Search for Astrophysical Nanosecond Optical Transients with TAIGA-HiSCORE Array

(Поиск оптических транзиентов астрофизического происхождения с использование массива TAIGA-HiSCORE)

A. D. Panov,1, I. I. Astapov,2 A. K. Awad,3 G. M. Beskin,4 P. A. Bezyazeekov,5 M. Blank,3 E. A. Bonvech,1 A. N. Borodin,6 M. Bruckner,7 N. M. Budnev,5 A. V. Bulan,1 D. V. Chernov,1 A. Chiavassa,8 A. N. Dyachok,5 A. R. Gafarov,5 A. Yu. Garmash,9, 10 V. M. Grebenyuk,6 O. A. Gress,5 T. I. Gress,5 A. A. Grinyuk,6 O. G. Grishin,5 D. Horns,3 A. L. Ivanova,10, 5 N. N. Kalmykov,1 V. V. Kindin,5 S. N. Kiryuhin,5 R. P. Kokoulin,2 K. G. Kompaniets,5 E. E. Korosteleva,1 V. A. Kozhin,1 E. A. Kravchenko,9, 10 A. A. Krivopalova16, L. A. Kuzmichev,1, A. P. Kryukov,1 A. A. Lagutin,11 M. V. Lavrova,6 Yu. Lemeshev,5 B. K. Lubsandorzhiev,12 N. B. Lubsandorzhiev,1 A. D. Lukanov,12 R. R. Mirgazov,5 R. Mirzoyan,13, 1 R. D. Monkhoev,5 E. A. Osipova,1 A. L. Pakhorukov,5 À. Pan,6 L. V. Pankov,5 A. A. Petrukhin,2 D. A. Podgrudkov,1 V. A. Poleschuk,5 E. G. Popova,1 A. Porelli,7 E. B. Postnikov,1 V. V. Prosin,1 V. S. Ptuskin,14 A. A. Pushnin,5 R. I. Raikin,11 A. Razumov,1 E. Rjabov,5 G. I. Rubtsov,12 Y. I. Sagan,6, 15 V. S. Samoliga,5 A. Yu. Sidorenkov,12 A. A. Silaev,1 A. A. Silaev (junior),1 A. V. Skurikhin,1 I. Satyshev,6 A. V. Sokolov,9, 10 Y. Suvorkin,5 L. G. Sveshnikova,1 V. A. Tabolenko,5 A. B. Tanaev,5 A. A. Tarashansky,5 M. Ternovoy,5 L. G. Tkachev,6, 15 M. Tluczykont,3 N. Ushakov,12 A. Vaidyanathan,9 P. A. Volchugov,1 N. V. Volkov,11 D. Voronin,12 R. Wischnewski,7 I. I. Yashin,2 A. V. Zagorodnikov,5 and D. P. Zhurov5

1Lomonosov Moscow State University Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics (MSU SINP), Leninskie gory 1(2), GSP-1, Moscow, 119991, Russia.

2National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Kashirskoe highway 31, Moscow, 115409, Russia.

3Institute of experimental physics of Hamburg University, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg, Germany.

4Special Astrophysical Observatory, Nizhnij Arkhyz, Zelenchukskiy region, Karachai-Cherkessian Republic, 369167, Russia.

5Institute of Applied Physics, Irkutsk State University (API ISU), Gagarin Blvd. 20, Irkutsk, 664003, Russia.

6Joint Institute for Nuclear Research, Joliot-Curie 6, Dubna, Moscow Region, 141980, Russia.

7Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, 15738 Zeuthen, Germany.

8Physics Department of the University of Torino and the National Institute of Nuclear Physics INFN, 10125 Torino, Italy.

9Novosibirsk State University, Pirogova 1, Novosibirsk, 630090, Russia.

10Budker Institute of Nuclear Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentyev Prosp. 11, Novosibirsk, 630090, Russia.

11Altai State University, Lenina 61, Barnaul, 656049, Russia.

12Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, 60th October Anniversary 7a, 117312, Moscow, Russia.

13Max Planck Institute for Physics, Fohringer Ring 6, D-80805 Munich, Germany.

14Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IZMIRAN), Kaluzhskoe highway 4, Moscow, Troitsk, 108840, Russia.

15Dubna State University, Universitetskaya 19, Dubna, Moscow region, 141982, Russia.

16Science-cultural center SETI at NSA RAN. Sternberg Astronomical Institute, Universitetskiy prospekt, 13, Moscow, 119992, Russia.

Широкоугольный черенковский массив TAIGA-HiSCORE (поле зрения около стерадиана) изначально создавался в составе астрофизического комплекса TAIGA для изучения гамма-астрономии высоких энергий и физики космических лучей. Сейчас сеть состоит из 120 оптических станций, расположенных на площади около 1 км2. Направление на событие восстанавливается по временам срабатывания оптических станций в массиве. Благодаря высокой точности, стабильности (∼1 нс) и временной синхронизации оптических станций точность восстановления направления прихода широких атмосферных ливней (ШАЛ) достигает 0,1o. Было показано, что массив HiSCORE можно использовать также для поиска наносекундных астрофизических событий оптического диапазона. В этом случае точность восстановления направления на событие составляет 0.03o. События удаленных точечных оптических транзиентов легко отличаются от событий ШАЛ по структуре события в массиве: события ШАЛ имеют, как правило, форму компактых пятен, события удаленных транзиентов создают равномерную засветку всего массива. В работе впервые реализован метод астрономических наблюдений без использования фокусирующей оптики. Было показано, источником искомых событий могут быть вспышки оптического лазера наносекундного диапазона, причем даже для расстояний в тысячи световых лет такой лазер должен обладать довольно умеренными характеристиками (может быть реализован с использованием технологий, уже известных на земле). Тем самым, ожидаемым источником сигналов является лазер внеземной цивилизации, и настоящее исследование вписывается в программу поиска сигнеало внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне. Осуществлен поиск оптических транзиентов в данных HiSCORE за зимний сезон 2018-2019 гг. Обнаружен один кандидат в двойной репитер, но оцененная вероятность случайного моделирования такого события по фоновыми событиям ШАЛ составляет не менее 10%, что не позволяет говорить о том, что обнаруженный кандидат соответствует реальному астрофизическому транзиенту. По данным первого сезона наблюдений оценен верхний предел частоты оптических событий с плотностью потока более 10–4 эрг/с/см2 и длительностью более 5 нс как ∼2×10–3 событий/ср/час.

Работа в 2021 г. была доложена на трех международных конференциях: ISCRA-2021 (МИФИ, Москва), ICRS-2021 (Берлин), IAC-2021 (Дубаи). Опубликована одна статья [1] и один электронный препринт [2]; еще одна статья принята к публикации в журнале «Ядерная Физика».

[1] A. Panov, I. Astapov, A. Awad, et al. (TAIGA collaboration), PoS(ICRC2021)951

[2] A.D. Panov, I.I. Astapov, A.K. Awad, et al. (TAIGA collaboration), arXiv:2109.09637 [astro-ph.IM]