

Статистический анализ коммуникации участников виртуального сообщества BOINC.RU*

А.Л. Прочко, В.И. Тищенко

Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук", г. Москва, Россия

Аннотация. В статье проанализированы статистические характеристики активности участников российского виртуального сообщества добровольных распределённых вычислений на платформе BOINC¹. Выделены факторы, определяющие поведение участников сообщества BOINC.RU.

Ключевые слова: распределённые вычисления, платформа BOINC, виртуальные сообщества

DOI 10.14357/20718632180308

Введение

Сложность задач, стоящих перед современной наукой, сопровождается сложностью вычислений, необходимых для решения этих задач. При этом представление о проведении подобных вычислений обычно ассоциируется с суперкомпьютерами или вычислительными кластерами. Однако возможны иные способы решения трудоемких вычислительных задач.

С развитием интернета получила практическое воплощение идея основателя проекта SETI@home («Поиска внеземного разума») David'a Gedye – использовать для масштабных вычислений интегрируемые ресурсы распределённых персональных компьютеров [1]. При этом интеграция вычислительных ресурсов компьюте-

ров может обеспечиваться программной платформой BOINC, разработанной в 2002 году в университете Беркли [2].

В основе методологии такого подхода лежит представление о сетевой организации коммуникаций и сетевом обществе в целом. Принципиальным техническим итогом решения исходной задачи проведения масштабных расчетов с использованием платформы BOINC стала возможность создания виртуальной параллельной вычислительной системы и проведение распределённых вычислений на принципах грид-систем² [3].

Очевидно, что реализация BOINC-проектов напрямую зависит от количества «подключенных»

*Статья выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-29-12940).

¹BOINC (англ. — Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) – открытый программный комплекс, состоящий из серверной и клиентской частей (<https://ru.wikipedia.org/wiki/BOINC>).

²Распределённая многопроцессорная сеть на платформе BOINC с использованием предоставленных добровольно вычислительных ресурсов (volunteer computing) для проведения добровольных распределённых вычислений (ДРВ) образована (06.04.2018 г.) более 1,1 млн. активных компьютеров (хостов) со средней производительностью всей сети более 23 петафлокс.

персональных компьютеров и времени их в проекте. В качестве одного из стимулов «участия» в проекте инициаторы/организаторы исследовательских проектов используют начисление условных очков («кредитов»). Статистика их начисления, регулярно публикуемая на сайте www.boincstats.com, создает атмосферу состязаний как между участниками, так и между командами.

Однако у исследователей феномена ДРВ и организаторов BOINC-проектов³ нет однозначного ответа на вопрос – как значимый научный проект, требующий масштабных вычислений, может сформировать среду, которая будет стимулировать вклад ресурсов многими волонтерами? Более того, еще менее понятны организаторам проектов причины, по которым большинство участники проектов не покидают их на протяжении многих месяцев [4].

По мнению исследователей BOINC-сообщества [5-8] основными причинами участия в проектах являются ощущение причастности к важным научным исследованиям, командный или спортивный дух. В то же время применение формализованных методов анализа поведения участников сообщества BOINC.RU показало [9], что мотивы, побуждающие волонтеров «вкладывать» свое время, финансовые и технологические ресурсы в проекты, по-прежнему, остаются в значительной степени не раскрытыми. В качестве возможного фактора, определяющего поведение и активность при выборе проектов волонтерами, рассмотрено коллаборативное взаимодействие, которое присуще участникам виртуальных сообществ [10].

1. Статистические характеристики участия сообщества в проектах распределенных вычислений

Особенностью BOINC-проектов является, наряду с интеграцией вычислительных мощно-

стей ПК, компьютерно-опосредованная коммуникация волонтеров, существующая в виде виртуальных групп и форумов. Организационной формой коммуникационной интеграцией волонтеров ДРВ являются команды, формируемые в соответствии с принципами национальной (страновой) общности, тематическими или иными предпочтениями. По состоянию на начало апреля 2018 года 4574647 участников BOINC-проектов из 277 стран объединены в 107227 команд⁴. Российских участников BOINC-проектов зарегистрировано более 53000, объединенных в 821 команду⁵.

Из 57 активных исследовательских проектов, использующих платформу BOINC, 11 инициировано исследователями из российских научных центров⁶. Целью российских BOINC-проектов является решение математических задач, задач подводной акустики, материаловедения, компьютерного тестирования методов разработки лекарств, моделирования белков и пр. [11-13].

Для анализа коммуникативных взаимодействий участников сообщества BOINC.RU в данном исследовании была сформирована база данных (Рис. 1), включающая статистические характеристики активности как отдельных волонтеров, так и их объединений (команд). Информация получена с помощью API BOINC (англ. — application programming interface) [14]. Скрипт для получения данных был написан на PHP, для хранения данных использовалась база данных MySQL.

Данные были собраны по всем проектам, включая архивные. Это позволило рассчитать показатели, характеризующие закономерности участия российских пользователей в проектах и командах BOINC.

Полученные ранее результаты [13] позволяют отметить снижение активности участников российского виртуального сообщества

³ На начало апреля 2018 г. платформа BOINC используется для реализации 57 проектов (моделирование 3-хмерной структуры белков, исследование корреляций в трехмерной структуре генома, исследование в области полей Галуа, решение задачи о выполнимости булевых формул, построение спектрального атласа ближайшей части Вселенной, доказательство теоремы Гольдбаха, создание солнечных батарей, докинг, компьютерная разработка лекарств и пр.); <https://www.boincstats.com>

⁴ Общая BOINC-статистику <https://boincstats.com/ru/stats/-1/project/detail/team>

⁵ Перечень российских команд <https://boincstats.com/en/stats/-1/team/list/0/0/25>

⁶ Перечень российских BOINC-проектов Gerasim@home; SAT@home; Acoustics@home; Amicable Numbers; Stop@home; OPTIMA@HOME; NetMax@home; USPEX@home; ODLK@home; AndersonAttack; XANSONS for COD (форум российских BOINC-проектов распределенных вычислений <http://forum.boinc.ru/default.aspx?g=topics&f=108>)

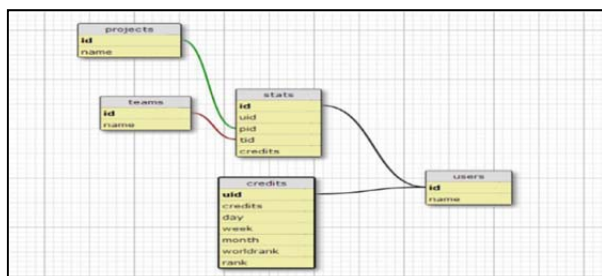


Рис. 1. Структура базы данных «Российские участники BOINC»

BOINC.RU в проектах ДРВ. По «общественному» рейтингу Россия переместилась с 11 места (в 2014 году) на 51 – в 2017 году. Аналогичное снижение отмечено и по доле российских очков (кредитов) в общем количестве очков, полученном всем BOINC сообществом; с 2,5% в 2014 году до 0,4% в 2017 году. И это в то время как показатель общей активности всех волонтеров вырос в 17 раз, превысив 34 трлн. очков. Снижение активности участия сообщества BOINC .RU наблюдается при увеличении общего числа российских волонтеров с 45333 в 2014 году до 53343 в 2017 году, а также количества проектов, в которых они принимают участие с 135 в 2014 до 178 в 2017 году [15].

Значительные изменения в статистических характеристиках активности российских участников BOINC-проектов, по нашему мнению, вызваны «расслоением» сообщества волонтеров на страты активных и «пассивных» участников. В 2017 году группа наиболее активных волонтеров, набирающих более 100 млн. очков, увеличилась в 2,5 раза. В то время как остальные волонтеры (практически все 53 тыс.) суммарно набирают не более 20 млн очков.

2. Анализ коммуникативного взаимодействия

Поскольку предметом нашего анализа является коммуникация виртуального сообщества BOINC.RU, то нас будут интересовать связи внутри групп волонтеров. Связью (коммуникацией) будем называть одновременное участие двух волонтеров в каком-либо проекте⁷.

⁷ Проект SETI@HOME не рассматривался, так как в нем участвовало 24 тыс. российских волонтеров из 53 000, что дает практически 100% связь для активных участников.

Учитывая выявленное «расслоение» на страты сообщества BOINC.RU, будем рассматривать связи между «лучшими» (активными) волонтерами. Выбирая в качестве количественного показателя (порога) активности начисление начиная с 50 000 очков, мы обнаруживаем группу в 200 участников, которые участвуют в 2 176 проектах.

Построив таблицу связности, где a_{ij} - количество общих проектов для двух волонтеров, получаем практически полный граф со всеми ребрами (плотность – 0,864)⁸. Граф связный, за исключением двух вершин (Рис. 2). Видно, что практически все наиболее активные пользователи связаны (участвуют) какими-то проектами.

Увеличение порога участия в проекте до 100 000 очков, а затем до 1000000 очков практически не меняет картину оценки активности участия 200 наиболее активных волонтеров (Рис. 3). Об этом свидетельствует визуальная схожесть графов, построенных для групп волонтеров, образованных при различающихся порогах начисления очков. Мы предполагаем, что эта «похожесть» в поведении наиболее ак-

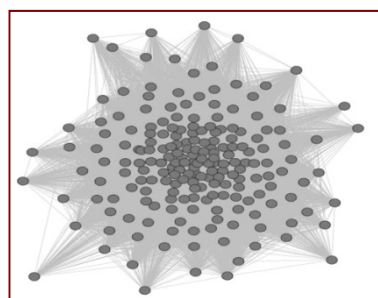


Рис. 2 Граф связности участников ДРВ

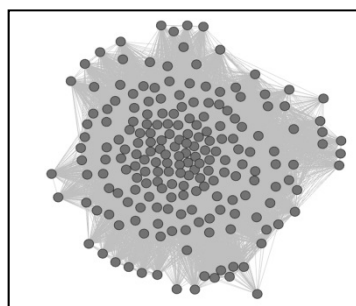


Рис. 3. Граф связности участников ДРВ для участников сообщества с количеством очков >1 млн

⁸ Для визуализации и анализа графов используем программу Gephi и алгоритм Force Atlas 2.

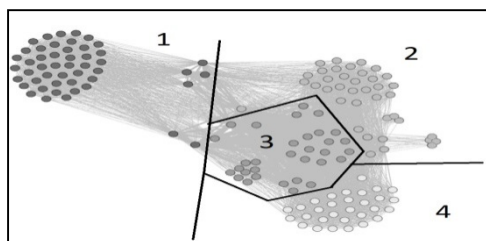


Рис. 4. Граф связности пользователей ДРВ (кластером под номером 3 выделено коллаборативное сообщество)

тивных участников обусловлена тем, что они не склонны подключаться к проектам «наобум»; они подходят к выбору проекта основательно и затем активно участвуют в вычислениях.

Аналогичные результаты выявляются в российских проектах.

Как уже говорилось, в настоящее время существует 11 действующих BOINC-проектов. Проанализируем участие в проектах с порогом начисления более 500 очков; небольшое количество очков определяется тем, что многие проекты запущены недавно, в 2016-2017 годах.

Строим обычную таблицу связности; получаем 2 300 участий для 1 800 волонтеров. Исключая «старые» проекты – Gerasim@home (557 участий) и SAT@home (1 528 участий), определяющие представленные ранее показатели, получим 230 связей для 150 волонтеров и, соответственно, граф связности участников в российских проектах ДРВ (Рис. 4). При этом обнаруживаем два крупных кластера, «1» и «2+3+4». Последний, в свою очередь, разделен на подмножества «3 + 2» и «3 + 4». Рассматривая показатели участия волонтеров в новых российских проектах, мы можем утверждать, что предпочтения и действия оказываются достаточно согласованными. Нам удалось выделить группу волонтеров, которая активно участвует в нескольких проектах (кластер «3» на графе). Кластер «3» образован на пересечении кластеров «1» и «2+3+4», соответственно.

Рассматривая показатели участия волонтеров в новых российских проектах (Табл. 1), мы можем утверждать, что предпочтения и действия оказываются достаточно согласованными. Нам удалось выделить группу волонтеров, которая активно участвует в нескольких проектах (кластер «3» на графе). Объединение волонтеров в эту группу, безусловно, показывает, что это не только активные, но и заинтересо-

Табл. 1. Статистика участия российских волонтеров в новых российских проектах

Проекты	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Acoustics@home	4	32	18	
AmicableNumbers	2	6	19	27
AndersonAttack		5	11	1
Xansons for Cod		1	10	
Optima@Home	49	1	3	
Stop@Home	1		30	
Odlk			6	

ванные участники сообщества, которые следят за BOINC-пространством, анализируют информацию и согласованно отдают предпочтение новым проектам. Такое поведение участников сообщества свидетельствует, очень вероятно, о взаимодействии их друг с другом на сторонних сетевых ресурсах.

3. Особенности командного поведения

Для анализа командного поведения участников виртуального сообщества BOINC.RU и согласованности поведения при выборе проектов была выбрана в качестве объекта исследования команда «Russia Team»⁹. В команде состоит 2 300 участников с количеством очков более 1000.

На диаграмме (Рис. 5) представлено 20 самых популярных проектов у этой команды. Анализ распределения волонтеров по проектам и значения оценок их активности показал, что наиболее значимые показатели выпадают на 5 проектов, причем в 3 из них (SETI@Home; Einstein@Home; Rosetta@Home) участвует большинство волонтеров команды: 883; 754; 623, соответственно. Другими словами, от 30 до 25 процентов членов команды. Особенно это заметно, если рассмотреть 1000 «лучших» (активных) членов команды (у них более 100 000 очков) [15].

Количество участников в «предпочтительных» проектах изменяется не значительно, но даже там, где оно изменилось – практически не меняется количество очков, отражающее оцен-

⁹ Команда "Russia Team" образовалась в июне 2005 года и в настоящее время является одной из крупнейших команд в России; см. http://www.boinc.ru/team/russia_team_new.htm

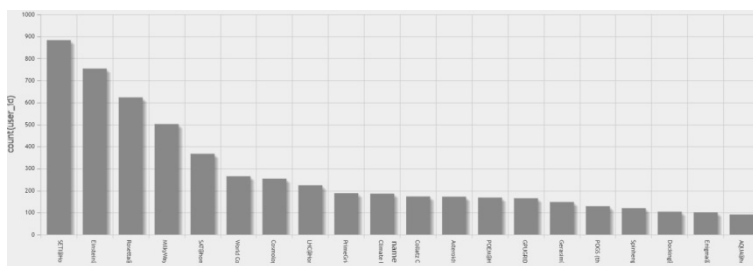


Рис. 5. Диаграмма распределения по проектам участников команды «Russia Team»

ку активности волонтеров. В итоге мы обнаруживаем, что действия и выбор проектов активными членами команды являются согласованными. И этот выбор, очевидно, есть результат коммуникаций значительного числа, не менее четверти всех членов команды. И важно, что это наиболее активные участники BOINC-проектов.

Можно также утверждать, что менее активные члены команды (участники с небольшим количеством очков) предпочитают ориентироваться на выбор активного «ядра» команды и «подключаются» просто к самым популярным проектам.

Выявленные статистические показатели принципиально отличаются от таковых для всего сообщества BOINC.RU. Как следует из результатов анализа статистики по всем российским волонтерам, в сообществе в целом отсутствует сохраняемое предпочтение в выборе проектов. Так, например, ни один из 20 популярных проектов 2014 года не популярен в 2017 году. Более того, в числе проектов, которые исчезли в 2017 году из перечня популярных для сообщества BOINC.RU в целом из-за снижения активности участия российских волонтеров, оказались такие научно-значимые и популярные в среде всего BOINC сообщества проекты, как Einstein@Home (проверка гипотезы о гравитационных волнах); Rosetta@Home (определение 3-хмерной структуры белков); MilkyWay@home (построение высокоточной трёхмерной динамической модели звёздных потоков в нашей Галактике). Однако для большинства участников команды Russia Team предпочтение в выборе этих проекты сохранялось неизменным. Это показывает, что склонность и готовность к согласованному поведению, проявляющееся в выборе проектов,

оказывается важным фактором формирования среды, стимулирующей вклад ресурсов в проекты многими волонтерами.

Заключение

Данные, полученные в результате статистического анализа особенностей поведения участников виртуального сообщества BOINC.RU, показывают, что участие волонтеров в российских проектах и их действия являются достаточно согласованными. При построении связного графа нам удалось выделить группу пользователей, которая согласовано и активно участвует в нескольких проекта. Анализ характеристик построенного графа позволяет предположить, что, активные заинтересованные участники получают информацию о новых проектах и следят за системой BOINC, взаимодействуя друг с другом на сторонних сетевых ресурсах. Все это дает основание рассмотреть сообщество BOINC.RU как структурированное коллаборативное сообщество, деятельность которого определяет не только поведение этих участников сообщества, но является значимым фактором реализации BOINC-проектов.

Литература

1. W. T. Sullivan, III, et al. A new major SETI project based on Project Serendip data and 100,000 personal computers/ In: Proc. of the Fifth Intl. Conf. on Bioastronomy. 1997. Доступно: http://seticlassic.ssl.berkeley.edu/woody_paper.html/ (дата обращения 13.04.2018).
2. David P. Anderson. Boinc: A system for public-resource computing and storage. In Proceedings of the Fifth IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing. IEEE (2004), 4-10. Доступно: https://boinc.berkeley.edu/grid_paper_04.pdf (дата обращения 13.04.2018)

3. David P. Anderson. Public Computing: Reconnecting People to Science // Presented at the Conference on Shared Knowledge and the Web, Residencia de Estudiantes, Madrid, Spain, Nov. 17-19 2003. Доступно: <https://boinc.berkeley.edu/madrid.html> (дата обращения 13.04.2018).
4. Peter Darch et al. Retaining volunteers in volunteer computing projects *Phil. Trans. R. Soc. A* (2010) 368, 4177–4192. Доступно: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/> (дата обращения 13.04.2018).
5. Holohan, A. et al. Collaboration Online: The Example of Distributed Computing. // *Journal of Computer-Mediated Communication*. 2006, 10(4). Доступно: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1083-6101.2005.tb00279.x> (дата обращения 13.04.2018).
6. Андреев А. Социология ГРИД. Троицкий вариант, № 166, 04 ноября 2014 года. с. 8. Доступно: <http://trv-science.ru/2014/11/04/sotsiologiya-grid/> (дата обращения 13.04.2018)
7. Oded Nov et al. Scientists@Home: What Drives the Quantity and Quality of Online Citizen Science Participation? *PLOS One*, April 1 2014. Доступно: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0090375/> (дата обращения 13.04.2018)
8. Якимец В. Н., Курочкин И. И. «Рейтинг проектов добровольных распределенных вычислений» // VII-я Международная конференция «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании» (GRID 2016), 4-9 июля, 2016, г. Дубна, Россия. (Book of abstracts)
9. Victor I. Tishchenko. Behavioral patterns of volunteer computing communities//BOINC-FAST 2017: International Conference BOINC: FAST 2017. Proceedings of the Third International Conference BOINC-based High Performance Computing: Fundamental Research and Development (BOINC:FAST 2017) Petrozavodsk, Russia, August 28 - September 01, 2017. Edited by Evgeny Ivahsko, Alexander Romyantsev//CEUR-WS. – 2017. – P. 55-60/ Доступно: <https://ceur-ws.org/> (дата обращения 13.04.2018)
10. Прочко А. Л., Тищенко В. И. Особенности виртуальных сообществ финансовой тематики на основе анализа обсуждения торгов акциями компаний // Системный анализ и информационные технологии (САИТ-2017). – Сборник трудов седьмой Международной конференции. – 2017. М., С. 447-455.
11. Kurochkin I. I., Posypkin M. A., Andreev A. A., Vatutin E. I., Zaikin O. S., Putilina E. V., Manzuk M. O. The activity of Russian chapter of international desktop grid federation // *Distributed Computing and Grid-Technologies in Science and Education 2016*. С. 36.
12. Посыпкин М. А. Развитие технологий добровольных вычислений в России. // Сборник тезисов докладов Национального суперкомпьютерного форума 23-27 ноября 2015 г. Доступно: <http://2015.nscf.ru/nauchno-prakticheskaya-konferenciya/tezisy-dokladov/> (дата обращения: 13.04.2018)
13. Тищенко В. И., Прочко А. Л. Российские участники добровольных распределенных вычислений на платформе Boinc. Статистика участия // Компьютерные исследования и моделирование. 2015. №7(3). С. 727-734.
14. Программное обеспечение с открытым исходным кодом для организации добровольных распределенных вычислений и распределенных вычислений в сети. Доступно: <http://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/GraphicsApi> (дата обращения: 13.04.2018).
15. Тищенко В. И., Прочко А. Л. Виртуальное сообщество российских участников добровольных распределенных вычислений на платформе BOINC // Сборник презентаций и статей докладов НСКФ'2017// Доступно: <http://2017.nscf.ru/prezentacii> (дата обращения: 13.04.2018).

Прочко Алексей Львович. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), г. Москва, Россия. Инженер-исследователь, магистр. Количество печатных работ: 7. Область научных интересов: построение математических моделей сообществ, сложные сети; e-mail: alexei@prochko.ru

Тищенко Виктор Иванович. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), г. Москва, Россия. Заведующий отделом, кандидат философских наук. Количество печатных работ: 122 (в т. ч. 2 монографии). Область научных интересов: системный анализ, математическое моделирование социальных процессов, информатика сообществ; e-mail: vtichenko@mail.ru

Statistical analysis of communications of participants of virtual community of boinc.ru

A.L. Prochko, V.I. Tishchenko

Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The article analyzes the statistical characteristics of the activity of participants in the Russian virtual community of volunteer computing using platform BOINC. The factors determining the behavior of the participants of the BOINC.RU community are singled out.

Keywords: volunteer computing, BOINC, virtual communities

DOI 10.14357/20718632180308

References

1. W. T. Sullivan, III, D. Werthimer, S. Bowyer, J. Cobb, D. Gedye, D. Anderson. 1997. A new major SETI project based on Project Serendip data and 100,000 personal computers // *Astronomical and Biochemical Origins and the Search for Life in the Universe*, Proc. of the Fifth Intl. Conf. on Bioastronomy = IAU Colloq. No. 161, eds. C.B. Cosmovici, S. Bowyer, and D. Werthimer. Available at: http://seticlassic.ssl.berkeley.edu/woody_paper.html/ (accessed April 13, 2018)
2. David P. Anderson. 2014. A Brief History of BOINC, talk at the 10th BOINC Workshop, Budapest. Available at: http://boinc.berkeley.edu/talks/workshop_14.pdf/ (accessed April 13, 2018)
3. David P. Anderson Public Computing: Reconnecting People to Science // Presented at the Conference on Shared Knowledge and the Web, Residencia de Estudiantes, Madrid, Spain, Nov. 17-19 2003. Available at: <https://boinc.berkeley.edu/madrid.html/> (accessed April 13, 2018)
4. Peter Darch, Annamaria Carusi Retaining volunteers in volunteer computing projects *Phil. Trans. R. Soc. A* (2010) 368, 4177–4192. Available at: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/> (accessed April 13, 2018)
5. Holohan, A. and Garg, A. Collaboration Online: The Example of Distributed Computing. // *Journal of Computer-Mediated Communication*. v. 10, issue 4. Version of Record online: 23 JUN 2006. Available at: <https://www.altmetric.com/details.php?domain=onlinelibrary.wiley.com&doi=10.1111/j.1083-6101.2005.tb00279.x/> (accessed April 13, 2018)
6. Andreev A. Sociologiya GRID [GRID Sociology]. Troitskiy variant, № 166, November 04, 2014. P. 8. Available at: <http://trv-science.ru/2014/11/04/sotsiologiya-grid/> (accessed April 13, 2018)
7. Oded Nov, Ofer Arazy, David Anderson. Scientists@Home: What Drives the Quantity and Quality of Online Citizen Science Participation? *PLOS One*, April 1 2014. Available at: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0090375/> (accessed April 13, 2018)
8. Iakimets V.N., Kurochkin I.I. Rating proektov dobrovolnyh raspredelennyh vychislenii [Rating of Voluntary Computing Projects] // The 7th International Conference "Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education", July 4-9, Dubna, Russia. (Book of abstracts)
9. Victor I. Tishchenko. Behavioral patterns of volunteer computing communities // BOINC-FAST 2017: International Conference BOINC:FAST 2017. Proceedings of the Third International Conference BOINC-based High Performance Computing: Fundamental Research and Development (BOINC:FAST 2017) Petrozavodsk, Russia, August 28 - September 01, 2017. Edited by Evgeny Ivahsko, Alexander Romyantsev // CEUR-WS. – 2017. – P. 55-60 // CEUR Workshop Proceedings. Available at: <https://ceur-ws.org/> // ISSN 1613-0073 // Vol-1973 urn:nbn:de:0074-1973-0/ (accessed April 13, 2018)
10. Prochko V. L., Tishchenko V. I. Osobennosti virtualnykh soobshchestv finansovoi tematiki na base analiza diskussii torgovli aktsiyami kompanii [Features of virtual communities of financial topics on the basis of analysis of the discussion of trading in shares of companies] // *Systems Analysis And Information Technologies (Sait-2017)*. – Proceedings of the Seventh International Conference. – 2017. M., C. 447-455.
11. Kurochkin I. I., Posypkin M. A., Andreev A. A., Vatutin E. I., Zaikin O. S., Putilina E. V., Manzuk M. O. The activity of Russian chapter of international desktop grid federation // *Distributed Computing and Grid-Technologies in Science and Education 2016*. C. 36.
12. Posypkin M.A. Razvitiye tehnologii dobrovolnyi raspredelennyh vychislenii v Rossii [The Development of technology of volunteer computing] // *Sbornik tezisev dokladov Nationalnyi Superkompyuternyi Forum (NSKF-2015)* [Proceedings of papers National Supercomputing Forum (NSKF-2015)] – Peryaslav-Zaleskii, 23-27 November 2014. Available at: <http://2015.nscf.ru/nauchno-prakticheskaya-konferenciya/tezisy-dokladov/> (accessed April 13, 2018)
13. Tishchenko V. I., Prochko A. L. Rossiiskii raspredelennyh proektov na BOINC platform. Stastika uchastia [Russian participants in BOINC-based volunteer computing projects. The activity statistics.] // *Kompyuternoe issledovanie I modelirovanie* [Computer Research and Modeling] – 2015 – Vol. 7 – Issue 3 – P. 727-734
14. The BOINC Graphics API / Available at: <http://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/GraphicsApi> (accessed April 13, 2018)
15. Tishchenko V. I., Prochko A. L. Virtualnoe soobshchestvo Rossiiskih uchastnikov dobrovolnyh raspredelennyh vychislenii na BOINC platform [Virtual community of Russian participants of voluntary computing on the BOINC platform] // Proceedings of presentations and articles of NSKF'2017. Available at: <http://2017.nscf.ru/prezentacii/> (accessed April 13, 2018)

Prochko A. L. Division of Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Science, 44/2 Vavilova str., Moscow, 119333 Russia, e-mail: alexei@prochko.ru.

Tishchenko V. I. Division of Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Science, 44/2 Vavilova str., Moscow, 119333, Russia, e-mail: vtichenko@mail.ru.