

Проекты добровольных вычислений в гражданской науке: динамика и статистика*

В. С. Ивашко¹, Е. Е. Ивашко^{1,2}

¹ Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия

² Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

Аннотация. В статье представлен анализ динамики количества и структуры проектов добровольных вычислений, доли фундаментальных и прикладных проектов, количества волонтеров и роли российского сообщества. Исследование направлено на анализ текущих тенденций в развитии добровольных вычислений.

Ключевые слова: распределенные вычисления, добровольные вычисления, Desktop Grid, гражданская наука, BOINC.

DOI 10.14357/20718632240102

EDN H5JGCL

Введение

Быстрое развитие вычислительной техники вместе с ростом скорости и доступности Интернет дает новые возможности в развитии технологий цифровой трансформации. Одна из таких технологий – это распределенные добровольные вычисления как форма «гражданской науки». Гражданская наука определяется как научная деятельность, в которой широкая общественность в той или иной степени участвует в сборе, анализе и распространении данных [1].

Проекты гражданской науки активно вовлекают волонтеров в научную деятельность, которая генерирует новые знания или понимание. Волонтеры могут выступать в качестве участников, сотрудников или руководителей проекта и играть значимую роль в проекте. В статье [2], авторы описывают десять принципов гражданской науки, которые были разработаны с целью поддержки новичков в гражданской науке для

реализации высококачественных проектов. Эти принципы способствуют совершенствованию научных исследований гражданской науки и привлечению общественности к активному участию в научных проектах.

Гражданская наука обеспечивает ученым помощь со стороны волонтеров, которые готовы бесплатно выполнять рутинную и не требующую специальных знаний работу. Также посредством гражданской науки научная среда может рекрутировать молодых людей — будущих ученых, которые, вовлекаясь в гражданскую науку, впоследствии принимают решение стать профессиональными учеными. Волонтерство такого рода решает задачи просвещения населения, популяризации науки, привлечения внимания к исследованиям.

В последнее десятилетие наблюдался массовый рост числа гражданских научных видов деятельности и добровольцев-участников [1], этот рост отражает ряд явлений:

* Работа выполнена в рамках Госзадания №FMEN-2022-0010.

- потребность демонстрировать социальную значимость исследований;
- необходимость в сборе в течение продолжительного времени крупномасштабных наборов данных мониторинга для проведения научных экспериментов;
- возможность повышения информированности общества об экологических проблемах;
- доступность привлечения волонтеров посредством новых технологий, таких как сенсорные сети, смартфоны, производительные компьютеры.

Ярким примером гражданской науки являются добровольные вычисления. Пандемия COVID-19 изменила мир, миллионы людей обратили свои взгляды на науку. В начале 2020 года более 700 000 новых участников присоединились к проекту добровольных вычислений Folding@home, чтобы помочь в разработке противовирусного средства против SARS-CoV-2. Пиковая производительность проекта превысила Эксафлопс, что позволило Folding@home стать первой в мире эксафлопсной системой, более мощной, чем 100 лучших суперкомпьютеров, вместе взятых [3].

Постоянному интересу волонтеров способствуют простота участия, понятный вклад и многие другие притягательные особенности добровольных вычислений. Наиболее часто используемой программной платформой добровольных вычислений является платформа BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing)¹. Многие ведущие мировые исследовательские институты осуществляют крупномасштабные вычислительные проекты на основе BOINC, например, Вашингтонский университет (Rosetta@home), CERN (LHC@home), Оксфордский университет (Climateprediction.net) и многие другие. В представленной статье мы анализируем изменения в количестве и структуре проектов добровольных вычислений², анализируем долю фундаментальной и прикладной науки, число

добровольцев и роль российского сообщества. Исследование может помочь в понимании текущих тенденций в развитии добровольных вычислений. Ряд научных работ был посвящен изучению сообщества волонтеров BOINC [4-9]. Однако, насколько нам известно, нет доступных систематических обзоров динамики добровольных вычислительных проектов.

1. Гражданская наука и добровольные вычисления

Исторически гражданская наука хорошо зарекомендовала себя в области мониторинга и охраны окружающей среды. Подобные проекты массового участия реализуются преимущественно в области экологии (например, исследование дикой природы) и астрономии (например, поиск новых планет). Благодаря проектам в данных областях, впервые был выявлен потенциал для значительного увеличения объемов сбора данных и частоты наблюдений с помощью привлечения добровольцев-любителей [10]. В статье [11] авторы отмечают, что гражданская наука используется и в гидрологии: наблюдается рост участия общественности в мониторинге водных ресурсов, климатических изменениях, в мониторинге качества воды, а также в картировании и моделировании.

В 1990 году Национальное общество Одубона запустило свой ежегодный проект подсчета рождественских птиц³ — это самый продолжительный проект гражданской науки в Северной Америке. Другой гражданский научный проект, Stardust@home⁴, предлагает добровольцам поучаствовать в поиске небольших столкновений межзвездной пыли, просматривая изображения. Крупнейшим проектом гражданской науки в России является *Флора России*⁵, который в 2019 году запустил Гербарий МГУ как некоммерческий интернет-проект по подготовке атласа флоры России. В итоге, более 25000 человек загрузили около 2,3 млн. наблюдений

¹ <https://boinc.berkeley.edu/>

² В данной статье мы используем термины «добровольные вычисления» и «проект BOINC» как синонимы, поскольку BOINC является стандартом де-факто для организации проектов добровольных вычислений. Однако это исключает из рассмотрения крупнейший компьютерный проект добровольных вычислений Folding@HOME, который использует собственную программную платформу для организации вычислений

³ <https://www.birdscanada.org/bird-science/christmas-bird-count/>

⁴ <https://stardustathome.ssl.berkeley.edu/>

⁵ <https://www.inaturalist.org/projects/flora-rossii-i-kryma-flora-of-russia-and-the-crimea>

(по состоянию на февраль 2022 г.) дикорастущих сосудистых растений со всей страны.

Добровольные вычисления являются хорошим примером гражданской науки: это форма распределенных вычислений, при которой добровольцы предоставляют неиспользуемые ресурсы своих персональных компьютеров для расчетов в рамках исследовательского проекта. Согласно классификации [12], волонтеров можно распределить по всем уровням участия в гражданской науке. *На первом уровне* участие ограничивается предоставлением ресурсов. *На втором уровне* участники, разделяющие идеи проекта, могут помогать другим волонтерам с решением технических проблем. *На третьем уровне* формулировка проблемы определяется участниками, а при консультации с учеными и экспертами разрабатывается метод сбора данных. Затем участники занимаются сбором данных, но им требуется помощь экспертов в анализе и интерпретации результатов. *На четвертом уровне* участники могут выбрать свой уровень участия и быть вовлечены в анализ и публикацию или использование результатов.

Наиболее популярной платформой для организации добровольных вычислений является универсальная программная платформа BOINC, которая подходит для проектов в различных областях науки. BOINC-проект состоит из сервера и множества клиентов — компьютеров добровольцев. Исходная вычислительная задача разбивается на множество независимых подзадач, каждая из которых вместе с соответствующим программным обеспечением направляется для расчетов клиентам. Сервер обеспечивает хранение подзадач и передачу их клиентам, сбор и хранение результатов, а также ряд служебных вспомогательных функций. Более подробно архитектура BOINC описана в работе [13]. Платформа BOINC позволяет объединить в единую вычислительную систему персональные компьютеры, ноутбуки и даже мобильные телефоны, что позволяет собрать огромные вычислительные мощности (потенциально порядка сотен ExaFLOPS) при минимальных затратах [13].

Сообщество BOINC предлагает к участию широкий спектр добровольных вычислитель-

ных проектов, начиная от поиска признаков внеземного разума (проект SETI@HOME) [14], до краудсорсинговой разработки лекарств (проект SiDock@Home) [15]. Среди них есть как фундаментальные проекты, так и прикладные. Проекты фундаментальных добровольных вычислений направлены на изучение закономерностей поведения и взаимодействия базовых структур природы, общества и мышления. Прикладные проекты направлены на практическое решение технических и социальных задач, их целью является применение фундаментальных наук для решения не только познавательных, но и социально-практических задач. Прикладные и фундаментальные проекты имеют свои особенности.

Особенности фундаментальных добровольных вычислительных проектов следующие:

- исходные задачи и результаты обычно понятны только специалистам;
- сложно связать полученные результаты с реальной жизнью;
- трудно мотивировать добровольцев к участию.

Для прикладных проектов добровольных вычислений характерны следующие особенности:

- исходные задачи и результаты понятны каждому;
- легко проследить результаты в реальной жизни;
- легко актуализировать тематику проекта;
- проект вызывает больший интерес добровольцев.

Опыт показывает, что прикладные добровольные вычислительные проекты мотивируют добровольцев и привлекают новых участников, которые в дальнейшем вкладывают свои ресурсы в другие проекты — не только прикладные, но и фундаментальные [6].

2. Проекты добровольных вычислений

Первоначально платформа BOINC была разработана в Калифорнийском университете в Беркли для крупнейшего проекта добровольных вычислений SETI@home и опубликована в 2002 году⁶. Позже разработчики сделали платформу доступной для сторонних проектов под

⁶ <https://wikipedia.org/wiki/BOINC>

открытой лицензией. Между тем, проект SETI@Home, который является одним из первых проектов распределенных вычислений на платформе BOINC, прекратил свою работу 31 марта 2020 года после более чем 20 лет непрерывной работы.

На данный момент, по информации сайта BOINCstats⁷, общее количество BOINC-проектов составляет 119. Однако в это число входят не только активные, работающие проекты, но и неактивные — завершённые, заброшенные и т. д. На Рис.1 представлена динамика количества активных проектов с 2005 года.

Количество BOINC-проектов демонстрирует четкую динамику с пиком, достигнутым в 2014 году. С момента первоначального запуска BOINC прошло более двадцати лет, и сегодня количество BOINC-проектов вернулось к уровню 2009 года. Это может свидетельствовать о потере интереса к добровольным вычислениям среди научных кругов и исследователей.

Для дальнейшего анализа мы выполнили классификацию проектов на прикладные и фундаментальные (Рис. 2). Среди BOINC-проектов мы также выделяем три «других» (не имеющих явной прикладной или фундаментальной направленности) проекта:

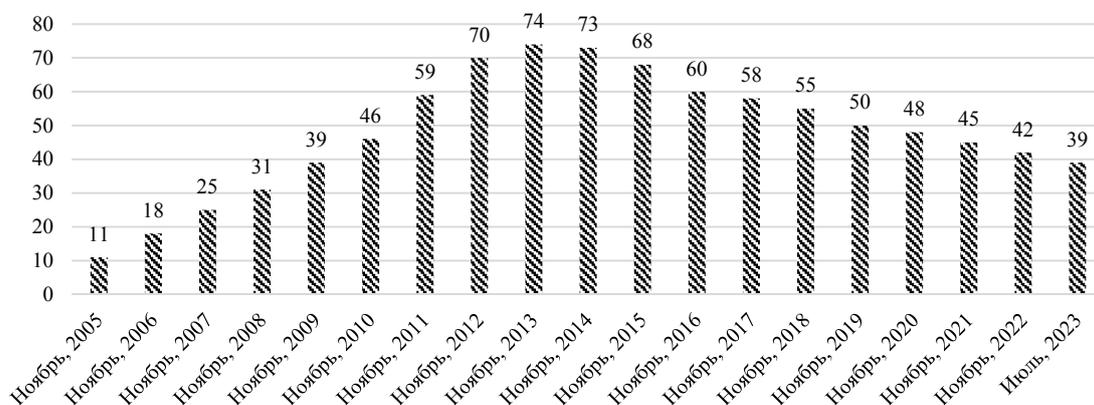


Рис. 1. Число активных проектов с 2005 года



Рис. 2. Прикладные и фундаментальные проекты

⁷ <https://boincstats.com>

- BOINC@TACC⁸ — зонтичный проект;
- T.Brada Experimental Grid⁹ — служит открытой системой разработки для администратора проекта;
- WUProp@Home¹⁰ — малоинтенсивный проект, в котором компьютеры добровольцев используются для изучения характеристик BOINC-проектов, в частности, для сбора свойств рабочих единиц проектов BOINC, таких как время вычислений, требования к памяти, интервал контрольных точек или лимит отчетов.

Как видно из Рис. 2, BOINC-проекты почти поровну делятся между фундаментальными и прикладными, это относится как к активным, так и к неактивным проектам.

BOINC-проекты реализованы в различных областях науки. Рассмотрим актуальные направления проектов добровольных вычислений (Рис. 3). Проекты в области биологии представляют наибольший интерес для добровольцев, участвующих в прикладных проектах. Другими популярными областями являются прикладная математика, прогнозирование климата и исследование материалов. Среди фундаментальных проектов основными направлениями исследований являются астрофизика и математика.

Крупнейшим BOINC-проектом является прикладной проект Rosetta@home¹¹, в рамках которого проводятся вычисления для определения трехмерных форм белков в исследованиях, которые в конечном итоге могут привести к нахождению лекарств от некоторых серьезных заболеваний человека [16]. Проект направлен на исследование новых белков для борьбы с такими заболеваниями, как ВИЧ, малярия, рак, COVID-19 и болезнь Альцгеймера. Проект активен с октября 2005 года и на сегодняшний день насчитывает более 1,3 млн добровольцев.

Другой крупный прикладной проект — World Community Grid¹². Будучи зонтичным проектом, он, в основном, поддерживает исследования, направленные на разработку более эффективных методов лечения рака, ВИЧ / СПИДа и малоизученных тропических болезней.

В проекте ведутся пять активных исследований: поиск потенциальных методов лечения COVID-19, прогнозирование осадков в Африке, поиск более эффективных методов лечения большего количества видов рака у детей, моделирование поведения молекул, называемых миколовыми кислотами, чтобы лучше понимать, как они обеспечивают защиту от туберкулезных бактерий, картирование маркеров рака.

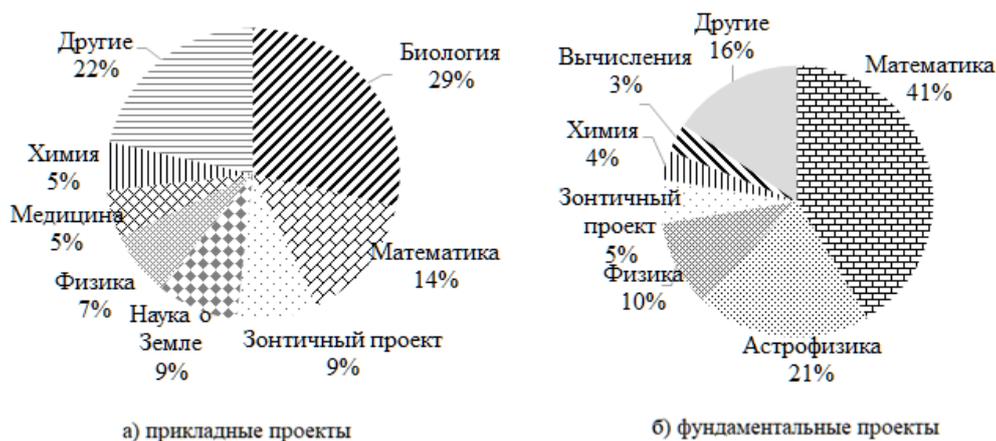


Рис. 3. Предметные области

⁸ <https://boinc.tacc.utexas.edu/>

⁹ <https://boinc.tbrada.eu/>

¹⁰ <https://wuprop.boinc-af.org/>

¹¹ https://boinc.bakerlab.org/rosetta/rah/rah_about.php

¹² <https://www.worldcommunitygrid.org/about/>

3. Численность добровольцев и производительность

Рассмотрим динамику численности добровольцев. Быстрый рост закончился большим падением (возможно, из-за пандемии) и стагнацией последних лет (Рис. 4).

Самый значительный отток добровольцев пришелся на проекты LHC@home, Einstein@home, Climate prediction и World Community Grid. Суммарно семь наиболее активных BOINC-проектов аккумулируют около 90% всех добровольцев (Рис. 5).

Текущее распределение волонтеров по проектам показано на Рис. 6. Мы приводим это распределение в двух вариантах: с Rosetta@home и без него, чтобы было проще сравнить небольшие проекты. Абсолютным лидером по привлечению пользователей является Rosetta@home,

собравшая более 53% (1,3 млн) добровольцев по всему миру.

В качестве визуализации вклада добровольцев в проекты, платформа BOINC использует понятие «кредита», являющегося отражением объема вычислительных ресурсов, предоставленных пользователем. В своей работе мы не учитывали социологическую природу поведения волонтеров, представленную в работе [17].

Рассмотрим влияние мировых событий на число кредитов в двух проектах: наиболее крупного мирового — Rosetta@home и наиболее крупного и нового российского проекта Sidock@home. Были выбраны наиболее значимые события, произошедшие в мире за последние 5 лет и собрана статистика общего числа кредитов. Мы пришли к выводу, что мировые события оказывают слабое влияние на динамику привлечения ресурсов в добровольные вычисления



Рис. 4. Динамика общего числа добровольцев

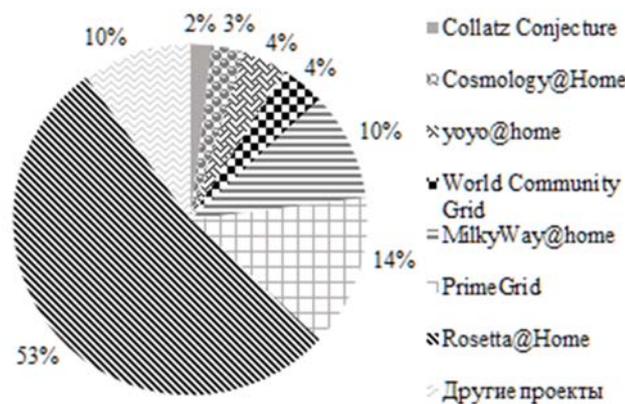
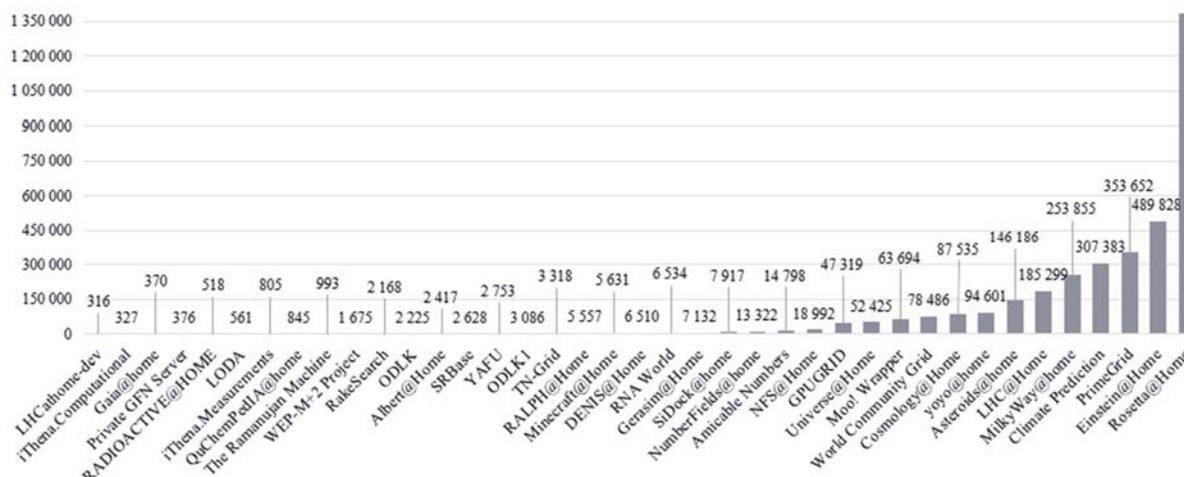
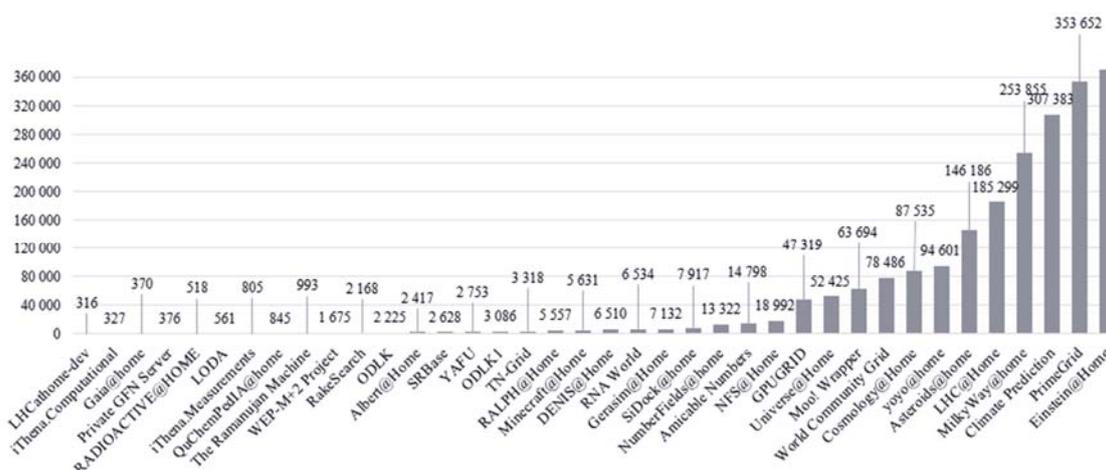


Рис. 5. Распределение добровольцев по проектам



с проектом Rosetta@home



без проекта Rosetta@home

Рис. 6. Распределение числа добровольцев по проектам

(Рис. 7) за исключением резкого роста числа добровольцев в российском проекте после начала СВО.

4. Добровольные вычисления в России

В феврале 2008 года стартовал первый в России проект добровольных вычислений Gerasim@Home. На текущий момент, из всех 119 проектов одиннадцать были организованы российскими учеными или при их активном участии. Рассмотрим эти проекты более подробно:

1. Sidock@home¹³ — запущен в декабре 2020 г. Организаторами являются:

- Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр» РАН (Петрозаводск);
- Факультет химии и химических технологий Мариборского университета (Марибор, Словения);
- Университет Любляны (Любляна, Словения);
- Интернет-портал BOINC.Ru (Москва);
- Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН (Москва).

¹³ <https://www.sidock.si/sidock/>

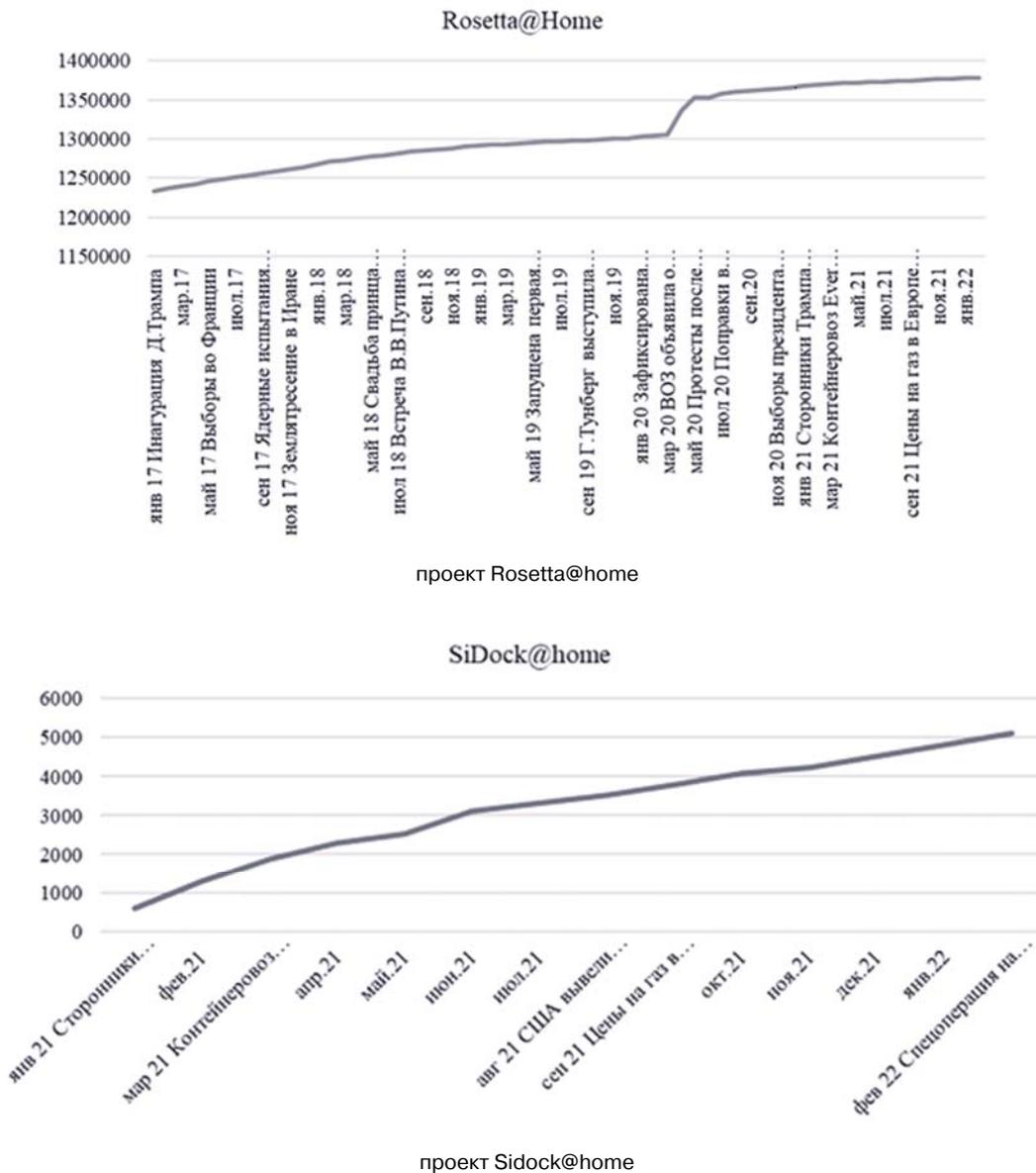


Рис. 7. Общее число кредитов за последние 5 лет

Международный проект добровольных вычислений, направленный на поиск лекарств. Первая миссия проекта — поиск потенциальных лекарств против вируса SARS-CoV-2. Он стартовал как расширение проекта COVID.SI (проект гражданской науки, направленный на борьбу с вирусом SARS-CoV-2 при помощи распределенных вычислений), призванного привлечь сообщество BOINC к поиску лекарств [15].

2. *RakeSearch*¹⁴ — запущен в сентябре 2017 года. Организаторами являются:

- Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр» РАН (Петрозаводск);
- Интернет-портал BOINC.Ru (Москва).

В проекте реализовано приложение, выбирающее отдельные пары взаимно ортогональных ДЛК, что позволяет реконструировать их полные графы ортогональности [18].

¹⁴ <https://rake.boincfast.ru/rakesearch/>

3. *Acoustics@home*¹⁵ — запущен в марте 2017 г., завершён в 2020 г. Организаторами являются:

- Институт динамики систем и теории управления СО РАН (Иркутск);
- Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН (Москва).
- Вычислительный центр РАН (Москва).

Проект направлен на решение задач инверсии в подводной акустике [19].

4. *Amicable Numbers*¹⁶ — запущен в январе 2017 г. Организован частным лицом Сергеем Черных. Это независимый исследовательский проект по поиску новых дружественных номеров. Текущая цель проекта — найти все дружественные пары с наименьшим членом, не превышающим 10^{20} .

5. *XANSONS for COD*¹⁷ — запущен в ноябре 2016 г., завершён в 2020 г. Организаторами являются:

- Курчатовский институт (Москва);
- Институт проблем передачи информации (Институт Харкевича, Москва).

Проект направлен на создание базы данных открытого доступа смоделированных рентгенограмм и нейтронограмм порошковой дифракции нанокристаллической фазы материалов из коллекции Открытой базы данных кристаллографии [20].

6. *SAT@home*¹⁸ — запущен в октябре 2011 г., завершён в 2016 г. Организаторами являются:

- Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Лаборатория дискретного анализа и прикладной логики (Иркутск);
- Институт проблем передачи информации РАН, отдел распределённых вычислений (Москва).

Научная цель проекта *SAT@home* — решение дискретных задач путем сведения их к проблеме выполнимости булевых формул в конъюнктивной нормальной форме (КНФ) [21].

7. *Gerasim@Home*¹⁹ — запущен в феврале 2008 г. Организован кафедрой вычислительной техники Юго-Западного государственного университета (Курск). Проект направлен на изучение свойств диагональных латинских квадратов [22].

8. *ODLK*²⁰ — запущен в мае 2017 г. Организован частным лицом Натальей Макаровой. Проект формирует базу данных канонических форм диагональных латинских квадратов 10-го порядка, имеющих ортогональные диагональные латинские квадраты (ОДЛК).

9. *ODLK1*²¹ — запущен в ноябре 2017 г. Организован частным лицом Натальей Макаровой. Проект *ODLK1* продолжает решение проблем, исходно поставленных в проекте *ODLK*.

10. *Optima@home*²² — запущен в июне 2011 г., завершён в 2015 г. Организован Институтом системного анализа РАН. Проект направлен на исследование эффективного внедрения методов оптимизации.

11. *USPEX@home*²³ — временно остановлен. Организован Институтом проблем передачи информации РАН. Проект адаптирован для поиска полимеров, нанокластеров, реконструкции кристаллических поверхностей.

Самыми первыми российскими проектами добровольных вычислений были *Gerasim@Home*, *SAT@home* и *OPTIMA@HOME*. На данный момент наиболее популярным активным фундаментальным российским проектом является *Amicable Numbers*, в котором участвуют более 12 тысяч волонтеров (Рис. 8), а самый новый прикладной проект *SiDock@home* запущен в конце 2020 года.

Заключение

Гражданская наука является важным ресурсом для различных областей науки, а также хорошим способом популяризации науки. Добровольные вычисления — яркий пример гражданской науки, способной собирать огромные ресурсы

¹⁵ <https://www.boincstats.com/stats/175/project/detail>

¹⁶ <https://sech.me/boinc/Amicable/>

¹⁷ <https://www.boincstats.com/stats/169/project/detail>

¹⁸ <https://www.boincstats.com/stats/123/project/detail>

¹⁹ <https://gerasim.boinc.ru/>

²⁰ <https://boinc.progger.info/odlk/>

²¹ <https://boinc.multi-pool.info/latinsquares/>

²² <https://boinc.berkeley.edu/wiki/OPTIMA@HOME>

²³ <https://boinc.ru/proekty/proekt-uspexhome/>

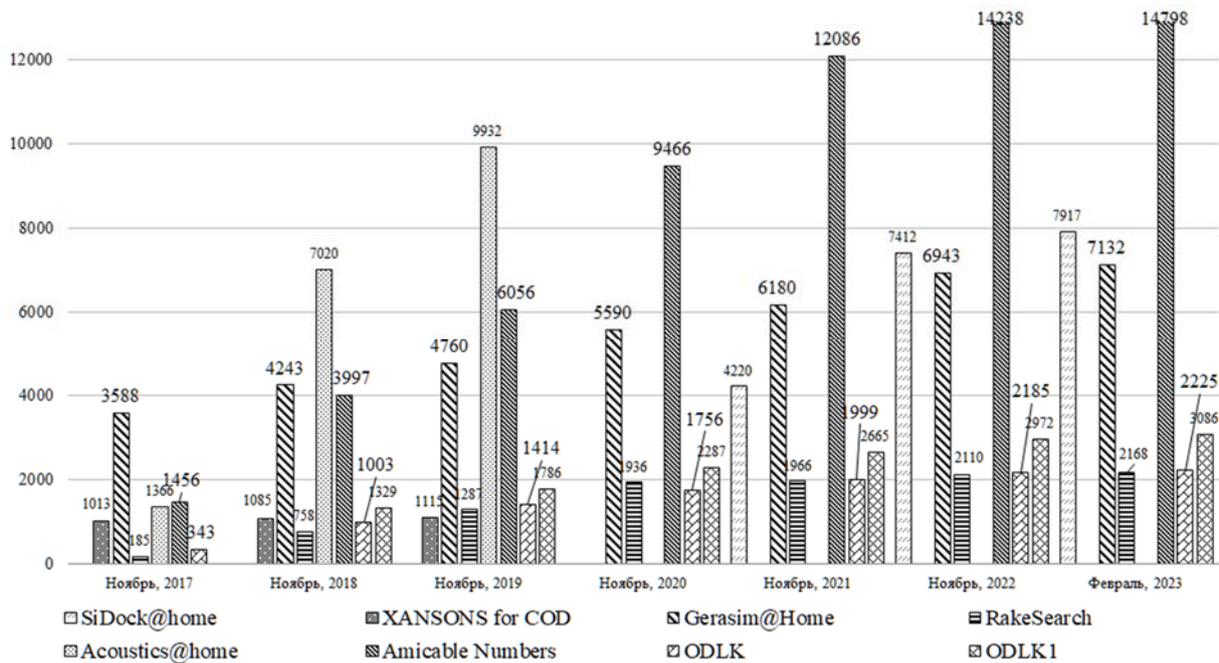


Рис. 8. Число добровольцев российских проектов (2017 г. — 2023 г.)

для решения сложных научных задач. В представленной статье дается краткий анализ развития добровольных вычислений за последние годы. Мы основывались на данных, собранных сайтом BOINCstats, так как это последний функционирующий агрегатор статистики BOINC-проектов. Таким образом, нам пришлось следовать его ограничениям, таким как отсутствие информации о не-BOINC проектах (в частности, крупнейшего проекта добровольных вычислений Folding@home) и данных о пиковой производительности. Тем не менее, имеющаяся информация дает достаточно четкую картину.

Статистика показывает значительные потери в количестве проектов. С момента своего расцвета добровольные вычисления на основе BOINC потеряли около половины проектов. Эта неутешительная статистика является стойкой тенденцией последних семи лет. Активные проекты удерживают паритет между фундаментальными и прикладными проектами. Наиболее активны проекты в области биологии и математики (для прикладных проектов) и математики и астрофизики (для фундаментальных проектов).

Статистика показывает большие изменения в размере волонтерского сообщества BOINC. В 2019 году добровольные вычисления потеряли

около трети добровольцев. В России добровольные вычисления сохраняют свою численность, а в 2020 году стартовал новый проект, который уже хорошо заметен на мировом уровне.

Литература

- Газоян А. Г. Гражданская наука как инструмент научной коммуникации: анализ российской практики // *NOMOTNETIKA: Философия. Социология. Право.* – 2021. – С 810-817.
- Robinson L. D., Cawthray J. L., West S. E., Bonn A., An-sine J. Ten principles of citizen science // *Hecker, S., Haklay, M., Bowser, A., Makuch, Z., Vogel, J., Bonn, A. Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy.* – 2018. – С. 27-40.
- Zimmerman M. I., Porter J. R., Ward M. D., Singh S., Vithani N., Meller A., Mallimadugula U. L., Kuhn C. E., Borowsky J. H., Wiewiora R. P., Hurley M. F. D., Harbison A. M, Fogarty C. A., Coffland J. E., Fadda E., Voelz V. A., Chodera J. D., Bowman G. R. SARS-CoV-2 Simulations Go Exascale to Capture Spike Opening and Reveal Cryptic Pockets Across the Proteome // *bioRxiv.* – 2020.
- Тищенко В.И., Прочко А.Л. Российские участники добровольных распределенных вычислений на платформе BOINC. *Статистика участия// Компьютерные исследования и моделирование.* – 2015. – № 6. – с. 727-734.
- Nov O., Anderson D., Arazy O. Volunteer computing: A model of the factors determining contribution to community-based scientific research // *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web, WWW '10.* – 2010. – С. 741-750.

6. Tishchenko V. Coopetition Strategy in Volunteer Computing: The Example of Collaboration Online in BOINC.RU Community // *Computer Science and Information Technology*. – 2018. – С. 31-39.
7. Zhukova T., Tishchenko V. Volunteer Computing in Russia: The Empirical Model of Motivation Factors for Participation in VC-Projects // *Obshchestvennye nauki i sovremennost*. – 2019. – С. 86-96.
8. Прочко А. Л., Тищенко В. И. Статистический анализ коммуникации участников виртуального сообщества BOINC.RU // *Информационные технологии и вычислительные системы*. – 2018. – № 3. – С. 80-86
9. Тищенко В. И. Модели поведения участников сообщества BOINC.RU – 2016.
10. Dickinson J., Zuckerman B., Bonter D. Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits // *Annual Review of Ecology and Systematics*. – 2010. – С. 149-172.
11. Walker D., Smigaj M., Tani M. The benefits and negative impacts of citizen science applications to water as experienced by participants and communities // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. – 2020.
12. Haklay M. Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. – 2013. – С. 105-122.
13. Anderson D. P. BOINC: a platform for volunteer computing // *Journal of Grid Computing*. – 2020. – С. 99-122.
14. Korpela E., Werthimer D., Anderson D., Cobb J., Leboisky M. SETI@home - massively distributed computing for SETI // *Computing in science & engineering*. – 2001. – С.78-83.
15. Nikitina N., Manzyuk M., Jukić M., Podlipnik C, Kurochkin I., Albertian A. Crowdsourced Drug Discovery: Start-Up of the Volunteer Computing Project SiDock@home. – 2021. – С. 513-524.
16. Cusack C. A., Peck E., Riolo M. Volunteer Computing Games: Merging Online Casual Gaming with Volunteer Computing // *Computer Science*. – 2008. – С. 78-83.
17. Якимец В. Н., Курочкин И. И. Развитие проектов добровольных распределенных вычислений на основе дорожных карт и многопараметрических оценок // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2020.
18. Manzyuk M., Nikitina N., Vatutin E. Start-up and the results of the volunteer computing project RakeSearch // *Russian Supercomputing Days*. – 2019. – С. 725-734.
19. Zaikin O., Petrov P., Posypkin M., Bulavintsev V., Kurochkin I. Using volunteer computing for sound speed profile estimation in underwater acoustics // *Proceedings of the Third International Conference BOINC:FAST 2017*. – 2017. – С. 43-48.
20. Neverov, V., Khrapov, N. XANSONS for COD: a new small BOINC project in crystallography // *Open Engineering*. – 2018. – С. 102-108.
21. Semenov A., Zaikin O., Kochemazov S. 319-355 // *Springer Optimization and Its Applications* 170. – 2021.
22. Vatutin E., Belyshev A., Nikitina N., Manzyuk M. Evaluation of Efficiency of Using Simple Transformations When Searching for Orthogonal Diagonal Latin Squares of Order 10 // *High-Performance Computing Systems and Technologies in Scientific Research, Automation of Control and Production*. – 2020. – С. 127-146.

Ивашко Валентина Степановна. Лаборатория цифровых технологий регионального развития отдела комплексных научных исследований КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия. Младший научный сотрудник. Область научных интересов: распределенные вычисления, добровольные вычисления, математическое моделирование, информационные технологии. E-mail: va.lentina97@ya.ru

Ивашко Евгений Евгеньевич. Лаборатория цифровых технологий регионального развития отдела комплексных научных исследований КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия. Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия. Старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, доцент. Область научных интересов: распределенные вычисления, добровольные вычисления, математическое моделирование, информационные технологии. E-mail: ivashko@krc.karelia.ru.

Volunteer Computing Projects in Citizen Science: Dynamics and Statistics

V. S. Ivashko¹, E. E. Ivashko^{1||}

¹ Laboratory of Digital Technologies for Regional Development of the Department of Complex Scientific Research of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

^{||} Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Abstract. The rapid development of computing technology, along with the growth of the speed and availability of the Internet, provides new opportunities in the development of digital transformation technologies. One such technology is distributed volunteer computing as a form of "citizen science". Volunteer computing is a way of solving computationally intensive tasks using many computers of volunteers united in a common network. The BOINC software platform has been the de facto standard for organizing volunteer computing for more than twenty years and is used in various fields of science, both within the framework of fundamental scientific projects and applied ones. The article presents an analysis of the dynamics of the number and structure of volunteer computing projects, the share

of fundamental and applied projects, the number of volunteer and the role of the Russian community. The study aims to analyze current trends in the development of volunteer computing.

Keywords: distributed Computing, Volunteer Computing, Desktop Grid, Citizen Science, BOINC.

DOI 10.14357/20718632240102

EDN HSJGCL

References

- Gazoyan A. G. Citizen science as an instrument of scientific communication: an analysis of Russian practice // *NOMOTHETIKA: Philosophy. Sociology. Law.* – 2021. – C. 810-817.
- Robinson L. D., Cawthray J. L., West S. E., Bonn A., Ansin J. Ten principles of citizen science // Hecker, S., Haklay, M., Bowser, A., Makuch, Z., Vogel, J., Bonn, A. *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy.* – 2018. – C. 27-40.
- Zimmerman M. I., Porter J. R., Ward M. D., Singh S., Vithani N., Meller A., Mallimadugula U. L., Kuhn C. E., Borowsky J. H., Wiewiora R. P., Hurley M. F. D., Harbison A. M., Fogarty C. A., Coffland J. E., Fadda E., Voelz V. A., Chodera J. D., Bowman G. R. SARS-CoV-2 Simulations Go Exascale to Capture Spike Opening and Reveal Cryptic Pockets Across the Proteome // *bioRxiv.* – 2020.
- Tishchenko V., Prochko A. Russian participants in BOINC-based volunteer computing projects. The activity statistics (In Russ.) // *Computer Research and Modeling.* – 2015. – No 6. – C. 727-734.
- Nov O., Anderson D., Arazy O. Volunteer computing: A model of the factors determining contribution to community-based scientific research // *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web, WWW '10.* – 2010. – C. 741-750.
- Tishchenko V. Coopetition Strategy in Volunteer Computing: The Example of Collaboration Online in BOINC.RU Community // *Computer Science and Information Technology.* – 2018. – C. 31-39.
- Zhukova T., Tishchenko V. Volunteer Computing in Russia: The Empirical Model of Motivation Factors for Participation in VC-Projects // *Obshchestvennye nauki i sovremennost.* – 2019. – C. 86-96.
- Tishchenko V., Prochko A. Statistical analysis of communications of participants of virtual community boinc.ru (In Russ.) // *Federal Research Center Computer Science and Control of the Russian Academy of Sciences.* – 2018.
- Tishchenko V. Models of patterns of behavior of the participants of BOINC.RU community (In Russ.). – 2016.
- Dickinson J., Zuckerberg B., Bonter D. Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits // *Annual Review of Ecology and Systematics.* – 2010. – C. 149-172.
- Walker D., Smigaj M., Tani M. The benefits and negative impacts of citizen science applications to water as experienced by participants and communities // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water.* – 2020.
- Haklay M. Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. – 2013. – C. 105-122.
- Anderson D. P. BOINC: a platform for volunteer computing // *Journal of Grid Computing.* – 2020. – C. 99-122.
- Korpela E., Werthimer D., Anderson D., Cobb J., Leboisky M. SETI@home - massively distributed computing for SETI // *Computing in science & engineering.* – 2001. – C. 78-83.
- Nikitina N., Manzyuk M., Jukić M., Podlipnik C., Kurochkin I., Albertian A. Crowdsourced Drug Discovery: Start-Up of the Volunteer Computing Project SiDock@home. – 2021. – C. 513-524.
- Cusack C. A., Peck E., Riolo M. Volunteer Computing Games: Merging Online Casual Gaming with Volunteer Computing // *Computer Science.* – 2008. – C. 78-83.
- Yakimets V. N., Kurochkin I. I. Development of projects of voluntary distributed computing based on road maps and multi-parameter estimates // *International Journal of Open Information Technologies.* (In Russ.). – 2020.
- Manzyuk M., Nikitina N., Vatutin E. Start-up and the results of the volunteer computing project RakeSearch // *Russian Supercomputing Days.* – 2019. – C. 725-734.
- Zaikin O., Petrov P., Posypkin M., Bulavintsev V., Kurochkin I. Using volunteer computing for sound speed profile estimation in underwater acoustics // *Proceedings of the Third International Conference BOINC:FAST 2017.* – 2017. – C. 43-48.
- Neverov, V., Khrapov, N. XANSONS for COD: a new small BOINC project in crystallography // *Open Engineering.* – 2018. – C. 102-108.
- Semenov A., Zaikin O., Kochemazov S. 319-355 // *Springer Optimization and Its Applications* 170. – 2021.
- Vatutin E., Belyshev A., Nikitina N., Manzyuk M. Evaluation of Efficiency of Using Simple Transformations When Searching for Orthogonal Diagonal Latin Squares of Order 10 // *High-Performance Computing Systems and Technologies in Scientific Research, Automation of Control and Production.* – 2020. – C. 127-146.

Ivashko Valentina S. Laboratory of Digital Technologies for Regional Development of the Department of Complex Scientific Research of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia. Junior Research Fellow. Research interests: distributed computing, volunteer computing, mathematical modeling, information technology. E-mail: va.lentina97@ya.ru

Ivashko Evgeny E. Laboratory of Digital Technologies for Regional Development of the Department of Complex Scientific Research of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia. Senior Researcher, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor. Research interests: distributed computing, volunteer computing, mathematical modeling, information technology. E-mail: ivashko@krc.karelia.ru