

Боргоякова М.Б., Рудомётов А.П., Шарабрин С.В., Старостина Е.В., Яковлев В.А., Яковлева Е.В., Вахитов Д.И., Зайковская А.В., Кисакова Л.А., Кисаков Д.Н., Макарова К.П., Дмитриенко Е.В., Карпенко Л.И., Ильичёв А.А.

Двухкомпонентная мРНК-вакцина, сочетающая В- и Т-клеточные иммуногены вируса SARS-CoV-2, индуцирует гуморальный и клеточный иммунный ответ у мышей

Borgoyakova M.B., Rudometov A.P., Sharabrin S.V., Starostina E.V., Yakovlev V.A., Yakovleva E.V., Vahitov D.I., Zaykovskaya A.V., Kisakova L.A., Kisakov D.N., Makarova K.P., Dmitrienko E.V., Karpenko L.I., Ilyichev A.A.

A two-component mRNA vaccine combining B-cell and T-cell immunogens of SARS-CoV-2 induces humoral and cellular immune responses in mice

Приложение 2 | Supplementary material 2

<https://doi.org/10.30895/2221-996X-2026-26-3-287-298-annex2>

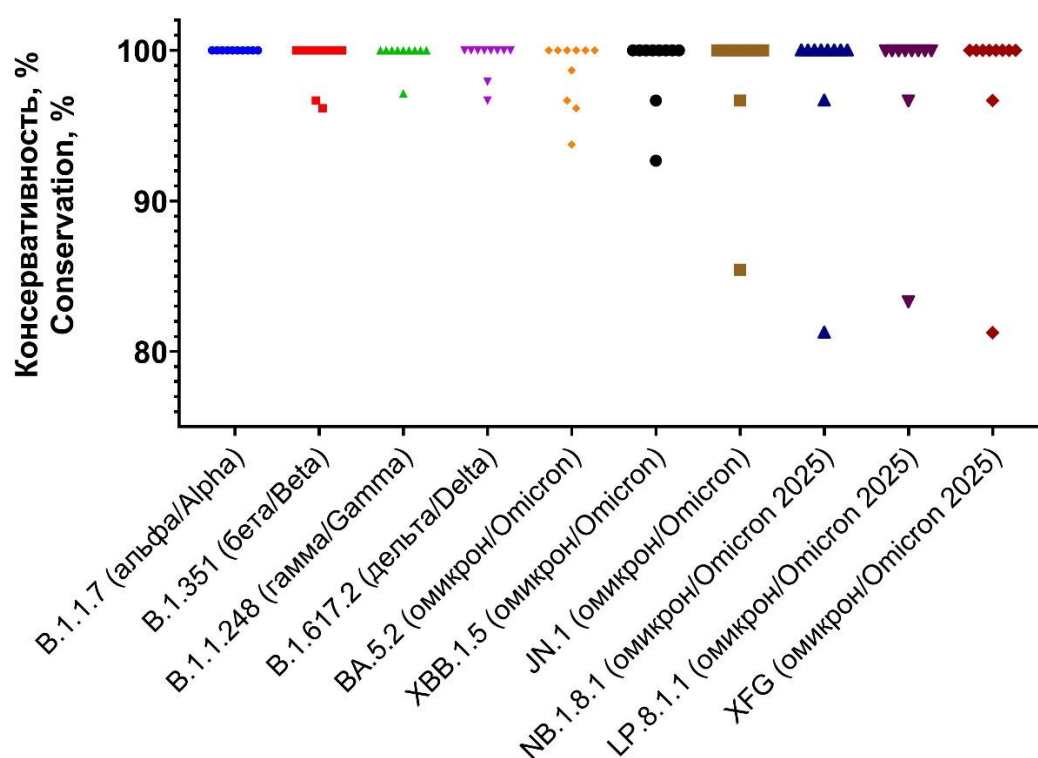


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. S1. Оценка консервативности фрагментов белков SARS-CoV-2, вошедших в состав искусственного мультиэпитопного иммуногена BSI. На графике точками показаны значения консервативности для каждого фрагмента относительно штамма, указанного на оси X.

Fig. S1. Evaluation of the conservation of SARS-CoV-2 protein fragments included in the artificial multi-epitope immunogen BSI. Dots show the conservation values for each fragment relative to the strain indicated on the x-axis.

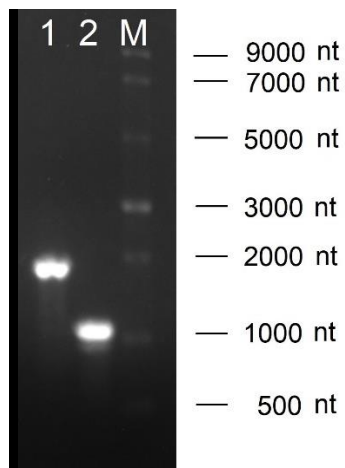


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. S2. Электрофореграмма синтезированных мРНК: дорожка 1 – mRNA-BSI (1766 нт), дорожка 2 – mRNA-RBD (1025 нт), М – маркер молекулярных масс одноцепочечной РНК (ssRNA Ladder, NEB, США).

Fig. S2. Electropherogram of synthesized mRNAs: lane 1, mRNA-BSI (1766 nt); lane 2, mRNA-RBD (1025 nt); M, single-stranded RNA molecular weight marker (ssRNA Ladder, NEB, USA).

Таблица S2. Данные динамического светорассеяния липидных наночастиц с инкапсулированной мРНК

Table S2. Dynamic light scattering data for mRNA-loaded lipid nanoparticles

№ <i>No</i>	Образец <i>Sample</i>	Средний размер частиц, нм <i>Z-average size, nm</i>	Индекс полидисперсности <i>Polydispersity index (Pdi)</i>	Средний размер частиц по интенсивности, нм <i>Intensity- weighted mean diameter, nm</i>	Средний размер частиц по размеру, нм <i>Number- weighted mean diameter, nm</i>	Средний размер частиц по объему, нм <i>Volume- weighted mean diameter, nm</i>
1	mRNA- RBD-LNP 1	125,4	0,171	240,9	84,74	2978
2	mRNA- RBD-LNP 2	125	0,166	140,6	74,34	137
3	mRNA- RBD-LNP 3	120,8	0,159	215,8	80,84	2652
4	mRNA- BSI-LNP 1	120,2	0,168	225,6	78,99	2692
5	mRNA- BSI-LNP 2	119,4	0,15	186,2	77,03	2160
6	mRNA- BSI-LNP 3	123,3	0,198	244,6	72,72	2967
9	mRNA- RBD- LNP+mRN A-BSI-LNP 1	115,3	0,193	198,7	65,07	2206
10	mRNA- RBD- LNP+mRN A-BSI-LNP 2	116,9	0,232	302,9	61,83	3114
11	mRNA- RBD- LNP+mRN A-BSI-LNP 3	114,1	0,208	261,1	64,32	2885

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was prepared by the authors based on their own data

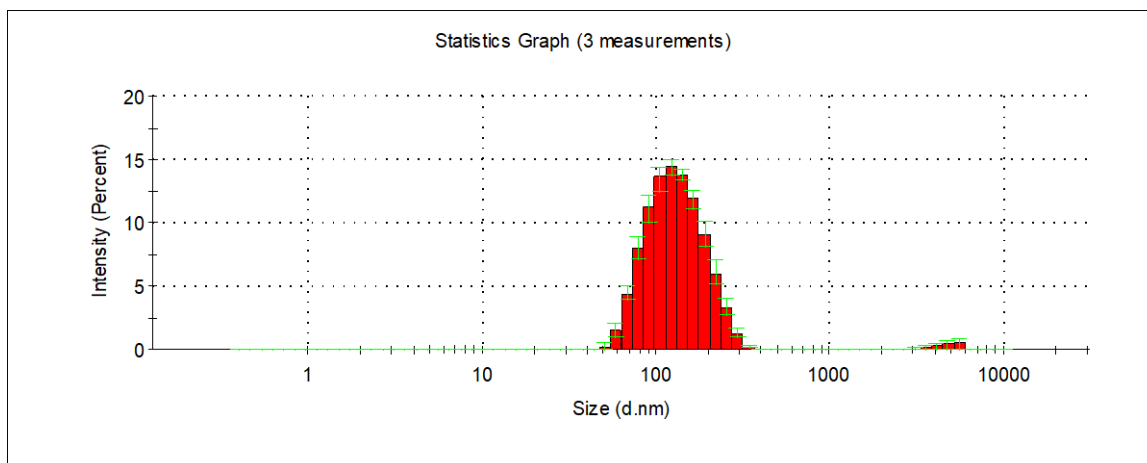


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. S3. Размер липидных наночастиц с инкапсулированной mRNA-RBD по данным динамического светорассеяния. Представлены три типа распределения: по интенсивности, по количеству и по объему ($n=3$).

Fig. S3. Size of mRNA-RBD-loaded lipid nanoparticles as determined by dynamic light scattering. Three distribution types are shown: intensity-weighted, number-weighted, and volume-weighted ($n=3$).

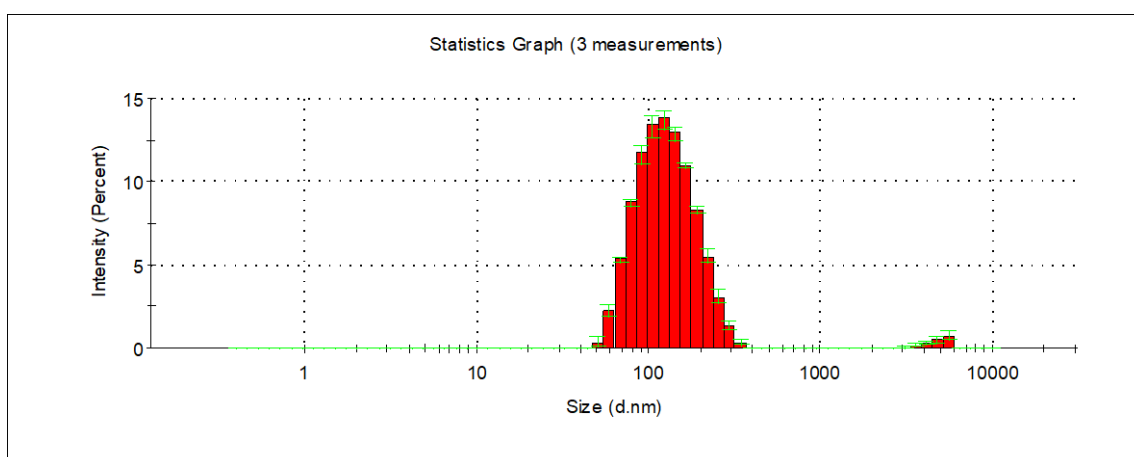


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. S4. Размер липидных наночастиц с инкапсулированной mRNA-BSI по данным динамического светорассеяния. Представлены три типа распределения: по интенсивности, по количеству и по объему ($n=3$).

Fig. S4. Size of mRNA-BSI-loaded lipid nanoparticles as determined by dynamic light scattering. Three distribution types are shown: intensity-weighted, number-weighted, and volume-weighted ($n=3$).

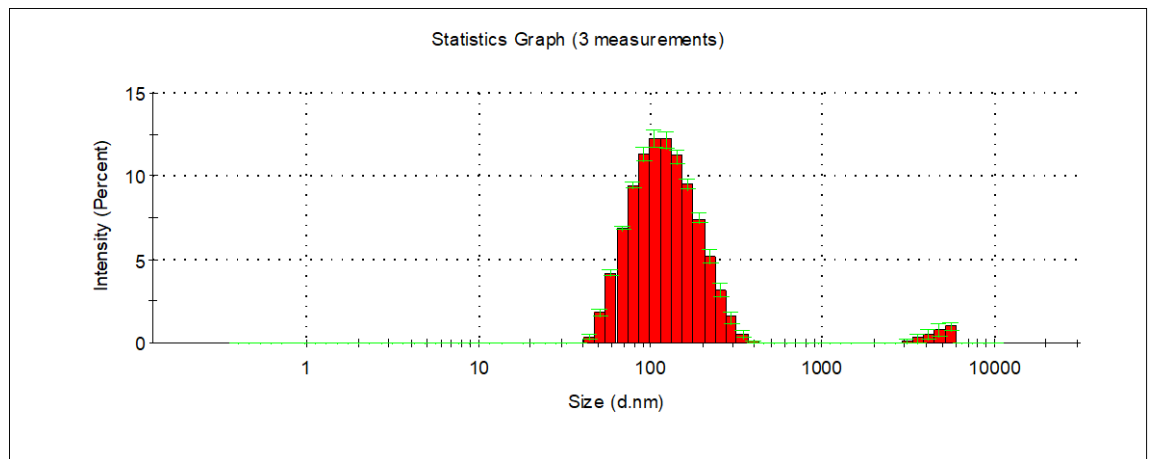


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. S5. Размер липидных наночастиц с инкапсулированной mRNA-RBD и mRNA-BSI по данным динамического светорассеяния. Представлены три типа распределения: по интенсивности, по количеству и по объему ($n=3$).

Fig. S5. Size of mRNA-RBD and mRNA-BSI mix-loaded lipid nanoparticles as determined by dynamic light scattering. Three distribution types are shown: intensity-weighted, number-weighted, and volume-weighted ($n=3$).

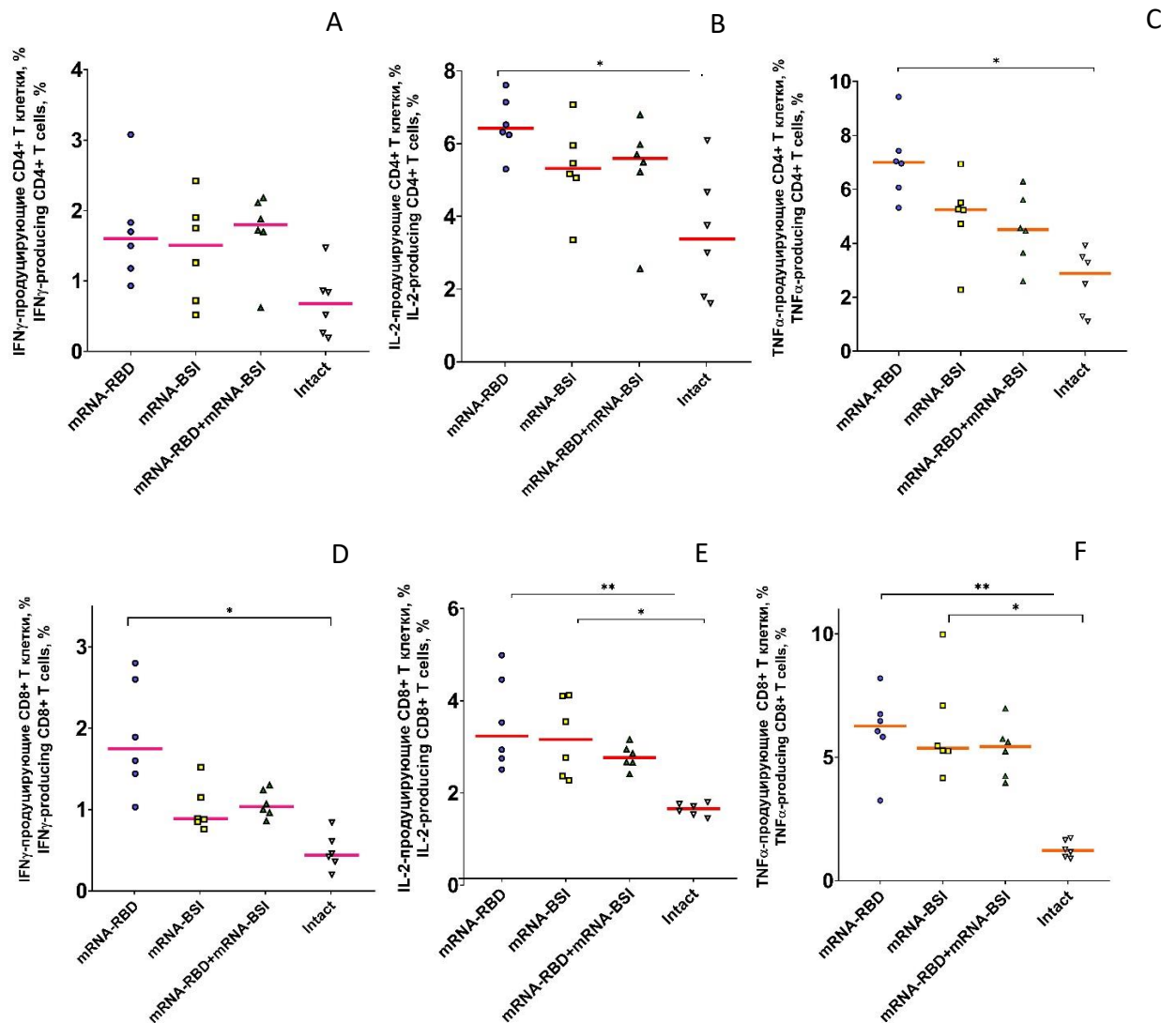


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. S6. Клеточный иммунный ответ у мышей, иммунизированных мРНК-конструкциями mRNA-RBD, mRNA-BSI и их смесью (внутриклеточное окрашивание цитокинов, проточная цитометрия). А–С доля цитокин-продуцирующих CD4⁺ Т-лимфоцитов: IFN- γ (А), IL-2 (В), TNF- α (С). D–F – доля цитокин-продуцирующих CD8⁺ Т-лимфоцитов: IFN- γ (D), IL-2 (E), TNF- α (F). Данные представлены как медианны; индивидуальные значения отмечены точками. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ (критерий Краскела–Уоллиса с апостериорным анализом по Данну).

Fig. S6. Cellular immune responses in mice immunized with mRNA-RBD, mRNA-BSI, and their combination, assessed by intracellular cytokine staining and flow cytometry. A–C, proportions of cytokine-producing CD4⁺ T cells: IFN- γ (A), IL-2 (B), TNF- α (C). D–F, proportions of cytokine-producing CD8⁺ T cells: IFN- γ (D), IL-2 (E), TNF- α (F). Data are presented as medians; individual values are shown as dots. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ (Kruskal–Wallis test with Dunn's *post hoc* analysis).