На соискание премии М.В. Ломоносова

Цикл работ «**Исследование космических лучей сверхвысоких энергий на Астрофизическом комплексе МГУ- ИГУ**»

Кузьмичев Леонид Александрович
доктор физико-математических наук
НИИЯФ МГУ, ОКН,
лаборатория наземной гамма астрономии
заведующий лабораторией

Просин Василий Владимирович
доктор физико-математических наук
НИИЯФ МГУ, ОКН,
лаборатория наземной гамма астрономии
ведущий научный сотрудник

Коростелева Елена Евгеньевна
кандидат физико-математических наук
НИИЯФ МГУ, ОКН,
лаборатория наземной гамма астрономии
старший научный сотрудник

Аннотация работы:

Авторы цикла работ на протяжении последних 10 лет создали в Тункинской долине ряд экспериментальных установок, позволивших единым методом и с помощью независимой калибровки измерить спектр первичных космических лучей в широком диапазоне энергий 1014 – 1018 эВ. Результаты, полученные в этих экспериментах (Тунка-25, Тунка-133, TAIGA-HiSCORE, Тунка-Гранде, Тунка-REX) служат естественным мостом между результатами, полученными в экспериментах на спутниках и шарах-зондах и результатами гигантских международных обсерваторий Ожэ и Telscope Array. За последние 10 лет авторы опубликовали целый ряд

основополагающих статей по данному направлению в ведущих научных журналах, которые и составляют представляемый на конкурс цикл (см. Список работ). Один из авторов в течение ряда лет читает спецкурс по физике космических лучей и астрофизике для магистрантов и аспирантов Отделения ядерной физики физического факультета. Полученные авторами цикла результаты неоднократно докладывались, в том числе в качестве пленарных докладов, на Международных конференциях по космическим лучам (Пекин-2011, Рио-де-Жанейро-2013, Гаага-2015, Бусан (Корея)-2017, Медисон (США)-2019), Европейских симпозиумах (Москва-2012, Киль (Германия)-2014, Барнаул-2018), 4-х Всероссийских коференциях (2012 – 2018) и целом ряде международных конференций в Италии, Франции, Швейцарии, Японии, Германии и др. На работы, вошедшие в данный цикл статей, имеется 294 ссылок в ведущих международных журналах, а самая цитируемая работа имеет 64 ссылки. Таким образом, этот цикл пионерских работ уже служит и несомненно послужит в близком будущем укреплению престижа и научного авторитета МГУ в мире.

Кузьмичев Л.А., Просин В.В., Коростелева Е.Е.

Цикл работ «**Исследование космических лучей сверхвысоких энергий на Астрофизическом комплексе МГУ-ИГУ**»

Электронные копии публикаций на премию имени М.В. Ломоносова:

Lomonosov_KUZ.zip (38853232)

Список публикаций:

1. The new Tunka-133 EAS Cherenkov array: Status of 2009, Antokhonov B.V.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A., …, Prosin V.V. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands)*, 628, № 1, 124-127, 2011 DOI:10.1016/j.nima.2010.11.027
2. TUNKA-133: A NEW ARRAY FOR THE STUDY OF ULTRA-HIGH ENERGY COSMIC RAYS, Antokhonov B.V., … Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A., …, Prosin V.V. et al., *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, Allerton Press Inc. (United States)*, 75, № 3, 67-370, 2011
3. TUNKA-133: PRELIMINARY RESULTS FROM THE FIRST YEAR OF OPERATION, Antokhanov B.V., … Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A., … Prosin V.V. et al., *Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, North-Holland Publ Co (Netherlands)*, 212, 53-58, 2011
4. The Tunka-133 EAS Cherenkov light array: Status of 2011, Berezhnev S.F., … Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A., … Prosin V.V. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands)*, 692, 98-105, 2012 DOI:10.1016/j.nima.2011.12.091
5. Tunka-Rex: a Radio Extension of the Tunka Experiment, Schroeder F.G., … Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics (United Kingdom)*, 409, 2013 DOI: 10.1088/1742-6596/409/1/012076
6. Tunka-25 Air Shower Cherenkov array: The main results, Budnev N., … Korosteleva E.,… Kuzmichev L.,… Prosin V. et al., *Astroparticle Physics, Elsevier BV (Netherlands)*, том 50, с. 18-25, 2013 DOI:10.1016/j.astropartphys.2013.09.006
7. The Tunka – Multi-component EAS detector for high energy cosmic ray studies, Berezhnev S.F.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands)*, 732, 281-285, 2013 DOI:10.1016/j.nima.2013.05.180

8. Nearby sources in the transition region between Galactic and Extragalactic cosmic rays, Sveshnikova L.G.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V., et al., *Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics (United Kingdom)*, 409, № 1, 012062, 2013 DOI:10.1088/1742-6596/409/1/012062
9. Tunka-Rex: Status and results of the first measurements, Kostunin D.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands)*, 742, 89-94, 2014 DOI:10.1016/j.nima.2013.10.070
10. Tunka-133: Results of 3 year operation, Prosin V.V.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands)*, 756, 94-101, 2014 DOI:10.1016/j.nima.2013.09.018
11. Interpretation of cosmic ray spectrum above the knee measured by the Tunka-133 array, Sveshnikova L., Kuzmichev L., Korosteleva E., Prosin V., Ptuskin V.S., *Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, North-Holland Publ Co (Netherlands)*, 256, 218-224, 2014 DOI:10.1016/j.nuclphysbps.2014.10.025
12. Энергетический спектр и массовый состав космических лучей по данным установки Тунка-133, Бережнев С.Ф.,… Korosteleva E.E.,… Кузьмичев Л.А.,… Просин В.В. и др., *Известия Российской академии наук. Серия физическая*, 79, № 3, 379-382, 2015 DOI:10.7868/S0367676515030096
13. The Tunka Radio Extension: Latest Analysis Results, Schröder a F.G.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics (United Kingdom)*, 632, 012096, 2015 DOI:10.1088/1742-6596/632/1/012096
14. Primary CR energy spectrum and mass composition by the data of Tunka-133 array, Prosin V.V.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A. et al., *EPJ Web of Conferences*, 99, 04002, 2015 DOI:10.1051/epjconf/20159904002
15. Measurement of cosmic-ray shower with the Tunka Radio Extension (Tunka-Rex), Bezyazeekov P.A.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands)*, 802, 89-96, 2015 DOI:10.1016/j.nima.2015.08.061
16. Amplitude Calibration of the Tunka Radio Extension(Tunka-Rex), Hiller R.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics (United Kingdom)*, 632, 012012, 2015 DOI:10.1088/1742-6596/632/1/012012
17. The Tunka radio extension (Tunka-Rex): Radio measurements of cosmic rays in Siberia, Schröder F.G. … Korosteleva E.E.,… Kuzmichev

L.A.,… Prosin V.V. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands)*, 824, 652-654, 2016 DOI:10.1016/j.nima.2015.08.075

18. The Primary CR Spectrum by the Data of the Tunka-133 Array, Berezhnev S.F.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *JPS Conference Proceedings*, 9, 010009, 2016 DOI:10.7566/JPSCP.9.010009
19. Results from Tunka-133 (5 years observation) and from the Tunka-HiSCORE prototype, Prosin V.V.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A. et al., *EPJ Web of Conferences*, том 121, 03004, 2016, DOI: 10.1051/epjconf/201612103004
20. Results and perspectives of cosmic ray mass composition studies with EAS arrays in the Tunka Valley, Prosin V.V.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A. et al., *Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics (United Kingdom)*, 718, 052031, 2016 DOI:10.1088/1742-6596/718/5/052031
21. Radio measurements of the energy and the depth of the shower maximum of cosmic-ray air showers by Tunka-Rex, Bezyazeekov P.A.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A. et al., *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Institute of Physics (United Kingdom)*, 2016, № 1, 052, 2016 DOI:10.1088/1475-7516/2016/01/052
22. A comparison of the cosmic-ray energy scales of Tunka-133 and KASCADE-Grande via their radio extensions Tunka-Rex and LOPES, Apel W.D.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Physics Letters B, Elsevier BV (Netherlands)*, 763, 179-185, 2016 DOI:10.1016/j.physletb.2016.10.031
23. Установка Tunka-Grande - статус и перспективы, Монхоев Р.Д.,… Кузьмичев Л.А.,… Просин В.В. et al., *Известия Российской академии наук. Серия физическая*, 81, № 4, 504-506, 2017 DOI:10.7868/S0367676517040317
24. Tunka-Rex: energy reconstruction with a single antenna station, Hiller R., … Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *EPJ Web of Conferences*, 135, 01004, 2017 DOI:10.1051/epjconf/201713501004
25. Tunka-Rex: Status, Plans, and Recent Results, Schröder F.G.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *EPJ Web of Conferences*, 135, 0100, 2017 DOI:10.1051/epjconf/201713501003
26. Tunka Advanced Instrument for cosmic rays and Gamma Astronomy (TAIGA): Status, results and perspectives, Kuzmichev L.,… Korosteleva E.E.,… Prosin V. et al., *EPJ Web of Conferences*, 145, 01001, 2017 DOI:10.1051/epjconf/201714501001
27. Towards a cosmic-ray mass-composition study at Tunka Radio Extension, Kostunin D.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,…

Prosin V.V. et al., *EPJ Web of Conferences*, № 135, 01005, 2017 DOI:10.1051/epjconf/201713501005
28. The Tunka-Grande experiment: Status and prospects, Monkhoev R.D.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, Allerton Press Inc. (United States)*, 81, № 4, 504-506, 2017 DOI:10.3103/S1062873817040311
29. The Tunka-Grande experiment, Monkhoev R.D.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Journal of Instrumentation, Institute of Physics (United Kingdom)*, 12, № 6, 06019, 2017
30. Studying ultrahigh-energy cosmic rays with the Tunka Radio Extension, Fedorov O.L.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Bulletin of the Russian Academy of Science*, 81, № 4, 562-564, 2017, DOI:10.3103%2FS1062873817040190
31. Overview on the Tunka-Rex antenna array for cosmic-ray air showers, Schröder Frank G.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *Proceedings of Science*, 459, 2017
32. Latest results of the Tunka Radio Extension, Kostunin D.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *EPJ Web of Conferences*, 145, 11001, 2017, DOI:10.1051/epjconf/201714511001
33. Detector efficiency and exposure of Tunka-Rex for cosmic-ray air showers, Bezyazeekov P.A.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V. et al., *PoS (ICRC)*, c. 387, 2017
34. Reconstruction of cosmic ray air showers with Tunka-Rex data using template fitting of radio pulses, Korosteleva E.E., Kuzmichev L.A.,… Prosin V.V., Tunka-Rex Collaboration, *Physical Review D, American Physical Society (United States)*, 97, 122004, 2018, DOI:10.1103/PhysRevD.97.122004
35. Cherenkov EAS arrays in the Tunka astrophysical center: From Tunka-133 to the TAIGA gamma and cosmic ray hybrid detector, Kuzmichev L.,… Korosteleva E.E.,… Prosin V.V. et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Elsevier BV (Netherlands), 2019, v. 952, 161830,* DOI: 10.1016/j.nima.2019.01.056
36. Cosmic Ray Energy Spectrum derived from the Data of EAS Cherenkov Light Arrays in the Tunka Valley, Prosin V.,… Korosteleva E.E.,… Kuzmichev L. et al., *EPJ Web of Conferences*, 210, 01003, 2019, DOI:10.1051/epjconf/201921001003
37. The primary cosmic-ray energy spectrum measured with the Tunka-133 array, N.M. Budnev,… E.E. Korosteleva,… L.A. Kuzmichev,…V.V. Prosin et al., Astroparticle Physics, 117(2020) 102406, DOI:10.1016/j.astropartphys.2019.102406

Справка о творческом вкладе авторов цикла работ
"Исследование космических лучей сверхвысоких энергий на Астрофизическом комплексе МГУ – ИГУ",
выполненного коллективом лаборатории наземной гамма-астрономии отдела космических наук Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова
заведующим лабораторией, доктором физико-математических наук
КУЗЬМИЧЕВЫМ Леонидом Александровичем,
ведущим научным сотрудником, доктором физико-математических наук
ПРОСИНЫМ Василием Владимировичем,
старшим научным сотрудником, кандидатом физико-математических наук
КОРОСТЕЛЕВОЙ Еленой Евгеньевной
на соискание премии имени М.В. Ломоносова 2020 г.

Несмотря на то, что большинство работ цикла «Исследование космических лучей сверхвысоких энергий на Астрофизическом комплексе МГУ – ИГУ", представляемого на соискание премии имени М.В. Ломоносова, опубликовано соискателями в соавторстве с другими учеными, вклад соискателей является, безусловно, определяющим. Именно соискатели инициировали исследования в данном направлении, ими были поставлены научные задачи и определены пути их решения.

Л.А. Кузьмичев является споуксменом коллаборации Тунка и споуксменом со стороны России коллаборации TAIGA. В 1993 году Л.А. Кузьмичев инициировал проведение экспериментальных работ в Тункинской долине. Он являлся автором проекта установки Тунка-133. Под его руководством установка создана в 2009 г и успешно проработала более 10 лет. Он внес существенный вклад в развитие методов реконструкции параметров широких атмосферных линей (ШАЛ) используемых в эксперименте. По инициативе Л.А. Кузьмичева проводилось качественное расширение Астрофизического комплекса с помощью установок Тунка-REX, HiSCORE и Тунка-Гранде.

В.В. Просин предложил оригинальные фитирующие функции для описания формы импульсов и пространственного распределения черенковского света ШАЛ, разработал алгоритмы для амплитудной и временной калибровки регистрируемых детекторами данных подготовил программы восстановления параметров ШАЛ по черенковскому излучению, разработал методы измерения энергии и сорта первичной космической частицы по восстановленным параметрам.

Е.Е.Коростелева защитила в 2005 г кандидатскую диссертацию «ГЛУБИНА МАКСИМУМА ШАЛ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТА ТУНКА» по результатам одного из первых прототипов установки Тунка-133. Она автор программного обеспечения системы сбора данных установок Тунка-133, Тунка-REX, HiSCORE и Тунка-Гранде. Е.Е.Коростелева провела М-К моделирование отклика установок на ШАЛ, оценила точности восстановления параметров ШАЛ, принимала активное участие в анализе работы аппаратуры, наборе и обработке экспериментальных данных.

Председатель Ученого совета
НИИЯФ МГУ, профессор М.И. Панасюк

Ученый секретарь Ученого совета
НИИЯФ МГУ, к.ф.-м.н. Е.А. Сигаева

Представление цикла работ
«Исследование космических лучей сверхвысоких энергий на Астрофизическом комплексе МГУ- ИГУ»,

выполненного коллективом Отдела Космических Наук Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова заведующим лабораторией доктором физико-математических наук Кузьмичевым Леонидом Александровичем, ведущим научным сотрудником доктором физико-математических наук Просиным Василием Владимировичем и старшим научным сотрудником кандидатом физико-математических наук Коростелевой Еленой Евгеньевной, на соискание премии имени М.В. Ломоносова 2020 г.

Космические лучи сверхвысоких энергий были открыты еще в середине прошлого века, но природа космических ускорителей до конца непонятна до сих пор. Один из путей к пониманию космических ускорителей – детальное изучение энергетического спектра и массового состава космических лучей.

Исследование космических лучей с энергией выше 10^{15} эВ из-за низкого потока таких частиц до настоящего времени возможно только методом регистрации широких атмосферных ливней (ШАЛ). Первые установки были достаточно компактными, позволявшими изучать ливни с энергиями до 10^{16} эВ. Однако стремление быстрее понять, до каких предельных энергий ускоряются первичные космические лучи, привело к быстрому переходу к установкам площадью в несколько квадратных километров с раздвижением между детекторами в сотни метров и высоким энергическим порогом. При этом не был исследован диапазон энергий от 10^{16} до 10^{18} эВ. Необходимость измерения энергетического спектра и состава космических лучей в этом диапазоне, диапазоне перехода от Галактических космических лучей к внегалактичским, привела несколько групп исследователей к созданию установок промежуточной площади порядка 1 кв. км в России, Германии и Антарктиде. Российская группа исследователей во главе с Л.А. Кузьмичевым выбрала для регистрации ШАЛ такую компоненту, как атмосферный черенковский свет, позволяющий методически обоснованным и сравнительно недорогим методом оценивать полную энергию ШАЛ. Под руководством авторов цикла работ на протяжении последних 25 лет в Тункинской долине, на Астрофизическом комплексе МГУ-ИГУ был создан ряд экспериментальных установок, позволивших единым методом и с помощью независимой калибровки измерить спектр первичных космических лучей в широком диапазоне энергий 10^{14} – 10^{18} эВ. Результаты, полученные в этих экспериментах (Тунка-25, Тунка-133, HiSCORE, Тунка-Гранде, Тунка-REX), служат естественным мостом между результатами, полученными в экспериментах на спутниках и шарах-зондах, и результатами гигантских международных обсерваторий Auger и Telescope Array.

Одним из главных результатов, полученных по данным экспериментов в Тункинской долине, является доказательство того, что энергетический спектр в диапазоне $3\cdot10^{15}$ – 10^{18} эВ не описывается простым степенным законом, как считалось длительное время. В спектре наблюдаются две статистически обеспеченные особенности. При энергии $2\cdot10^{16}$ эВ показатель наклона энергетического спектра, при аппроксимации степенным законом, уменьшается примерно на 0.2, а при энергии $3\cdot10^{17}$ эВ значение показателя наклона спектра опять увеличивается примерно на 0.3. Обе эти особенности в спектре, как и излом в спектре $3\cdot10^{15}$ эВ, открытый 60 лет назад Г.Б. Христиансеном и Г.В. Куликовым, так и не получили законченной астрофизической интерпретации, но фундаментально изменили представление о поведении спектра космических лучей в этом диапазоне энергий. Полученные экспериментальные результаты и их интерпретация приведут к более глубокому пониманию Галактических космических ускорителей.

За последние 10 лет авторы опубликовали целый ряд основополагающих статей по данному направлению в ведущих научных журналах, которые и составляют представляемый на конкурс цикл. Один из авторов в течение ряда лет читает спецкурс по физике космических лучей и астрофизике для магистрантов и аспирантов Отделения ядерной физики физического факультета. Полученные авторами цикла результаты неоднократно докладывались, в том числе в качестве пленарных докладов, на Международных конференциях по космическим лучам (Пекин-2011, Рио-де-Жанейро-2013, Гаага-2015, Бусан (Корея)-2017, Медисон (США)-2019), Европейских

симпозиумах (Москва-2012, Киль (Германия)-2014, Барнаул-2018), 4-х Всероссийских конференциях (2012 – 2018) и целом ряде международных конференций в Италии, Франции, Швейцарии, Японии, Германии и др. На работы, вошедшие в данный цикл статей, имеется 294 ссылки в ведущих международных журналах, а самая цитируемая работа имеет 64 ссылки. Таким образом, этот цикл пионерских работ уже служит и несомненно послужит в близком будущем укреплению престижа и научного авторитета МГУ в мире.

Индекс цитирования руководителя коллектива авторов Л.А. Кузьмичева по базе WoS – 1665, индекс Хирша – 23. Общее число цитирований на работы представляемого цикла – 294 (WoS), наиболее цитируемая работа цикла имеет 64 ссылки.

Представление принято на заседании Ученого совета НИИЯФ МГУ 25 сентября 2020 года (протокол №6).

Председатель совета,
профессор М.И. Панасюк

Ученый секретарь совета,
к.ф.-м.н. Е.А. Сигаева

ВЫПИСКА
из протокола № 6
заседания Ученого совета Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова от 25 сентября 2020 года

Действующий состав совета 54 человека.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: М.И. Панасюк – председатель совета, Е.А. Сигаева – ученый секретарь совета и 35 членов совета.

СЛУШАЛИ: О выдвижении цикла работ Л.А. Кузьмичева, В.В. Просина, Е.Е. Коростелевой «*Исследование космических лучей сверхвысоких энергий на Астрофизическом комплексе МГУ - ИГУ*» на премию имени М.В. Ломоносова 2020 года.

ПОСТАНОВИЛИ: Выдвинуть цикл работ сотрудников лаборатории наземной гамма-астрономии отдела космических наук доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией КУЗЬМИЧЕВА Леонида Александровича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ПРОСИНА Василия Владимировича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника КОРОСТЕЛЕВОЙ Елены Евгеньевны «*Исследование космических лучей сверхвысоких энергий на Астрофизическом комплексе МГУ - ИГУ”* на премию имени М.В. Ломоносова 2020 года.

Результаты тайного голосования:
участвовало в голосовании 37 человек;
«за» – единогласно.

Председатель совета
профессор М.И. Панасюк

Ученый секретарь совета
к.ф.-м.н. Е.А. Сигаева