

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2021 • 6

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
**БАЯНДАМАЛАРЫ**

---

**ДОКЛАДЫ**  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**REPORTS**  
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944



ALMATY, NAS RK

**Бас редактор:**

**ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

**Редакция алқасы:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич** (бас редактордың орынбасары), медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

**РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы** (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 23

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

**САНГ-СУ Квак**, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері (Дэчон, Корея) Н = 34

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 12

**ӘБИЕВ Руфат**, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі (Санкт-Петербург, Ресей) Н = 14

**ЛОКШИН Вячеслав Нотанович**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш Республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Ақушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі (Чебоксары, Ресей) Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджида Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры (Карачи, Пәкістан) Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ) Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика)**, Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н = 26

**РОСС Самир, Ph.D**, Миссисипи университетінің Фармация мектебі өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу орталығының профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 26

**МАЛЪМ Анна**, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша) Н = 22

**ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре, Ph.D** (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) Н = 27

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ93VPY00025418** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология; физикалық және химиялық ғылымдар.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

**Главный редактор:**

**ЖУРИНОВ Мурат Журинович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

**Редакционная коллегия:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич** (заместитель главного редактора), доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 11

**РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич** (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан) Н = 23

**АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея) Н = 34

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан) Н = 12

**АБИЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия) Н = 14

**ЛОКШИН Вячеслав Нотанович**, академик НАН РК, доктор медицинских наук, профессор, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан) Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия) Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США) Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия) Н = 26

**РОСС Самир**, доктор Ph.D, профессор Школы фармации Национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 26

**МАЛЪМ Анна**, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша) Н = 22

**ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре**, доктор философии (Ph.D, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия) Н = 27

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»****ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (Print)**

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии и медицины; физические и химические науки.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

**Editor in chief:**

**ZHURINOV Murat Zhurinovich**, Doctor of Chemistry, Professor, Academician of NAS RK, President of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) H = 4

**Editorial board:**

**BENBERIN Valery Vasilievich**, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 11

**RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich**, Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan) H = 23

**ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

**SANG-SOO Kwak**, Ph.D in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB) (Daecheon, Korea) H = 34

**BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan) H = 12

**ABIYEV Rufat**, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) H = 14

**LOKSHIN Vyacheslav Notanovich**, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan) H = 8

**SEMENOV Vladimir Grigorievich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia) H = 23

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) H = 21

**TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA) H = 27

**CALANDRA Pietro**, Ph.D in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy) H = 26

**ROSS Samir**, Ph.D, Professor, School of Pharmacy, National Center for Scientific Research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 26

**MALM Anna**, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland) H = 22

**OLIVIERRO ROSSI Cesare**, Ph.D in Chemistry, Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy) H = 27

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.****ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine; physical and chemical sciences.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Ishchenko M.V.<sup>1</sup>, Sobolenko M.O.<sup>1</sup>, Kalambay M.T.<sup>2,3,4</sup>, Shukirgaliyev B.T.<sup>4,3</sup>, Berczik P.P.<sup>5,1</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory Kyiv, Ukraine;

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan;

<sup>4</sup>Energetic Cosmos Laboratory, Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan;

<sup>5</sup>National Astronomical Observatories and Key Laboratory of Computational Astrophysics, Beijing, China.

E-mail: marina@mao.kiev.ua

## MILKY WAY GLOBULAR CLUSTERS: CLOSE ENCOUNTER RATES WITH EACH OTHER AND WITH THE CENTRAL SUPERMASSIVE BLACK HOLE

**Abstract.** Using the data from Gaia (ESA) Data Release 2 we performed the orbital calculations of globular clusters (GCs) of the Milky Way. To explore possible collisions between the GCs, using our developed high-order  $\phi$ -GRAPE code, we integrated (backwards and forward) the orbits of 119 objects with reliable positions and proper motions. In calculations, we adopted a realistic axisymmetric Galactic potential (bulge + disk + halo). Using different impact conditions, we found five pairs of the GCs that likely experienced collisions: Terzan 3 – NGC 6553, Terzan 3 – NGC 6218, Liller 1 – NGC 6522, Djorg 2 – NGC 6552 and NGC 6355 – NGC 6637.

We analyzed the GCs interaction rates with the central supermassive black hole. Assuming the maximum 100 pc distance criteria for separation between them we estimated 11 close encounter events. From our numerical simulations, we estimate the close interaction rate as at least one event per Gyr with the impact parameter less than 30 pc; and one event per Myr with the impact parameter less than 60 pc. Our calculations show one very close encounter of NGC 6121 with the central SMBH near 5.5 pc (practically direct collision). Based on the extended literature search for the possible progenitor of our selected 11 GCs, we found that most of them have a Milky Way main bulge origin.

**Key words:** Galaxy: globular clusters, supermassive black hole: general - Galaxy: kinematics and dynamics - methods: numerical.

**Introduction.** The globular clusters (GCs) of the Milky Way (MW) are old gravitationally bound stellar systems with typical ages older than 6 Gyr and masses  $\gtrsim 10^4 M_\odot$  [16]. These objects can be used as a powerful tool to examine the Galactic structure and assemble the history at different scales from the formation of star clusters to hierarchical merger events [17]. The recent high precision astrometric measurements provided by Gaia Data Release 2 (DR2) [10] allow us to calculate the mean proper motions for  $\approx 150$  GCs of the MW [6,10,28]. In this work, by using two catalogues of GCs [6, 28] containing the full 6D phase-space information, we performed the simulations of 148 GCs orbits aiming to test a possibility of the GCs collisions in the past 5 Gyr. Similar to previous studies, we study the dynamics of the GCs as the test-particle motion in axisymmetric MW-like potential [1, 2, 12, 21, 23–25].

**Globular Cluster Sample.** Before the orbital integration, we prepared a complete catalogue of the MW GCs. That is, we merged two recent catalogues [6,28] which together contain information about 152 objects (see Table 4). The resulting catalogue contains the complete phase-space information required for the initial conditions in our simulations: right ascension (RA), declination (DEC) and distance (D), proper motions  $\mu_{\alpha^*}, \mu_\delta$  and radial velocity  $v_r$ .

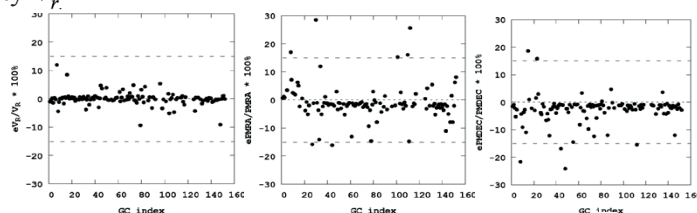


Fig. 1. Distribution of the GCs measurement errors for radial velocity  $v_r$  (left) and proper motions in right ascension ( $\mu_{\alpha^*}$ , centre) and declination ( $\mu_\delta$ , right). Dashed grey horizontal lines indicate a 15% confidence range.



To avoid the calculation of the GCs orbits with large uncertainties in initial conditions we have analysed the errors of the *Gaia* measurement. In Fig. 1 we show the relative errors for the radial velocity and proper motions where each GC has its index (see Table 4). Thanks to the precise *Gaia* measurements the uncertainties for the radial velocity ( $v_r$ ) are quite small (mostly below 15%). However, as it is seen, for proper motions ( $\mu_{\alpha^*}, \mu_{\delta}$ ) the situation is different. Therefore, we discard from our catalogue the GCs with the relative error larger than 30% for radial velocity and proper motions. We found that only 8 GCs do not satisfy our selection and in Table 4 these objects are marked with *me* (measurement error).

For calculating positions and velocities in the Galactocentric rest-frame (for basic coordinate transformation see [15]), we assumed an in-plane distance of the Sun from the Galactic centre of  $X_{\square} = 8.178$  kpc [11] and  $Z_{\square} = 20.8$  pc, a velocity of the Local Standard of Rest (LSR),  $V_{LSR} = 234.737$  [18], and a peculiar velocity of the Sun with respect to the LSR,  $U_{\square} = 11.1$  km/s,  $V_{\square} = 12.24$  km/s,  $W_{\square} = 7.25$  km/s [26].

**Orbit Integration.** For the GCs orbit integration, we adopted the MW-type gravitational potential based on the superposition of *bulge + disk + halo* models. In particular, the total potential consisting of a spherical bulge  $\Phi_b(R, z)$ , an axisymmetric disk  $\Phi_d(R, z)$  and a spherical dark-matter halo  $\Phi_h(R, z)$  can be written as follows:

$$\Phi(R, z) = \Phi_b(R, z) + \Phi_d(R, z) + \Phi_h(R, z) \quad (1)$$

where  $R^2 = x^2 + y^2$  is the Galactocentric distance in polar coordinates and  $z$  is the vertical coordinate perpendicular to the disk plane.

Potentials of the bulge and the disk were taken in the form of Miyamoto-Nagai [20], while the dark matter potential is assumed to be Navarro-Frenk-White (NFW) [22]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_b(R, z) = -\frac{M_b}{(r^2 + b_b^2)^{1/2}}, \\ \Phi_d(R, z) = -\frac{M_d}{\left[ R^2 + \left( a_d + \sqrt{z^2 + b_d^2} \right)^2 \right]^{1/2}}, \\ \Phi_h(R, z) = -\frac{M_h}{r} \ln\left(1 + \frac{r}{b_h}\right) \end{array} \right. \quad (2,3,4)$$

where  $r = \sqrt{R^2 + z^2}$  is the spherical galactocentric distance, masses and the scale lengths of the components can be found in Table 1.

For the GCs orbital integration, we used a high-order parallel dynamical N-body code  $\phi$ -GRAPE which is based on the fourth-order Hermite integration scheme with a hierarchical individual block time steps scheme [8]. More details about the code architecture and special GRAPE hardware can be found in [13].

Table 1. Galactic potential parameters.

Parameter	Value	Unit
Bulge mass $M_b$	$1.03 \times 10^{10}$	M
Disk mass $M_d$	$6.51 \times 10^{10}$	M
Halo mass $M_h$	$29.00 \times 10^{10}$	M
Bulge scale param. $b_b$	0.2672	kpc
Disk scale param. $a_d$	4.4	kpc
Disk scale param. $b_d$	0.3084	kpc
Halo scale param. $b_h$	7.7	kpc

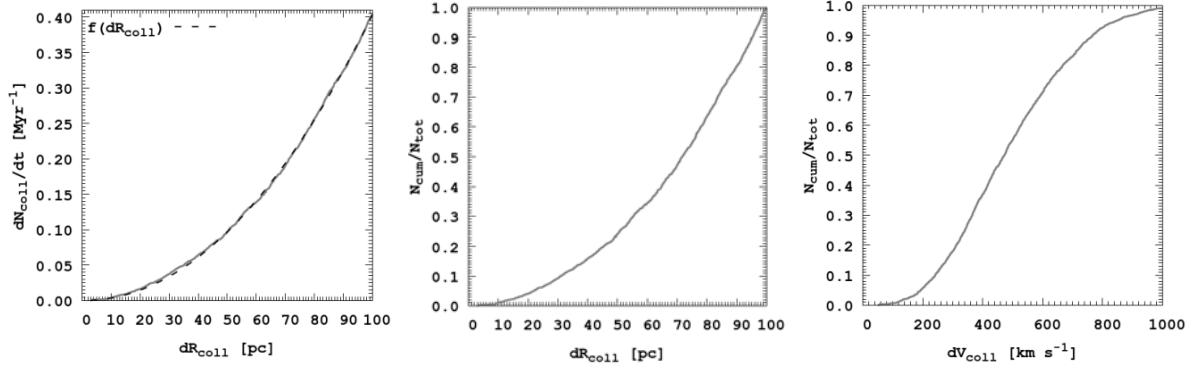


Fig. 2. GCs collision rate as a function of the relative distance (left), where black dashed line is a power-law fit (see equation 5). The normalized number of collisions as a function of the relative distance and relative velocity are shown in the centre and right panels, respectively.

**GC Collision Pairs.** Before moving forward in the analysis of the collisions of the GCs population we have tested our numerical setup in order to keep tracking the GCs whose orbits are the same during backward and forward integration. First, we integrated all 152 GCs backwards for 5 Gyr then we used the positions of velocities of all the GCs at the end of the simulations and integrated them forward for 5 Gyr. One could expect that the resulting positions and velocities should be identical to the observed ones. However, we have found that the orbits of 25 GCs are not invertible. These GCs usually pass by very close to the galactic centre and most likely even an adaptive time-step is not able to capture their motion in the very centre. Another possibility is a non-integrability of the potential which is hard to quantify and we leave this issue for further studies. Therefore, our final sample consists of 119 objects [9].

To count the number of collisions between pairs of GCs we used a set of three criteria. At the same time (i) a minimum separation between the GCs  $dR_{coll}$  should be  $< 100$  pc, (ii) the distance between the GCs should be less as twice of the sum of half-mass radii:  $dR_{coll} < 2(R_{hm,i} + R_{hm,j})$  and (iii) the relative velocity between objects  $dV_{coll}$  should be:  $< 200 km s^{-1}$ .

According to the first criteria we have 2019 and 1973 collisions during backward and forward orbits integration, respectively. The second condition reduces these numbers to 38 collisions. Finally, applying the last condition we obtained only five reliable collision events. In Fig. 2 we show the separation parameter as a function of time for backward (left) and forward (right) integration where four reliable collisions (Terzan 3 - NGC 6553, Terzan 3 - NGC 6218, Lillier 1 - NGC 6522, Djorg 2 - NGC 6553 and NGC 6355 – NGC 6637) are marked by red symbols. It is worth mentioning that all the colliding GCs were likely formed in the MW disk [17].

Table 2. Characteristics of GC collisional pairs.

GC 1	GC 2	$dR_{coll}$ (pc)	$dV_{coll}$ (km s <sup>-1</sup> )	Time (Myr)
Terzan 3	NGC 6553	25.58	148.18	237
Terzan 3	NGC 6218	10.75	183.12	580
Lillier 1	NGC 6522	9.38	185.04	2625
Djorg 2	NGC 6553	20.22	153.14	2889
NGC 6355	NGC 6637	11.10	184.17	4886

In order to estimate the global collision rate, in Fig. 2 (left) we show the number of collisions per Myr as a function of impact parameter  $dR_{coll}$ . The distribution can be well fitted by a simple power-law function:

$$\frac{dN_{coll}}{dt} = 10^{a \cdot \lg(dR_{coll}) + b} \quad (5)$$

where  $a = 2.057 \pm 0.0014$ ,  $b = 5.08 \pm 0.003$  are the fitting slope parameters. Therefore, we conclude that in each ten million years there is at least one collision with the impact parameter less than 50 pc.

In Fig. 2 we also present the normalized cumulative collisions number as a function of GC minimum impact parameter (centre) and relative velocity at the moment of collision (right). As we can see the cumulative collision numbers can be also described by a power-law function, where the minimum values are  $dR_{coll} 3$  pc and  $dV_{coll} 5 km s^{-1}$ .

In Fig. 4 we present the orbits of colliding GCs which are colour-coded by time. The time range is about ten million years around the moment of collisions. More detailed the orbital structure is shown on the right. The solid line corresponds to the first GC in a pair while the dashed line shows the second one. The intersection of the orbits (collision) is marked as a red circle. Table 2 summarized the exact time of collision together with the minimum separation and relative velocity at the moment of collision.

**Interaction Rates with Central Supermassive Black Hole.** To count the number of interactions with a central Supermassive Black Hole (SMBH) of GCs, we used criteria of minimum separation between the GC and central SMBH  $dR_{bh}$  should be  $< 100$  pc. To estimate the interaction rate of GC with central SMBH, in Fig. 3 (left) we show the number of event rates per Myr as a function of GC impact parameter  $dR_{bh}$ . According to this figure, we can estimate the close interaction rate as one event per Gyr with the impact parameter less than 30 pc. Also, we can conclude that we have at least one event per Myr with the impact parameter less than 60 pc.

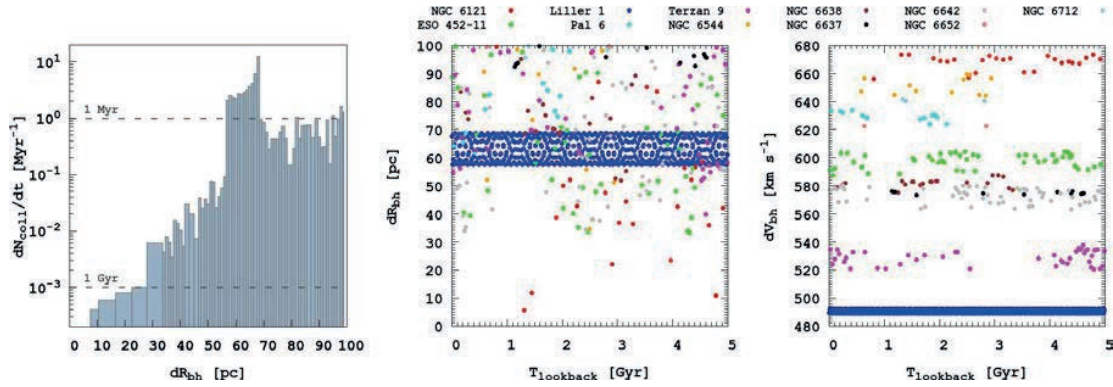


Fig. 3. Interaction rate of GCs with central SMBH (left), where grey dashed lines are levels of the one event per Gyr and one event per Myr. The impact parameter from the centre (middle) and the orbital velocity (right) of the GCs are shown.

According to the above criteria, we can estimate 11 very close encounter events: NGC 6121, ESO 452-11, Liller 1, Pal 6, Terzan 9, NGC 6544, NGC 6638, NGC 6637, NGC 6642, NGC 6652 and NGC 6712. All of them have a very close passing orbit trajectory and a high probability of interaction with the Milky Way SMBH. In Fig. 3 (centre and right panels) we show the impact parameter from the centre and the orbital velocity of the actual GCs. Each of the above 11 events is marked by different colours. As we can see from these panels the GC Liller 1 during the last five Gyr always has a close pericenter passage at a level of around 65 pc (blue points). The closest encounter with the central SMBH in our simulation has a 5.5 pc. This is the NGC 6121 GC (red points). The relatively high velocities can be easily explained by the strong dynamical influence of the SMBH on the orbital motion of GCs.

In Table 3 we present the interaction events of GCs with minimum separation (second column) from SMBH. In the third column, we show the corresponding pericenter passage velocity and the time past when this event happens (fourth column). After the extended literature search, we try to identify the GCs possible progenitors. In most cases, the clusters have an MW main bulge origin.

The detailed interaction of the selected 11 GCs with the central SMBH we present in Fig. 4 - Fig. 9. The upper figures for each object show the global view of object trajectories. The bottom figures show the detailed view of encounters. As we can see from the detailed visualization of the GCs during the five Gyr of integration the GCs came to the central SMBH quite often. In the summary Table 4, we present all the 152 globular clusters with full information about the clusters. As we can note the Liller 1 GC has both collisions with other clusters and also close interaction with central SMBH.

Table 3: Characteristics of GCs that have a closing pass with the central supermassive black hole.

GS	(pc)		Time	Progenitor
NGC 6121	5.5	673	1314	Kraken[17]
ESO 452-11	33	604	4303	-
Liller	58	499	1859	XXX[19] MW[5]



Pal 6	62	634	427	LE[19] MB[27]
Terzan 9	40	637	4599	MB[19]
NGC 6544	35	569	2499	Kraken
NGC 6638	52	587	3060	MB[19]
NGC 6637	92	575	1136	MB[19]
NGC 6642	34	580	2243	MB[19]
NGC 6652	99	622	641	MB[19]
NGC 6712	96	641	1330	LE[19] Kraken[17]

NOTE: Column Progenitor contains possible GC's origin with reference: Kraken - GC stands to Kraken accretion event, XXX - GC does not have available kinematics, LE - GC stands to the unassociated low-energy group, MB - GC stands to the main bulge, MW - GC stands to the in situ formation

**Conclusions.** Using the present-day Gaia DR 2-based catalogues [6, 28] we have analyzed the orbits of the Milky Way globular clusters. From 152 GCs we discard 8 objects with large velocity errors. For the remaining 146 GCs, we analyse both backward and forward orbits calculated in the MW-like external potential using our developed high order  $\phi$ -GRAPE code. Using complex criteria for the collisions detection we robustly identified five colliding pairs: Terzan 3 – NGC 6553, Terzan 3 – NGC 6218, Liller 1 – NGC 6522, Djorg 2 – NGC 6553, NGC 6355 – NGC 6637. We also estimated the overall collision rate as about one collision with the impact parameter less than 50 pc per 10 Myr.

Also, we analyzed the GCs interaction rates with the central supermassive black hole. Assuming the maximum 100 pc distance criteria for separation between them we estimated 11 close encounter events: NGC 6121, ESO 452-11, Liller 1, Pal 6, Terzan 9, NGC 6544, NGC 6638, NGC 6637, NGC 6642, NGC 6652 and NGC 6712. From our numerical simulations, we estimate the close interaction rate as at least one event per Gyr with the impact parameter less than 30 pc; and one event per Myr with the impact parameter less than 60 pc. Our calculations show one very close encounter of NGC 6121 with the central SMBH near 5.5 pc (practically direct collision). Based on the extended literature search for the possible progenitor of our selected 11 GCs, we found that most of them have a Milky Way main bulge origin.

**Acknowledgement.** The work of MI and MS was supported by the National Academy of Sciences of Ukraine under a research project of young scientists No. 0121U111799. The work of MK and BS has been funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP08856149, AP08856184 and BR10965141). PB acknowledges support by the Chinese Academy of Sciences through the Silk Road Project at NAOC, the President's International Fellowship (PIFI) for Visiting Scientists program of CAS. The work of PB, MI and MS were also supported by the Volkswagen Foundation under the Trilateral Partnerships grants No. 90411 and 97778. This work has made use of data from the European Space Agency (ESA) mission GAIA (<https://www.cosmos.esa.int/gaia>), processed by the Gaia Data Processing and Analysis Consortium (DPAC, <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dpac/consortium>). Funding for the DPAC has been provided by national institutions, in particular the institutions participating in the GAIA Multilateral Agreement.

The authors are grateful to an anonymous referee for useful comments and suggestions that helped to improve the manuscript.

Table 4. Initial list of GCs.

ID	Name	Flag	ID	Name	Flag	ID	Name	Flag	ID	Name	Flag	ID	Name	Flag
1	NGC 104		32	NGC 5634		63	NGC 6273		94	Terzan 5		125	NGC 6656	
2	NGC 288		33	NGC 5694		64	NGC 6284		95	NGC 6440		126	Pal 8	
3	NGC 362		34	IC 4499		65	NGC 6287		96	NGC 6441		127	NGC 6681	
4	Whiting 1		35	NGC 5824		66	NGC 6293		97	Terzan 6		128	NGC 6712	bh
5	NGC 1261		36	Pal 5		67	NGC 6304		98	NGC 6453		129	NGC 6715	
6	Pal 1	me	37	NGC 5897		68	NGC 6316		99	NGC 6496		130	NGC 6717	
7	E 1	me	38	NGC 5904		69	NGC 6341		100	Terzan 9	bh	131	NGC 6723	
8	Eridanus		39	NGC 5927		70	NGC 6325		101	Djorg 2	cc	132	NGC 6749	
9	Pal 2		40	NGC 5946		71	NGC 6333		102	NGC 6517		133	NGC 6752	
10	NGC 1851		41	BH 176	me	72	NGC 6342		103	Terzan 10		134	NGC 6760	me
11	NGC 1904		42	NGC 5986		73	NGC 6356		104	NGC 6522	cc	135	NGC 6779	
12	NGC 2298		43	FSR 1716		74	NGC 6355	cc	105	NGC 6535		136	Terzan 7	
13	NGC 2419		44	Pal 14		75	NGC 6352		106	NGC 6528		137	Pal 10	
14	Pyxis		45	BH 184		76	IC 1257		107	NGC 6539		138	Arp 2	
15	NGC 2808		46	NGC 6093		77	Terzan 2		108	NGC 6540		139	NGC 6809	
16	E 3		47	NGC 6121	bh	78	NGC 6366		109	NGC 6544	bh	140	Terzan 8	

17	Pal 3	me	48	NGC 6101	79	Terzan 4	110	NGC 6541	141	Pal 11		
18	NGC 3201		49	NGC 6144	80	BH 229	111	ESO 28006	142	NGC 6838		
19	Pal 4	me	50	NGC 6139	81	FSR 1758	112	NGC 6553	cc	143	NGC 6864	
20	Crater		51	Terzan 3	cc	82	NGC 6362	113	NGC 6558	144	NGC 6934	
21	NGC 4147		52	NGC 6171		83	Liller 1	cc,bh	114	Pal 7	145	NGC 6981
22	NGC 4372		53	ESO 45211	bh	84	NGC 6380	115	Terzan 12	146	NGC 7006	
23	Rup 106		54	NGC 6205		85	Terzan 1	116	NGC 6569	147	NGC 7078	
24	NGC 4590		55	NGC 6229		86	Ton 2	117	BH 261	148	NGC 7089	
25	NGC 4833		56	NGC 6218	cc	87	NGC 6388	118	NGC 6584	149	NGC 7099	
26	NGC 5024		57	FSR 1735	me	88	NGC 6402	119	NGC 6624	150	Pal 12	
27	NGC 5053		58	NGC 6235		89	NGC 6401	120	NGC 6626	151	Pal 13	
28	NGC 5139		59	NGC 6254		90	NGC 6397	121	NGC 6638	bh	152	NGC 7492
29	NGC 5272		60	NGC 6256		91	Pal 6	bh	122	NGC 6637	cc,bh	
30	NGC 5286	me	61	Pal 15		92	NGC 6426		123	NGC 6642	bh	
31	NGC 5466		62	NGC 6266		93	Djorg 1		124	NGC 6652	bh	

NOTE: Parameters for all GCs was taken from [24] with an exception for GCs marked with data from [5]. Column Flag contains additional information: me - GC was excluded from the integration due to their significant measurement errors, to - GC was excluded from the integration due to their type of orbit, cc - GC what satisfied “collision” conditions.

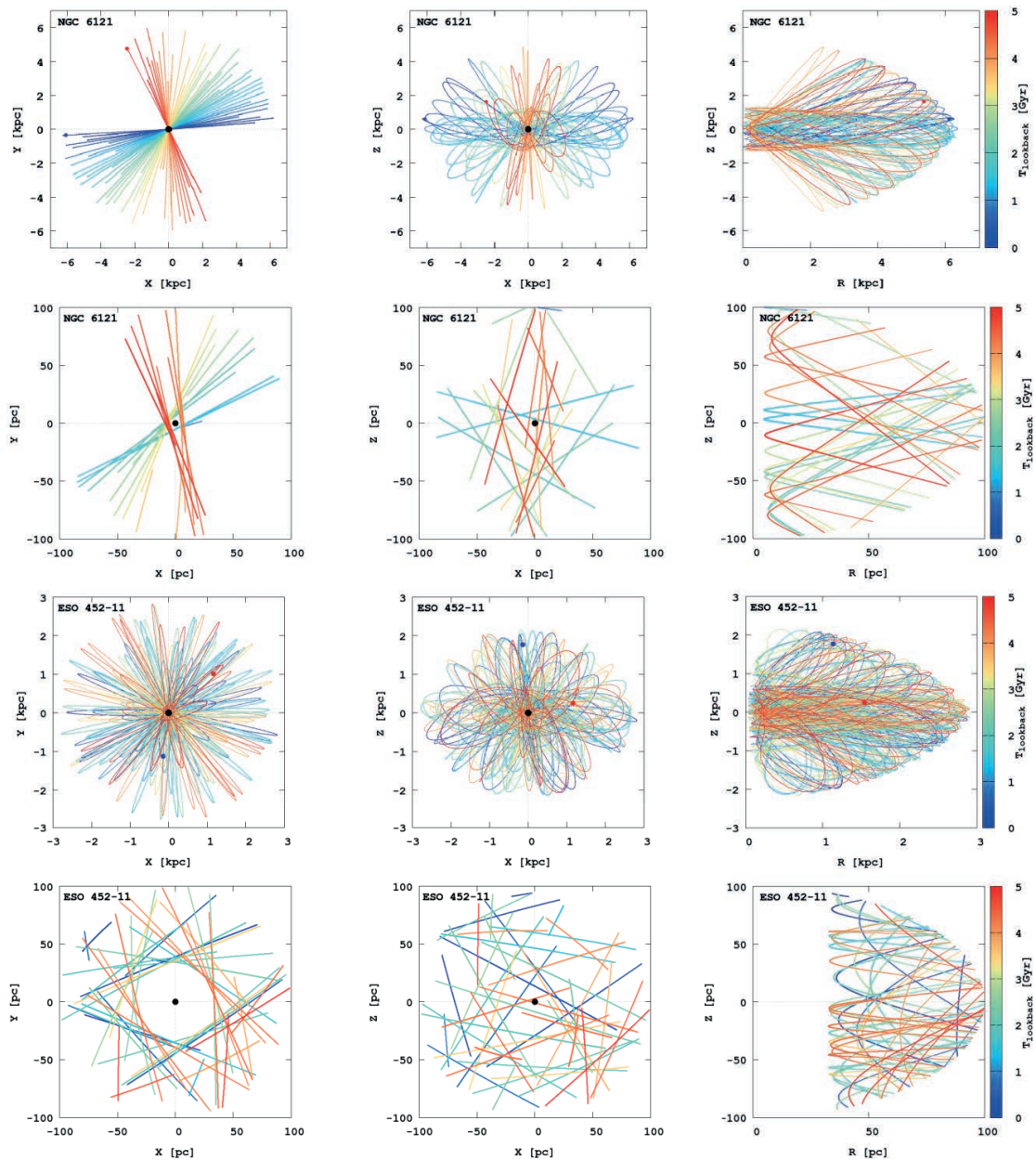


Fig. 4. GC NGC 6121 and ESO 452-11 (from top to bottom) orbits in plane (left), in plane (middle) and in plane (right), where  $R$  is the distance in the Galactic plane.

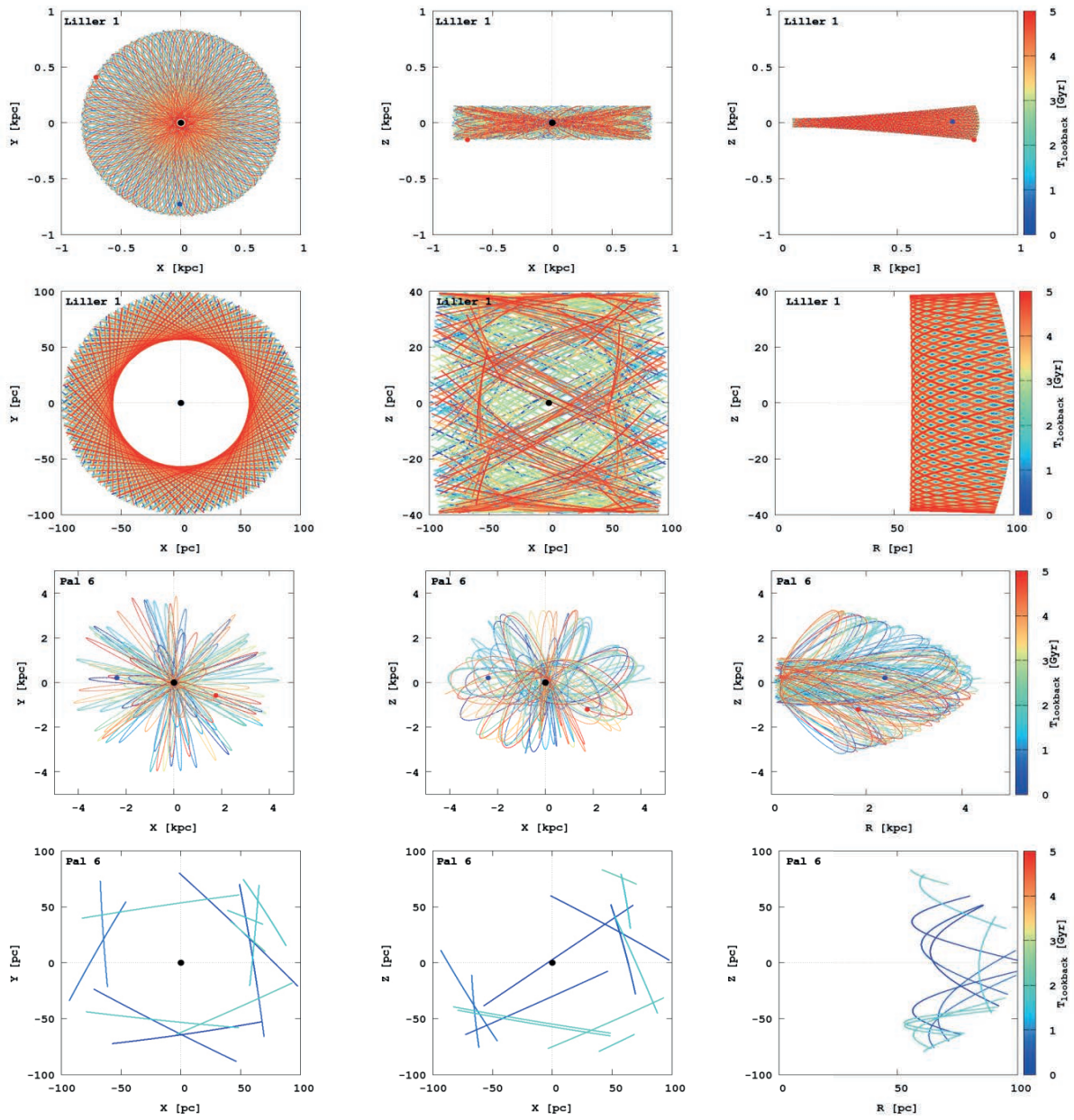
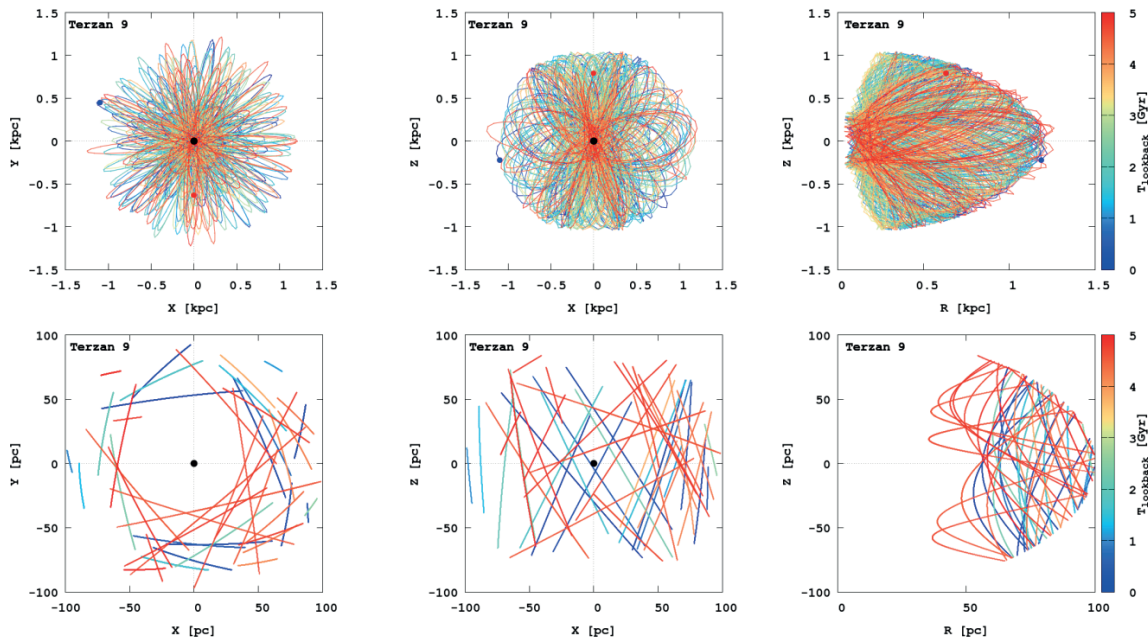


Fig. 5. As in Fig. 4 for Liller 1 and Pal 6.





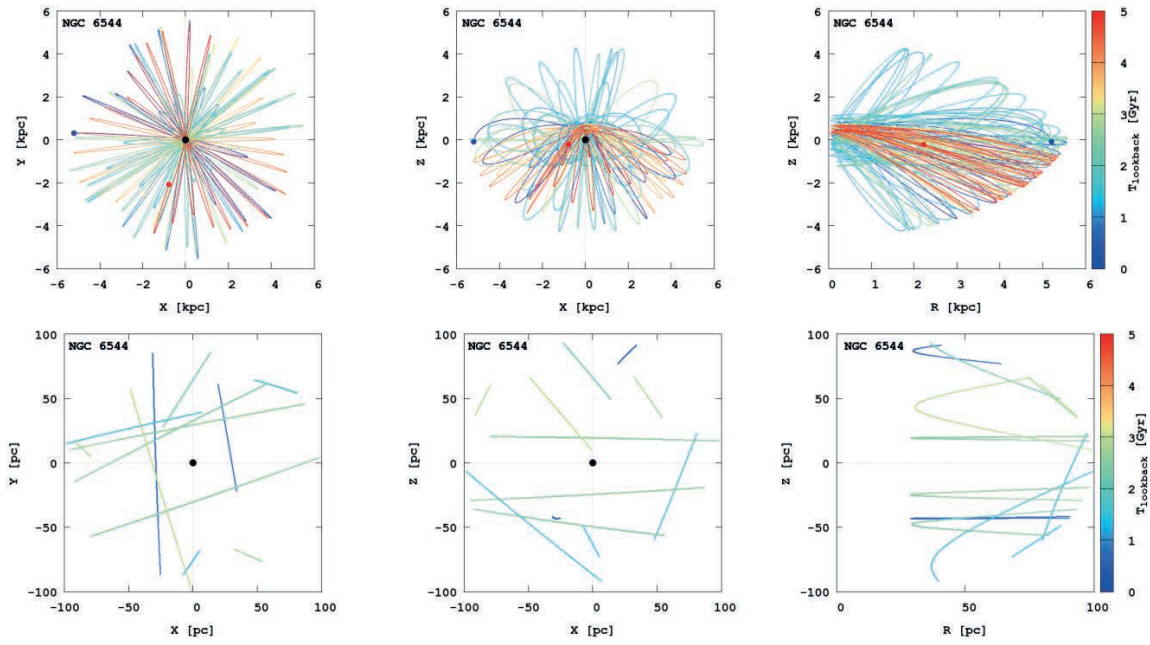


Fig. 6. As in Fig. 4 for Terzan 9 and NGC 6544.

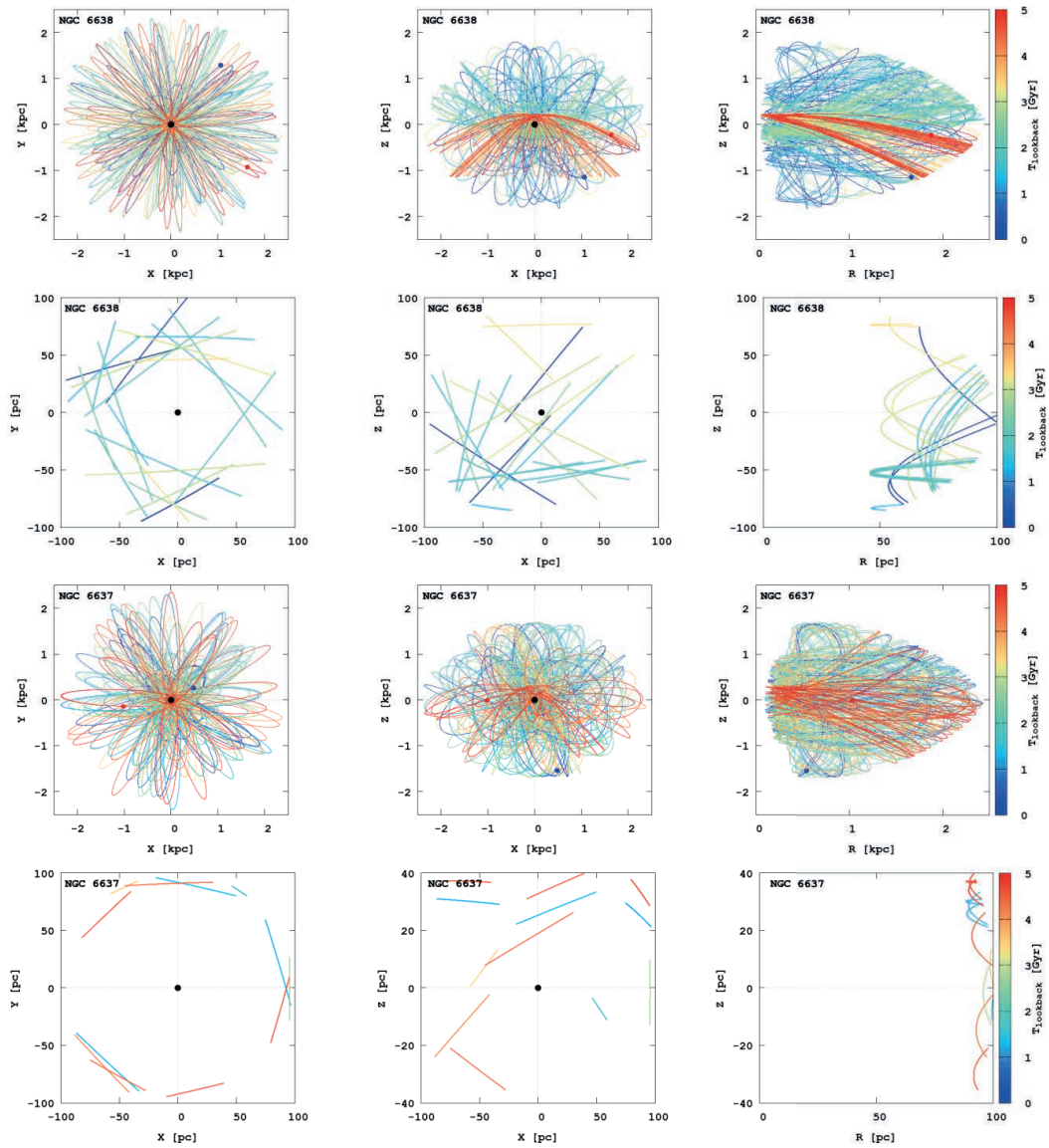


Fig. 7. As in Fig. 4 for NGC 6638 and NGC 6637.

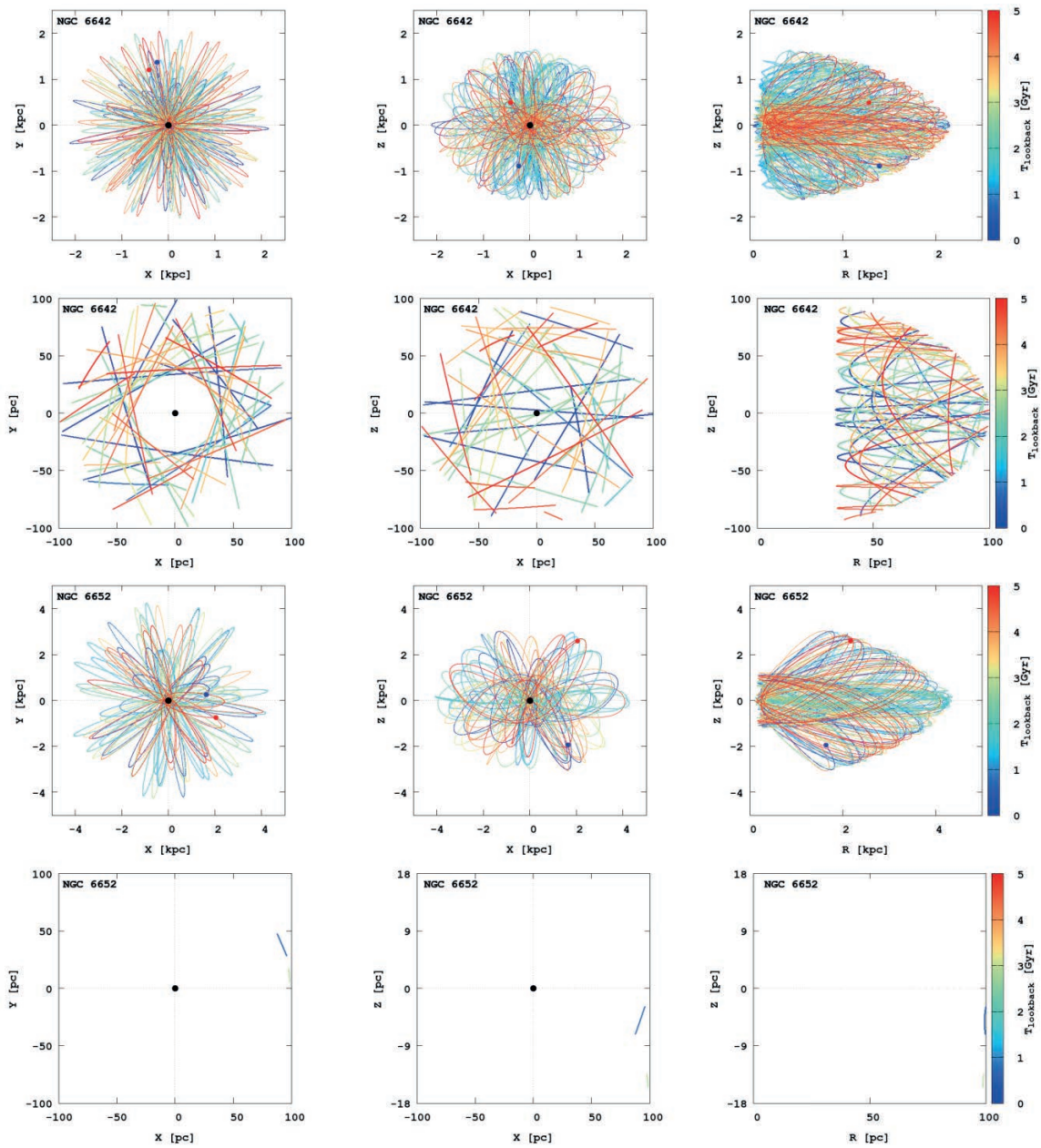


Fig. 8. As in Fig. 4 for NGC 6642 and NGC 6652.

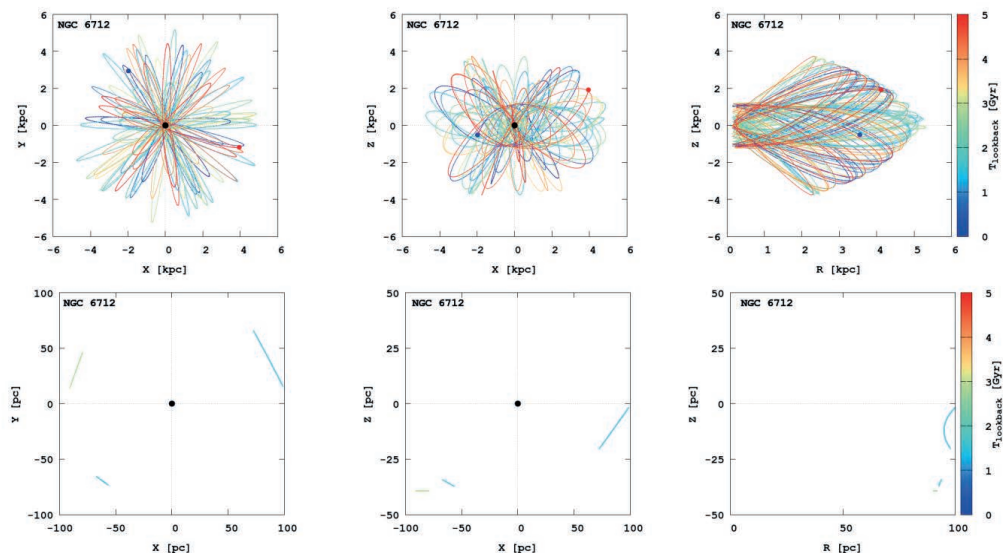


Fig. 9. As in Fig. 4 for NGC 6712.



Ищенко М.<sup>1</sup>, Соболенко М.О.<sup>1</sup>, Қаламбай М.Т.<sup>2,3,4</sup>, Шукиргалиев Б.Т.<sup>4,3</sup>, Берцик П.П.<sup>5,1</sup>

<sup>1</sup>Басты Астрономиялық Обсерватория, Украина Ұлттық Ғылым Академиясы, Киев, Украина;

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық Институт Алматы, Қазақстан;

<sup>4</sup>Энергетикалық ғарыш зертханасы, Назарбаев Университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан;

<sup>5</sup>Қытайдың Ұлттық Астрономиялық Обсерваториялары мен Есептеуіш Астрофизика Өзекті Зертханасы, Қытай ғылым академиясы, Бейжің, Қытай.

E-mail: marina@mao.kiev.ua

## ҚҰС ЖОЛЫНЫҢ ШАР ТӘРІЗДЕС ШОҒЫРЛАРЫ: ОЛАРДЫҢ ӨЗАРА ЖӘНЕ ОРТАЛЫҚ АСА МАССИВТІ ҚАРАҚҰРДЫММЕН ЖАҚЫН ТҮЙІСУЛЕРІНІҢ ҚАРҚЫНДАРЫ

**Аннотация.** Gaia (ESA) DataRelease 2 деректерін қолдана отырып, Құс Жолындағы шар тәріздес шоғырлардың (ШТШ) орбиталары есептелді. ШТШ арасындағы мүмкін болған соқтығысуларды зерттеу үшін жоғары ретті  $\phi$ -GRAPE кодының көмегімен 119 объектінің орбиталары шынайы орындары мен меншікті қозғалыстарынан (артқа және алға) интегралданып алынды. Сондай-ақ, есептеулерде шынайы өстік симетриялық Галактикалық потенциал (балдж + диск + гало) есепке алынды. Жақын түйісулердің әртүрлі шарттарын қарастыра отырып, соқтығысу ықтималдығы бар бес жұп анықталды: Тарзан 3 – NGC 6553, Тарзан 3 – NGC 6218, Лиллиер 1 – NGC 6522, Йорг 2 – NGC 6552 және NGC 6355 – NGC 6637.

Біз ШТШ-лардың орталық аса массивті қарақұрдыммен өзара тығыз жақындасу қарқындарын талдадық. Олардың өзара шектік қашықтықтары 100 пк шамасында деп ескере отырып, біз жақын қақтығыстың 11 оқиғасын бағаладық. Сандық модельдеуге сүйене отырып, әр млрд. Жылда әсерлесу параметрі 30 пк-тен кем болатын бір оқиғаның өзара қақтығысу қарқындылығын бағалаймыз; және әр млн. Жылда әсерлесу параметрі 60 пк-тен аспайтын бір оқиға үшін де дәл солай. Біздің есептеулеріміз NGC 6121 шоғырының орталық аса массивті қарақұрдымнан шамамен 5,5 парсекте өтіп соқтығысқанын (тікелей соқтығысу десе де болады) көрсетеді. Кеңінен қарастырылған әдебиеттерге сүйене отырып, таңдалған 11 ШТШ-лардың көпшілігінің ықтималды пайда болған орны Құс жолының негізгі балдж деп таптық.

**Түйінді сөздер:** Галактика, аса массивті қарақұрдым, шар тәріздес шоғырлар, сандық әдістер, жұлдыздардың кинематикасы және динамикасы.

Ищенко М.<sup>1</sup>, Соболенко М.О.<sup>1</sup>, Қаламбай М.Т.<sup>2,3,4</sup>, Шукиргалиев Б.Т.<sup>4,3</sup>, Берцик П.П.<sup>5,1</sup>

<sup>1</sup>Главная Астрономическая Обсерватория Национальной академии наук Украины, Киев, Украина;

<sup>2</sup>Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Астрофизический Институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан;

<sup>4</sup>Энергетическая космическая лаборатория Назарбаев Университета, Нур-Султан, Казахстан;

<sup>5</sup>Национальная астрономическая обсерватория Китая и Ключевая лаборатория, Вычислительной Астрофизики, Академия наук Китая, Пекин, Китай.

E-mail: marina@mao.kiev.ua

## ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ МЛЕЧНОГО ПУТИ: ТЕМПЫ СТОЛКНОВЕНИЯ МЕЖДУ СОБОЙ И С ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧЕРНОЙ ДЫРОЙ

**Аннотация.** Используя данные из Gaia (ESA) DataRelease 2, мы провели расчеты орбит шаровых скоплений (ШС) Млечного Пути. Чтобы исследовать возможные столкновения между шаровыми скоплениями были проинтегрированы (назад и вперед) орбиты 119 объектов с истинными положениями и собственными движениями с помощью собственного разработанного кода высокого порядка  $\phi$ -GRAPE. Также в расчетах мы применили реалистичный осесимметричный галактический потенциал (балдж + диск + гало). Пользуясь различными условиями столкновения, было обнаружено пять пар ШС, которые вероятно сталкивались: Тарзан 3 – NGC 6553, Тарзан 3 – NGC 6218, Лиллиер 1 – NGC 6522, Йорг 2 – NGC 6552 и NGC 6355 – NGC 6637.

Мы проанализировали скорости взаимодействия ШС с центральной сверхмассивной черной дырой. Предполагая максимальный критерий расстояния в 100 пк, мы оценили 11 событий близкого

столкновения. Исходя из нашего численного моделирования, мы оцениваем скорость тесного взаимодействия, как минимум, одно событие в млрд. лет с параметром воздействия менее 30 парсек; и одно событие в млн. лет с параметром воздействия менее 60 парсек. Наши расчеты показывают одно очень близкое столкновение NGC 6121 с центральной СМЧД около 5,5 пк (практически прямое столкновение). Основываясь на расширенном поиске литературы о возможном прародителе выбранных нами 11 шаровых скоплений, мы обнаружили, что большинство из них имеют происхождение от основного балджа Млечного Пути.

**Ключевые слова:** Галактика, сверхмассивная черная дыра, численные методы, кинематика и динамика звезд.

#### Information about authors:

**Marina Ishchenko** – с.ph.-m.sc. Ph.D, Senior Researcher at Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences of Ukraine, e-mail: marina@mao.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0002-6961-8170>;

**Margarita Sobolenko** – Junior Researcher at Main Astronomical Observatory National Academy of Sciences of Ukraine, e-mail: sobolenko@mao.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0553-7301>;

**Kalambay Mukhagali** – M.Sc., Junior Researcher at Fesenkov Astrophysical Institute and Energetic Cosmos Laboratory, Nazarbayev University, senior lecturer at Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: kalambay.mukhagali@kaznu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-0570-7270>;

**Shukirgaliyev Bekdaulet** – Dr.Sci., Postdoctoral Scholar, Energetic Cosmos Laboratory, Nazarbayev University and Senior Researcher, Fesenkov Astrophysical Institute, e-mail: bekdaulet.shukirgaliyev@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4601-7065>;

**Peter Berczik** – Dr.Sci., Head of department, Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences of Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-4176-152X>.

#### REFERENCES

- [1] Allen C., Moreno E., Pichardo B. (2006), *AJ*, 652, 2, The Orbits of 48 Globular Clusters in a Milky Way-like Barred Galaxy. DOI: 10.1086/508676.
- [2] Allen C., Moreno E., Pichardo B. 2008, *AJ*, 674, 1, Six New Galactic Orbits Of Globular Clusters In A Milky-Way-Like Galaxy. DOI: 10.1086/524982.
- [3] Bajkova A.T., Bobylev V.V. *Astronomical and Astrophysical Transactions* (2021), 32, 3, Investigation of the negative K effect using the Orion Spiral Arm Catalogue. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10556790600893104>.
- [4] Bajkova A.T., Bobylev V.V., 2021, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 21, 173, Orbits of 152 globular clusters of the Milky Way galaxy constructed from Gaia DR2. DOI: <https://doi.org/10.1088/1674-4527/21/7/173>.
- [5] Bastian N., Pfeffer J. 2021, accepted in *MNRAS*, eprint arXiv: 2110.10616, Star Cluster Ecology: Revisiting the Origin of Iron and Age Complex Clusters. DOI: 10.1093/mnras/stab3081
- [6] Baumgardt H., Hilker M., Sollima A., Bellini A. 2019, *MNRAS*, 482, 4, Mean proper motions, space orbits, and velocity dispersion profiles of Galactic globular clusters derived from Gaia DR2 data, DOI: <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2997>.
- [7] Bennett M., Bovy J. 2019, *MNRAS*, 482, 1417, Vertical waves in the solar neighborhood in Gaia DR2. DOI: 10.1093/mnras/sty2813.
- [8] Berczik P., Nitadori K., Zhong S. et al. 2011, in International conference on High Performance Computing, Kyiv, Ukraine, p. 8-18, Merging of Unequal Mass Binary Black Holes in Non-Axisymmetric Galactic Nuclei.
- [9] Chemerynska I.V., Ishchenko M.V., Sobolenko M.O., Khoperskov S.A., Berczik P.P., *Advances in Astronomy and Space Physics*, 2021, submitted.
- [10] Gaia Collaboration: Helmi I., van Leeuwen F., McMillan P.J. et al. 2018, *A&A*, 616, A12, Gaia Data Release 2. Kinematics of globular clusters and dwarf galaxies around the Milky Way. DOI:10.1051/00046361/201832698.
- [11] Gravity Collaboration: Abuter R., Amorim A., Bauböck M. et al. 2019, *A&A*, 625, L10, A geometric distance measurement to the Galactic center black hole with 0.3% uncertainty\*. DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201935656>.
- [12] Gnedin O.Y., Ostriker J.P. 1997, *AJ*, 474, 1, Destruction of the Galactic Globular Cluster System. DOI: 10.1086/303441.

- [13] Harfst S., Gualandris A., Merritt D. et al. 2007, *New Astron.*, 12, 357, Performance analysis of direct N-body algorithms on special-purpose supercomputers. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.newast.2006.11.003>.
- [14] Ibata R.A., Gilmore G., Irwin M.J. 1994, *Nature*, 370, 6486, A dwarf satellite galaxy in Sagittarius. DOI: 10.1038/370194a0.
- [15] Johnson D.R.H., Soderblom D.R. 1987, *AJ*, 93, 864, Calculating Galactic Space Velocities and Their Uncertainties, with an Application to the Ursa Major Group. DOI: 10.1086/114370.
- [16] Kharchenko N.V., Piskunov A.E., Schilbach E., Röser S., Scholz R.D. 2013, *A&A*, 558, A53, Global survey of star clusters in the Milky Way. II. The catalogue of basic parameters. DOI: 10.1051/0004-6361/201322302.
- [17] Kruijssen J.M.D., Pfeffer J.L., Chevance M. et al. 2020, *MNRAS*, 498, 2, Kraken reveals itself - the merger history of the Milky Way reconstructed with the E-MOSAICS simulations. DOI: 10.1093/mnras/staa2452.
- [18] Mardini M.K., Placco V.M., Meiron Y. et al. 2020, *ApJ*, 903, 88, Cosmological Insights into the Early Accretion of r-process-enhanced Stars. I. A Comprehensive Chemodynamical Analysis of LAMOST J1109+0754. DOI: <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abbc13>.
- [19] Massari D., Koppelman H.H., Helmi A. 2019, *A&A*, 630, L4, Origin of the system of globular clusters in the Milky Way. DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201936135>.
- [20] Miyamoto M., Nagai R. 1975, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 533-534, 27, Three-dimensional models for the distribution of mass in galaxies.
- [21] Moreno E., Pichardo B., Velázquez H. 2014, *AJ*, 793, 2, TIDAL RADII AND DESTRUCTION RATES OF GLOBULAR CLUSTERS IN THE MILKY WAY DUE TO BULGE-BAR AND DISK SHOCKING. DOI: <https://doi.org/10.1088/0004-637X/793/2/110>.
- [22] Navarro J.F., Frenk C.S., White S.D.M. et al. 1997, *ApJ*, 490, 2, A Universal Density Profile from Hierarchical Clustering. DOI: 10.1086/304888.
- [23] Pichardo B., Martos M., Moreno E. 2004, *AJ*, 609, 1, Models for the Gravitational Field of the Galactic Bar: An Application to Stellar Orbits in the Galactic Plane and Orbits of Some Globular Clusters. DOI: 10.1086/421008.
- [24] Pérez-Villegas A., Rossi L., Ortolani S. et al. 2018, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 35, Orbits of Selected Globular Clusters in the Galactic Bulge. DOI: <https://doi.org/10.1017/pasa.2018.16>.
- [25] Pérez-Villegas A., Barbuy B., Kerber L.O. et al. 2020, *MNRAS*, 491, 3, Globular clusters in the inner Galaxy classified from dynamical orbital criteria. DOI: 10.1093/mnras/stz3162.
- [26] Schönrich R., Binney J., Dehnen W. 2010, *MNRAS*, 403, 4, Local kinematics and the local standard of rest. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2010.16253.x>.
- [27] Souza S.O., Valentini M., Barbuy B. et al. 2021, accepted in *A&A*, eprint arXiv:2109.04483.
- [28] Vasiliev E. 2019, *MNRAS*, 484, 2, Proper motions and dynamics of the Milky Way globular cluster system from Gaia DR2. DOI: <https://doi.org/10.1093/mnras/stz171>.

## MEMORY OF SCIENTISTS



**29.09.1932 г. - 16.09.2021 г.**

**Д.х.н., профессор Нигметова Роза Шукурғалиевна**

Нигметова Роза Шукурғалиевна, которая 18 лет была заведующей лабораторией сверхчистых металлов ИОКЭ НАН РК, а затем – главным научным сотрудником этой лаборатории.

Нигметова Р.Ш. родилась 29 сентября 1932 г. В 1955 г окончила химический факультет Казахского Государственного Университета им. С.М. Кирова. В 1955-1958 г. училась в аспирантуре Института химических наук АН КазССР под руководством академика Козловского М.Т. В 1958-1961 гг. - старший лаборант лаборатории аналитической химии. 1962-1966 гг. – младший научный сотрудник лаборатории амальгамной химии Института химических наук. 1966-1969 гг. - старший научный сотрудник лаборатории сверхчистых металлов Института органического катализа и электрохимии АН КазССР. В 1980 г. Р.Ш. Нигметова возглавила эту лабораторию и посвятила ее работе и развитию всю жизнь, как крупный специалист в области физико-химии и термодинамики амальгамных систем. Р.Ш. Нигметова принимала участие в проведении внедренческих работ на свинцовом заводе им. Калинина, г. Чимкент. Диссертацию на соискание степени доктора химических наук «Термодинамические и физико-химические исследования жидких сплавов ртути с металлами II-V подгрупп периодической системы элементов» Р. Ш. Нигметова защитила в 1984 г. на ученом совете ИОКЭ, г. Алма-Ата. Р.Ш. Нигметовой впервые проведено систематическое изучение термодинамических и физико-химических свойств двойных и тройных (22 системы) амальгамных систем с использованием большого количества физико-химических методов исследования. Изучены термодинамические свойства разбавленных жидких амальгам кадмия, индия, свинца, олова, висмута, цинка при температурах 25-200°C. Установлена зависимость термодинамических и физико-химических свойств жидких амальгам от положения металлов в периодической системе элементов, что позволило прогнозировать свойства еще неизученных систем. На основании полученных термодинамических данных амальгамных систем установлены критерии поведения многокомпонентных амальгам в люминесцентных лампах. В 1992 г. Р.Ш. Нигметова получила звание профессора. Р.Ш. Нигметовой опубликовано около 200 научных статей и подготовлено совместно с д.т.н. Козыным Л.Ф. 7 кандидатов химических наук. Р.Ш. Нигметова работала ученым секретарем диссертационного совета ИОКЭ. Коллеги сохранили о ней память, как о принципиальном ученом и отзывчивом человеке.

**Сотрудники и коллеги.**

## МАЗМҰНЫ

### БИОТЕХНОЛОГИЯ

<b>Бисембаев А.Т., Шәмшідін А.С., Абылгазинова А.Т., Омарова К.М., Баймуканов Д.А.</b> ҚАЗАҚСТАНДЫҚ СЕЛЕКЦИЯНЫҢ ГЕРЕФОРД ТҰҚЫМДЫ ІРІ ҚАРА МАЛЫНЫҢ АСЫЛ ТҰҚЫМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН VLUP ӘДІСІМЕН ГЕНЕТИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ.....	5
<b>Донник И.М., Чеченихина О.С., Лоретц О.Г., Мымрин В.С., Шкуратова И.А.</b> ӘРТҮРЛІ ЛИНИЯЛАРДАҒЫ ҚАРА-АЛА СИБІР ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНІҢ ӨМІРШЕНДІГІ ЖӘНЕ СТРЕСКЕ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ.....	12
<b>Дукенов Ж.С., Абаева К.Т., Ахметов Р.С., Досманбетов Д.А., Рақымбеков Ж.К.</b> ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК АЙМАҒЫНДАҒЫ ТОҒАЙ ОРМАНДАРЫНЫҢ ӨСУ ДИНАМИКАСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ.....	21
<b>Зарипова Ю.А., Дьячков В.В., Бигельдиева М.Т., Гладких Т.М., Юшков А.В.</b> ӨКПЕДЕГІ ТАБИҒИ АЛЬФА-РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫН САНДЫҚ БАҒАЛАУ.....	28
<b>Манукян С.</b> "ЛОРИ" ІРІМШІГІН ЕКІ ЖАҚТЫ ПРЕСТЕУ ҮШІН РЕЖИМДЕРДІҢ ОҢТАЙЛЫЛЫҒЫН НЕГІЗДЕУ.....	36
<b>Мухамадиев Н.С., Меңдібаева Г.Ж., Низамдинова Г.К., Шакеров А.С.</b> ИВАЗИВТИ ЗИЯНКЕС ЕМЕННІҢ ҮҢГІ ЕГЕГІШІНІҢ (PROFENUSAPYГMAEА, KLUG, 1814) ЗИЯНДЫЛЫҒЫ.....	44
<b>Касымова М.К., Мамырбекова А.К., Орымбетова Г.Э., Кобжасарова З.И., Блиджа Анита</b> СҮЗБЕ САРЫСУЫ НЕГІЗІНДЕГІ МУСС.....	50
<b>Кемелбек М., Қожабеков Ә.А., Сейтимова Г.А., Самир А.Р., Бурашева Г.Ш.</b> <i>KRASCHENINNIKOVIA CERATOIDES</i> ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	58
<b>Кривоногова А.С., Порываева А.П., Исаева А.Г., Петропавловский М.В., Беспамятных Е.Н.</b> АЛИМЕНТАРЛЫҚ ОРТАҚТАНДЫРЫЛҒАН ФИТОБИОТИКТЕРДІҢ ӘСЕРІНЕН СИБІРЛАРДЫҢ ИММУНДЫ СТАТУСЫ.....	64
<b>Сагаев М., Қошқарбаева Ш., Абдуразова П., Аманбаева Қ., Райымбеков Е.</b> ХИМИЯЛЫҚ МЫСТАУДАН БҰРЫН МАҚТА-МАТА БЕТТЕРІН АКТИВТЕНДІРУ ҮШІН ЦЕЛЛЮЛОЗАНЫҢ СОҒҒЫ ТІЗБЕКТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	70
<b>Чиндалиев А.Е., Харитонов С.Н., Сермягин А.А., Контэ А.Ф., Баймуканов А.Д.</b> ТҰҚЫМ БЕРУШІ БҰҚАЛАРДЫҢ ҰРҒАШЫ ТҰҚЫМЫНЫҢ СЫРТ БІТІМІ БОЙЫНША VLUP-БАҒАЛАУ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ РЕСМИ НҰСҚАУЛЫҚ БОЙЫНША ИНДЕКСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ (БАҒАЛАУДЫҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЖҮЙЕСІ).....	79

### ФИЗИКА

<b>Асылбаев Р.Н., Баубекова Г.М., Карипбаев Ж.Т., Анаева Э.Ш.</b> ЖОҒАРЫ ЭНЕРГИЯЛЫҚ ИОНДАРМЕН СӘУЛЕЛЕНГЕН СаF <sub>2</sub> ЖӘНЕ MgO МОНОКРИСТАЛДАРЫНЫҢ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....	86
<b>Ищенко М.В., Соболенко М.О., Қаламбай М.Т., Шукиргалиев Б.Т., Берцик П.П.</b> ҚҰС ЖОЛЫНЫҢ ШАР ТӘРІЗДЕС ШОҒЫРЛАРЫ: ОЛАРДЫҢ ӨЗАРА ЖӘНЕ ОРТАЛЫҚ АСА МАССИВТІ ҚАРАҚҰРДЫММЕН ЖАҚЫН ТҮЙІСУЛЕРІНІҢ ҚАРҚЫНДАРЫ.....	94



**Кобеева З.С., Хусанов А.Е., Атаманюк В.М., Хусанов Ж.Е.**  
ҚАЙТА ӨНДЕУ МАҚСАТЫНДА ҰСАҚТАЛҒАН МАҚТА САБАҚТАРЫНЫҢ  
ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН АНЫҚТАУ.....106

**Тоқтар М., Ахметов М.Б.**  
СІЛТІЛЕНГЕН ҚАРА ТОПЫРАҚТЫҢ МОРФОГЕНЕТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ  
ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІ.....114

#### ХИМИЯ

**Айтынова А.Е., Ибрагимова Н.А., Шалахметова Т.М.**  
МЕТАБОЛИКАЛЫҚ СИНДРОМ ЖӘНЕ ОНЫ ТҮЗЕТУГЕ АДАМДАРҒА ХАЛЫҚ  
СКРИНГІНЕ ҚАБЫНУ МАРКЕРЛЕРІН ҚОСУ ҚАЖЕТТІГІ ТУРАЛЫ.....120

**Джетписбаева Г.Д., Масалимова Б.К.**  
СИНТЕЗ ГАЗДАН ЖОҒАРЫ СПИРТТЕРДІ АЛУ ПРОЦЕСІНЕ ТЕМПЕРАТУРА  
ӨЗГЕРІСІНІҢ ӘСЕРІ.....126

**Кантуреева Г.О., Сапарбекова А.А., Giovanna Lomolino, Кудасова Д.Е.**  
ПЕКТИНОЛ F-RKM 0719 ФЕРМЕНТТІ ПРЕПАРАТЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ  
ЭКСТРАКЦИЯНЫҢ АНАР ҚАБЫҒЫНДАҒЫ ФЕНОЛДЫ ЗАТТАРДЫҢ ШЫҒУЫНА  
ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....131

**Калиева А.Н., Мамытова Н.С., Нұрманбек А.Е., Нұрғабылова С.К., Эла Айше Коксал**  
АЗИЯ ОШАҒАНЫ (*AGRIMONIA ASIATICA* JUZ) ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ  
ҚҰРАМЫН АНЫҚТАУ.....139

**Нурисламов Р.М., Абильмагжанов А.З., Кензин Н.Р., Нефедов А.Н., Акурпекова А.К.**  
МҰНАЙДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУ ҮРДІСТЕРІН МОДЕЛЬДЕУ ҮШІН ChemCAD КОМПЛЕКСІН  
ПАЙДАЛАНУ.....147

**Ситпаева Г.Т., Курмантаева А.А., Кенесбай А.Х., Асылбекова А.А.**  
СЫРДАРИЯЛЫҚ ҚАРАТАУДАҒЫ СИРЕК, ЭНДЕМ *COUSINIA MINDSCHELKENSIS* В. FEDTSCH.  
ТҮРІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....154

**Шаймерденова Г.С., Жантасов Қ.Т., Дормешкин О.Б., Қадырбаева А.А., Сейтханова А.Б.**  
ЖАҒАТАС КЕН ОРЫННЫҢ БАЛАНЫСТАН ТЫС ФОСФОРИТТЕРІНІҢ ЫДЫРАУ  
КИНЕТИКАСЫ ЖӘНЕ МЕХАНИЗМІ.....163

#### ҒАЛЫМДЫ ЕСКЕ АЛУ

Нығметова Роза Шүкірғалиқызы.....170

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОТЕХНОЛОГИЯ

<b>Бисембаев А.Т., Шәмшідін А.С., Абылгазинова А.Т., Омарова К.М., Баймуканов Д.А.</b> ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОМ BLUP ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ.....	5
<b>Донник И.М., Чеченихина О.С., Лоретц О.Г., Мымрин В.С., Шкуратова И.А.</b> ПРОДУКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ РАЗЛИЧНЫХ ЛИНИЙ.....	12
<b>Дукенов Ж.С., Абаева К.Т., Ахметов Р.С., Досманбетов Д.А., Рақымбеков Ж.К.</b> ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РОСТА ТУГАЙНЫХ ЛЕСОВ В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ КАЗАХСТАНА.....	21
<b>Зарипова Ю.А., Дьячков В.В., Бигельдиева М.Т., Гладких Т.М., Юшков А.В.</b> КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИРОДНЫХ АЛЬФА-РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕГКИХ.....	28
<b>Манукян С.С.</b> ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОСТИ УСТАНОВЛЕННЫХ РЕЖИМОВ ДЛЯ ДВУХСТОРОННЕГО ПРЕССОВАНИЯ СЫРА “ЛОРИ”.....	36
<b>Мухамадиев Н.С., Мендибаева Г.Ж., Низамдинова Г.К., Шакеров А.С.</b> ВРЕДНОСНОСТЬ ИВАЗИВНОГО ВРЕДИТЕЛЯ - ДУБОВОГО МИНИРУЮЩЕГО ПИЛИЛЬЩИКА (PROFENUSAPYGMAEA, KLUG, 1814).....	44
<b>Касымова М.К., Мамырбекова А.К., Орымбетова Г.Э., Кобжасарова З.И., Блиджа Анита</b> МУСС НА ОСНОВЕ КАЗЕИНОВОЙ СЫВОРОТКИ.....	50
<b>Кемелбек М., Қожабеков Ә.А., Сейтимова Г.А., Самир А.Р., Бурашева Г.Ш.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА KRASCHENINNIKOVIA CERATOIDES.....	58
<b>Кривоногова А.С., Порываева А.П., Исаева А.Г., Петропавловский М.В., Беспмятных Е.Н.</b> ИММУННЫЙ СТАТУС КОРОВ НА ФОНЕ АЛИМЕНТАРНО-ОПОСРЕДОВАННЫХ ФИТОБИОТИКОВ.....	64
<b>Сатаев М., Кошкарбаева Ш., Абдуразова П., Аманбаева К., Райымбеков Е.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕВЫХ ЗВЕНЬЕВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ АКТИВИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ ПЕРЕД ХИМИЧЕСКИМ МЕДНЕНИЕМ....	70
<b>Чиндалиев А.Е., Харитонов С.Н., Сермягин А.А., Контэ А.Ф., Баймуканов А.Д.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ BLUP-ОЦЕНКИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО ЭКСТЕРЬЕРУ ДОЧЕРЕЙ И ИХ ИНДЕКСОВ ПО ОФИЦИАЛЬНОЙ ИНСТРУКЦИИ (ЛИНЕЙНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ).....	79

### ФИЗИКА

<b>Асылбаев Р.Н., Баубекова Г.М., Карипбаев Ж.Т., Анаева Э.Ш.</b> ИЗУЧЕНИЕ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{CaF}_2$ И $\text{MgO}$ , ОБЛУЧЕННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИОНАМИ.....	86
<b>Ищенко М.В., Соболенко М.О., Каламбай М.Т., Шукиргалиев Б.Т., Берцик П.П.</b> ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ МЛЕЧНОГО ПУТИ: ТЕМПЫ СТОЛКНОВЕНИЯ МЕЖДУ СОБОЙ И С ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧЕРНОЙ ДЫРОЙ.....	94

**Кобеева З.С., Хусанов А.Е., Атаманюк В.М., Хусанов Ж.Е.**  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ СТЕБЛЕЙ  
ХЛОПЧАТНИКА С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ.....106

**Токтар М., Ахметов М.Б.**  
ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ  
ЧЕРНОЗЕМОВ.....114

#### ХИМИЯ

**Айтынова А.Е., Ибрагимова Н.А., Шалахметова Т.М.**  
О НЕОБХОДИМОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ В СКРИНИНГ НАСЕЛЕНИЯ МАРКЕРОВ ВОСПАЛЕНИЯ  
ДЛЯ ЛИЦ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ И ЕГО КОРРЕКЦИЯ.....120

**Джетписбаева Г.Д., Масалимова Б.К.**  
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСШИХ СПИРТОВ  
ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА.....126

**Кантуреева Г.О., Сапарбекова А.А., Giovanna Lomolino, Кудасова Д.Е.**  
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРАКЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА  
ПЕКТИНОЛ F-RKM 0719 НА ВЫХОД ФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОЖУРЫ ГРАНАТА.....131

**Калиева А.Н., Мамытова Н.С., Нурманбек А.Е., Нургабылова С.К., Эла Айше Коксал**  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ ЕВРЕПЕЙНИКА АЗИАТСКОГО  
(*AGRIMONIA ASIATICA* JUZ).....139

**Нурисламов Р.М., Абильмагжанов А.З., Кензин Н.Р., Нефедов А.Н., Акурпекова А.К.**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА СЧЕМСАД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ  
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ.....147

**Ситпаева Г.Т., Курмангаева А.А., Кенесбай А.Х., Асылбекова А.А.**  
ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕДКОГО, ЭНДЕМИЧНОГО ВИДА *COUSINIA*  
*MINDSCHELKENSIS* В. FEDTSCH. В СЫРДАРЬИНСКОМ КАРАТАУ.....154

**Шаймерденова Г.С., Жантасов К.Т., Дормешкин О.Б., Кадырбаева А.А., Сейтханова А.Б.**  
КИНЕТИКА И МЕХАНИЗМ РАЗЛОЖЕНИЯ НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ ФОСФОРИТОВ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАНАТАС.....163

#### ПАМЯТИ УЧЕНЫХ

Нигметова Роза Шукургалиевна.....170

## CONTENTS

### BIOTECHNOLOGY

<b>Bissembayev A.T., Shamshidin A.S., Abylgazinova A.T., Omarova K.M., Baimukanov D.A.</b> GENETIC ASSESSMENT BY THE BLUP METHOD OF BREEDING VALUE IN THE HEREFORD CATTLE OF KAZAKHSTANI SELECTION.....	5
<b>Donnik I.M., Chechenikhina O.S., Loretz O.G., Mymrin V.S., Shkuratova I.A.</b> PRODUCTIVE LONGEVITY AND STRESS RESISTANCE OF COWS OF BLACK-AND-MOTLEY BREEDS OF VARIOUS LINES.....	12
<b>Dukenov Zh.S., Abaeva K.T., Akhmetov R.S., Dosmanbetov D.A., Rakymbekov Zh.K.</b> STUDY AND ANALYSIS OF THE GROWTH DYNAMICS OF TUGAI FORESTS IN THE SOUTHERN REGIONS OF KAZAKHSTAN.....	21
<b>Zaripova Y.A., Dyachkov V.V., Bigeldiyeva M.T., Gladkikh T.M., Yushkov A.V.</b> QUANTITATIVE ESTIMATION OF THE CONCENTRATION OF NATURAL ALPHA RADIONUCLIDES IN THE LUNGS.....	28
<b>Manukyan S.S.</b> SUBSTANTIATION OF THE OPTIMALITY OF THE SET MODES FOR DOUBLE-SIDEDPRESSING OF CHEESE “LORI”.....	36
<b>Mukhamadiyev N.S., Mengdibayeva G.Zh., Nizamdinova G.K., Shakerov A.S.</b> HARMFULNESS INVASIVE PEST-OAK MINING SAWFLY ( <i>PROFENUSA PYGMAEA</i> , KLUG, 1814).....	44
<b>Kassymova M.K., Mamyrbekova A.K., Orymbetova G.E., Kobzhasarova Z.I., Anita Blija</b> MOUSSE FROM CASEIC WHEY.....	50
<b>Kemelbek M., Kozhabekov A.A., Seitimova G.A., Samir A.R., Burasheva G.Sh.</b> INVESTIGATION OF CHEMICAL CONSTITUENTS OF <i>KRASCHENINNIKOVIA CERATOIDES</i> .....	58
<b>Krivosnogova A.S., Porivaeva A.P., Isaeva A.G., Petropavlovsky M.V., Bespamyatnykh E.N.</b> DYNAMICS OF THE IMMUNE STATUS OF COWS AGAINST THE BACKGROUND OF COMBINED USE OF LOCAL AND ALIMENTARY-MEDIATED PHYTOBIOTICS.....	64
<b>Sataev M., Koshkarbaeva Sh., Abdurazova P., Amanbaeva K., Raiymbekov Y.</b> THE USE OF CELLULOSE END LINKS TO ACTIVATE THE SURFACE OF COTTON FABRICS BEFORE CHEMICAL COPPER PLATING.....	70
<b>Chindaliyev A.E., Kharitonov S.N., Sermyagin A.A., Konte A.F., Baimukanov A.D.</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BLUP-ESTIMATES OF SERVICING BULLS BY THE EXTERIOR OF DAUGHTERS AND THEIR INDICES BY THE OFFICIAL INSTRUCTIONS (LINEAR ASSESSMENT SYSTEM).....	79

### PHYSICAL SCIENCES

<b>Assylbayev R., Baubekova G., Karipbayev Zh., Anaeva E.</b> STUDY OF CATHODOLUMINESCENCE OF CaF <sub>2</sub> AND MgO SINGLE CRYSTALS IRRADIATED WITH HIGH-ENERGY IONS.....	86
<b>Ishchenko M.V., Sobolenko M.O., Kalambay M.T., Shukirgaliyev B.T., Berczik P.P.</b> MILKY WAY GLOBULAR CLUSTERS: CLOSE ENCOUNTER RATES WITH EACH OTHER AND WITH THE CENTRAL SUPERMASSIVE BLACK HOLE.....	94

**Kobeyeva Z.S., Khussanov A.Ye., Atamanyuk V.M., Khussanov Zh.Ye.**  
DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF CRUSHED COTTON STEMS  
FOR FURTHER PROCESSING.....106

**Toktar M., Akhmetov M.B.**  
CHANGES IN MORPHOGENETIC AND PHYSICAL PROPERTIES OF LEACHED BLACK  
SOILS.....114

#### CHEMICAL SCIENCES

**Aitynova A.E., Ibragimova N.A., Shalakhmetova T.M.**  
ABOUT THE NEED TO INCLUDE SCREENING MARKERS OF INFLAMMATION TO POPULATION  
FOR PEOPLE WITH METABOLIC SYNDROME AND ITS CORRECTION.....120

**Jetpisbayeva G.D., Massalimova B.K.**  
THE INFLUENCE OF TEMPERATURE CHANGE ON THE PROCESS OF OBTAINING HIGHER  
ALCOHOLS FROM SYNGAS.....126

**Kantuteyeva G.O., Saparbekova A.A., Giovanna Lomolino, Kudassova D.E.**  
STUDY OF THE EFFECT OF EXTRACTION USING ENZYME PREPARATION - *PECTINOL F-RKM*  
*0719* ON THE YIELD OF PHENOLIC SUBSTANCES IN POMEGRANATE PEEL.....131

**Kaliyeva A.N., Mamytova N.S., Nurmanbek A.E., Nurkabylova S.K., Ela Ayşe Köksal**  
DETERMINATION OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF THE LEAVES OF ASIATIC  
BURDOCK (*AGRIMONIA ASIATICA* JUZ).....139

**Nurislamov R.M., Abilmagzhanov A.Z., Kenzin N.R., Nefedov A.N., Akurpekova A.K.**  
USING THE CHEMCAD COMPLEX TO SIMULATE REFINING PROCESSES.....147

**Sitpayeva G.T., Kurmantaeva A.A., Kenesbai A.H., Asylbekova A.A.**  
STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE RARE ENDEMIC SPECIES *COUSINIA*  
*MINDSCHELKENSIS* B. FEDTSCH. IN THE SYRDARYA KARATAU.....154

**Shaimerdenova G.S., Zhantasov K.T., Dormeshkin O.B., Kadirbayeva A.A., Seitkhanova A.B.**  
KINETICS AND MECHANISM OF DECOMPOSITION OF LOW-QUALITY PHOSPHORITES  
OF THE ZHANATAS DEPOSIT.....163

#### MEMORY OF SCIENTISTS

Nigmatova Roza Shukirgalievna.....170



## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

**ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)**

**<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*  
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 15.12.2021.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф.  
10,5 п.л. Тираж 300. Заказ 6.