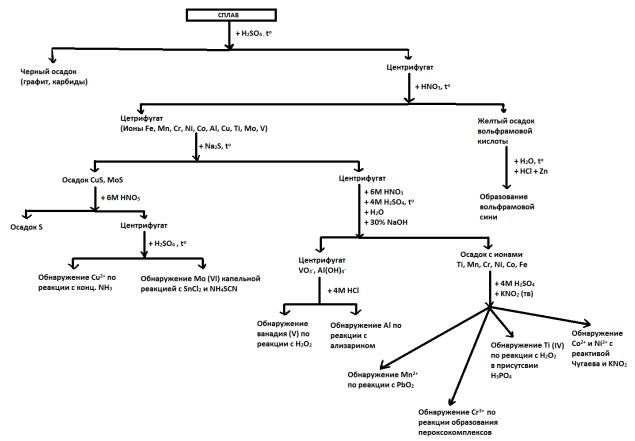


Рис. 1. Схема качественного анализа образца чугуна, модифицированного шаровидным графитом

Из данных, которые представлена на рисунке 2 следует, что процентное содержание элементов в составе выбранного образца составляет: Fe — 99,19%, Mo —0,805%, Mn — 0.00912%.

Определение железа в исследуемом образце проводили методом перманганатометрии в солянокислой среде. Для этого точно известную навеску стружек образца растворяли в соляной кислоте. Пробу, предварительно восстановленную до Fe<sup>2+</sup> с помощью гранул цинка, титровали в сернокислом растворе до образования бледно-розового цвета, который вызван избыточной каплей перманганата. Процентное содержание железа в чугуне составило 87,80%, но с учетом легких элементов, углерода и других примесей, пересчитанный процент составил около 95,00%.

В чугуне, модифицированным шаровидным графитом, количество углерода составило около 2,55%, а количество молибдена составило 0,805%.

Исследование поверхности выбранного образца осуществляли методами металлографической оптической и зондовой микроскопии.

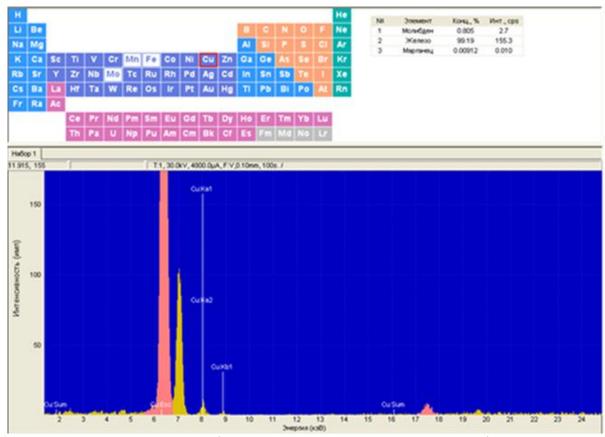


Рис. 2. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа чугуна, модифицированного шаровидным графитом

Металлографический микроскоп — прибор для наблюдения и фотографирования структуры металлов и сплавов, использующий свет, отражённый от зеркальной поверхности непрозрачного объекта — шлифа. При этом установлено, что чугун имеет кристаллические включения шаровидного графита (рис. 3).

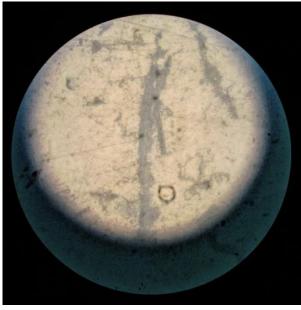


Рис. 3. Результаты исследования поверхности методом металлографической оптической микроскопии чугуна, модифицированного шаровидным графитом

Сканирующая зондовая микроскопия (C3M) — это группа методов определения локальных механических, электрических, магнитных и других свойств поверхности и формирования изображения поверхности и материалов при помощи микрозондов.

Анализируя полученные данные по воздействию коррозионной среды на исследуемый образец, был сделан вывод о том, что чугун подвергается избирательной коррозии (рис. 4).

Избирательная коррозия основана на том, что один из элементов главным образом удаляется из сплава, оставляя при этом остаток (чаще пористый), элементов, которые являются более стойкими к конкретной окружающей среде. В нашем случае пористыми остатками являются вкрапления углерода.

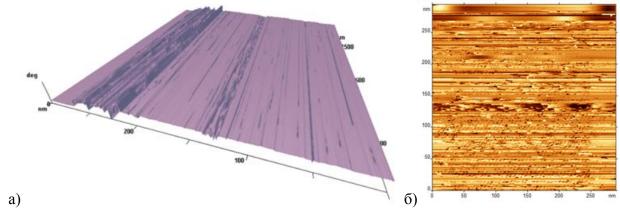


Рис. 4. Результаты исследования поверхности методом зондовой микроскопии (а, б) чугуна, модифицированного шаровидным графитом

В ходе исследования была отработана методика количественного определения продуктов коррозии, в основе которой лежит метод инверсионной вольтамперометрии. Сущность метода состоит в предварительном накоплении анализируемого вещества на индикаторном (рабочем) электроде электролизом при контролируемом потенциале с его последующим электрохимическим растворением при линейно изменяющемся потенциале.

В таблице 1 представлены оптимальные вольтамперометрические характеристики определения ионов металлов (Zn(II), Pb(II), Cd(II)) при их одновременном присутствии в водных растворах.

Таблица 1 Вольтамперометрические характеристики определения Pb (II), Cd (II), Zn (II) в водных растворах

Параметры	Pb(II)	Cd(II)	Zn(II)				
Напряжение	-1400	-950	-1000				
U, MB							
Время накопления, с	40 (варьируется)	40 (варьируется)	40 (варьируется)				
Время успокоения, с	10	10	10				
Циклы	3	3	3				
Диапазон	2	2	2				
Частота, Гц	75	75	75				
Скорость, об/мин	1000	1000	1000				

При определении концентрации ионов металлов получены следующие вольтамперометрические зависимости (рис. 5, табл. 2).

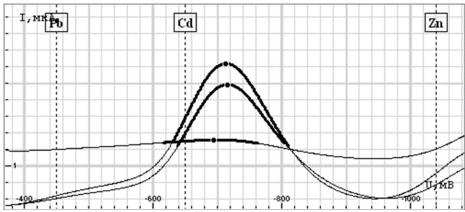


Рис. 5. Вольтамперометрические зависимости

Таблица 2 Обработка результатов анализа вольтамперометрического определения продуктов коррозии в водных растворах бумажной пульпы

Элементы	Концентрации, мкг/л				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>cp.</sub>		
Калмий	1,14±0,15	1.26±0.15	1.20±0.15		

После действия водного раствора на исследуемый образец чугуна было выявлено, что в раствор перешли ионы кадмия.

**Выводы.** Таким образом, поставленная цель исследования достигнута — определены направления исследования коррозионной стойкости чугуна в кислой среде. Выполнены первоначальные исследования коррозионного процесса: выбран объекты исследования; изучен его качественный и количественный состав; исследована поверхность до воздействия коррозионной среды. Определены основные вольтамперометрические характеристики методики определения количественного состава продуктов коррозии. Полученные нами данные могут быть положены в основу исследования коррозии чугуна в водных средах.

#### Список литературы

- 1. Абдиев Д.А. Исследование физико-химической сущности коррозионных процессов для обоснования методов защиты металлов от коррозии // Аллея науки. -2019. Т. 1, № 3(30). С. 709-713.
- 2. Есенин В.Н., Денисович Л.И. Стойкость металлических материалов в водных и водно-гликолевых растворах // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81. № 11. С. 1772.
- 3. Лыков А.С., Никитина Т.М. Способ переработки бумажной макулатуры, содержащей соединения тяжелых и цветных металлов // Патент на изобретение RU 2140476 C1, 27.10.1999. Заявка № 98100374/12 от 20.01.1998.
- 4. Казаков Я.В. Характеристики деформативности как основополагающий критерий в оценке качества целлюлозно-бумажных материалов: авторефер. ... д-ра техн. н. Архангельск, 2015. 47 с.
- 5. Шарая О.А. Водолазская Н.В. Способы повышения износостойкости изделий из чугуна путем упрочняющей обработки их поверхности // Инновации в АПК. -2020. -№ 4(28). С. 106-116.
- 6. Козлова Т.В. [и др.] Исследования продуктов коррозии низкоуглеродистых сталей электрохимическими методами // Труды Академэнерго. 2017. № 3. С. 108-125.
- 7. Памфилов Е.А., Лукашов С.В., Кузнецов С.В., Прозоров Я.С. Современные методы исследования коррозионно-механического изнашивания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. -2015.-T. 17. -N1. -C. 146.

- 8. Винникова О.С., Лукашов С.В., Пашаян А.А. Проблемы утилизации отработанных травильных растворов сталепрокатных заводов: новые подходы и решения // Экология и промышленность России. -2010. № 11. С. 49-51.
- 10. Лукашов С.В. Разработка сорбционно-каталитических способов утилизации сточных вод, содержащих формальдегид и хром (VI): дисс. ... к-та хим. наук. Брянск, 2005.

#### Сведения об авторе

Савина П.К. – студент кафедры химии,  $\Phi \Gamma EOY BO$  «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: savinapolina1501@mail.ru.

# APPROACHES TO THE STUDY OF CORROSION OF CAST IRON AND STEEL IN AQUEOUS SOLUTIONS OF PAPER PULP

#### P.K. Savina

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

The purpose was determine directions study corrosion resistance cast iron in an acidic environment. The choice cast iron material as an object research is justified. The qualitative and quantitative composition of the sample selected for the study was investigated. The choice of methods for investigating the corrosion of cast iron in acidic solutions has been carried out. The surface of the object of study was studied using metallographic optical and probe microscopy methods. The method of inversion voltammetry for the quantitative determination of metal ions in the corrosive environment of aqueous solutions has been developed. It is shown that the obtained data can be used as a basis for the study of cast iron corrosion in aqueous media.

Keywords: polarograph, metal ions, inversion voltammetry, paper pulp, corrosion.

#### References

- 1. Abdiev D.A. Investigation of the physico-chemical essence of corrosion processes for substantiating methods of protecting metals from corrosion // Alley of Science. -2019. Vol. 1. No 3 (30). Pp. 709-713.
- 2. Yesenin V.N. Denisovich L.I. Resistance of metallic materials in aqueous and water-glycol solutions // Journal of Applied Chemistry. − 2008. − Vol. 81, − №11. − P. 1772.
- 3. Lykov A.S., Nikitina T.M. A method for processing paper waste paper containing compounds of heavy and non-ferrous metals // Patent for invention RU 2140476 C1, 10/27/1999. Application No. 98100374/12 dated 20.01.1998.
- 4. Kazakov Ya.V. Characteristics of deformability as a fundamental criterion in assessing the quality of pulp and paper materials: abstract... S.D. in Technical Sciences. Arkhangelsk, 2015. 47 p.
- 5. Sharaya O.A. Vodolazskaya N.V. Ways to increase the wear resistance of cast iron products by strengthening their surface treatment / O.A. Sharaya, // Innovations in agriculture.  $-2020. N_{\odot}4$  (28). -Pp. 106-116.
- 6. Kozlova T.V. [et al.] Studies of corrosion products of low-carbon steels by electrochemical methods // Proceedings of Akademenergo. -2017.  $-N_{\odot}3$ . -Pp. 108-125.
- 7. Pamfilov E.A., Lukashov S.V., Kuznetsov S.V., Prozorov Ya.S. Modern research methods of corrosion-mechanical wear // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. -2015. Vol. 17. № 1. P. 146.
- 8. Vinnikova O.S., Lukashov S.V., Pashayan A.A. Problems of utilization of spent pickling solutions of steel rolling plants: new approaches and solutions // Ecology and industry of Russia. -2010. No11. Pp. 49-51.

- 9. Pamfilov E.A., Lukashov S.V., Prozorov Ya.S. Model of mechanochemical destruction of equipment parts for the production of technological chips // Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine. -2012. N = 5 (329). Pp. 108-116.
- 10. Lukashov S.V. Development of sorption-catalytic methods of wastewater disposal containing formaldehyde and chromium (VI): diss. ... Ph. D. in Chemical Sciences. Bryansk, 2005.

#### **About author**

Savina P.K. – student of the Department of Chemistry, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *savinapolina1501@mail.ru*.

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 631.438+631.471(470.333)

# ДИНАМИКА РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

## М.А. Нестеренко

ФГБОУ ВО "Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского"

В статье предоставлены результаты сравнительного анализа состояния радиационного загрязнения почвы спустя 36 лет реабилитационных работ. Несмотря на годы, прошедшие после аварии, проблемы обеспечения восстановления почв и уменьшение уровня загрязнения радиацией продолжают оставаться актуальными.

**Ключевые слова**: радиационное загрязнение почвы, реабилитация земель, сельскохозяйственные земли, плотность загрязнения.

Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году предопределила радиационную обстановку на большей части Брянской области. Радиоактивному загрязнению подверглись 21 из 28 районов Брянской области. В отношении расчета кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения, данный фактор является определяющим для распределения земельных участков к различным группам. Земельные участки, пострадавшие от радиоактивного заражения, должны относится 6-й группе видов использования «прочие земли сельскохозяйственного назначения, в том числе болота, нарушенные земли, земли, занятые полигонами, свалками, оврагами, песками». Данная группа оценивается на основе минимального удельного показателя кадастровой стоимости, полученного при расчете 1й группы.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 №1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» был утвержден перечень, в котором 749 населенных пунктов находящиеся на территории Брянской области были подвержены радиоактивному загрязнению, 4 из них попали под социальный статус «зона отчуждения», 26 «зона отселения» [1].

Сравнение радиационной ситуации в 1986 году с доаварийным периодом, показывает превышение загрязнения к уровню 1985 года на сельскохозяйственных угодьях по области в 37,0 раз, юго-западным районам — 101,2 раз.

В результате реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве за период 1986-1992 гг. были выполнены большие объемы работ по известкованию и фосфоритованию кислых почв, применению повышенных доз калийных удобрений, заглубленной вспашке верхнего слоя почвы. В значительной мере был восстановлен потенциал аграрного сектора в экономике.

Для оценки состояния загрязнения почвы с 1986 по 1992 гг. отбирается и анализируется около 5 тыс. проб почвы на 67 контрольных точках и реперных участках. По результатам анализа проводится картографирование почв сельскохозяйственных угодий, с плотностью загрязнения выше 1 Ки/км². По результатам составляются областные и районные карты, которые передаются хозяйствам вместе с руководством по ведению производства в условиях радиационного загрязнения [2].

В 2007 была принята государственная программа «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 гг.» направленная на восстановление почв, загрязненных радиацией. В 2008 году на эти

цели было выделено 40,2 млн. руб., в 2009 году -50 млн. руб., в 2010 году -44 млн. руб. и в 2011 г. -65 млн. руб. [3].

К 2011 году было проведено 6 циклов сплошного радиологического обследования сельхозугодий в 7-ми юго-западных районах по 2-3 цикла менее загрязненных районах.

Анализ данных обследований говорит о том, что коренного перелома в сторону улучшения не наступило. Снижение плотности загрязнения почв сельхозугодий цезием-137 составило всего 1,91 раза, превышение доаварийного уровня по-прежнему на пашне составляет 50, а в юго-западных районах – 137 раз [2].

В хозяйствах юго-западных районов Брянской области в 2010-2011 году в рамках программы по «Преодолению последствий радиационных аварий в сельском хозяйстве» и согласно контрактам с Минсельхозом России, применялось новое комплексное удобрение «Борофоска» на площади 7624 га, применение данного удобрения позволило понизить поступление цезия-137 от 2 до 5 раз [4].

В 2011 году ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» приступило к созданию электронных баз геоинформационных систем, что позволит перевести информацию о количественных и качественных характеристиках почв в электронный вид, поможет оперативному принятию решений по проведению реабилитационных работ. В 2011 году данная работа выполнена для части землепользователей Стародубского района. Из бюджета области на этот вид работ до 2015 года было запланировано ежегодное финансирование в размере 1 млн. руб. Так же отработаны технологии с применением новых агромелиорантов, обеспечивающих безопасное возвращение в хозяйственное использование земель, временно выведенных из оборота.

В настоящее время согласно данным мониторинга радиационной обстановки на почвах сельскохозяйственных угодий 347,7 тыс. га относится к разряду загрязненных (свыше  $37 \text{ кБк/м}^2$ ), из них 228,2 тыс. га составляет пашня и 119,5 тыс. га естественные кормовые угодья. Почв, требующих проведения защитных реабилитационных мероприятиях (плотность загрязнения выше  $185 \text{ кБк/м}^2$ ) – 113,1 тыс. га из них 56,9 тыс. га пашни и 56,2 тыс. га естественных кормовых угодий (Puc.1) [5].

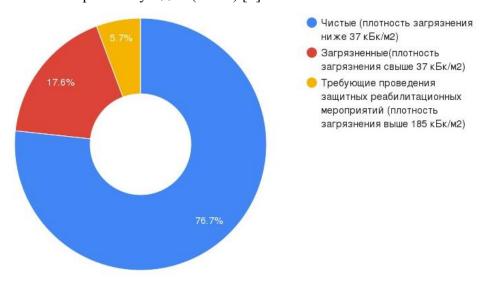


Рис. 1. Структура сельскохозяйственных земель Брянской области по степени радиационного загрязнения

Большая часть сельскохозяйственных угодий с уровнем загрязнения свыше 185 кБк/м<sup>2</sup> находятся в юго-западных районах Брянской области. Данные районы с 1986 года являются наиболее пострадавшими в результате аварии на ЧАЭС. Динамика плотности

загрязнения Цезием-137, почв сельскохозяйственных угодий Брянской области представлена в Таблице 1 [5].

Таблица 1 Динамика плотности загрязнения Цезием-137, почв сельскохозяйственных угодий Брянской области (1986-2020 гг.)

у Годы		Обследов анная	в том числе по группам загрязнения, кБк/м2					Средневз веш.
Угодья обслед.		площадь,	<37	37-185	185-555	555- 1480	>1480	плотность загрязнен ия
Всего с/х	1986- 1988	1756.7	1054.0	401.5	186.6	97.6	17.0	132.1
угодий	2021	1657.5	1309.8	234.6	91.7	19.8	1.6	54.8

Анализ полученных результатов радиологического обследования показывает, что перевод почв из категории загрязненных (свыше 37 кБк/м²) в «чистые» (до 37 кБк/м²) составляет всего 255,7 тыс. га (15,2%).

Динамика уровня средневзвешенного показателя плотности загрязнения почв, свидетельствует об улучшения радиационной ситуации в целом. Снижение уровня радиоактивного загрязнения происходит в основном за счет естественного распада и в малой мере за счет вертикальной и горизонтальной миграции.

В тоже время до сих пор высокие уровни радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель, говорят о получении сельскохозяйственной продукции, не отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям. Снизить этот риск можно только путем проведения комплекса агрохимических реабилитационных мероприятий.

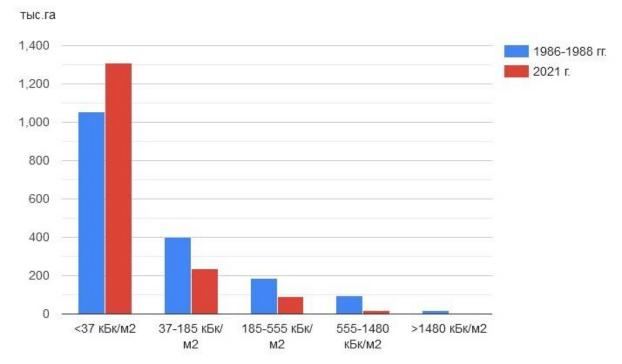


Рис. 2. Динамика плотности загрязнения Цезием-137, в 1986-1988 и 2021 году

Анализируя динамику плотности загрязнения Цезием-137, можно сделать вывод что к 2021 году количество сельскохозяйственных угодий с низким уровнем плотности

загрязнения выросло на 30%, а с/х угодья с критически высоким уровнем загрязнения в сравнении с общим объемом земель совершенно мало [5].

Мониторинг радиационной обстановки почв сельхозугодий на территории Брянской области проводился в 2011–2021 гг. В таблице 2 представлены сведения о плотности радиоактивного загрязнения на обследованных почвах сельхозугодий [5].

Таблица 2 Распределение средневзвешенной плотности загрязнения по районам Брянской области

Распределение средневзвешенной плотности загрязнения по районам Брянской области							
Обследов в том числе по группам загрязнения цезием-							
	анная	137, кБк/м2					Средневзвеш.
Район	площадь	<37	37-185		555- 1480	>1480	плотность
	c/x			185-			загрязнения,
	угодий,			555			кБк/м2
	га	<b>61000</b>	2002	<b>7</b> 0			21.1
Брасовский р-н	64751	61809	2883	59	_	_	21.1
Брянский р-н	46669	46669	_	_	_	_	19.6
Выгоничиский р-н	47993	47859	134	_	_	_	7.4
Гордеевский р-н	54807	1059	25622	24940	2917	269	254.6
Дубровский р-н	67914	67914	_	_	_	_	21.1
Дятьковский р-н	23619	22759	860	_	_	_	18.5
Жирятинский р-н	43286	43286	_	_	_	_	18.5
Жуковский р-н	40653	40653	ı	_	-	_	15.2
Злынковский р-н	32343	3965	16071	9591	2434	282	222.7
Карачевский р-н	65358	63801	1557	_	_	_	14.4
Клетнянский р-н	46196	46196	_	_	_	_	14.8
Климовский р-н	93289	26328	63438	3523	_	_	71.8
Клинцовский р-н	61341	12159	33963	13388	1549	282	148.0
Комаричиский р-н	73625	69532	3951	142	_	_	17.8
Красногорский р-н	57180	4198	36288	12608	3909	177	213.4
Мглинский р-н	54245	54245	_	_	_	_	18.5
Навлинский р-н	58723	56806	1917	_	_	_	21.8
Новозыбковский р-н	58595	18	21508	27438	9027	604	327.4
Погарский р-н	74418	71655	2763	_	_	_	19.1
Почепский р-н	114911	114911	_	_	_	_	21.5
Рогнеденский р-н	57989	56820	1169	_	_	_	19.2
Севский р-н	77086	76842	244	_	_	_	8.5
Стародубский р-н	112959	94382	18577	_	_	_	24.1
Суземский р-н	35389	35263	126				11.1
Суражский р-н	66819	66133	686				12.6
Трубчевский р-н	73836	71251	2585				20.4
Унечский р-н	53488	53236	252				11.1
Итого по области	1657482	1309749	234594	91689	19836	1614	54.8

В настоящее время мониторинг радиационной обстановки на территории Брянской области включает измерение мощности дозы гамма-излучения и отбор почвенных проб на 32 реперных (контрольных) точках. Данные исследования показывают, что уровень содержания Цезия-137 в почве (плотность загрязнения) значительно превышен в Гордеевском, Злынковском, Клинцовском, Красногорском районах, наиболее высокий уровень наблюдается в Новозыбковском районе 344,3 кБк/м².

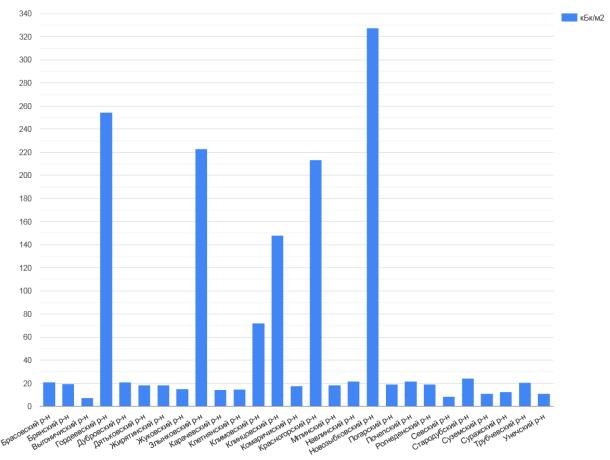


Рис.3. Распределение средневзвешенной плотности загрязнения по районам Брянской области на 2021 год

Ежегодно на реабилитацию земель, подверженных радиоактивному загрязнению, необходимо выделять 651,3 млн. руб. для получения нормативно-чистой продукции в животноводстве и растениеводстве, которая будет соответствовать нормам СанПиН [5].

Результаты многолетнего радиологического обследования показывают, что минимизация радиационной опасности остается актуальной до сегодняшнего дня. Достигнутые результаты проведения специальных мероприятий по снижению уровня радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель ниже, чем ожидалось. Связано это в большей мере с недостаточным финансированием организационных, агротехнических, агрохимических и технологических мероприятий. При кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения и установления кадастровой стоимости, фактор радиационного загрязнения и соответственно необходимого проведения дополнительных почвозащитных мероприятий и, как следствие, дополнительных затрат, должен являться решающим.

#### Список литературы

- 1. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 №1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://base.garant.ru/71216726/ (Дата обращения: 26.03.2022).
- 2. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Брянской области в 2011 году» / Комитет природопользования и охраны окружающей среды, лицензирования отдельных видов деятельности Брянской области; сост.: С.А. Ахременко, А.В. Городков, Г.В. Левкина, Брянск, 2012. 99 с.

- 3. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mcx.gov.ru (Дата обращения: 26.03.2022).
- 4. Постановление правительства Российской Федерации от 29.06.2011 № 523 «О федеральной целевой программе «Преодоление последствий радиационных аварий на перод до 2015 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/902289201 (Дата обращения: 26.03.2022).
- 5. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Брянской области в 2020 году» / Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области; сост.: Е.Г. Цублова, С.В. Лукашов, Брянск, 2021. 250 с.

#### Сведения об авторах

Нестеренко Максим Александрович – аспирант кафедры географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, e-mail: kashowka@gmail.com.

# DYNAMICS OF RADIATION POLLUTION OF SOILS OF AGRICULTURAL LANDS OF THE BRYANSK REGION

#### M.A. Nesterenko

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

The article presents the results of a comparative analysis of the state of radiation contamination of the soil after 36 years of rehabilitation work. Despite the years that have passed since the accident, the problems of ensuring soil restoration and reducing the level of radiation pollution continue to be relevant.

**Keywords:** radiation contamination of soil, land rehabilitation, agricultural land, pollution density.

#### References

- 1. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 08.10.2015 №1074 «Ob utverzhdenii perechnya naselennyh punktov, nahodyashchihsya v granicah zon radioaktivnogo zagryazneniya vsledstvie katastrofy na CHernobyl'skoj AES». [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://base.garant.ru/71216726/ (Data obrashcheniya: 26.03.2022).
- 2. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii okruzhayushchej sredy Bryanskoj oblasti v 2011 godu» / Komitet prirodopol'zovaniya i ohrany okruzhayushchej sredy, licenzirovaniya otdel'nyh vidov deyatel'nosti Bryanskoj oblasti; sost.: S.A. Ahremenko, A.V. Gorodkov, G.V. Levkina, Bryansk, 2012.– 99 s.
- 3. Gosudarstvenaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya na 2008-2012 gg. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: *https://mcx.gov.ru* (Data obrashcheniya: 26.03.2022).
- 4. Postanovlenie pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29.06.2011 № 523 «O federal'noj celevoj programme «Preodolenie posledstvij radiacionnyh avarij na perod do 2015 goda» [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://docs.cntd.ru/document/902289201 (Data obrashcheniya: 26.03.2022).
- 5. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii okruzhayushchej sredy Bryanskoj oblasti v 2020 godu» / Departament prirodnyh resursov i ekologii Bryanskoj oblasti; sost.: E.G. Cublova, S.V. Lukashov, Bryansk, 2021.– 250 s.

#### **About author**

Nesterenko M.A. – Ph. D. student, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *kashowka@gmail.com*.

УДК 574.5 (502.5, 504.062.2)

# СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НИТРАТ-ИОНОВ В ВОДАХ РОДНИКОВ ГОРОДА БРЯНСКА

#### О.А. Соболева

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В настоящей работе представлены результаты двухлетнего мониторинга родниковых вод в рамках изучения динамичности концентрации нитрат-ионов. Объектами данной работы стали 8 родников города Брянска и городского округа. Исследования проводились ежесезонно в 2019-2021 гг. Определено, что концентрация нитрат-ионов подвержена резким эпизодическим колебаниям, статистически доказано снижение нитратов в летнюю межень до осенних паводков и повышение в зимнюю межень до весеннего половодья.

Ключевые слова: родники, нитрат-ионы, экологический мониторинг, Брянская область.

Введение. Качественный состав питьевой воды, с одной стороны, обеспечивает нормальную жизнедеятельность человека за счёт сбалансированного водно-солевого обмена и поступления в организм эссенциальных макро- и микроэлементов, с другой стороны, является потенциальным источником вредных химических веществ, что может приводить к определённым сдвигам и патологическим состояниям [1]. В связи с вышеизложенным, приоритетная задача общенациональной программы «Вода России» — решение вопросов обеспечения качественной питьевой водой населения — должна решаться и на региональном уровне, включая и определение качества родниковых вод.

Брянская область – административный центр староосвоенного региона Нечерноземья РФ – богата выходами родников. Родник (источник, ключ) – естественный выход подземных вод на земную поверхность, обусловленный различными факторами: пересечением водоносных горизонтов отрицательными (вогнутыми) формами рельефа (например, речными долинами, балками, оврагами); геолого-структурными особенностями местности (наличием трещин, зон тектонических нарушений, контактов изверженных и осадочных пород); фильтрационной неоднородностью водовмещающих пород и другими. Химический состав родниковой воды разнообразен и определяется, главным образом, составом разгружающихся подземных вод и общими гидрогеологическими условиями района [2]. Следовательно, изучение динамичности химического состава родниковых вод, особенно по маркерным мониторинговым параметрам, достаточно актуально.

Таким образом, **цель** настоящей работы: изучение динамичности нитрат-ионов как маркерного мониторингового параметра в водах восьми родников города Брянска и городского округа, утилитарное или рекреационное значение которых особенно актуально для жителей административного центра, с последующим определением влияния ландшафта района водоизливания.

Методы и материалы. Рассмотрены изменения химического состава родников в течение года в местах рекреации (2 родника на территории памятника природы регионального значения «Верхний Судок», Святой источник пос. Супонево Брянского района), районах с сельскохозяйственной нагрузкой («Верхний родник» пос. Бежичи г. Брянска; «Цыганский родник» пос. Чайковичи г. Брянска), сочетания транспортной нагрузки и урбанизации (родник «Всё для вас», около ост. Памятник Болгарским патриотам г. Брянска), сочетания транспортной и сельскохозяйственной нагрузки («Нижний родник» пос. Бежичи г. Брянска, «Чайковичский родник» пос. Чайковичи г. Брянска) (рис. 1). Данные пробы отбирались ежесезонно с осени 2019 г. по лето 2021 г. первого числа крайнего месяца сезона (ноябрь, февраль, май, август).

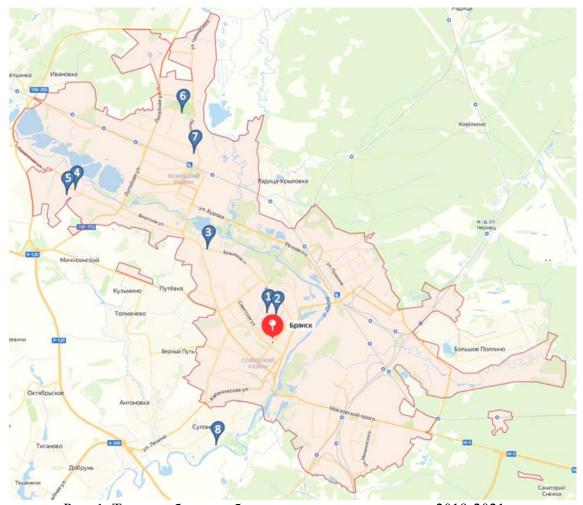


Рис. 1. Точки отбора проб ежесезонного мониторинга 2019-2021 гг

Указание к рисунку: 1, 2 – Памятник природы регионального значения «Верхний Судок»; 3 – Родник «Всё для вас», ост. Памятник Болгарским патриотам; 4 – пос. Бежичи, «Нижний родник»; 5 – пос. Бежичи, «Верхний родник»; 6 – пос. Чайковичи, «Цыганский родник»; 7 – пос. Чайковичи, «Чайковичский родник»; 8 – пос. Супонево, источник Свенской иконы Божией Матери.

Каптированные выходы подземных вод (точки отбора № 3-8) активно используются населением города в качестве источников нецентрализованного водоснабжения благодаря высоким органолептическим качествам воды. Особенно интенсивен забор воды из точек отбора № 4, 5, 7. Родники в точках № 1, 2 — перспективные места рекреации. В осенний период воды этих родников — слабо-жёлтые, в другие времена года наблюдалась слабая опалесценция.

Для каждого родника определены гидрохимические (водородный показатель pH, нитрат-, нитрит-, сульфат-, хлорид-, фосфат-ионы, общая жёсткость, общая минерализация, общее содержание железа) и геоэкологические (дебит, температура воды и окружающей среды) параметры.

Результаты и их обсуждение. По дебиту мониторинговые родники можно разделить на две группы: мало- и среднедебитные (табл. 1). Два родника со значением расхода воды более 1,0 л/с расположены на территориях с сочетанием транспортной нагрузки и урбанизации (родник «Всё для вас» г. Брянска — точка отбора №3) и с сочетанием транспортной и сельскохозяйственной нагрузок («Чайковичский родник» пос. Чайковичи г. Брянска — точка отбора №7). Расположение указанных родников и значительный дебит (родники Брянской области, преимущественно, классифицируются как малодебитные) обуславливает их повышенное утилитарное значение для горожан. При этом отношение

минимального дебита к максимальному варьировалось в двухлетних наблюдениях от 1:2,0 (класс постоянных; родник в точке отбора №7) до 1:7,2 (класс переменных; родники в точках отбора № 3-6, 8).

Классификация родников по дебиту

Таблица 1

		классификация родников п	о деоиту					
отбора	Дебит родника в среднем за период наблюдений, л/с	Классификация родника по дебиту	Отношение минимального дебита к максимальному	Название родника по изменению дебита				
1		очник						
2	подводный источник							
3	1,433±0,468	тип: II – среднедебитные;	1:2,5	III – переменные				
		класс 5 – значительные						
4	0,353±0,136	тип: I – малодебитные;	1:4,2	III – переменные				
		класс: 4 – незначительные						
5	$0,848\pm0,452$	тип: I – малодебитные;	1:7,2	III – переменные				
		класс: 4 – незначительные						
6	0,213±0,061	тип: I – малодебитные;	1:2,7	III – переменные				
		класс: 4 – незначительные						
7	1,345±0,296	тип: II – среднедебитные;	1:2,0	II – постоянные				
		класс 5 – значительные						
8	0,251±0,064	тип: I – малодебитные;	1:2,5	III – переменные				
		класс: 4 – незначительные						

Отмечены существенные отличия в объёмах расхода воды в единицу времени во временном разрезе, что является типичным для умеренного климата.

Средний рН вод, изученных в данном исследовании родников, составил  $7,61\pm0,46$ , то есть кислотность родниковых вод в течение года варьируется незначительно. В целом, воды классифицируются как щелочные, за пределы норматива СанПиНа (6-9 ед. рН) данный показатель не выходит [СанПиН 2.1.3684-21].

Исследования гидрохимического состава родниковых вод включали определение общих и суммарных показателей (минерализация, электропроводность, водородный показатель (рН), общая жёсткость, концентрация растворённого кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК)), ионного состава (Cl $^-$ , F $^-$ , SO $_4^{2-}$ ), биогенных элементов (Fe $_{06\text{III}}$ , ионы NO $_3^-$ , NO $_2^-$ , PO $_4^{3-}$ ).

В соответствии с требованиями глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды нитрит- и нитрат-ионы входят в программы обязательных наблюдений за составом питьевой воды и являются важными показателями степени загрязнения и трофического статуса природных водоёмов [3].

Содержание нитрат-ионов выше 45 мг/л указывает на ухудшение санитарного состояния водного объекта. При воздействии на человека различают: первичную токсичность собственно нитрат-иона; вторичную — связанную с образованием нитрит-иона; третичную — обусловленную образованием из нитритов и аминов канцерогенных нитрозаминов, токсическое воздействие которых проявляется тканевой гипоксией, угнетением иммунитета и повышением риска злокачественных новообразований [4, 5].

Содержание нитрат-ионов в водах родников Брянской области, в большинстве случаев, выходит за пределы нормативов СанПиНа (45 мг/л), поэтому данный показатель рассматривается нами как маркерный мониторинговый показатель.

Колебания концентрации нитрат-ионов, представленные на рис. 2, в водах изученных родников в рамках двухлетнего мониторинга весьма значительны: от 1,07 мг/л (родник в

точке отбора №5) до 99,19 (родник в точке отбора №6), среднее содержание нитратов составило  $34,5\pm18,0$  мг/л.

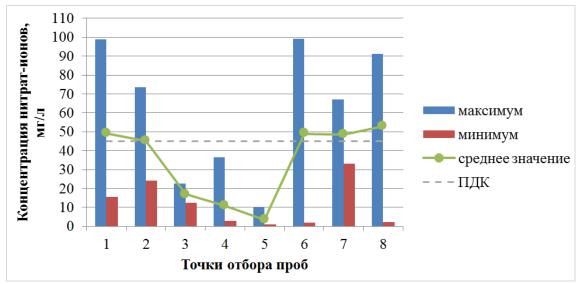


Рис. 2. Колебания содержания нитрат-ионов в водах мониторинговых родников

Отмечена существенная разница между наибольшей и наименьшей концентрацией нитратов в родниковых водах, которая варьировалась от 9,03 мг/л (родник в точке отбора №5) до 97,17 мг/л (родник в точке отбора №6). Высокое варьирование данного показателя затрудняет его интерпретацию. На рис. 3 показана круговая диаграмма динамики содержания нитратов по сезонам года в каждом из изученных родников. Приняв в качестве нулевой гипотезы сезонность концентрации нитрат-ионов, рассчитан критерий НСР.

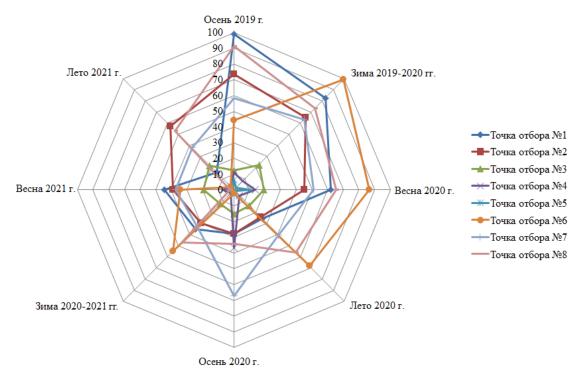


Рис. 3. Кольцевая диаграмма динамики концентрации нитрат-ионов в водах мониторинговых родников

Фактически соответствуют установленным нормативам СанПиН воды родников в точках отбора №3-5. Родник в точке отбора №6, расположенный в районе с сельскохозяйственной нагрузкой, превышал утверждённый норматив в зимний период 2019-2020 гг. в 2,20 раз.

Нулевая гипотеза сезонности содержания нитрат-ионов в родниковых водах не отвергается (HCP>d), но высокий коэффициент вариации (60-80%) не позволяет однозначно утверждать данную зависимость. Мы склонны полагать, что концентрация нитратов в водах родников понижается в летнюю межень до осенних паводков и повышается в зимнюю межень до весеннего половодья, данные зависимости являются более статистически достоверными. Наш вывод согласуется с авторами [6], теоретически обосновывающими минимальную концентрацию нитрат-ионов в природных водах в вегетационный период и её повышение зимой, когда разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные происходит при минимальном потреблении азота.

Содержание других анионов (хлориды и сульфаты) в воде исследованных источников удовлетворяет нормам СанПиНа (350 мг/л для хлорид-ионов, 500 мг/л для сульфат-ионов). Колебания концентраций обоих компонентов выражены слабо: хлорид-ионы варьируются от 5,8 мг/л (минимальное значение в воде родника в точке отбора №5) до 71,8 мг/л (точка отбора №1); сульфат-ионы – от следовых количеств (точка отбора №3) до 95,6 мг/л (точка обора №6).

**Выводы.** Проведено двухлетнее мониторинговое исследование родников города Брянска и городского округа города Брянска в 2019-2021 гг. Показана сезонность показателей дебита и концентрации нитрат-ионов. Метеорологическим изменениям в большей степени подвержены родники нисходящего типа, питающиеся верховодкой. Анализ результатов двухлетнего мониторинга родниковых вод по сезонам позволил выявить следующие зависимости: дебит источников повышается в летне-осеннюю межень и зимнюю межень перед весенним половодьем; концентрация нитрат-ионов подвержена резким эпизодическим колебаниям, статистически определено снижение нитратов в летнюю межень до осенних паводков и повышение в зимнюю межень до весеннего половодья.

#### Список литературы

- 1. Тулина Л.М. Гигиенические аспекты водопотребления промышленного города и оценка риска для здоровья населения: дисс. ... к-та мед. наук. Оренбург, 2006. 153 с.
- 2. Егоров Н.А. Критерии выбора приоритетных показателей химического загрязнения воды для социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. -2002. -№ 2. -C. 57-58.
- 3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: Форум: ИНФРА-М, 2010. 192 с.
- 4. Домнин С.Г., Митин А.В., Корсак М.Н. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье человека // Питьевая вода и здоровье населения: информационное пособие. Вып. І. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2002. 63 с.
- 5. Орехова Г.А., Новых Л.Л., Соловьев А.Б. Нитратное загрязнение родниковых вод Яковлевского района Белгородской области // Проблемы региональной экологии. 2012. №2. С. 55-57.
- 6. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций. Минск: БГУ, 2011. 258 с.

#### Сведения об авторе

Соболева Ольга Александровна — аспирант кафедры географии, экологии и землеустройства,  $\Phi \Gamma EOY BO$  «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, e-mail: OAsoboleva@bk.ru.

# SEASONAL CHANGES IN THE CONCENTRATION OF NITRATE IONS IN THE SPRING WATERS OF THE CITY OF BRYANSK

#### O.A. Soboleva

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

This article presents the results of a two-year monitoring of spring waters in the framework of studying the dynamics of the concentration of nitrate ions. The objects of this work were 8 springs of the city of Bryansk and the urban district. The studies were carried out every season in 2019-2021. It has been determined that the concentration of nitrate ions is subject to sharp episodic fluctuations, a decrease in nitrates in the summer low water period before autumn floods and an increase in the winter low water period before the spring flood has been statistically proven.

Keywords: springs, nitrate ions, ecological monitoring, Bryansk region.

#### References

- 1. Tulina L.M. Hygienic aspects of industrial city water consumption and public health risk assessment: diss. ... Ph.D. Orenburg, 2006. 153 p.
- 2. Egorov N.A. Criteria for selecting priority indicators of chemical water pollution for social and hygienic monitoring // Hygiene and Sanitation.  $-2002. N_{\odot} 2. P. 57-58$ .
- 3. Hydrochemical indicators of the state of the environment: reference materials / Ed. T.V. Guseva. M.: Forum: INFRA-M, 2010. 192 p.
- 4. Domnin S.G., Mitin A.V., Korsak M.N. Influence of the chemical composition of drinking water on human health // Drinking water and public health: an information manual. M.: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2002. 63 p.
- 5. Orekhova G.A., Novykh L.L., Soloviev A.B. Nitrate pollution of spring waters of the Yakovlevsky district of the Belgorod region // Problems of regional ecology. -2012. N = 2. P. 55-57.
- 6. Loginova E.V., Lopukh P.S. Hydroecology: a course of lectures. Minsk: BGU, 2011. 258 p.

#### **About author**

Soboleva O.A. – Ph. D. student, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: *OAsoboleva@bk.ru*.

#### **ТРЕБОВАНИЯ**

# К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОННОМ НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА» («УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ БГУ»)

# Требования к содержанию статей.

В журнале «Ученые записки БГУ» публикуются статьи теоретического и прикладного характера, содержащие оригинальный материал исследований автора (соавторов), ранее нигде не опубликованный и не переданный в редакции других журналов. Материал исследований должен содержать научную новизну и/или иметь практическую значимость. К публикации принимаются только открытые материалы на русском, английском или немецком языках. Статьи обзорного, биографического характера, рецензии на научные монографии и т.п. пишутся, как правило, по заказу редколлегии журнала.

# Требования к объему статей.

Полный объем статьи, как правило, не должен превышать 1 Мб, включая иллюстрации и таблицы.

## Общие требования к оформлению статей.

Статьи представляются в электронном виде, подготовленные с помощью текстового редактора Microsoft Word (Word 97/2000, Word XP/2003) и разбитые на страницы размером A4. См. образец с настроенными стилями.

Все поля страницы – по 2 см, верхний и нижний колонтитулы – по 1,5 см. Текст набирается шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал - одинарный, красная строка (абзац) - 1,25 см, выравнивание по ширине, включен режим принудительного переноса в словах. Страницы не нумеруются.

Если статья выполнена при поддержке гранта или на основе доклада, прочитанного на конференции, то необходимо сделать соответствующее упоминание в конце статьи.

К статье должна быть приложена авторская справка, содержащая следующую информацию по каждому автору: фамилию, имя, отчество (при наличии), научную степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес места работы (домашний адрес указывать недопустимо), контактный телефон – рабочий или сотовый (домашний телефон указывать недопустимо), е-mail, согласие на обработку указанных данных и размещение их в журнале. См. образец авторской справки.

В статье следует использовать только общепринятые сокращения.

Редакция не принимает к рассмотрению рукописи статей, оформленные не по установленным правилам.

#### Требования к структуре статей.

Статья формируется из отдельных структурных составляющих в следующей последовательности:

- 1) первая строка: номер УДК (стиль «УДК»);
- 2) вторая строка: название статьи (стиль «Название»);
- 3) пропустив одну строку: фамилии и инициалы авторов (стиль «Автор»);
- 4) наименование организации(й), которую представляют авторы (стиль «Организация»);
  - 5) пропустив одну строку: аннотация на русском языке (стиль «Аннотация»);
  - 6) ключевые слова (стиль «Ключевые слова»);
- 7) пропустив одну строку: основной текст статьи (стиль «Текст») с иллюстрациями (стиль «Подрисуночная надпись») и таблицами (стили «Номер таблицы» и «Название таблицы»);
- 8) пропустив одну строку: список литературы (стили «Список литературы» и «Источники»);
  - 9) пропустив одну строку: сведения об авторах (стили «Об авторах» и «Сведения»);

- 10) пропустив одну строку: название статьи на английском языке (стиль «Название»);
- 11) пропустив одну строку: фамилии и инициалы авторов на латинице (стиль «Автор»);
- 12) наименование организации(й), которую представляют авторы, на латинице (стиль «Организация»);
  - 13) пропустив одну строку: аннотация на английском языке (стиль «Аннотация»);
  - 14) ключевые слова на английском языке (стиль «Ключевые слова»);
- 15) пропустив одну строку: список литературы на английском языке (стиль «Список литературы» и «Источники»);
- 16) пропустив одну строку: сведения об авторах на английском языке (стили «Об авторах» и «Сведения»).

Указанные структурные составляющие статьи являются обязательными.

## Требования к оформлению структурных составляющих статей.

Аннотация на русском языке, в которой отражается краткое содержание статьи, должна иметь объем, как правило, не более 8 строк. Аннотация на английском языке должна содержать не менее 100-250 слов, быть информативной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований) и оригинальной (не быть калькой аннотации на русском языке).

Количество ключевых слов на русском и английском языках не должно превышать 15 слов (для каждого языка).

Оптимальной считается следующая структура статьи: «Введение» с указанием актуальности и цели научной работы, «Постановка задачи», «Результаты», «Выводы или заключение», «Литература», «Приложение». В «Приложении» при необходимости могут приводиться математические выкладки, не вошедшие в основной текст статьи и иной вспомогательный материал). В тексте статьи допускается использование систем физических единиц СИ (предпочтительно) и/или СГСЭ. В обязательном порядке статья должна завершаться выводами или заключением.

Все иллюстрации и таблицы — не редактируемые файлы в формате jpg, которые должны быть вставлены в текст. Дополнительно иллюстрации прилагаются отдельными файлами в формате jpg. Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания не допускаются. Все рисунки и чертежи выполняются четко, в формате, обеспечивающем ясность понимания всех деталей; это особенно относится к фотокопиям и полутоновым рисункам. Рисунки, выполненные карандашом, не принимаются. Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы. Язык надписей на рисунках (включая единицы измерения) должен соответствовать языку самой статьи. Поясняющие надписи следует по возможности заменять цифрами и буквенными обозначениями, разъясняемыми в подписи к рисунку или в тексте. Авторов, использующих при подготовке рисунков компьютерную графику, просим придерживаться следующих рекомендаций: графики делать в рамке; штрихи на осях направлять внутрь; по возможности использовать шрифт Times New Roman; высота цифр и строчных букв должна соответствовать высоте букв в тексте статьи.

Формулы должны быть набраны только в редакторе формул (Microsoft Equation). Высота шрифта 12 рt, крупных индексов - 8 рt, мелких индексов - 5 рt, крупных символов – 18 рt, мелких символов – 12 рt. Формулы, внедренные как изображение, не допускаются! Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться. Векторные величины выделяются прямым полужирным шрифтом. Все сколько-нибудь громоздкие формулы выносятся на отдельные строки. Формулы должны быть вставлены по центру в таблицу с невидимыми контурами, состоящей из двух колонок. Левая широкая колонка используется для размещения самой формулы, а правая узкая колонка — для номера формулы. Номер формулы ставится в скобках и располагается по

центру ячейки таблицы. Нумеруются только те формулы, на которые имеются ссылки в тексте статьи.

В список литературы включаются только те источники, на которые в тексте статьи имеются ссылки. Желательно шире использовать иностранные источники. Список формируется либо в порядке цитирования, либо в алфавитном порядке (вначале источники на русском языке, затем на иностранных языках). Ссылки на литературу по тексту статьи необходимо давать в квадратных скобках. Библиографические описания цитируемых источников в списке литературы оформляются в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. Список литературы должен быть продублирован на латинице (см. Написание русских символов латиницей). Рекомендации по представлению ссылок в списке литературы на латинице, удовлетворяющего требованиям поисковых систем международных баз данных, – см. Представление источников на латинице.

Сведения об авторах должны включать следующую информацию (на русском и английском языках): фамилию и инициалы автора, ученую степень и ученое звание (при их наличии), должность с указанием места работы (полное название организации, без сокращения), адрес электронной почты. В англоязычном варианте желательно (но не обязательно) также привести дополнительную информацию, в частности, указать дату рождения, назвать законченные учебные заведения и полученные в них научные степени или квалификацию, указать область научных интересов и др.

#### Требования к составу присылаемого в редакцию комплекта документов.

В комплект документов, присылаемых в редакцию журнала, должны входить:

- 1) файл с расширением .doc, содержащий полностью подготовленную к публикации согласно вышеперечисленным требованиям журнала статью (включая размещенные в ее тексте рисунки), название которого складывается из фамилий всех авторов (например, «Иванов И.И.,Петров П.П.doc»);
- 2) файлы с расширением .jpg, содержащие по одному рисунку статьи, название которых соответствует номерам рисунков (например, «Рисунок 01.jpg»);
- 3) файлы с расширением .pdf, содержащие по одной авторской справке с подписью автора, название которых соответствует фамилии автора (например, «Иванов И.И.doc»).

К статьям, выполненными аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем (если научный руководитель не входит в число соавторов данной статьи).

Каждая статья в обязательном порядке проходит процедуру закрытого рецензирования. Порядок рецензирования установлен документом «Порядок рецензирования рукописей». По результатам рецензирования редколлегия оставляет за собой право либо вернуть автору статью на доработку, либо отклонить ее публикацию в журнале.

Редакция журнала оставляет за собой право на редактирование статей с сохранением авторского варианта научного содержания.

В опубликованной статье указывается дата поступления рукописи статьи в редакцию. В случае существенной переработки рукописи статьи указывается дата получения редакцией окончательного текста статьи.

#### Статьи публикуются бесплатно.

Все материалы отправлять по адресу:

241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, д.20, каб. 101

Телефон: +7(4832)58-91-71, доб. 1083

E-mail: uz\_bgu@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей можно посмотреть на официальном сайте журнала: *http://www.scim-brgu.ru* 

#### СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

#### БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / НАУКИ О ЗЕМЛЕ

#### Учредитель и издатель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Эл № ФС77-62799 от 18.08.2015

#### Адрес учредителя:

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» 241036, г. Брянск, Бежицкая, 14

## Адрес редакции и издателя:

РИО ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» 241036, г. Брянск, Бежицкая, 20

Дата размещения сетевого издания в сети Интернет на официальном сайте http://scim-brgu.ru - 29.06.2022