

УДК 550.380/383

## ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ДЖЕРКА 2020 г. ПО ОПЕРАТИВНЫМ ДАННЫМ МАГНИТНЫХ ОБСЕРВАТОРИЙ “САНКТ-ПЕТЕРБУРГ” И “КЛИМОВСКАЯ”

© 2022 г. Член-корреспондент РАН А. А. Соловьев<sup>1,2</sup>, Д. В. Кудин<sup>1,\*</sup>, Р. В. Сидоров<sup>1</sup>, А. Л. Котиков<sup>1,3</sup>

Поступило 15.07.2022 г.

После доработки 03.08.2022 г.

Принято к публикации 04.08.2022 г.

В работе исследуются высокоточные наблюдения полного вектора магнитного поля Земли, оперативно вычисляемые по данным магнитных обсерваторий “Санкт-Петербург” (Ленинградская обл.) и “Климовская” (Архангельская обл.). Показано, что такие данные могут использоваться для детектирования геомагнитных джерков на записях векового хода с минимальной задержкой по времени, чего не позволяют делать наиболее современные модели главного магнитного поля. По данным за период 2015–2022 гг. были выделены два джерка 2017 и 2020 г., которые продолжают трехлетнюю квазипериодичность, наблюдаемую с начала изучения быстрых вариаций главного магнитного поля. Полученный результат подтверждает гипотезу о волновой природе стоящих за ними процессов в жидком ядре.

*Ключевые слова:* быстрые вариации, главное магнитное поле Земли, джерки, геомагнитные наблюдения, магнитные обсерватории, ИНТЕРМАГНЕТ

DOI: 10.31857/S2686739722601375

### ВВЕДЕНИЕ

Появление высокоточных спутниковых измерений полного вектора магнитного поля Земли (МПЗ) дало возможность детального изучения т.н. быстрых вариаций главного МПЗ [1]. Особенность таких данных, регистрируемых с 1999 г. низкоорбитальными спутниками с высоким наклонением орбиты, состоит в полном пространственном покрытии измерениями приповерхностного слоя Земли за короткий интервал времени. Они позволяют строить глобальные аналитические модели главного МПЗ высокой точности и высокого временного разрешения. В свою очередь, такие модели можно использовать для локализации и изучения динамических процессов на границе ядро–мантия, которые порождают быстрые вариации МПЗ, наблюдаемые на поверхности Земли и в околоземном про-

странстве. Такие исследования позволяют глубже понять механизмы генерации МПЗ в жидком ядре и его эволюцию.

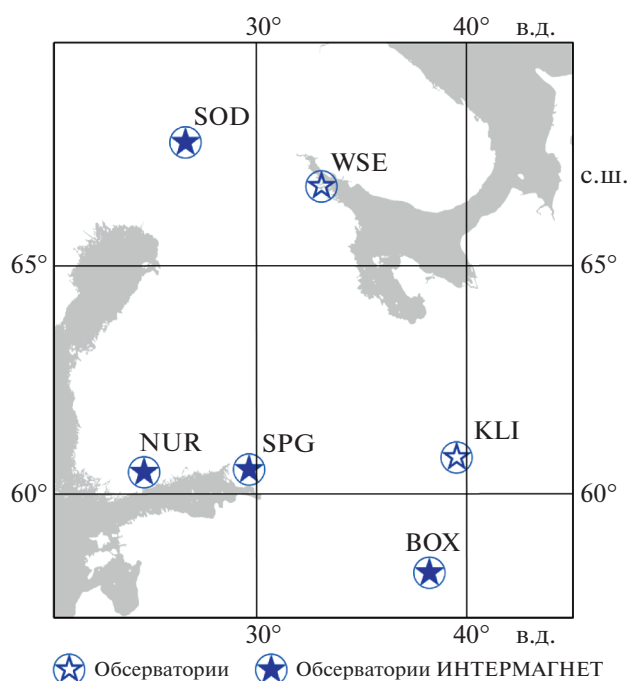
Другим, несомненно, важным источником данных об изменчивости главного МПЗ служат магнитные обсерватории. Однако, в отличие от глобальных спутниковых измерений, обсерватории обеспечивают высокоточные наблюдения полного вектора МПЗ в фиксированной точке пространства. Учитывая крайне неравномерное расположение магнитных обсерваторий по земному шару, это обстоятельство дает возможность детального изучения только региональной динамики главного МПЗ, а вычисленные по обсерваторским данным модели МПЗ весьма грубые по точности. Вместе с тем неотъемлемым преимуществом обсерваторских данных является длительность регистрируемых рядов наблюдений, составляющая десятки и сотни лет (характерный срок активного существования низкоорбитальных спутников составляет порядка 10 лет). Усилиями ГЦ РАН совместно с другими институтами РАН ведется активная работа по развитию российской сети наблюдения МПЗ обсерваторского класса. В частности, совместно с Институтом динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН в ближайшее время будет введена в эксплуатацию магнитная обсерватория “Михнево” (Московская обл.) [2] стандарта ИНТЕРМАГНЕТ.

<sup>1</sup> Геофизический центр Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: d.kudin@gcras.ru



**Рис. 1.** Карта расположения магнитных обсерваторий “Санкт-Петербург” (IAGA-код SPG, 60.54°с.ш., 29.72°в.д.) и “Климовская” (IAGA-код KLI, 60.86°с.ш., 39.52°в.д.) и других близлежащих обсерваторий.

Важно отметить, что изучение быстрых вариаций главного МПЗ на базе обсерваторских наблюдений возможно только при условии систематически высокого качества регистрируемых данных. Дело в том, что детектирование таких вариаций связано с анализом первой и второй производных той или иной компоненты МПЗ по времени. Соответственно, любые помехи в исходных рядах будут приводить к их усилению и недопустимым флуктуациям в производных.

Наибольший интерес в контексте изучения быстрых вариаций главного МПЗ представляют собой всплески векового ускорения на границе ядро–мантия и порождаемые ими геомагнитные джерки на поверхности Земли. Джерки представляют собой относительно резкую смену знака векового хода, т.е. первой производной главного МПЗ по времени, а всплески векового ускорения – сингулярные импульсы второй производной главного МПЗ. В данной статье мы рассматриваем последние два джерка в районе 2017–2018 и 2020 г., которые удалось оперативно детектировать по высокоточным данным геомагнитных обсерваторий “Санкт-Петербург” (Ленинградская обл.) и “Климовская” (Архангельская обл.). Это стало возможным благодаря новым математическим подходам, которые обеспечивают обработку непрерывно поступающих данных и вычисление

полных значений компонент МПЗ с минимальной задержкой по времени [3]. Для справки, большинство обсерваторий мировой сети ИНТЕРМАГНЕТ [4] подготовку такого уровня данных выполняют с задержкой более 1 года. Новизна полученного результата также состоит в том, что джерк 2020 г. пока не детектирован ни одной из существующих моделей главного МПЗ в силу их недостаточной периодичности обновления. Ранее о нем сообщалось лишь в работе [5], в которой авторы анализировали прямые геомагнитные наблюдения спутников созвездия Swarm [6] за 2015–2021 гг.

### ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЕКОВОГО ХОДА ГЛАВНОГО МПЗ

Геофизический центр РАН обеспечивает функционирование Центра коллективного пользования (ЦКП) “Аналитический центр геомагнитных данных” (<https://ckp.gcras.ru/>). В центр поступают данные магнитных обсерваторий, расположенных на территории РФ и ближнего зарубежья (Беларуси, Армении, Казахстана, Узбекистана) [7, 8]. Его аналитические функции во многом обеспечиваются функционалом аппаратно-программного комплекса (АПК) МАГНУС (Мониторинг и Анализ Геомагнитных аНомалий в Унифицированной Среде) [9]. В частности, по мере поступления обсерваторских данных алгоритмами АПК МАГНУС осуществляются автоматическое распознавание и удаление техногенных помех, расчет базисной линии на основе абсолютных измерений, пересчет вариационных данных в полные значения компонент МПЗ, многокритериальное распознавание геомагнитной активности и др.

В отношении данных обсерваторий “Санкт-Петербург” (IAGA-код SPG, Ленинградская обл.) и “Климовская” (IAGA-код KLI, Архангельская обл.) (рис. 1) используется полный функционал АПК МАГНУС для ежемесячной подготовки т.н. квазиокончатальных данных и последующей ежегодной подготовки окончательных данных стандарта ИНТЕРМАГНЕТ, поскольку именно ГЦ РАН ответственен за работу этих обсерваторий и поддержание требуемого качества наблюдений. И тот, и другой тип данных подразумевает расчет полных значений компонент МПЗ в виде временных рядов с шагом 1 мин; расхождение между ними не должно превышать 5 нТл [10].

Полномасштабная регистрация данных в соответствии с регламентом ИНТЕРМАГНЕТ была начата на обсерваториях SPG и KLI в 2014 г. [11–14]. Благодаря эффективной работе АПК МАГНУС последние данные уровня квазиокончатальных всегда доступны за месяц, предшествующий текущему. Таким образом, для изучения динамики векового хода и детектирования геомагнитных

джерков нами использовался массив окончательных и квазиокончателных данных обсерваторий SPG и KLI за период с 1 января 2015 г. по 30 июня 2022 г. При этом общая доля окончательных данных составила 27%, а квазиокончателных – 73%. Необходимо отметить, что исследуемый период приходится на фазу спада 24-го цикла солнечной активности с минимумом в 2020 г. (рис. 2). Таким образом, исследуемые данные в наименьшей степени отягощены влиянием внешних полей, что упрощает нашу задачу изучения сигнала главного МПЗ по обсерваторским данным.

Для подавления короткопериодных вариаций, обусловленных внешними магнитными полями, исследуемые минутные ряды усреднялись помесячно. Неопределенность каждого полученного среднемесячного значения  $\Delta B$  оценивается как среднеквадратичное отклонение (СКО) средне-суточных значений, деленное на квадратный корень из числа дней в соответствующем месяце. Вековой ход ( $VX$ , нТл/год) на заданную эпоху (в нашем случае середина месяца) рассчитывается как разность  $B_{t+6} - B_{t-6}$  [15], где  $B$  – среднемесячное значение исследуемой компоненты МПЗ ( $X$  – северная,  $Y$  – восточная,  $Z$  – вертикальная). Такой расчет обеспечивает нивелирование годовой периодической составляющей в наблюдениях. Наконец, неопределенность значения векового хода оценивается как  $\Delta VX = \sqrt{\Delta B_{t+6}^2 + \Delta B_{t-6}^2}$ .

Несмотря на устранение из исходных данных короткопериодных (менее месяца) сигналов внешних магнитных полей путем осреднения, их производная по времени, как правило, все равно содержит шумовую составляющую, обусловленную внешним воздействием. Для изучения сигнала главного МПЗ, характеризующегося плавной динамикой, естественным представляется построение сглаживания векового хода  $VX_C$  по среднемесячным данным. Здесь мы для этого используем интерполяцию кубическими сплайнами, определяемыми свободным параметром  $0 \leq p \leq 1$ : чем ближе  $p$  к 0, тем более гладкое сглаживание (вырождаясь в линейную регрессию при  $p = 0$ ), чем ближе  $p$  к 1, тем ближе результат к исходному ряду. Соответствующая функция `csaps` представлена в наборе инструментов `Curve Fitting Toolbox` программного пакета `Matlab`. В нашей задаче для сглаживания быстрых вариаций, не свойственных вековому ходу, мы принимаем  $p = 0.01$ . Следует отметить, что при анализе более длительных рядов наблюдений, содержащих большее количество джерков, такой подход неприменим, поскольку джерки характеризуются разной амплитудой и степенью выраженности, и сплайн с фиксированным значением свободного параметра может сгладить искомым джерк. В таких случаях применяют более изощренные подходы (см., напр., [16]).



Рис. 2. Солнечная активность за 23–25 циклы, выраженная в среднемесячном количестве солнечных пятен (темно-синий цвет) и построенной по ним сглаженной кривой (фиолетовый цвет) (<https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

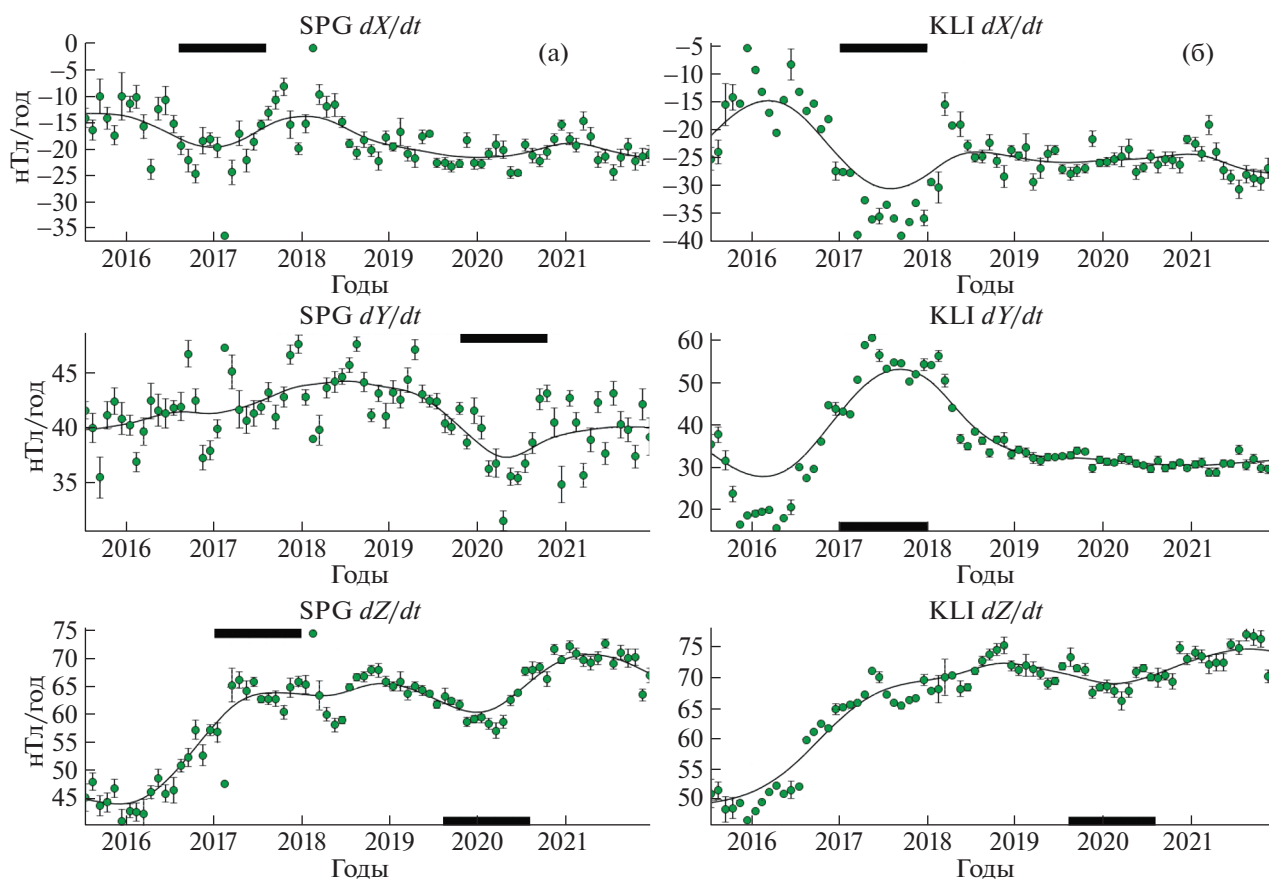
Интегральная оценка неопределенности полученных значений вычисляется как среднее по  $\Delta VX$  для каждой компоненты и обсерватории. Другой способ заключается в вычислении СКО разностей фактических  $VX$  и сглаженных  $VX_C$  значений векового хода. Соответствующие данные представлены в табл. 1.

На рис. 3 представлены графики векового хода каждой из трех компонент для обсерваторий SPG и KLI, построенного по исходным и сглаженным данным. Значения векового хода, построенные по ежемесячным обсерваторским данным, сопровождаются доверительными интервалами, расчет которых описан выше. Отсутствие доверительного интервала говорит о том, что соответствующие значения были вычислены по ограниченному набору исходных минутных данных. Такие значения не использовались при построении сглаженного ряда.

В исследованиях, связанных с изучением джерков, зачастую анализируется только восточная  $Y$ -компонента МПЗ, как наименее подверженная воздействию внешних магнитных полей [5, 17, 18]. В нашем случае оценки неопределенности для каждой из компонент обсерваторий SPG и KLI близки друг к другу (см. табл. 1), что свидетельствует о схожести их шумовых характе-

Таблица 1. Оценка неопределенности данных

Код обсерватории	$\overline{\Delta VX}$ , нТл			СКО ( $VX - VX_C$ ), нТл		
	X	Y	Z	X	Y	Z
SPG	1.61	1.03	1.25	2.91	2.31	2.10
KLI	1.49	1.05	1.15	3.17	2.78	1.78



**Рис. 3.** Вековой ход компонент  $X$  (сверху),  $Y$  (посередине) и  $Z$  (снизу) по данным обсерваторий SPG (а) и KLI (б). На каждом графике зеленым обозначено значение векового хода, рассчитанного по среднемесячным обсерваторским данным, с указанием доверительного интервала; черным обозначена сглаженная кривая. Временные интервалы детектированных джерков 2017–2018 и 2020 г. отмечены черными прямоугольниками.

ристик. Это обстоятельство говорит в пользу высокого качества итоговых данных, вычисляемых по исходным наблюдениям этих обсерваторий, что позволяет исследовать джерки по каждой из их компонент.

Графики на рис. 3 свидетельствуют о явных признаках джерков 2017 и 2020 г. в данных по всем трем компонентам. Так, джерк 2017 г. отчетливо наблюдается на записях  $dX/dt$  (V-образный сигнал) и  $dZ/dt$  (Λ-образный сигнал) обсерватории SPG, а также на записях  $dX/dt$  (V-образный сигнал) и  $dY/dt$  (Λ-образный сигнал) обсерватории KLI. Джерк 2020 г. хорошо прослеживается в виде V-образного сигнала на записях  $dY/dt$  и  $dZ/dt$  обсерватории SPG и в меньшей степени на записи  $dZ/dt$  обсерватории KLI. Незначительный (около 2 мес) сдвиг исследуемых экстремумов по времени между обсерваториями обусловлен, во-первых, зашумленностью исходных данных внешними полями и, во-вторых, асинхронным проявлением одних и тех же джерков в различных регионах Земли, которое в глобальном масштабе может варьироваться в пределах 1–2 лет (напр.,

[15, 19]). Природа джерков до сих пор плохо изучена, поэтому пока сложно объяснить, чем вызвано проявление разных джерков на разных компонентах МПЗ.

Математические модели, описывающие эволюцию главного МПЗ за определенный интервал эпох, обновляются по прошествии 1–2 лет с момента крайней эпохи, а прогнозные значения на последующие несколько лет, как правило, экстраполируются линейно. Это связано с существенным пространственно-временным сглаживанием соответствующих гауссовых коэффициентов и необходимостью обеспечения их гладкости на стыке интервалов. Так, наиболее актуальные на сегодняшний день модели главного МПЗ IGRF [20] и CHAOS-7 [21] описывают эволюцию главного МПЗ только до первой половины 2020 г. Таким образом, оперативное (с задержкой 1–2 года) детектирование геомагнитных джерков возможно только по данным высокоточных прямых наблюдений МПЗ наземного либо спутникового базирования, которые всегда доступны вплоть до текущей эпохи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последнее десятилетие быстрые вариации главного МПЗ являются объектом пристального внимания исследователей в области геомагнетизма по всему миру. Это обусловлено взрывным ростом данных об эволюции МПЗ, наращиванием вычислительных мощностей и успехам в области теоретических исследований геодинамо. Так, например, в 2019 г. была построена численная модель, воспроизводящая все известные вариации МПЗ на границе ядро–мантия за последние 25 лет [22]. Но, несмотря на указанный прогресс, природа таких вариаций, включающих всплески векового ускорения и джерки, по-прежнему остается загадкой. Любые новые открытия в этой области вносят несомненный вклад в понимание их природы. Так, сохраняющаяся периодичность наблюдаемых всплесков векового ускорения и порождаемых ими джерков, составляющая примерно три года с момента обнаружения первого джерка [23], указывает на возможную волновую природу стоящих за ними процессов в жидком ядре (напр., [1]). Выделенные джерки 2017 и 2020 г. подтверждают сохранение этой периодичности и по сей день. Последний, по всей видимости, является следствием недавнего всплеска векового ускорения радиальной компоненты МПЗ на границе ядро–мантия за эпоху 2018.5, обнаруженного [5]. Вместе с тем по-прежнему затруднительным является выделение сигнала главного МПЗ на временных интервалах менее 1 года из данных фактических наблюдений и тем более построенных на их основе моделей, поскольку такие вариации сглаживаются за счет магнитной диффузии в жидком ядре, а также из-за эффекта низкочастотной фильтрации нижней слабопроводящей мантии.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Результаты, представленные в этой статье, получены с использованием данных, регистрируемых геомагнитными обсерваториями. Мы благодарим национальные институты, которые их поддерживают, сеть ИНТЕРМАГНЕТ за продвижение высоких стандартов функционирования геомагнитных обсерваторий (<http://www.intermagnet.org>) и Межрегиональный центр геомагнитных данных (<http://geomag.gcras.ru>) за свободное распространение данных в режиме онлайн. В работе использовались данные и сервисы ЦКП “Аналитический центр геомагнитных данных” Геофизического центра РАН. Авторы выражают признательность двум рецензентам за ценные замечания, учет которых позволил улучшить изложение материала.

## ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках государственного задания Геофизического центра РАН, утвер-

жденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lesur V., Gillet N., Hammer M.D., et al.* Rapid Variations of Earth’s Core Magnetic Field. // *Surv Geophys.* 2022. 43. P. 41–69. <https://doi.org/10.1007/s10712-021-09662-4>
2. *Рябова С.А., Спивак А.А.* Вариации электрических характеристик приземной атмосферы в периоды магнитных бурь // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле.* 2021. Т. 497. № 1. С. 71–77. <https://doi.org/10.31857/S2686739721030099>
3. *Кудин Д.В., Соловьев А.А., Сидоров Р.В., Старостенко В.И., Сумарук Ю.П., Легостаева О.В.* Система ускоренной подготовки квазиокончательных данных стандарта ИНТЕРМАГНЕТ // *Геомагнетизм и аэрономия.* 2021. Т. 61. № 1. С. 46–59. <https://doi.org/10.31857/S0016794021010090>
4. *Love J.J., Chulliat A.* INTERMAGNET: Data for research and operations // *Eos Trans.* 2013. AGU. 94. P. 373–374. <https://doi.org/10.1002/2013EO420001>
5. *Pavón-Carrasco F.J., Marsal S., Campuzano S.A., et al.* Signs of a new geomagnetic jerk between 2019 and 2020 from Swarm and observatory data // *Earth Planets Space.* 2021. 73, 175. <https://doi.org/10.1186/s40623-021-01504-2>
6. *Friis-Christensen E., Lühr H., Hulot G.* Swarm: A constellation to study the Earth’s magnetic field // *Earth, Planets and Space.* 2006. 58: 351–358. <https://doi.org/10.1186/BF03351933>
7. *Гвишиани А.Д., Соловьев А.А., Сидоров Р.В., Красноперов Р.И., Груднев А.А., Кудин Д.В., Каранетян Д.К., Симонян А.О.* Успехи организации геомагнитного мониторинга в России и ближнем зарубежье // *Вестник ОНЗ РАН.* 2018. 10, NZ4001. <https://doi.org/10.2205/2018NZ000357>
8. *Пилипенко В.А., Красноперов Р.И., Соловьев А.А.* Проблемы и перспективы геомагнитных исследований в России // *Вестник ОНЗ РАН.* 2019. Т. 11. NZ1103. <https://doi.org/10.2205/2019NZ000362>
9. *Gvishiani A., Soloviev A., Krasnoperov R., Lukianova R.* Automated hardware and software system for monitoring the Earth’s magnetic environment // *Data Science Journal.* 2016. 15: 18. <https://doi.org/10.5334/dsj-2016-018>
10. *St-Louis B.* (Ed.), INTERMAGNET Operations Committee and Executive Council, 2020. INTERMAGNET Technical Reference Manual, Version 5.0.0
11. *Sidorov R., Soloviev A., Krasnoperov R., Kudin D., Grudnev A., Kopytenko Y., Kotikov A., Sergushin P.* Saint Petersburg magnetic observatory: from Voeikovo subdivision to INTERMAGNET certification // *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.* 2017. 6, 473–485. <https://doi.org/10.5194/gi-6-473-2017>



12. Соловьев А.А., Сидоров Р.В., Красноперов Р.И., Груднев А.А., Хохлов А.В. Новая геомагнитная обсерватория “Климовская” // Геомагнетизм и аэрономия. 2016. Т. 56. № 3. С. 365–379.
13. Soloviev A., Dobrovolsky M., Kudin D., Sidorov R. Minute values of X, Y, Z components and total intensity F of the Earth’s magnetic field from Geomagnetic Observatory Klimovskaya (IAGA code: KLI). ESDB repository / Geophysical Center of the Russian Academy of Sciences. 2015.  
<https://doi.org/10.2205/kli2011min>
14. Soloviev A., Dobrovolsky M., Kudin D., Sidorov R. Minute values of X, Y, Z components and total intensity F of the Earth’s magnetic field from Geomagnetic Observatory Saint Petersburg (IAGA code: SPG). ESDB repository / Geophysical Center of the Russian Academy of Sciences. 2016.  
<https://doi.org/10.2205/SPG2012min>
15. Soloviev A., Chulliat A., Bogoutdinov S. Detection of secular acceleration pulses from magnetic observatory data // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2017. V. 270. P. 128–142.  
<https://doi.org/10.1016/j.pepi.2017.07.005>
16. Агаян С.М., Соловьев А.А., Богоутдинов Ш.Р., Николаева Ю.И. Регрессионные производные и их применение в изучении геомагнитных джерков // Геомагнетизм и аэрономия. 2019. Т. 59. № 3. С. 383–392.  
<https://doi.org/10.1134/S0016794019030027>
17. Torta J.M., Pavón-Carrasco F.J., Marsal S., Finlay C.C. Evidence for a new geomagnetic jerk in 2014 // Geophys. Res. Lett. 2015. 42.  
<https://doi.org/10.1002/2015GL065501>
18. Pinheiro K.J., Jackson A., Finlay C.C. Measurements and uncertainties of the occurrence time of the 1969, 1978, 1991, and 1999 geomagnetic jerks // Geochem. Geophys. Geosyst. 2011. 12. Q10015.  
<https://doi.org/10.1029/2011GC003706>
19. Brown W.J., Mound J.E., Livermore P.W. Jerks abound: An analysis of geomagnetic observatory data from 1957 to 2008 // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2013. 223. P. 62–76. ISSN 0031-9201
20. Alken P., Thébaud E., Beggan C.D., et al. International Geomagnetic Reference Field: the thirteenth generation // Earth Planets Space. 2021. 73, 49.  
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01288-x>
21. Finlay C.C., Kloss C., Olsen N., Hammer M., Toffner-Clausen L., Grayver A., Kuvshinov A. The CHAOS-7 geomagnetic field model and observed changes in the South Atlantic Anomaly // Earth Planets and Space. 2020. 72.  
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01252-9>
22. Aubert J., Finlay C.C. Geomagnetic jerks and rapid hydromagnetic waves focusing at Earth’s core surface // Nat. Geosci. 2019. 12 (5): 393–398.
23. Courtillot V., Ducruix J., Le Mouél J.L. Sur une accélération récente de la variation séculaire du champ magnétique terrestre // C R Acad Sci Paris. 1978. Ser D 287: 1095–1098.

## DETECTING THE 2020 GEOMAGNETIC JERK USING THE NEAR REAL-TIME DATA FROM THE “SAINT PETERSBURG” AND “KLIMOVSKAYA” MAGNETIC OBSERVATORIES

**Corresponding Member of the RAS A. A. Soloviev<sup>a,b</sup>, D. V. Kudin<sup>a,#</sup>, R. V. Sidorov<sup>a</sup>, and A. L. Kotikov<sup>a,c</sup>**

<sup>a</sup> *Geophysical Center, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

<sup>b</sup> *Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

<sup>c</sup> *St.-Petersburg branch, Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of RAS, Saint-Petersburg, Russian Federation*

<sup>#</sup>*E-mail: d.kudin@gcras.ru*

We study the highly accurate observations of the Earth’s full magnetic field vector promptly derived from the data recorded at the magnetic observatories “Saint Petersburg” (Leningrad Region) and “Klimovskaya” (Arkhangelsk Region). It is shown that such data can be used for detecting geomagnetic jerks in secular variation records with a minimum time delay, which is difficult using the most recent models of the Earth’s core magnetic field. Based on the data over 2015–2022 we identify two jerks of 2017 and 2020, which fit well into the three-year quasi-periodicity observed since the beginning of the study of the rapid variations of the core field. The result confirms the hypothesis of the wave nature of the underlying processes in the liquid core.

**Keywords:** rapid variations, Earth’s core magnetic field, jerks, geomagnetic observations, magnetic observatories, INTERMAGNET