



## Интенсивные лазерные источники гамма-излучения и частиц высоких энергий

д.ф.-м.н., проф. **Николай Евгеньевич Андреев**

*Объединенный институт высоких температур РАН, Москва;  
Московский физико-технический институт (государственный университет),  
Долгопрудный*

Интенсивные пучки фотонов и частиц в МэВ диапазоне энергий являются эффективными инструментами во многих областях исследований, таких как создание и диагностика вещества в экстремальных состояниях, ядерная физика и материаловедение, а также в медицинских и биофизических приложениях. В работе обсуждается концепция создания эффективных источников  $\gamma$ -излучения и нейтронов, основанная на генерации релятивистских электронов в режиме прямого лазерного ускорения при взаимодействиях лазерного импульса с протяженной плазмой, близкой к критической плотности. Лазерные системы ПВт класса мощности, которые могут генерировать субпикосекундные и фемтосекундные импульсы, сфокусированные до ультрарелятивистской интенсивности, являются хорошими кандидатами для создания сильноточных пучков ультрарелятивистских электронов в протяженной плазме с плотностью, близкой к критической [1-3]. В экспериментах с использованием субпикосекундных лазерных импульсов была зарегистрирована генерация гамма-излучения и нейтронов с рекордными эффективностями преобразования энергии лазерного импульса в энергию вторичных источников [4].

Получены и проанализированы зависимости параметров лазерно-генерируемых сгустков электронов и жесткого излучения от интенсивности лазерного излучения и плотности плазмы для субпикосекундных и фемтосекундных лазерных импульсов с учетом текущих и будущих экспериментов [5-7]. Разработанный подход указывает на возможность значительного увеличения эффективности существующих кДж лазерных систем ПВт класса, используемых для исследований в области термоядерного синтеза с инерционным удержанием, и может быть использован для повышения эффективности широкого класса вторичных лазерных источников, таких как источники электронов, бетатронного и тормозного излучения, протонов и нейтронов различного назначения.

1. L.P. Pugachev, N.E. Andreev, P.R. Levashov, O.N. Rosmej. Acceleration of electrons under the action of petawatt-class laser pulses onto foam targets. Nuclear



- Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2016. V. 829. P. 88–93.
2. O.N. Rosmej, N.E. Andreev, S. Zaehner, N. Zahn, P. Christ, B. Borm, T. Radon, A. Sokolov, L.P. Pugachev, D. Khaghani, F. Horst, N.G. Borisenko, G. Sklizkov, V.G. Pimenov. Interaction of relativistically intense laser pulses with long-scale near critical plasmas for optimization of laser based sources of MeV electrons and gamma-rays. *New J. Phys.* 2019. V. 21. P. 043044.
  3. O.N. Rosmej, M. Gyrdymov, M. Günther, N.E. Andreev, P. Tavana, P. Neumayer, S. Zähler, N. Zahn, V.S. Popov, N.G. Borisenko, A. Kantsyrev, A. Skobliakov, V. Panyushkin, A. Bogdanov, F. Consoli, X.F. Shen, and A. Pukhov. *Plasma Phys. Control. Fusion.* 2020. V. 62, P. 115024.
  4. M.M. Günther, O.N. Rosmej, P. Tavana, M. Gyrdymov, A. Skobliakov, A. Kantsyrev, S. Zähler, N.G. Borisenko, A. Pukhov, and N.E. Andreev. Forward-looking insights in laser-generated ultra-intense  $\gamma$ -ray and neutron sources for nuclear application and science. *Nat Commun*, 2022. V. 13. P. 170.
  5. O.N. Rosmej, X.F. Shen, A. Pukhov, L. Antonelli, F. Barbato, M. Gyrdymov, M.M. Günther, S. Zähler, V.S. Popov, N.G. Borisenko, and N.E. Andreev. Bright betatron radiation from direct-laser-accelerated electrons at moderate relativistic laser intensity. *Matter Radiat. Extremes.* 2021. V. 6, P. 048401.
  6. N.E. Andreev, V.S. Popov, O.N. Rosmej, A.A. Kuzmin, A.A. Shaykin, E.A. Khazanov, A.V. Kotov, N.G. Borisenko, M.V. Starodubtsev, A.A. Soloviev. Efficiency improvement of the femtosecond laser source of superponderomotive electrons and X-ray radiation due to the use of near-critical density targets. *Quantum Electronics.* 2021. V. 51. P. 1019–1025.
  7. N.E. Andreev, I.R. Umarov, V.S. Popov. Яркие источники ультрарелятивистских частиц и гамма квантов для междисциплинарных исследований. 2022. *Quantum Electronics*, in press.