

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042076**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.11

(21) Номер заявки
201890296

(22) Дата подачи заявки
2016.07.28

(51) Int. Cl. **A61K 39/00** (2006.01)
A61K 39/395 (2006.01)
C07K 16/00 (2006.01)

(54) **PD-1-СВЯЗЫВАЮЩИЕ МОЛЕКУЛЫ И СПОСОБЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

(31) **62/198,867; 62/239,559; 62/255,140;
62/322,974**

(32) **2015.07.30; 2015.10.09; 2015.11.13;
2016.04.15**

(33) **US**

(43) **2018.08.31**

(86) **PCT/US2016/044430**

(87) **WO 2017/019846 2017.02.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
МАКРОДЖЕНИКС, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
**Шах Калпана, Смит Дуглас Х., Ла
Мотте-Мос Росс, Джонсон Лесли С.,
Мур Пол А., Бонвини Эцио, Кёниг
Скотт (US)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) **US-A1-20150079109
WO-A2-2015/026894
US-A1-20130109843
US-A1-20140348743
US-A1-20140234296**

(57) Изобретение относится к отобраным анти-PD-1 антителам, способным связываться как с PD-1 яванских макак, так и с PD-1 человека: МАТ к PD-11, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1, а также гуманизированным и химерным вариантам указанных антител. Также изобретение относится к PD-1-связывающим молекулам, которые содержат PD-1-связывающие фрагменты указанных анти-PD-1 антител, иммуноконъюгатам и биспецифическим молекулам, включая диатела, ViTE, биспецифические антитела и т.д., которые содержат (i) такие PD-1-связывающие фрагменты и (ii) домен, способный связываться с эпитопом молекулы, участвующей в регуляции контрольной точки иммунного ответа, присутствующей на поверхности иммунных клеток. Настоящее изобретение также относится с способам применения молекул, которые связываются с PD-1, для стимуляции иммунных ответов, а также способам детектирования PD-1.

042076 B1

042076 B1

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет согласно заявке на патент США № 62/198867 (поданной 30 июля 2015 г.; заявка в стадии рассмотрения), 62/239559 (поданной 9 октября 2015 г.; заявка в стадии рассмотрения), 62/255140 (поданной 13 ноября, 2015 г.; заявка в стадии рассмотрения) и 62/322974 (поданной 15 апреля 2016 г.; заявка в стадии рассмотрения), содержание которых полностью включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Ссылка на перечень последовательностей

Настоящая заявка включает один или более перечней последовательностей в соответствии с параграфом 1.821 раздела 37 Свода федеральных правил США и далее, которые раскрыты на машиночитаемых носителях (файл озаглавлен: 1301_0122PCT_Sequence_Listing_ST25.txt, создан 1 июля 2016 г. и имеет размер 282789 байт), указанный файл полностью включен в настоящую заявку посредством ссылки.

Область техники

Настоящее изобретение относится к PD-1-связывающим молекулам, которые содержат PD-1-связывающий домен из отобранных антител к PD-1, способных связываться с PD-1 яванских макаков и PD-1 человека: моноклонального антитела 1 (MAT 1) к PD-1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1. В частности, согласно настоящему изобретению предложены PD-1-связывающие молекулы, которые представляют собой гуманизированные или химерные варианты указанных антител или содержат PD-1-связывающие фрагменты указанных антител к PD-1 (в частности, иммуноконъюгаты, диатела, ViTE, биспецифические антитела и т.д.). В частности согласно настоящему изобретению предложены PD-1-связывающие молекулы, которые дополнительно способны связываться с эпитопом молекулы, участвующей в регуляции контрольной точки иммунного ответа, которая присутствует на поверхности иммунной клетки. Согласно настоящему изобретению также предложены способы применения указанных PD-1-связывающих молекул для детектирования PD-1 или для стимуляции иммунного ответа. Согласно настоящему изобретению также предложены способы комбинированной терапии, в которых PD-1-связывающую молекулу, которая содержит один или более PD-1-связывающих доменов указанных отобранных антител к PD-1, вводят в комбинации с одной или более дополнительными молекулами, которые эффективно стимулируют иммунный ответ, и/или в комбинации с одной или более дополнительными молекулами, которые специфично связываются с раковым антигеном.

Уровень техники

Иммунные ответы, опосредуемые клетками

Иммунная система человека и других млекопитающих обеспечивает защиту от инфекций и заболеваний. Такая защита обеспечивается как гуморальным иммунным ответом, так и иммунным ответом, опосредуемым клетками. Гуморальный ответ приводит к выработке антител и других биологических молекул, которые способны распознать и нейтрализовать чужеродные мишени (антигены). Напротив, опосредуемый клетками иммунный ответ включает активацию Т-клетками макрофагов, природных клеток-киллеров (NK) и антигенспецифических цитотоксических Т-лимфоцитов, а также высвобождение различных цитокинов в ответ на распознавание антигена (Dong, C. et al. (2003) "Immune Regulation by Novel Costimulatory Molecules", *Immunolog. Res.* 28(1):39-48). Способность Т-клеток оптимально опосредовать иммунный ответ на антиген требует двух различных сигнальных взаимодействий (Viglietta, V. et al. (2007) "Modulating Co-Stimulation", *Neurotherapeutics* 4:666-675; Korman, A.J. et al. (2007) "Checkpoint Blockade in Cancer Immunotherapy", *Adv. Immunol.* 90:297-339). Во-первых, антиген, который был расположен на поверхности антигенпрезентирующих клеток (АПК), должен быть презентируван антигенспецифичным наивным CD4⁺Т-клеткам. Процесс презентации включает передачу сигнала посредством Т-клеточного рецептора (TCR), управляющего Т-клеткой для инициирования иммунного ответа, который будет специфичным в отношении презентированного антигена. Во-вторых, ряд костимулирующих и ингибирующих сигналов, опосредуемых взаимодействиями между АПК и различными поверхностными молекулами Т-клеток, запускает сначала активацию и пролиферацию Т-клеток и, в конечном итоге, их ингибирование. Следовательно, первый сигнал придает специфичность иммунному ответу, тогда как второй сигнал служит для определения характера, величины и продолжительности ответа.

Иммунная система тщательно контролируется костимулирующими и коингибирующими лигандами и рецепторами. Упомянутые молекулы обеспечивают второй сигнал для активации Т-клеток и обеспечивают сбалансированный комплекс положительных и отрицательных сигналов, чтобы максимально увеличить иммунные ответы на инфекцию, при этом сводя к минимуму аутоиммунные ответы (Wang, L. et al. (March 7, 2011) "VISTA, A Novel Mouse Ig Superfamily Ligand That Negatively Regulates T-Cell Responses", *J. Exp. Med.* 10.1084/jem.20100619:1-16; Lepenies, B. et al. (2008) "The Role Of Negative Costimulators During Parasitic Infections", *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets* 8:279-288). Особое значение имеет связывание лигандов B7.1 (CD80) и B7.2 (CD86) антигенпрезентирующей клетки, а также CD28 и рецепторов CTLA-4 CD4⁺Т-лимфоцита (Sharpe, A.H. et al. (2002) "The B7-CD28 Superfamily", *Nature Rev. Immunol.* 2:116-126; Dong, C et al. (2003) "Immune Regulation by Novel Costimulatory Molecules", *Immunolog. Res.* 28(1):39-48; Lindley, P.S. et al. (2009) "The Clinical Utility Of Inhibiting CD28-

Mediated Costimulation", *Immunol. Rev.* 229:307-321). Связывание В7.1 или В7.2 с CD28 стимулирует активацию Т-клеток; связывание В7.1 или В7.2 с CTLA-4 ингибирует такую активацию (Dong, C. et al. (2003) "Immune Regulation by Novel Costimulatory Molecules", *Immunol. Res.* 28(1):39-48; Lindley, P.S. et al. (2009) "The Clinical Utility Of Inhibiting CD28-Mediated Costimulation", *Immunol. Rev.* 229:307-321; Greenwald, R.J. et al. (2005) "The B7 Family Revisited", *Ann. Rev. Immunol.* 23:515-548). CD28 конститутивно экспрессируется на поверхности Т-клеток (Gross, J., et al. (1992) "Identification And Distribution Of The Costimulatory Receptor CD28 In The Mouse", *J. Immunol.* 149:380-388), тогда как экспрессия CTLA-4 быстро усиливается после активации Т-клеток (Linsley, P. et al. (1996) "Intracellular Trafficking Of CTLA4 And Focal Localization Towards Sites Of TCR Engagement", *Immunity* 4:535-543). Поскольку CTLA-4 является более высокоаффинным рецептором (Sharpe A.H. et al. (2002) "The B7-CD28 Superfamily", *Nature Rev. Immunol.* 2:116-126), связывание сначала инициирует пролиферацию Т-клеток (посредством CD28) и затем ингибирует его (посредством развивающейся экспрессии CTLA-4), ослабляя тем самым эффект, если пролиферация больше не требуется.

Дальнейшие исследования лигандов рецептора CD28 привели к идентификации и описанию набора родственных молекул В7 ("суперсемейство В7") (Coyle, A.J. et al. (2001) "The Expanding B7 Superfamily: Increasing Complexity In Costimulatory Signals Regulating T-Cell Function", *Nature Immunol.* 2(3):203-209; Sharpe, A.H. et al. (2002) "The B7-CD28 Superfamily", *Nature Rev. Immunol.* 2:116-126; Greenwald, R.J. et al. (2005) "The B7 Family Revisited", *Ann. Rev. Immunol.* 23:515-548; Collins, M. et al. (2005) "The B7 Family Of Immune-Regulatory Ligands", *Genome Biol.* 6:223.1-223.7; Loke, P. et al. (2004) "Emerging Mechanisms Of Immune Regulation: The Extended B7 Family And Regulatory T-Cells". *Arthritis Res. Ther.* 6:208-214; Korman, A.J. et al. (2007) "Checkpoint Blockade in Cancer Immunotherapy", *Adv. Immunol.* 90:297-339; Flies, D.B. et al. (2007) "The New B7s: Playing a Pivotal Role in Tumor Immunity", *J. Immunother.* 30(3):251-260; Agarwal, A. et al. (2008) "The Role Of Positive Costimulatory Molecules In Transplantation And Tolerance", *Curr. Opin. Organ Transplant.* 13:366-372; Lenschow, D.J. et al. (1996) "CD28/B7 System of T-Cell Costimulation", *Ann. Rev. Immunol.* 14:233-258; Wang, S. et al. (2004) "Co-Signaling Molecules Of The B7-CD28 Family In Positive And Negative Regulation Of T Lymphocyte Responses", *Microbes Infect.* 6:759-766). В настоящее время существует несколько известных членов семейства: В7.1 (CD80), В7.2 (CD86), индуцируемый костимулирующий лиганд (ICOS-L), лиганд программируемой смерти-1 (PD-L1; В7-H1), лиганд программируемой смерти-2 (PD-L2, В7-DC), В7-Н3, В7-Н4 и В7-Н6 (Collins, M. et al. (2005) "The B7 Family Of Immune-Regulatory Ligands", *Genome Biol.* 6:223.1-223.7; Flajnik, M.F. et al. (2012) "Evolution Of The B7 Family: Co-Evolution Of B7H6 And Nkp30, Identification Of A New B7 Family Member, B7H7, And Of B7's Historical Relationship With The MHC", *Immunogenetics* epub doi.org/10.1007/s00251-012-0616-2). И Белок программируемой смерти-1 ("PD-1")

Белок программируемой смерти-1 ("PD-1", также известный как "CD279") представляет собой мембранный белок типа I массой 31 кДа, являющийся членом расширенного семейства регуляторов Т-клеток CD28/CTLA-4, который в целом отрицательно регулирует иммунные ответы (Ishida, Y. et al. (1992) "Induced Expression Of PD-1, A Novel Member Of The Immunoglobulin Gene Superfamily, Upon Programmed Cell Death", *EMBO J.* 11:3887-3895; публикация заявки на патент США №2007/0202100; 2008/0311117; 2009/00110667, патенты США №№ 6808710, 7101500, 7488802, 7635757, 7722868, РСТ публикация WO 01/14557).

PD-1 экспрессируется на активированных Т-клетках, В-клетках и моноцитах (Agata, Y. et al. (1996) "Expression Of The PD-1 Antigen On The Surface Of Stimulated Mouse T And B Lymphocytes", *Int. Immunol.* 8(5):765-772; Yamazaki, T. et al. (2002) "Expression Of Programmed Death 1 Ligands By Murine T-Cells And APC", *J. Immunol.* 169:5538-5545) и с низкими уровнями на природных киллерных Т-клетках (НК-клетках) (Nishimura, H. et al. (2000) "Facilitation Of Beta Selection And Modification Of Positive Selection In The Thymus Of PD-1 -Deficient Mice", *J. Exp. Med.* 191:891-898; Martin-Orozco, N. et al. (2007) "Inhibitory Costimulation And Anti-Tumor Immunity", *Semin. Cancer Biol.* 17(4):288-298). Внеклеточная область PD-1 состоит из одного варибельного домена (V) иммуноглобулина (Ig), который на 23% идентичен эквивалентному домену в CTLA-4 (Martin-Orozco, N. et al. (2007) "Inhibitory Costimulation And Anti-Tumor Immunity", *Semin. Cancer Biol.* 17(4):288-298). После внеклеточного варибельного домена Ig расположена трансмембранная область и внутриклеточный хвост. Внутриклеточный хвост содержит два сайта фосфорилирования, расположенных в иммунорецепторном тирозиновом ингибирующем мотиве и иммунорецепторном тирозиновом переключателе, это свидетельствует о том, что PD-1 отрицательно регулирует сигналы TCR (Ishida, Y. et al. (1992) "Induced Expression Of PD-1, A Novel Member Of The Immunoglobulin Gene Superfamily, Upon Programmed Cell Death", *EMBO J.* 11:3887-3895; Blank, C. et al. (2006) "Contribution Of The PD-L1/PD-1 Pathway To T-Cell Exhaustion: An Update On Implications For Chronic Infections And Tumor Evasion Cancer", *Immunol. Immunother.* 56(5):739-745). PD-1 ингибирует иммунную систему путем связывания с В7-Н1 и В7-DC (Flies, D.B. et al. (2007) "The New B7s: Playing a Pivotal Role in Tumor Immunity", *J. Immunother.* 30(3):251-260; патенты США №№ 6803192, 7794710, публикация заявок на патент США №№ 2005/0059051, 2009/0055944, 2009/0274666, 2009/0313687, РСТ публикация WO 01/39722, WO 02/086083).

В7-Н1 и В7-DC широко экспрессируются на поверхностях тканей человека и мыши, таких как

сердце, плацента, мышцы, фетальная печень, селезенка, лимфатические узлы и тимус, а также печень, легкие, почки, клетки островков поджелудочной железы и тонкого кишечника мышцы (Martin-Orozco, N. et al. (2007) "Inhibitory Costimulation And Anti-Tumor Immunity", *Semin. Cancer Biol.* 17(4):288-298). У человека экспрессия белка B7-H1 была обнаружена в клетках эндотелия человека (Chen, Y. et al. (2005) "Expression of B7-H1 in Inflammatory Renal Tubular Epithelial Cells", *Nephron. Exp. Nephrol.* 102:e81-e92; de Haij S. et al. (2005) "Renal Tubular Epithelial Cells Modulate T-Cell Responses Via ICOS-L And B7-H1" *Kidney Int.* 68:2091-2102; Mazanet, M.M. et al. (2002) "B7-H1 Is Expressed By Human Endothelial Cells And Suppresses T-Cell Cytokine Synthesis", *J. Immunol.* 169:3581-3588), миокарде (Brown, J.A. et al. (2003) "Blockade Of Programmed Death-1 Ligands On Dendritic Cells Enhances T-Cell Activation And Cytokine Production", *J. Immunol.* 170:1257-1266), синцитиотрофобластах (Petroff M.G. et al. (2002) "57 Family Molecules: Novel Immunomodulators At The Maternal-Fetal Interface", *Placenta* 23:S95-S101). Молекулы также экспрессируются резидентными макрофагами некоторых тканей, макрофагами, которые были активированы интерфероном (ИФН)- γ или фактором некроза опухоли (ФНО)- α (Latchman, Y. et al. (2001) "PD-L2 Is A Second Ligand For PD-1 And Inhibits T-Cell Activation", *Nat. Immunol.* 2:261-268), и в опухолях (Dong, H. (2003) "B7-H1 Pathway And Its Role In The Evasion Of Tumor Immunity", *J. Mol. Med.* 81:281-287).

Было обнаружено, что взаимодействие B7-H1 и PD-1 посылает существенный отрицательный костимулирующий сигнал Т- и В-клеткам (Martin-Orozco, N. et al. (2007) "Inhibitory Costimulation And Anti-Tumor Immunity", *Semin. Cancer Biol.* 17(4):288-298) и выполняет функцию индуктора гибели клеток (Ishida, Y. et al. (1992) "Induced Expression Of PD-1, A Novel Member Of The Immunoglobulin Gene Superfamily, Upon Programmed Cell Death", *EMBO J.* 11:3887-3895; Subudhi, S.K. et al. (2005) "The Balance Of Immune Responses: Costimulation Verse Coinhibition", *J. Molec. Med.* 83:193-202). Более конкретно, было обнаружено, что взаимодействие рецептора PD-1 в низких концентрациях и лиганда B7-H1 приводит к передаче ингибирующего сигнала, который сильно ингибирует пролиферацию антигенспецифичных CD8⁺Т-клеток; при более высоких концентрациях взаимодействия с PD-1 не ингибируют пролиферацию Т-клеток, а значительно снижают выработку многих цитокинов (Sharpe, A.H. et al. (2002) "The B7-CD28 Superfamily", *Nature Rev. Immunol.* 2:116-126). Было обнаружено, что пролиферация Т-клеток и выработка цитокинов под действием покоящихся и ранее активированных CD4 и CD8 Т-клеток, и даже наивных Т-клеток из пуповинной крови, ингибируется растворимыми гибридными белками B7-H1-Fc (Freeman, G.J. et al. (2000) "Engagement Of The PD-1 Immunoinhibitory Receptor By A Novel B7 Family Member Leads To Negative Regulation Of Lymphocyte Activation", *J. Exp. Med.* 192:1-9; Latchman, Y. et al. (2001) "PD-L2 Is A Second Ligand For PD-1 And Inhibits T-Cell Activation", *Nature Immunol.* 2:261-268; Carter, L. et al. (2002) "PD-1:PD-L Inhibitory Pathway Affects Both CD4(+) and CD8(+) T-cells And Is Overcome By IL-2", *Eur. J. Immunol.* 32(3):634-643; Sharpe, A.H. et al. (2002) "The B7-CD28 Superfamily", *Nature Rev. Immunol.* 2:116-126).

Роль B7-H1 и PD-1 в ингибировании активации и пролиферации Т-клеток позволяет предположить, что указанные биологические молекулы могут служить терапевтическими мишенями для лечения воспаления и рака. В этой связи было предложено применение антител к PD-1 для лечения инфекций и опухолей, а также активирующей модуляции адаптивного иммунного ответа (см. публикации заявок на патент США №№ 2010/0040614; 2010/0028330; 2004/0241745; 2008/0311117; 2009/0217401, патенты США №№ 7521051, 7563869, 7595048, РСТ публикации WO 2004/056875, WO 2008/083174). Антитела, способные специфично связываться с PD-1, были описаны Agata, T. et al. (1996) "Expression Of The PD-1 Antigen On The Surface Of Stimulated Mouse T And B Lymphocytes", *Int. Immunol.* 8(5):765-772 и Berger, R. et al. (2008) "Phase I Safety And Pharmacokinetic Study Of CT-011, A Humanized Antibody Interacting With PD-1, In Patients With Advanced Hematologic Malignancies", *Clin. Cancer Res.* 14(10):3044-3051 (см. также патенты США №№ 8008449 и 8552154, публикации патентов США №№ 2007/0166281; 2012/0114648; 2012/0114649; 2013/0017199; 2013/0230514 и 2014/0044738; и РСТ публикации патентов WO 2003/099196 WO 2004/004771, WO 2004/056875, WO 2004/072286, WO 2006/121168, WO 2007/005874, WO 2008/083174, WO 2009/014708, WO 2009/073533; WO 2012/135408, WO 2012/145549 и WO 2013/014668).

Однако, несмотря на все предшествующие достижения, остается потребность в улучшенных композициях, способных более активно направлять иммунную систему организма на поражение раковых клеток или инфицированных патогенами клеток, особенно в более низких терапевтических концентрациях. Несмотря на то, что адаптивная иммунная система может быть мощным защитным механизмом против рака и заболевания, зачастую ей препятствуют механизмы подавления иммунитета в микроокружении опухоли, такие как экспрессия PD-1. Кроме того, коингибирующие молекулы, экспрессируемые опухолевыми клетками, иммунными клетками и стромальными клетками в опухолевой среде, могут преимущественно ослаблять ответы Т-клеток на раковые клетки. Следовательно, остается потребность в эффективных PD-1-связывающих молекулах. В частности, существует потребность в эффективных PD-1-связывающих молекулах, имеющих желательный профиль кинетики связывания и способных выступать антагонистами оси PD-1/PD-L1, блокируя взаимодействие PD-1/PD-L1, что может обеспечить улучшенное терапевтическое действие у пациентов, страдающих раком или другими заболеваниями и состояниями. Настоящее изобретение направлено на указанные и другие цели.

Краткое описание изобретения

Настоящее изобретение относится к PD-1-связывающим молекулам, содержащим PD-1-связывающий домен из отобранных антител к PD-1, способных связываться с PD-1 яванских макак и PD-1 человека: МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1. Согласно настоящему изобретению, в частности, предложены PD-1-связывающие молекулы, которые являются гуманизированными или химерными вариантами указанных антител или которые содержат PD-1-связывающие фрагменты указанных антител к PD-1 (в частности, иммуноконъюгаты, диатела, ViTE, биспецифические антитела и т.д.). В частности, согласно настоящему изобретению предложены PD-1-связывающие молекулы, которые дополнительно способны связываться с эпитопом молекулы, участвующей в регуляции контрольной точки иммунного ответа, которая присутствует на поверхности иммунной клетки. Согласно настоящему изобретению также предложены способы применения указанных PD-1-связывающих молекул для детектирования PD-1 или для стимуляции иммунного ответа. Согласно настоящему изобретению также предложены способы комбинированной терапии, в которых PD-1-связывающую молекулу, которая содержит один или более PD-1-связывающих доменов указанных отобранных антител к PD-1, вводят в комбинации с одной или более дополнительными молекулами, которые эффективно стимулируют иммунный ответ, и/или в комбинации с одной или более дополнительными молекулами, которые специфично связываются с раковым антигеном. В частности, согласно настоящему изобретению предложена молекула, связывающая PD-1 человека, которая содержит три домена гипервариабельных участков (CDR) тяжелой цепи (H) CDR_{H1}, CDR_{H2} и CDR_{H3} и три домена CDR легкой цепи (L) CDR_{L1}, CDR_{L2} и CDR_{L3}, причем:

(A) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} представляют собой домены CDR тяжелой цепи МАТ к PD-1 1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 71, SEQ ID NO: 72 и SEQ ID NO: 73 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ к PD-1 1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 76, SEQ ID NO: 77 и SEQ ID NO: 78; или

(B) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} представляют собой домены CDR тяжелой цепи МАТ 2 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 85, SEQ ID NO: 86 и SEQ ID NO: 87 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ 2 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 90, SEQ ID NO: 91 и SEQ ID NO: 92; или

(C) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} представляют собой домены CDR тяжелой цепи МАТ 3 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 99, SEQ ID NO: 100 и SEQ ID NO: 101 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ 3 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 104, SEQ ID NO: 105 и SEQ ID NO: 106; или

(D) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} представляют собой домены CDR тяжелой цепи МАТ 4 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 109, SEQ ID NO: 110 и SEQ ID NO: 111 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ 4 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 114, SEQ ID NO: 115 и SEQ ID NO: 116; или

(E) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} представляют собой домены CDR тяжелой цепи МАТ 5 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 119, SEQ ID NO: 120 и SEQ ID NO: 121 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ 5 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 124, SEQ ID NO: 125 и SEQ ID NO: 126; или

(F) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} представляют собой домены CDR тяжелой цепи МАТ 6 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 129, SEQ ID NO: 130 и SEQ ID NO: 131 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ 6 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 134, SEQ ID NO: 135 и SEQ ID NO: 136; или

(G) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} представляют собой домены CDR тяжелой цепи МАТ 7 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ 7 к PD-1 и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 144, SEQ

пи МАТ к hPD-1 9 (2.2) и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 183, SEQ ID NO: 172 и SEQ ID NO: 173 и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} представляют собой домены CDR легкой цепи МАТ к hPD-1 9 (2.2) и, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 188, SEQ ID NO: 189 и SEQ ID NO: 178. Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации всех указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем указанная молекула представляет собой антитело, и в частности указанная молекула представляет собой химерное антитело или гуманизованное антитело.

Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем варибельный домен тяжелой цепи содержит аминокислотную последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 79, SEQ ID NO: 93, SEQ ID NO: 147, SEQ ID NO: 149, SEQ ID NO: 179, SEQ ID NO: 181 или SEQ ID NO: 250.

Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем варибельный домен легкой цепи содержит аминокислотную последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 81, SEQ ID NO: 95, SEQ ID NO: 151, SEQ ID NO: 153, SEQ ID NO: 155, SEQ ID NO: 184, SEQ ID NO: 186 или SEQ ID NO: 251.

Согласно настоящему изобретению также предложен вариант реализации, в котором молекула, связывающая PD-1 человека, представляет собой биспецифическую связывающую молекулу, способную одновременно связываться с PD-1 человека и со вторым эпитопом, и, в частности, предложен вариант реализации, в котором второй эпитоп является эпитопом молекулы, участвующей в регуляции контрольной точки иммунного ответа, присутствующей на поверхности иммунной клетки (в частности, если второй эпитоп представляет собой эпитоп B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD40L, CD47, CD70, CD80, CD86, CD94, CD137, CD137L, CD226, CTLA-4, галектина-9, GITR, GITRL, HHLA2, ICOS, ICOSL, KIR, LAG-3, LIGHT, ГКГС класса I или II, NKG2a, NKG2d, OX40, OX40L, PD1H, PD-1, PD-L1, PD-L2, PVR, SIRPa, TCR, TIGIT, TIM-3 или VISTA, и наиболее конкретно, если второй эпитоп представляет собой эпитоп CD137, CTLA-4, LAG-3, OX40, TIGIT или TIM-3).

Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации, в которых молекула, связывающая PD-1 человека, представляет собой биспецифическую молекулу, содержащую сайт связывания эпитопа LAG-3, в частности, в которой сайт связывания эпитопа LAG-3 содержит:

(A) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} варибельной области тяжелой цепи МАТ к LAG-3 1, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 42, SEQ ID NO: 43 и SEQ ID NO: 44, соответственно и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} варибельной области легкой цепи МАТ к LAG-3 1, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 46, SEQ ID NO: 47 и SEQ ID NO: 48 соответственно; или

(B) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} варибельной области тяжелой цепи VH1 МАТ к LAG-3 человека (hLAG-3) 1, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 42, SEQ ID NO: 43 и SEQ ID NO: 44 соответственно и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} варибельной области легкой цепи VL4 МАТ к hLAG-3 1, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 55, SEQ ID NO: 47 и SEQ ID NO: 48, соответственно; или

(C) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} варибельной области тяжелой цепи МАТ к LAG-3 6, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 57, SEQ ID NO: 58 и SEQ ID NO: 59 соответственно; и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} варибельной области легкой цепи МАТ к LAG-3 6, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 61, SEQ ID NO: 62 и SEQ ID NO: 63 соответственно; или

(D) (1) Домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} варибельной области тяжелой цепи VH1 МАТ к hLAG-3 6, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 57, SEQ ID NO: 58 и SEQ ID NO: 59 соответственно и

(2) Домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3} варибельной области легкой цепи МАТ к LAG-3 6, содержащие аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 298, SEQ ID NO: 62 и SEQ ID NO: 63 соответственно.

Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем указанная молекула представляет собой диатело и, в частности, указанное диатело представляет собой ковалентно связанный комплекс, который содержит две или три, или четыре, или пять полипептидных цепей. Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем указанная молекула представляет собой трехвалентную связывающую молекулу и, в частности, указанная трехвалентная связывающая молекула представляет собой ковалентно связанный комплекс, который содержит три, четыре, пять или более пяти полипептидных цепей. Согласно настоящему изобретению дополнительно предложены варианты реализации указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем указанная молеку-

ла содержит область Fc. Согласно настоящему изобретению дополнительно предложены варианты реализации указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем указанная молекула содержит домен, связывающий альбумин, и в частности деиммунизированный домен, связывающий альбумин.

Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации всех указанных молекул, связывающих PD-1 человека, причем указанная молекула содержит область Fc, и при этом область Fc представляет собой вариант области Fc, который содержит одну или более модификаций аминокислот, которые снижают аффинность варианта области Fc в отношении FcγR и/или увеличивают период полувыведения из сыворотки крови, и более конкретно, в которой указанные модификации содержат по меньшей мере одну замену аминокислоты, выбранную из группы, состоящей из:

- (1) L234A; L235A;
- (2) L234A и L235A;
- (3) M252Y; M252Y и S254T;
- (4) M252Y и T256E;
- (5) M252Y, S254T и T256E или
- (6) K288D и H435K;

где нумерация представляет собой индекс по системе нумерации ЕС, описанной в Кабат. Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации, в которых любую из вышеописанных PD-1-связывающих молекул применяют для стимуляции иммунного ответа, опосредуемого Т-клетками. Согласно настоящему изобретению дополнительно предложены варианты реализации, в которых любую из вышеописанных PD-1-связывающих молекул применяют для лечения заболевания или состояния, связанного с подавленной иммунной системой, в частности, рака или инфекции.

Согласно настоящему изобретению, в частности, предложен вариант применения в лечении или диагностике, или прогнозировании рака, причем рак характеризуется присутствием раковой клетки, выбранной из группы, состоящей из клетки опухоли надпочечников, ассоциированного со СПИДом рака, альвеолярной саркомы мягких тканей, астроцитарной опухоли, рака мочевого пузыря, рака костей, рака головного и спинного мозга, метастатической опухоли головного мозга, рака молочной железы, опухоли сонной артерии, рака шейки матки, хондросаркомы, хордомы, хромофобной саркомы клеток почек, светлоклеточной саркомы, рака толстой кишки, колоректального рака, кожной доброкачественной фиброзной гистиоцитомы, десмопластической мелкокруглоклеточной опухоли, эпендимомы, опухоли Юинга, экстраклеточной миксоидной хондросаркомы, несовершенного костного фиброгенеза, фиброзной дисплазии кости, рака желчного пузыря или желчного протока, рака желудка, гестационного трофобластного заболевания, герминогенной опухоли, рака головы и шеи, гепатоцеллюлярной карциномы, опухоли островковых клеток, саркомы Капоши, рака почек, лейкоза, липомы/доброкачественной липоматозной опухоли, липосаркомы/злокачественной липоматозной опухоли, рака печени, лимфомы, рака легких, медуллобластомы, меланомы, менингиомы, множественной эндокринной неоплазии, множественной миеломы, миелодиспластического синдрома, нейробластомы, нейроэндокринной опухоли, рака яичников, рака поджелудочной железы, папиллярной тиреокарциномы, опухоли паращитовидной железы, педиатрического рака, опухоли оболочек периферических нервов, феохромоцитомы, опухоли гипофиза, рака предстательной железы, постериальной увеальной меланомы, редкого гематологического расстройства, метастатического рака почек, рабдоидной опухоли, рабдомиосаркомы, саркомы, рака кожи, саркомы мягких тканей, плоскоклеточной саркомы, рака желудка, синовиальной саркомы, рака яичка, карциномы тимуса, тимомы, метастатического рака щитовидной железы и рака матки.

Согласно настоящему изобретению предложен способ применения в лечении или диагностике, или прогнозировании рака, причем рак представляет собой колоректальный рак, гепатоцеллюлярную карциному, глиому, рак почек, рак молочной железы, множественную миелому, рак мочевого пузыря, нейробластому; саркому, неходжкинскую лимфому, немелкоклеточный рак легких, рак яичников, рак поджелудочной железы, ректальный рак, острый миелоидный лейкоз (AML), хронический миелолейкоз (CML), острый В-линейный лимфобластный лейкоз (B-ALL), хронический лимфоцитарный лейкоз (CLL), лейкоз ворсистых клеток (HCL), бластную опухоль из плазматоидных дендритных клеток (BPDCN), неходжкинские лимфомы (NHL), включая лейкоз мантийных клеток (MCL) и мелкоклеточную лимфоцитарную лимфому (SLL), лимфому Ходжкина, системный мастоцитоз или лимфому Беркитта.

Согласно настоящему изобретению также предложены варианты реализации, в которых любая из вышеописанных PD-1-связывающих молекул содержит детектируемую метку и применяется для детектирования PD-1.

Краткое описание фигур

На фиг. 1 представлено схематическое изображение типичного ковалентно связанного диатела, содержащего два эпитопсвязывающих сайта, состоящих из двух полипептидных цепей, каждая из которых содержит домен, способствующий образованию гетеродимера, с E-спиралью или K-спиралью. Остаток цистеина может присутствовать в линкере и/или в домене, стимулирующем образование гетеродимера, как показано на фиг. 3B. Домены VL и VH, которые распознают один и тот же эпитоп, показаны с использованием одинакового затенения или заливки.

На фиг. 2 представлено схематическое изображение типичной ковалентно связанной молекулы диа-

тела, содержащей два эпитопсвязывающих сайта, состоящих из двух полипептидных цепей, каждая из которых содержит домен CH2 и CH3, так что соответствующие цепи образуют полную область Fc или ее часть. Домены VL и VH, которые распознают один и тот же эпитоп, показаны с использованием одинакового затенения или заливки.

На фиг. 3А-3С представлены схемы, иллюстрирующие типичное четырехвалентное диатело, содержащее четыре эпитопсвязывающих сайта, состоящих из двух пар полипептидных цепей (т.е., в целом из четырех полипептидных цепей). Один полипептид каждой пары содержит домен CH2 и CH3, так что соответствующие цепи образуют полную область Fc или ее часть. Домены VL и VH, которые распознают один и тот же эпитоп, показаны с использованием одинакового затенения или заливки. Две пары полипептидных цепей могут быть одинаковыми. В вариантах реализации настоящего изобретения, в которых домены VL и VH распознают различные эпитопы (как показано на фиг. 3А-3С), полученная молекула обладает четырьмя сайтами связывания эпитопов и является биспецифической и двухвалентной по отношению к каждому связанному эпитопу. В вариантах реализации настоящего изобретения, в которых домены VL и VH распознают один и тот же эпитоп (например, в обеих цепях использованы аналогичные CDR домена VL и аналогичные CDR домена VH), полученная молекула обладает четырьмя сайтами связывания эпитопов и является моноспецифической и четырехвалентной в отношении одного эпитопа. В другом варианте две пары полипептидов могут быть разными. В вариантах реализации настоящего изобретения, в которых домены VL и VH каждой пары полипептидов распознают различные эпитопы (как показано на фиг. 3А-3С), полученная молекула содержит четыре эпитопсвязывающих сайта и является тетраспецифической и моновалентной по отношению к каждому связанному эпитопу. На фиг. 3А представлено диатело, содержащее область Fc, которое содержит пептид домена, стимулирующего образование гетеродимера, содержащего остаток цистеина. На фиг. 3В представлено диатело, содержащее область Fc, которое содержит домены, способствующие образованию гетеродимера, с E-спиралью и K-спиралью, содержащие остаток цистеина и линкер (необязательно содержащий остаток цистеина). На фиг. 3С представлено диатело, содержащее область Fc, которое содержит домены CH1 и CL.

На фиг. 4А и 4В представлены схемы типичной ковалентно связанной молекулы диатела, содержащей два эпитопсвязывающих сайта, состоящих из трех полипептидных цепей. Две полипептидные цепи содержат домены CH2 и CH3, так что соответствующие цепи образуют полную область Fc или ее часть. Полипептидные цепи, содержащие домен VL и VH, дополнительно содержат домен, способствующий образованию гетеродимера. Домены VL и VH, которые распознают один и тот же эпитоп, показаны с использованием одинакового затенения или заливки.

На фиг. 5 представлена схема типичной ковалентно связанной молекулы диатела, содержащей четыре эпитопсвязывающих сайта, состоящих из пяти полипептидных цепей. Две полипептидные цепи содержат домен CH2 и CH3, так что соответствующие цепи образуют область Fc, которая включает полную область Fc или ее часть. Полипептидные цепи, содержащие соединенные домены VL и VH, дополнительно содержат домен, способствующий образованию гетеродимера. Домены VL и VH, которые распознают один и тот же эпитоп, показаны с использованием одинакового затенения или заливки.

На фиг. 6А-6F представлены схемы типичных трехвалентных связывающих молекул, содержащих область Fc, содержащих три эпитопсвязывающих сайта. На фиг. 6А и 6В, соответственно, схематично представлены домены трехвалентных связывающих молекул, содержащих два домена связывания, характерных для диатела, и связывающий домен типа Fab, имеющих различные ориентации доменов, в которых связывающие домены, характерные для диатела, являются N-концевыми или C-концевыми по отношению к области Fc. Молекулы на фиг. 6А и 6В содержат четыре цепи. На фиг. 6С и 6D, соответственно, схематически представлены домены трехвалентных связывающих молекул, содержащих два связывающих домена, характерных для диатела, N-концевых по отношению к области Fc, и связывающий домен типа Fab, в которых легкая цепь и тяжелая цепь соединены посредством полипептидного спейсера или связывающего домена типа scFv. Трехвалентные связывающие молекулы на фиг. 6Е и 6F, соответственно, схематически иллюстрируют домены трехвалентных связывающих молекул, содержащих два связывающих домена, характерных для диатела, C-концевых по отношению к области Fc, и связывающий домен типа Fab или связывающий домен типа scFv, в котором находятся связывающие домены, характерные для диатела. Трехвалентные связывающие молекулы на фиг. 6С-6F содержат три цепи. Домены VL и VH, которые распознают один и тот же эпитоп, показаны с использованием одинакового затенения или заливки.

На фиг. 7А-7D показано, что МАТ к PD-1 1-15 связываются с PD-1 человека. Кривые связывания для связывания с shPD-1-His представлены на фиг. 7А (МАТ к PD-11, МАТ 2 к PD-1, МАТ 4 к PD-1 и МАТ 9 к PD-1), фиг. 7В (МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1 и МАТ 7 к PD-1) и фиг. 7С (МАТ 3 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1). Кривые связывания для связывания с shPD-1-Fc человека представлены на фиг. 7D (МАТ 3 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1).

На фиг. 8А-8С показано, что МАТ к PD-11-15 связываются с PD-1 яванских макаков. Кривые связывания для связывания с scupoPD-1-hFc представлены на фиг. 8А (МАТ к PD-11, МАТ 2 к PD-1, МАТ 4 к

PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1), фиг. 8В (МАТ 9 к PD-1) и фиг. 8С (МАТ 3 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1).

На фиг. 9А-9D представлены результаты оценки способности МАТ к PD-1 1-15 блокировать связывание PD-L1 человека с PD-1 человека. Кривые ингибирования представлены на фиг. 9А (МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 15 к PD-1 и МАТ к PD-1 А), фиг. 9В (МАТ 4 к PD-1), фиг. 9С (МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1 и МАТ к PD-1 А) и фиг. 9D (МАТ 3 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1, МАТ 15 к PD-1 и МАТ к PD-1 А).

На фиг. 10А-10В представлены результаты оценки тканевой специфичности МАТ к hPD-1 7. На фиг. 10А представлены результаты гистологического окрашивания ткани нормальной толстой кишки (панели i и vii), печени (панели ii и viii), легких (панели iii и ix), поджелудочной железы (панели iv и x), почек (панели v и xi) и сердца (панели vi и xii). На фиг. 10А панели i-vi, представлены результаты исследования ткани, которую инкубировали с меченым МАТ 7 к PD-1 (0,313 мкг/мл). На фиг. 10А панели vii-xii, представлены результаты исследования ткани, которую инкубировали с меченым МАТ для контроля изотипа (0,314 мкг/мл). На фиг. 10В представлены результаты гистологического окрашивания кожи (панели i и iv), миндалин (панели ii и v) и клеток линии NSO, экспрессирующих PD-1 (панели iii и vi). На фиг. 10В панели i-iii, представлены результаты исследования ткани, которую инкубировали с меченым МАТ 7 к PD-1 (0,313 мкг/мл).

На фиг. 11 представлены профили связывания гуманизированных антител к PD-1 человека, МАТ к hPD-12, МАТ к hPD-1 7 (1.1), МАТ к hPD-1 7 (1.2), МАТ к hPD-1 9 (1.1), и контрольных антител к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В, содержащих IgG1 (АА) или IgG4 (Р), для связывания с PD-1 на поверхности клеток.

На фиг. 12А-12В представлены результаты оценки способности гуманизированных антител к PD, МАТ к hPD-1 2, МАТ к hPD-1 7 (1.1), МАТ к hPD-1 7(1.2), МАТ к hPD-1 9 (1.1), эталонных антител к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В, содержащих IgG1 (АА) или IgG4 (Р), блокировать связывание растворимого PD-L1 человека (фиг. 12А) и растворимого PD-L2 человека (фиг. 12В) с PD-1 человека на поверхности клеток.

На фиг. 13 представлены результаты оценки способности гуманизированных антител к PD, МАТ к hPD-1 2, МАТ к hPD-1 7(1.1), МАТ к hPD-1 7(1.2), МАТ к hPD-1 9(1.1), и эталонных антител к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В, содержащих IgG1 (АА) или IgG4 (Р), выступать антагонистами оси PD-1 /PD-L1, блокируя взаимодействие PD-1 /PD-L1 и предотвращая подавление ответов Т-клеток в количественном исследовании с использованием репортера люциферазы Jurkat-luc-NFAT/CHO-PD-L1.

На фиг. 14 представлены результаты, свидетельствующие о том, что МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 способны стимулировать выработку цитокинов до уровней, сопоставимых или выше тех, которые характерны для эталонных антител к PD-1 (МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В), и что обработка с использованием МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 в комбинации с МАТ к LAG-3 1 обеспечила наибольшее увеличение высвобождения цитокинов. Представлены профили секреции ИФН- γ из мононуклеарных клеток периферической крови (МКПК), стимулированных энтеротоксином В стафилококка (SEB), обработанных антителами к PD-1 и антителами к LAG-3 по отдельности и в комбинации.

На фиг. 15А-15В представлены результаты оценки способности гуманизированных антител к PD, МАТ к hPD-1 2, МАТ к hPD-1 7(1.2), МАТ к hPD-1 9(1.1) и эталонных антител к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В, содержащих IgG1 (АА) или IgG4 (Р), стимулировать выработку цитокинов. Представлены профили секреции ИФН- γ (фиг. 15А) и ФНО- α (фиг. 15В) из SEB-стимулированных МКПК, обработанных антителами к PD-1.

На фиг. 16А-16В представлены результаты, свидетельствующие о том, что конструкции биспецифических диател PD-1 \times LAG-3, DART А, DART D, DART E, DART F, DART G и DART H способны стимулировать выработку цитокинов до уровней, сопоставимых или превышающих уровни, наблюдаемые при введении комбинации МАТ к PD-1+МАТ к LAG-3 (МАТ к PD-1 А+МАТ к LAG-3 А), а также о том, что конструкции биспецифических диател PD-1 \times LAG-3, DART А, DART D, DART E, DART F и DART G, обеспечили наибольшее усиление высвобождения цитокинов. Профили секреции ИФН- γ из МКПК, стимулированных низкой концентрацией SEB (0,2 нг/мл), обработанных биспецифическими диателами PD-1 \times LAG-3 или антителами к PD-1 и LAG-3 по отдельности и в комбинации, представлены в графической форме. Результаты, полученные с использованием МКПК от двух типичных доноров, представлены на фиг. 16А и фиг. 16В.

На фиг. 17А-17В представлены результаты, свидетельствующие о том, что конструкции биспецифических диател PD-1 \times LAG-3, DART А, DART В и DART С, способны стимулировать выработку цитокинов до уровней, превышающих уровни, наблюдаемые при введении комбинации МАТ к PD-1+МАТ к LAG-3 (МАТ к PD-1 А+МАТ к LAG-3 А). Профили секреции ИФН- γ из МКПК от двух типичных доноров, стимулированных высокой концентрацией SEB (85 нг/мл), которые обрабатывали биспецифически-

ми диателами PD-1×LAG-3 или антителами к PD-1 и антителами к LAG-3 по отдельности и в комбинации, представлены в графической форме. Результаты, полученные с использованием МКПК от двух типичных доноров, представлены на фиг. 17А и 17В.

На фиг. 18А-18В представлены результаты, свидетельствующие о том, что конструкции биспецифических диател PD-1×LAG-3, DART А, DART В и DART С, способны стимулировать выработку цитокинов до уровней, превышающих уровни, наблюдаемые при введении комбинации МАТ к PD-1+МАТ к LAG-3 (МАТ к PD-1 А+МАТ к LAG-3 А). Профили секреции ИФН- γ из МКПК от двух типичных доноров, стимулированных средней концентрацией SEB (0,5 нг/мл), которые обрабатывали биспецифическими диателами PD-1×LAG-3 или антителами к PD-1 и антителами к LAG-3 по отдельности или в комбинации, представлены в графической форме. Результаты, полученные с использованием МКПК от двух типичных доноров, представлены на фиг. 18А и 18В.

На фиг. 19 представлены результаты, свидетельствующие о том, что конструкции биспецифических диател PD-1×LAG-3, DART D и DART H, способны стимулировать выработку цитокинов до уровней, сопоставимых или превышающих уровни, которые наблюдают при введении комбинации МАТ к PD-1+МАТ к LAG-3 (МАТ к PD-1 А+МАТ к LAG-3 А), а также о том, что DART D обеспечило наибольшее увеличение высвобождения цитокинов. Профили секреции ИЛ-2 из МНПК от типичного донора, стимулированных высокой концентрацией SEB (85 нг/мл), которые обрабатывали биспецифическими диателами PD-1×LAG-3 или антителами к PD-1 и антителами к LAG-3, по отдельности и в комбинации, представлены в графической форме. На фиг. 20 представлены результаты, свидетельствующие о том, что конструкции биспецифических диател PD-1×LAG-3, DART В и DART I, способны стимулировать выработку цитокинов до уровней, превышающих те, которые наблюдали при введении комбинации МАТ к PD-1+МАТ к LAG-3 (МАТ к PD-1 А+МАТ к LAG-3 А, МАТ к hPD-1 7(1.2)+МАТ к hLAG-3 1(1.4), МАТ к hPD-1 7(1.2)+МАТ к hLAG-3 6(1.1)). Профили секреции ИФН- γ из МКПК от типичного донора, стимулированных средней концентрацией SEB (0,5 нг/мл), которые обрабатывали биспецифическими диателами PD-1×LAG-3 или антителами к PD-1 и антителами к LAG-3, по отдельности и в комбинации, представлены в графической форме.

На фиг. 21А-21D представлены результаты, свидетельствующие о том, что биспецифическое диатело PD-1×LAG-3, DART I, способно стимулировать выработку цитокинов до уровней, превышающих те, которые наблюдали при введении комбинации МАТ к PD-1+МАТ к LAG-3 (МАТ к PD-1 А+МАТ к LAG-3 А). Профили секреции ИФН- γ (фиг. 21А и 21С) и ИЛ-2 (фиг. 21В и 21D) из CD4 Т-клеток памяти от двух типичных доноров, стимулированных столбчатным анатоксином (5 мкг/мл), которые обрабатывали биспецифическим диателом PD-1×LAG-3, DART-I, антителами к PD-1 и антителами к LAG-3 в комбинации или антителом для контроля изотипа, представлены в графической форме. Результаты, полученные на 7 день с использованием CD4 Т-клеток памяти от двух типичных доноров, представлены на фиг. 21А-В и фиг. 21С-D.

На фиг. 22 представлены результаты, свидетельствующие о том, что параметры фармакокинетики биспецифической молекулы PD-1×LAG-3, DART I, сопоставимы с таковыми для антитела к PD-1, МАТ к PD-1 А IgG4 (Р), у яванских макак. Линии указывают среднюю концентрацию в сыворотке крови DART I (сплошная линия) и МАТ к PD-1 А (пунктирная линия). Отдельные значения для самцов (заполненные символы) и самок (открытые символы) обезьян представлены в графической форме для DART I (треугольники) и МАТ к PD-1 А (круги).

На фиг. 23А-23С представлены концентрации антител в сыворотке крови и процент связанного PD-1 на поверхности CD4⁺или CD8⁺Т-клеток в зависимости от времени у животных после лечения с использованием различных антител к PD-1. Процент связанного PD-1 на поверхности CD4⁺или CD8⁺Т-клеток после лечения с использованием МАТ к PD-1 представлен в графической форме на правых осях ОУ; символы представляют собой процент (%) связанного PD-1 на Т-клетках для каждого отдельного животного, и пунктирные линии представляют собой средние значения. Концентрации МАТ в сыворотке крови представлены в графической форме на левых осях ОУ; символы представляют собой уровни в сыворотке крови для каждого отдельного животного, и сплошные линии представляют собой кривые нелинейной аппроксимации данных. На каждой панели представлены данные для животных (n=1/пол/группа), которым вводили 10 мг/кг МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (Р) (фиг. 23А), МАТ к PD-1 А IgG4 (Р) (фиг. 23В) или МАТ к PD-1 В IgG4 (Р) (фиг. 23В) путем внутривенной (в/в) инфузии на 1 день.

Подробное описание изобретения

Согласно настоящему изобретению предложены PD-1-связывающие молекулы, которые содержат PD-1-связывающий домен отобранных антител к PD-1, способных связываться с PD-1 яванских макак и PD-1 человека: МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1. В частности, согласно настоящему изобретению предложены PD-1-связывающие молекулы, которые являются гуманизированными или химерными вариантами указанных антител, или которые содержат PD-1-связывающие фрагменты указанных антител к PD-1 (в частности, иммуноконъюгаты, диатела (включая, но не ограничиваясь ими, DART-A, DART-B, DART-C,

DART-D, DART-E, DART-F, DART-G, DART-H, DART-I и DART-J), ViTE, биспецифические антитела и т. д.). Согласно настоящему изобретению предложены PD-1-связывающие молекулы, которые дополнительно способны связываться с эпитопом молекулы, участвующей в регуляции контрольной точки иммунного ответа, которая присутствует на поверхности иммунной клетки. Согласно настоящему изобретению также предложены способы применения указанных PD-1-связывающих молекул для детектирования PD-1 или для стимуляции иммунного ответа. Согласно настоящему изобретению также предложены способы комбинированной терапии, в которых PD-1-связывающую молекулу, которая содержит один или более PD-1-связывающих доменов указанных отобранных антител к PD-1, вводят в комбинации с одной или более дополнительными молекулами, которые эффективно стимулируют иммунный ответ, и/или в комбинации с одной или более дополнительными молекулами, которые специфично связываются с раковым антигеном.

I. Антитела и их связывающие домены

Антитела согласно настоящему изобретению представляют собой молекулы иммуноглобулинов, способные специфично связываться с мишенью, такой как углевод, полинуклеотид, липид, полипептид и т.д., посредством по меньшей мере одного сайта распознавания антигена, расположенного в переменном домене молекулы иммуноглобулина. В настоящей заявке термины "антитело" и "антитела" относятся к моноклональным антителам, мультиспецифичным антителам, антителам человека, гуманизированным антителам, синтетическим антителам, химерным антителам, поликлональным антителам, антителам верблюдовых, одноцепочечным Fvs (scFv), одноцепочечным антителам, фрагментам Fab, фрагментам F(ab'), соединенным дисульфидными связями биспецифическим Fvs (sdFv), внутриклеточным антителам и эпитопсвязывающим фрагментам любого из вышеуказанных. В частности, антитела включают молекулы иммуноглобулинов и иммунологически активные фрагменты молекул иммуноглобулинов, т.е. молекулы, которые содержат антигенсвязывающий сайт. Молекулы иммуноглобулинов могут быть любого типа (например, IgG, IgE, IgM, IgD, IgA и IgY), класса (например, IgG1, IgG2, IgG3, IgG4, IgA1 и IgA1) или подкласса. Было показано, что, помимо известных способов применения антител в диагностике, антитела можно применять в качестве терапевтических агентов. Антитела способны иммунологически специфично связываться с полипептидом или белком или небелковой молекулой вследствие присутствия на такой молекуле определенного домена или фрагмента или конформации ("эпитопа"). Содержащая эпитоп молекула может обладать иммуногенной активностью так, что она вызывает выработку антител у животного, такие молекулы называются "антигенами". В последние несколько десятилетий наблюдается возрождение интереса к терапевтическому потенциалу антител и антитела стали одним из ведущих классов биотехнологических препаратов (Chan, C.E. et al. (2009) "The Use Of Antibodies In The Treatment Of Infectious Diseases", Singapore Med. J. 50(7):663-666). Более 200 лекарственных препаратов на основе антител были одобрены для применения или находятся на стадии разработки.

Термин "моноклональное антитело" относится к гомогенной популяции антител, причем моноклональное антитело состоит из аминокислот (природных и неприродных), которые участвуют в селективном связывании антигена. Моноклональные антитела являются высокоспецифичными и направлены к одному эпитопу (или антигенному сайту). Термин "моноклональное антитело" включает не только интактные моноклональные антитела и полноразмерные моноклональные антитела, а также их фрагменты (такие как Fab, Fab', F(ab')₂ Fv), одноцепочечные фрагменты (scFv), их мутированные варианты, гибридные белки, содержащие часть антитела, гуманизированные моноклональные антитела, химерные моноклональные антитела и любую другую модифицированную конфигурацию молекулы иммуноглобулина, которая содержит сайт распознавания антигена, обладающий требуемой специфичностью и способностью связываться с антигеном. Термин не является ограничивающим в отношении источника антитела или способа его получения (например, с помощью гибридомы, отбора фага, рекомбинантной экспрессии, трансгенных животных и т.д.). Термин включает полноразмерные иммуноглобулины, а также фрагменты и т. д., описанные выше под определением "антитело". Способы получения моноклональных антител известны в данной области техники. Одним из способов, которые могут быть использованы, является способ, описанный Kohler, G. et al. (1975) "Continuous Cultures Of Fused Cells Secreting Antibody Of Predefined Specificity", Nature 256:495-497, или его модификация. Как правило, моноклональные антитела вырабатываются у мышей, крыс или кроликов. Антитела получают путем иммунизации животного иммуногенным количеством клеток, клеточных экстрактов или белковых препаратов, которые содержат желательный эпитоп. Иммуноген может представлять собой, но не ограничивается ими, первичные клетки, культивируемые линии клеток, раковые клетки, белки, пептиды, нуклеиновые кислоты или ткань. Клетки, используемые для иммунизации, можно культивировать в течение определенного периода времени (например, по меньшей мере 24 ч) до их использования в качестве иммуногена. Клетки могут быть использованы в качестве иммуногенов сами по себе или в комбинации с неденатурирующим адъювантом, таким как Ribi (см., например, Jennings, V.M. (1995) "Review of Selected Adjuvants Used in Antibody Production", ILAR J. 37(3):119-125). В целом клетки должны поддерживаться в интактном состоянии и предпочтительно жизнеспособном состоянии при использовании в качестве иммуногенов. Интактные клетки могут обеспечить более эффективное детектирование антигенов, чем поврежденные клетки, иммунизированным животным. Использование денатурации или жестких адъювантов, например, адъюванта Фрей-

да, может привести к повреждению клеток и, следовательно, не рекомендуется. Иммуноген можно вводить несколько раз с периодическими интервалами, такими как один раз в две недели или еженедельно, или можно вводить так, чтобы поддерживать жизнеспособность животного (например, в тканевом рекомбинанте). В другом варианте, существующие моноклональные антитела и любые другие эквивалентные антитела, которые являются иммуноспецифичными для желательного патогенного эпитопа, могут быть секвенированы и получены с использованием любых рекомбинантных способов, известных в данной области техники. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения подходящее антитело секвенируют и полинуклеотидную последовательность затем клонируют в вектор для экспрессии или размножения. Последовательность, кодирующая представляющее интерес антитело, можно поддерживать в векторе в клетке-хозяине, и затем клетка-хозяин может быть размножена и заморожена для последующего использования. Полинуклеотидную последовательность подходящих антител можно использовать для генетической манипуляции, чтобы получить моноспецифичные или полиспецифичные (например, биспецифические, триспецифичные и тетраспецифичные) молекулы согласно настоящему изобретению, а также антитело с оптимизированной аффинностью, химерное антитело, гуманизированное антитело и/или антитело, содержащее фрагменты антител собачьих, чтобы улучшить аффинность или другие характеристики антитела. Общий принцип гуманизации антитела включает сохранение основной последовательности антигенсвязывающей части антитела и замену оставшейся части антитела из вида, отличного от человека, последовательностями антител человека.

Природные антитела (такие как антитела IgG) состоят из двух легких цепей, связанных с двумя тяжелыми цепями. Каждая легкая цепь содержит переменный домен (VL) и константный домен (CL). Каждая тяжелая цепь содержит переменный домен (VH), три константных домена (CH1, CH2 и CH3) и шарнирный домен, расположенный между доменами CH1 и CH2. Основная структурная единица природных иммуноглобулинов (например, IgG), таким образом, представляет собой тетрамер, содержащий две легкие цепи и две тяжелые цепи, обычно экспрессируемые в виде гликопротеина массой приблизительно 150000 Да. Аминоконцевая ("N-концевая") часть каждой цепи содержит переменный домен, содержащий от 100 до 110 или более аминокислот, в основном ответственных за распознавание антигена. Карбоксиконцевая ("C-концевая") часть каждой цепи определяет константную область, при этом легкие цепи содержат один константный домен и тяжелые цепи обычно содержат три константных домена и шарнирный домен. Следовательно, структура легких цепей молекулы IgG представляет собой n-VL-CL-s, и структура тяжелых цепей IgG представляет собой n-VH-CH1-H-CH2-CH3-C (где H представляет собой шарнирный домен, и p и c представляют, соответственно, N-конец и C-конец полипептида). Переменные домены молекулы IgG состоят из гиперпеременных участков (CDR), которые содержат остатки, вступающие в контакт с эпитопом, и сегменты, отличные от CDR, называемые каркасными сегментами (FR), которые в целом поддерживают структуру и определяют расположение петель CDR, чтобы обеспечить такой контакт (хотя некоторые остатки каркасных участков также могут связываться с антигеном). Соответственно, домены VL и VH имеют структуру n-FR1-CDR1-FR2-CDR2-FR3-CDR3-FR4-C. Полипептиды, которые представляют собой (или могут выполнять их функции) первый, второй и третий CDR легкой цепи антитела, обозначены, соответственно, как домен CDRL1, домен CDRL2 и домен CDRL3. Аналогичным образом, полипептиды, которые представляют собой (или могут выполнять их функции) первый, второй и третий CDR тяжелой цепи антитела, обозначены, соответственно, как домен CDRH1, домен CDRH2 и домен CDRH3. Соответственно, термины домен CDRL1, домен CDRL2, домен CDRL3, домен CDRH1, домен CDRH2 и домен CDRH3 относятся к полипептидам, которые, когда они входят в состав белка, придают указанному белку способность связываться с определенным эпитопом независимо от того, является ли указанный белок антителом, содержащим легкие и тяжелые цепи, или диателом или одноцепочечной связывающей молекулой (например, scFv, BiTe и т.д.), или представляет собой другой тип белка. Соответственно, в настоящей заявке термин "эпитопсвязывающий фрагмент" означает фрагмент антитела, способный иммуноспецифично связываться с эпитопом, и термин "эпитопсвязывающий сайт" относится к той части молекулы, которая содержит эпитопсвязывающий фрагмент, который отвечает за связывание эпитопа. Эпитопсвязывающий сайт может содержать 1, 2, 3, 4, 5 или все 6 доменов CDR указанного антитела и, несмотря на то, что он способен иммуноспецифично связываться с указанным эпитопом, может проявлять иммуноспецифичность, аффинность или селективность в отношении эпитопа, который отличается от эпитопа указанного антитела. Предпочтительно, однако, эпитопсвязывающий фрагмент содержит все 6 доменов CDR указанного антитела. Эпитопсвязывающий фрагмент антитела может представлять собой одну полипептидную цепь (например, scFv) или может содержать две или более полипептидных цепей, каждая из которых имеет аминоконец и карбокси-конец (например, диатело, фрагмент Fab, фрагмент F(ab')₂ и т.д.).

Согласно настоящему изобретению, в частности, предложены одноцепочечные фрагменты переменных доменов ("scFv") антител к PD-1 согласно настоящему изобретению и мультиспецифичные связывающие молекулы, содержащие их. Одноцепочечные фрагменты переменных доменов получают путем соединения переменных доменов легкой цепи и/или тяжелой цепи с использованием короткого соединяющего пептида. В работе Bird et al. (1988) ("Single-Chain Antigen-Binding Proteins", Science 242:423-426) описан пример соединяющих пептидов, которые образуют связь длиной приблизительно

3,5 нм между карбоксиконцом одного варибельного домена и аминоконцом другого варибельного домена. Были разработаны и использованы линкеры, имеющие другие последовательности (Bird et al. (1988) "Single-Chain Antigen-Binding Proteins", Science 242:423-426). В свою очередь, линкеры могут быть модифицированы для придания им дополнительных функций, таких как прикрепление лекарственных препаратов или прикрепление к твердым подложкам. Одноцепочечные варианты могут быть получены рекомбинантными или синтетическими способами. Для получения scFv с помощью синтетических способов может быть использован автоматизированный синтезатор. Для получения scFv с помощью рекомбинантных способов подходящая плаزمид, содержащая полинуклеотид, который кодирует scFv, может быть введена в подходящую клетку-хозяина, например, эукариотическую клетку, такую как клетки дрожжей, растений, насекомых или млекопитающих, или прокариотическую клетку, такую как *E. coli*. Полинуклеотиды, которые кодируют представляющие интерес scFv, могут быть получены с помощью стандартных манипуляций, таких как лигирование полинуклеотидов. Полученный scFv может быть выделен с использованием стандартных способов очистки белка, известных в данной области техники.

В область настоящего изобретения, в частности, также включены гуманизированные варианты антител к PD-1 согласно настоящему изобретению и полиспецифичные связывающие молекулы, содержащие их. Термин "гуманизованное" антитело относится к химерной молекуле, обычно полученной с использованием рекомбинантных методик, содержащей антигенсвязывающий сайт иммуноглобулина из видов, отличных от человека, и остальную иммуноглобулиновую структуру молекулы, которая основана на структуре и/или последовательности иммуноглобулина человека. Антитела к PD-1 человека согласно настоящему изобретению включают гуманизированные, химерные варианты и варианты, содержащие фрагменты антител собачьих, антител MAT к PD-1 1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1. Полинуклеотидная последовательность варибельных доменов указанных антител может быть использована для генетической манипуляции, чтобы получить указанные производные и улучшить аффинность или другие характеристики указанных антител. Общий принцип гуманизации антитела включает сохранение основной последовательности антигенсвязывающей части антитела с заменой оставшейся части антитела из вида, отличного от человека, последовательностями антител человека. Существуют четыре общих этапа гуманизации моноклонального антитела. Указанные этапы включают:

(1) определение нуклеотидной и предсказанной аминокислотной последовательности исходных варибельных доменов легких и тяжелых цепей антитела,

(2) дизайн гуманизованного антитела или антитела, содержащего фрагменты антител собачьих, т.е. принимается решение о том, какой каркасный участок антитела будет использован во время процесса гуманизации или включения фрагментов антител собачьих,

(3) фактические методологии/методики гуманизации или включения фрагментов антител собачьих и

(4) трансфекцию и экспрессию гуманизованного антитела. См., например, патенты США №№ 4816567; 5807715; 5866692 и 6331415.

Антигенсвязывающий сайт может содержать полный варибельный домен, гибридный с константным доменом, или только гиперварибельные участки (CDR) указанного варибельного домена, привитые на соответствующие каркасные участки. Антигенсвязывающие сайты могут быть дикого типа или могут быть модифицированы одной или более заменами аминокислот. Это исключает константную область в качестве иммуногена у человека, однако сохраняется возможность иммунного ответа на чужеродный варибельный домен (LoBuglio A.F. et al. (1989) "Mouse/Human Chimeric Monoclonal Antibody In Man: Kinetics And Immune Response", Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.) 86:4220-4224). Другой подход сосредоточен не только на обеспечении константных областей человеческого происхождения, но и на модификации варибельных доменов, чтобы как можно более точно изменить их на человеческую форму. Известно, что варибельные домены тяжелых и легких цепей содержат три гиперварибельных участка (CDR), которые изменяются в зависимости от рассматриваемых антигенов и определяют способность к связыванию, фланкированных четырьмя каркасными участками (FR), которые являются относительно консервативными у данного вида и которые предположительно обеспечивают каркас для CDR. При получении антител из вида, отличного от человека, по отношению к определенному антигену, варибельные домены могут быть "преобразованы" или "гуманизованы" путем прививки CDR, полученных из антител из видов, отличных от человека, на FR, присутствующие в антителе человека, подлежащем модификации. Применение упомянутого подхода к различным антителам было описано в

Sato, K. *et al.* (1993) *Cancer Res* 53:851-856. Riechmann, L. *et al.* (1988) «*Reshaping Human Antibodies for Therapy*», *Nature* 332:323-327; Verhoeyen, M. *et al.* (1988) «*Reshaping Human Antibodies: Grafting An Antilysozyme Activity*», *Science* 239:1534-1536; Kettleborough, C. A. *et al.* (1991) «*Humanization Of A Mouse Monoclonal Antibody By CDR-Grafting: The Importance Of Framework Residues On Loop Conformation*», *Protein Engineering* 4:773-3783; Maeda, H. *et al.* (1991) «*Construction Of Reshaped Human Antibodies With HIV-Neutralizing Activity*», *Human Antibodies Hybridoma* 2:124-134; Gorman, S. D. *et al.* (1991) «*Reshaping A Therapeutic CD4 Antibody*», *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 88:4181-4185; Tempest, P.R. *et al.* (1991) «*Reshaping A Human Monoclonal Antibody To Inhibit Human Respiratory Syncytial Virus Infection in vivo*», *Bio/Technology* 9:266-271; Co, M. S. *et al.* (1991) «*Humanized Antibodies For Antiviral Therapy*», *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 88:2869-2873; Carter, P. *et al.* (1992) «*Humanization Of An Anti-p185her2 Antibody For Human Cancer Therapy*», *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 89:4285-4289; и Co, M.S. *et al.* (1992) «*Chimeric And Humanized Antibodies With Specificity For The CD33 Antigen*», *J. Immunol.* 148:1149-1154.

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения гуманизированные антитела сохраняют все последовательности CDR (например, гуманизированное мышинное антитело, которое содержит все шесть CDR из мышинных антител). Согласно другим вариантам реализации настоящего изобретения гуманизированные антитела содержат один или более CDR (один, два, три, четыре, пять или шесть), последовательности которых отличаются в сравнении с исходным антителом. Был описан ряд молекул "гуманизированных" антител, содержащих антигенсвязывающий сайт, полученный из иммуноглобулина из вида, отличного от человека, включая химерные антитела, содержащие варибельный домен грызуна или модифицированный варибельный домен грызуна, и связанные с ними гиперварибельные участки (CDR), гибридные с константными доменами человека (см., например, Winter *et al.* (1991) "Man-made Antibodies", *Nature* 349:293-299; Lobuglio *et al.* (1989) "Mouse/Human Chimeric Monoclonal Antibody In Man: Kinetics And Immune Response", *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 86:4220-4224 (1989), Shaw *et al.* (1987) "Characterization Of A Mouse/Human Chimeric Monoclonal Antibody (17-1A) To A Colon Cancer Tumor-Associated Antigen", *J. Immunol.* 138:4534-4538 и Brown *et al.* (1987) "Tumor-Specific Genetically Engineered Murine/Human Chimeric Monoclonal Antibody", *Cancer Res.* 47:3577-3583). В других ссылках описаны CDR грызунов, привитые в поддерживающий каркасный участок человека (FR), перед гибридизацией с соответствующими константными доменами человека (см., например, Riechmann, L. *et al.* (1988) "Reshaping Human Antibodies for Therapy", *Nature* 332:323-327; Verhoeyen M. *et al.* (1988) "Reshaping Human Antibodies: Grafting An Antilysozyme Activity", *Science* 239:1534-1536; и Jones *et al.* (1986) "Replacing The Complementarity-Determining Regions In A Human Antibody With Those From A Mouse", *Nature* 321:522-525). В другой ссылке описаны CDR грызунов, поддерживаемые каркасными участками грызунов после рекомбинации поверхностных остатков. См., например, публикацию европейского патента № 519596. Указанные "гуманизированные" молекулы предназначены для минимизации нежелательного иммунологического ответа на молекулы антител грызунов к белкам человека, что ограничивает продолжительность и эффективность терапевтического применения указанных фрагментов у реципиентов-людей. Другие способы гуманизации антител, которые также могут быть использованы, раскрыты в Daugherty *et al.* (1991) "Polymerase Chain Reaction Facilitates The Cloning, CDR-Grafting, And Rapid Expression Of A Murine Monoclonal Antibody Directed Against The CD18 Component Of Leukocyte Integrins", *Nucl. Acids Res.* 19:2471-2476, и в патентах США №№ 6180377; 6054297; 5997867 и 5866692.

II. Рецепторы Fc γ (Fc γ R).

Домены CH2 и CH3 двух тяжелых цепей взаимодействуют с образованием области Fc, которая представляет собой домен, распознаваемый клеточными рецепторами Fc, включая, но не ограничиваясь ими, рецепторы Fc-гамма (Fc γ R). В настоящей заявке термин "область Fc" используется для определения C-концевой области тяжелой цепи IgG. Аминокислотная последовательность домена CH2-CH3 примерного IgG1 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 1):

231 240 250 260 270 280

APELLGGPSV FLFPKPKD LMSRTPEVT CVVVDVSHED PEVKFNWYVD

290 300 310 320 330
 GVEVHNAKTK PREEQYNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKALPA

340 350 360 370 380
 PIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSREEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE

390 400 410 420 430
 WESNGQPENN YKTTTPVLDS DGSFFLYSKL TVDKSRWQQG NVFSCSVME

440 447
 ALHNHYTQKS LSLSPGX

пронумерованную с использованием индекса ЕС, как изложено в работе Кабат, где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Аминокислотная последовательность домена CH2-CH3 примерного IgG2 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 2):

231 240 250 260 270 280
 APPVA-GPSV FLFPPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSHED PEVQFNWYVD

290 300 310 320 330
 GVEVHNAKTK PREEQFNSTF RVVSVLTVVH QDWLNGKEYK CKVSNKGLPA

340 350 360 370 380
 PIEKTISKTK GQPREPQVYT LPPSREEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDISVE

390 400 410 420 430
 WESNGQPENN YKTTTPMLDS DGSFFLYSKL TVDKSRWQQG NVFSCSVME

440 447
 ALHNHYTQKS LSLSPGX

пронумерованную с использованием индекса ЕС, как изложено в работе Кабат, где Ч представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Аминокислотная последовательность домена CH2-CH3 примерного IgG3 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 3):

231 240 250 260 270 280
 APELLGGPSV FLFPPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSHED PEVQFKWYVD

290 300 310 320 330
 GVEVHNAKTK PREEQYNSTF RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKALPA

340 350 360 370 380
 PIEKTISKTK GQPREPQVYT LPPSREEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE

390 400 410 420 430
 WESSGQPENN YNTTTPMLDS DGSFFLYSKL TVDKSRWQQG NIFSCSVME

440 447
 ALHNRFTQKS LSLSPGX

пронумерованную с использованием индекса ЕС, как изложено в работе Кабат, где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Аминокислотная последовательность домена CH2-CH3 примерного IgG4 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 4):


```

231 240 250 260 270 280
APEFLGGPSV FLFPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSQED PEVQFNWYVD

290 300 310 320 330
GVEVHNAKTK PREEQFNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKGLPS

340 350 360 370 380
SIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSQEEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE

390 400 410 420 430
WESNGQPENN YKTTTPVLDS DGSFFLYSRL TVDKSRWQEG NVFSCSVMHE

440 447
ALHNNHTQKS LSLSLGX

```

пронумерованную с использованием индекса ЕС, как изложено в работе Кабат, где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

В настоящем описании нумерация остатков в константной области тяжелой цепи IgG соответствует индексу ЕС, как изложено в работе Kabat et al., *Sequences of Proteins of Immunological Interest*, 5th Ed. Public Health Service, NIH, MD (1991) ("Кабат"), полностью включенной в настоящую заявку посредством ссылки. Термин "индекс ЕС, как изложено в работе Кабат" относится к нумерации в соответствии с системой ЕС антитела IgG1 человека. Аминокислоты из вариабельных доменов зрелых тяжелых и легких цепей иммуноглобулинов обозначены в соответствии с положением аминокислоты в цепи. В работе Kabat et al. описаны многочисленные аминокислотные последовательности для антител, идентифицирована аминокислотная консенсусная последовательность для каждой подгруппы и каждой аминокислоте присвоен номер остатка, и CDR идентифицированы, как определено в работе Kabat et al. (следует понимать, что CDR_{H1}, определенный в работе Chothia, C. & Lesk, A. M. ((1987) "Canonical structures for the hypervariable regions of immunoglobulins", *J. Mol. Biol.* 196:901-917), начинается на пять остатков ранее). Схема нумерации Кабат может быть расширена на антитела, не включенные в его сборник, путем сопоставления рассматриваемого антитела с одной из консенсусных последовательностей в Кабат по отношению к консервативным аминокислотам. Этот способ присвоения номеров остатков стал стандартным в данной области техники и позволяет легко идентифицировать аминокислоты в эквивалентных положениях в разных антителах, включая химерные или гуманизированные варианты. Например, аминокислота в положении 50 легкой цепи антитела человека занимает положение, эквивалентное таковому для аминокислоты в положении 50 легкой цепи мышинового антитела.

Полиморфизмы наблюдали в ряде различных положений в константных областях антитела (например, в положениях CH1, включая, но не ограничиваясь ими, положения 192, 193 и 214, в положениях Fc, включая, но не ограничиваясь ими, положения 270, 272, 312, 315, 356 и 358, в соответствии с системой нумерации ЕС, изложенной в Кабат), и, соответственно, могут существовать небольшие различия между представленной последовательностью и последовательностями, известными из предшествующего уровня техники. Хорошо известны полиморфные формы иммуноглобулинов человека. В настоящее время известно 18 GM-аллотипов: G1m (1, 2, 3, 17) или G1m (a, x, f, z), G2m (23) или G2m (n), G3m (5, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 21, 24, 26, 27, 28) или G3m (b1, c3, b3, b0, b3, b4, s, t, g1, c5, u, v, g5) (Lefranc et al., "The Human IgG Subclasses: Molecular Analysis Of Structure, Function And Regulation". Pergamon, Oxford, pp. 43-78 (1990); Lefranc G. et al., 1979, *Hum. Genet.*: 50, 199-211). Согласно настоящему изобретению конкретно предусмотрено, что антитела согласно настоящему изобретению могут включать любой аллотип, изоаллотип или гаплотип любого гена иммуноглобулина и не ограничены аллотипом, изоаллотипом или гаплотипом последовательностей, обеспеченных в настоящем документе. Помимо этого в некоторых системах экспрессии С-концевой остаток аминокислоты (выделенный жирным шрифтом) домена CH3 может быть удален после трансляции. Соответственно, С-концевой остаток домена CH3 представляет собой необязательный остаток аминокислоты в PD-1-связывающих молекулах согласно настоящему изобретению. В область настоящего изобретения конкретно включены PD-1-связывающие молекулы, лишенные С-концевого остатка домена CH3. В область настоящего изобретения также конкретно включены конструкции, содержащие С-концевой остаток лизина домена CH3.

Активирующие и ингибирующие сигналы передаются посредством лигирования области Fc с клеточным рецептором Fc-гамма (FcγR). Способность указанного лигирования осуществлять диаметрально противоположные функции обусловлена структурными различиями между различными FcγR. Два различных домена в цитоплазматических сигнальных доменах рецептора, называемых иммунорецепторными тирозиновыми активирующими мотивами (ITAM) и иммунорецепторными тирозиновыми ингибирующими мотивами (ITIM), являются причиной различных ответов. Привлечение различных цитоплазматических ферментов к этим структурам обуславливает результат опосредуемых FcγR клеточных ответов. ITAM-содержащие комплексы FcγR включают FcγRI, FcγRIIA, FcγRIIA, тогда как ITIM-

содержащие комплексы включают только FcγRIIB. Нейтрофилы человека экспрессируют ген FcγRIIA. Кластеризация FcγRIIA посредством иммунных комплексов или специфичной сшивки антител служит для агрегации ИТАМ вместе с рецептор-ассоциированными киназами, которые способствуют фосфорилированию ИТАМ. Фосфорилирование ИТАМ служит местом стыковки для Syk-киназы, активация которой приводит к активации последующих субстратов (например, PI₃K). Клеточная активация приводит к высвобождению провоспалительных медиаторов. Ген FcγRIIB экспрессируется в В-лимфоцитах; внеклеточный домен FcγRIIB на 96% идентичен FcγRIIA и связывается с комплексами IgG аналогичным образом. Присутствие ИТМ в цитоплазматическом домене FcγRIIB определяет данный ингибирующий подкласс FcγR. Недавно была установлена молекулярная основа такого ингибирования. При совместном лигировании с активирующим FcγR ИТМ в FcγRIIB становится фосфорилированным и притягивает домен SH2 инозитолполифосфат-5'-фосфатазы (SHIP), который гидролизует фосфоинозитные мессинджеры, которые высвобождаются в результате активации тирозинкиназы, опосредуемой ИТАМ-содержащим FcγR, что впоследствии ведет к предотвращению притока внутриклеточного Ca²⁺. Соответственно сшивка FcγRIIB ослабляет активирующий ответ на лигирование FcγR и ингибирует клеточную восприимчивость. Как следствие, предотвращается активация В-клеток, пролиферация В-клеток и секреция антител.

III. Биспецифические антитела, полиспецифичные диатела и диатела DART®

Способность антитела связываться с эпитопом антигена зависит от присутствия и аминокислотной последовательности доменов VL и VH антитела. Взаимодействие легкой цепи антитела и тяжелой цепи антитела, и, в частности, взаимодействие их доменов VL и VH образует один из двух сайтов связывания эпитопов природного антитела. Природные антитела способны связываться только с одним видом эпитопов (т. е., они моноспецифичны), несмотря на то, что они могут связываться с несколькими копиями указанного вида эпитопа (т. е. проявляют бивалентность или поливалентность). Связывающие домены согласно настоящему изобретению связываются с эпитопами "иммуноспецифичным" образом. В настоящей заявке антитело, диатело или другая связывающая эпитоп молекула, как полагают, "иммуноспецифично" связывается с областью другой молекулы (т.е., эпитопом), если она реагирует или связывается чаще, быстрее, с большей продолжительностью и/или с большей аффинностью с данным эпитопом по сравнению с другими эпитопами. Например, антитело, которое иммуноспецифично связывается с вирусным эпитопом, представляет собой антитело, которое связывается с данным вирусным эпитопом с большей аффинностью, авидностью, более легко и/или с большей продолжительностью, по сравнению с его иммуноспецифичным связыванием с другими вирусными эпитопами или невирусными эпитопами. Также следует понимать, прочитав это определение, что, например, антитело (или фрагмент или эпитоп), которое иммуноспецифично связывается с первой мишенью, может, но необязательно, специфично или предпочтительно связываться со второй мишенью. Соответственно "иммуноспецифичное связывание" необязательно требует (хотя и может включать его) исключительного связывания. Как правило, но необязательно, ссылка на связывание означает "специфичное" связывание. Считается, что две молекулы способны связываться друг с другом "физиоспецифичным" образом, если такое связывание проявляет специфичность, с которой рецепторы связываются со своими соответствующими лигандами.

Функциональность антител может быть повышена путем получения полиспецифичных молекул на основе антител, которые могут одновременно связываться с двумя отдельными и разными антигенами (или различными эпитопами одного и того же антигена) и/или путем получения молекулы на основе антитела, имеющего более высокую валентность (т.е. более двух сайтов связывания) в отношении одного и того же эпитопа и/или антигена.

Для того чтобы обеспечить молекулы, обладающие большими функциональными возможностями, чем природные антитела, был разработан широкий спектр форматов рекомбинантных биспецифических антител (см., например, РСТ публикации WO 2008/003116, WO 2009/132876, WO 2008/003103, WO 2007/146968, WO 2009/018386, WO 2012/009544, WO 2013/070565), в большинстве из которых используют линкерные пептиды, чтобы гибридизовать дополнительный эпитопсвязывающий фрагмент (например, scFv, VL, VH и т.д.) с или в пределах центральной части антитела (IgA, IgD, IgE, IgG или IgM) или гибридизовать несколько фрагментов, связывающих эпитоп (например, два фрагмента Fab или scFv). В альтернативных форматах используют линкерные пептиды для гибридизации фрагмента, связывающего эпитоп (например, scFv, VL, VH и т.д.), с доменом димеризации, таким как домен CH2-CH3, или альтернативными полипептидами (WO 2005/070966, WO 2006/107786A WO 2006/107617A, WO 2007/046893). Как правило, упомянутые подходы включают компромиссные варианты и приемлемые варианты. Например, в РСТ публикациях WO 2013/174873, WO 2011/133886 и WO 2010/136172 раскрыто, что использование линкеров может вызвать проблемы в терапевтических условиях, и описано триспецифичное антитело, в котором домены CL и CH1 передвинуты с их соответствующих природных положений, а также домены VL и VH были диверсифицированы (WO 2008/027236, WO 2010/108127), чтобы придать им способность связываться более чем с одним антигеном. Соответственно, в молекулах, раскрытых в указанных документах, специфичность связывания изменена в пользу способности связываться с дополнительными видами антигенов. В РСТ публикациях WO 2013/163427 и WO 2013/119903 раскрыты модификации домена CH2 для включения аддукта гибридного белка, содержащего связывающий домен. В доку-

менте отмечено, что домен CH2, вероятно, играет лишь минимальную роль в качестве посредника эффекторной функции. В РСТ публикациях WO 2010/028797, WO2010028796 и WO 2010/028795 раскрыты рекомбинантные антитела, области Fc которых были заменены дополнительными доменами VL и VH так, чтобы получить трехвалентные связывающие молекулы. В РСТ публикациях WO 2003/025018 и WO2003012069 раскрыты рекомбинантные диатела, отдельные цепи которых содержат домены scFv. В РСТ публикации WO 2013/006544 раскрыты поливалентные молекулы Fab, которые синтезируют как одну полипептидную цепь и затем подвергают протеолизу с образованием гетеродимерных структур. Соответственно, в молекулах, раскрытых в указанных документах, все или некоторые функциональные возможности выступать посредниками эффекторной функции изменены в пользу способности связываться с дополнительными видами антигенов. В РСТ публикациях WO 2014/022540, WO 2013/003652, WO 2012/162583, WO 2012/156430, WO 2011/086091, WO 2008/024188, WO 2007/024715, WO 2007/075270, WO 1998/002463, WO 1992/022583 и WO 1991/003493 раскрыты способы добавления дополнительных связывающих доменов или функциональных групп к антителу или части антитела (например, добавление диатела к легкой цепи антитела или добавление дополнительных доменов VL и VH к легким и тяжелым цепям антитела, или добавление гетерологичного гибридного белка, или связывание нескольких доменов Fab друг с другом). Соответственно, в молекулах, раскрытых в указанных документах, нативная структура антител изменена в пользу способности связываться с дополнительными видами антигенов.

В данной области техники также упомянута возможность получения диател, которые отличаются от указанных природных антител своей способностью связываться с двумя или более различными видами эпитопов (т.е. проявляют биспецифичность или полиспецифичность в дополнение к бивалентной или поливалентной форме) (см., например,

Holliger *et al.* (1993) «*Diabodies*»: *Small Bivalent And Bispecific Antibody Fragments*», Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.) 90:6444-6448; US 2004/0058400 (Hollinger *et al.*); US 2004/0220388/WO 02/02781 (Mertens *et al.*); Alt *et al.* (1999) FEBS Lett. 454(1-2):90-94; Lu, D. *et al.* (2005) «*A Fully Human Recombinant IgG-Like Bispecific Antibody To Both The Epidermal Growth Factor Receptor And The Insulin-Like Growth Factor Receptor For Enhanced Antitumor Activity*», J. Biol. Chem. 280(20):19665-19672; WO 02/02781 (Mertens *et al.*); Olafsen, T. *et al.* (2004) «*Covalent Disulfide-Linked Anti-CEA Diabody Allows Site-Specific Conjugation And Radiolabeling For Tumor Targeting Applications*», Protein Eng. Des. Sel. 17(1):21-27; Wu, A. *et al.* (2001) «*Multimerization Of A Chimeric Anti-CD20 Single Chain Fv-Fv Fusion Protein Is Mediated Through Variable Domain Exchange*», Protein Engineering 14(2):1025-1033; Asano *et al.* (2004) «*A Diabody For Cancer Immunotherapy And Its Functional Enhancement By Fusion Of Human Fc Domain*», Abstract 3P-683, J. Biochem. 76(8):992; Takemura, S. *et al.* (2000) «*Construction Of A Diabody (Small Recombinant Bispecific Antibody) Using A Refolding System*», Protein Eng. 13(8):583-588; Baeuerle, P.A. *et al.* (2009) «*Bispecific T-Cell Engaging Antibodies For Cancer Therapy*», Cancer Res. 69(12):4941-4944).

Дизайн диател основан на получении производного антитела, известного как одноцепочечный фрагмент переменных доменов (scFv). Подходящие молекулы получают путем связывания переменных доменов легкой цепи и/или тяжелой цепи с использованием короткого соединяющего пептида. В работе Bird *et al.* (1988) ("Single-Chain Antigen-Binding Proteins", Science 242:423-426) описан пример соединяющих пептидов, которые образуют мостик длиной приблизительно 3,5 нм между карбоксиконцом одного переменного домена и аминоконцом другого переменного домена. Были разработаны и использованы линкеры, имеющие другие последовательности (Bird *et al.* (1988) "Single-Chain Antigen-Binding Proteins", Science 242:423-426). В свою очередь, линкеры могут быть модифицированы для придания им дополнительных функций, таких как прикрепление лекарственных препаратов или прикрепление к твердым подложкам. Одноцепочечные варианты могут быть получены рекомбинантными или синтетическими способами. Для получения scFv синтетическим способом может быть использован автоматизированный синтезатор. Для получения scFv рекомбинантными способами подходящая плазмида, содержащая полинуклеотид, который кодирует scFv, может быть введена в подходящую клетку-хозяина, например, эукариотическую клетку, например, клетки дрожжей, растений, насекомых или млекопитающих, или прокариотическую клетку, такую как клетка *E. coli*. Полинуклеотиды, которые кодируют представляющие интерес scFv, могут быть получены с помощью стандартных манипуляций, таких как лигирование полинуклеотидов. Полученный scFv может быть выделен с использованием стандартных способов очистки белка, известных в данной области техники. Обеспечение немоноспецифичных диател представляет значительное преимущество по сравнению с антителами, включая, но не ограничиваясь ими,

способность колигировать и колокализировать клетки, которые экспрессируют различные эпитопы. Соответственно биспецифические диатела имеют широкое применение, включая терапию и иммунодиагностику. Биспецифичность обеспечивает большую гибкость в разработке и модификации диател для различных вариантов применения, обеспечивая повышенную avidность в отношении мультимерных антигенов, сшивание различных антигенов и направленное нацеливание на конкретные типы клеток, которое основано на присутствии обоих антигенов-мишеней. Вследствие своей повышенной валентности, низких скоростей диссоциации и быстрого клиренса из системы кровообращения (для диател небольшого размера около или менее ~50 кДа), молекулы диател, известные в данной области техники, также нашли особое применение в области визуализации опухолей (Fitzgerald et al. (1997) "Improved Tumour Targeting By Disulphide Stabilized Diabodies Expressed In *Pichia pastoris*", *Protein Eng.* 10:1221). Биспецифичность диател легла в основу их применения для колигирования различных клеток, например, сшивки цитотоксических Т-клеток с опухолевыми клетками (Staerz et al. (1985) "Hybrid Antibodies Can Target Sites For Attack By T Cells", *Nature* 314:628-631, и Holliger et al. (1996) "Specific Killing Of Lymphoma Cells By Cytotoxic T-Cells Mediated By A Bispecific Diabody", *Protein Eng.* 9:299-305; Marvin et al. (2005) "Recombinant Approaches To IgG-Like Bispecific Antibodies", *Acta Pharmacol. Sin.* 26:649-658). В другом варианте, или дополнительно, биспецифические диатела могут быть использованы для колигирования рецепторов на поверхности различных клеток или на одной клетке. Колигирование различных клеток и/или рецепторов можно применять для модуляции эффекторных функций и/или передачи сигналов с участием иммунных клеток. Полиспецифичные молекулы (например, биспецифические диатела), содержащие сайты связывания эпитопов, могут быть направлены на поверхностную детерминанту любой иммунной клетки, такую как B7-H3 (CD276), B7-H4 (VTCN1), BTLA (CD272), CD3, CD8, CD16, CD27, CD32, CD40, CD40L, CD47, CD64, CD70 (CD27L), CD80 (B7-1), CD86 (B7-2), CD94 (KLRD1), CD137 (4-1BB), CD137L (4-1BBL), CD226, CTLA-4 (CD152), галектин-9, GITR, GITRL, HHLA2, ICOS (CD278), ICOSL (CD275), рецептор активации клеток-киллеров (KIR), LAG-3 (CD223), LIGHT (TNFSF14, CD258), ГКГС класса I или II, NKG2a, NKG2d, OX40 (CD134), OX40L (CD134L), PD1H, PD-1 (CD279), PD-L1 (B7-H1, CD274), PD-L2 (B7-CD, CD273), PVR (NECL5, CD155), SIRPa, TCR, TIGIT, TIM-3 (HAVCR2), и/или VISTA (PD-1H), которые экспрессируются на Т-лимфоцитах, природных клетках-клетках (NK), антигенпрезентирующих клетках или других мононуклеарных клетках. В частности, сайты связывания эпитопов, направленные на рецептор клеточной поверхности (или его лиганд), который участвует в регулировании контрольной точки иммунного ответа, можно применять для получения биспецифических или полиспецифичных связывающих молекул, которые выступают антагонистами или блокируют ингибирующую передачу сигналов молекулами контрольной точки иммунного ответа и тем самым стимулируют, активируют или усиливают иммунные ответы у субъекта. Молекулы, участвующие в регулировании иммунных контрольных точек, включают, но не ограничиваются ими, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD40L, CD47, CD70, CD80, CD86, CD94, CD137, CD137L, CD226, CTLA-4, галектин-9, GITR, GITRL, HHLA2, ICOS, ICOSL, KIR, LAG-3, LIGHT, ГКГС класса I или II, NKG2a, NKG2d, OX40, OX40L, PD1H, PD-1, PD-L1, PD-L2, PVR, SIRPa, TCR, TIGIT, TIM-3 и/или VISTA.

Однако вышеупомянутые преимущества сопряжены со значительными затратами. Для образования указанных немоноспецифичных диател необходима успешная сборка двух или более отдельных и различных полипептидов (т.е. указанный процесс образования требует, чтобы диатела были образованы путем гетеродимеризации различных типов полипептидных цепей). Этот факт отличается от ситуации с моноспецифичными диателами, которые образуются путем гомодимеризации идентичных полипептидных цепей. Поскольку по меньшей мере два различных полипептида (т.е. две полипептидные молекулы) должны быть обеспечены для образования немоноспецифичного диатела и поскольку гомодимеризация таких полипептидов приводит к получению неактивных молекул (Takemura, S. et al. (2000) "Construction Of A Diabody (Small Recombinant Bispecific Antibody) Using A Refolding System", *Protein Eng.* 13(8):583-588), получение указанных полипептидов должно быть выполнено так, чтобы предотвратить ковалентное связывание между полипептидами одного и того же типа (т.е., чтобы предотвратить гомодимеризацию) (Takemura, S. et al. (2000) "Construction Of A Diabody (Small Recombinant Bispecific Antibody) Using A Refolding System", *Protein Eng.* 13(8):583-588). В этой связи в данной области техники было предложено нековалентное соединение таких полипептидов (см., например, Olafsen et al. (2004) "Covalent Disulfide-Linked Anti-CEA Diabody Allows Site-Specific Conjugation And Radiolabeling For Tumor Targeting Applications", *Prot. Engr. Des. Sel.* 17:21-27; Asano et al. (2004) "A Diabody For Cancer Immunotherapy And Its Functional Enhancement By Fusion Of Human Fc Domain", *Abstract 3P-683, J. Biochem.* 76(8):992; Takemura, S. et al. (2000) "Construction Of A Diabody (Small Recombinant Bispecific Antibody) Using A Refolding System", *Protein Eng.* 13(8):583-588; Lu, D. et al. (2005) "A Fully Human Recombinant IgG-Like Bispecific Antibody To Both The Epidermal Growth Factor Receptor And The Insulin-Like Growth Factor Receptor For Enhanced Antitumor Activity", *J. Biol. Chem.* 280(20): 19665-19672).

Однако в данной области техники установлено, что биспецифические диатела, состоящие из нековалентно связанных полипептидов, являются нестабильными и легко диссоциируют на нефункциональные мономеры (см., например, Lu, D. et al. (2005) "A Fully Human Recombinant IgG-Like Bispecific Antibody To Both The Epidermal Growth Factor Receptor And The Insulin-Like Growth Factor Receptor For En-

hanced Antitumor Activity", *J. Biol. Chem.* 280(20): 19665-19672).

В свете этой проблемы в данной области техники удалось разработать стабильные, ковалентно связанные гетеродимерные немоноспецифичные диатела, названные диатела DART® (Dual Affinity Re-Targeting Reagents (перенаправляющие реагенты с двойной аффинностью)); см., например, публикации патентов США №№ 2013-0295121; 2010-0174053 и 2009-0060910; публикации европейских патентов EP 2714079; EP 2601216; EP 2376109; EP 2158221 и PCT публикации WO 2012/162068; WO 2012/018687; WO 2010/080538; и Sloan, D.D. et al. (2015) "Targeting HIV Reservoir in Infected CD4 T Cells by Dual-Affinity Re-targeting Molecules (DARTs) that Bind HIV Envelope and Recruit Cytotoxic T Cells", *PLoS Pathog.* 11(11):e1005233. doi: 10.1371/journal.ppat.1005233; Al Hussaini, M. et al. (2015) "Targeting CD123 In AML Using A T-Cell Directed Dual-Affinity Re-Targeting (DART®) Platform", *Blood pii: blood-2014-05-575704*; Chichili, G.R. et al. (2015) "A CD3xCD123 Bispecific DART For Redirecting Host T Cells To Myelogenous Leukemia: Preclinical Activity And Safety In Nonhuman Primates", *Sci. Transl. Med.* 7(289):289ra82; Moore, P.A. et al. (2011) "Application Of Dual Affinity Retargeting Molecules To Achieve Optimal Redirected T-Cell Killing Of B-Cell Lymphoma", *Blood* 117(17):4542-4551; Veri, M.C. et al. (2010) "Therapeutic Control Of B Cell Activation Via Recruitment Of Fcγ Receptor IIb (CD32B) Inhibitory Function With A Novel Bispecific Antibody Scaffold", *Arthritis Rheum.* 62(7): 1933-1943; Johnson S. et al. (2010) "Effector Cell Recruitment With Novel Fv-Based Dual-Affinity Re-Targeting Protein Leads To Potent Tumor Cytolysis And in vivo B-Cell Depletion", *J. Mol. Biol.* 399(3):436-449). Указанные диатела содержат два или более ковалентно связанных полипептидов и включают модификацию одного или более остатков цистеина в каждой из используемых полипептидных молекул, что позволяет формировать дисульфидные связи и тем самым ковалентно связывать две полипептидные цепи. Например, было показано, что добавление остатка цистеина к С-концу указанных конструкций обеспечивает образование дисульфидной связи между полипептидными цепями, стабилизируя полученный гетеродимер без отрицательного влияния на характеристики связывания двухвалентной молекулы.

Каждый из двух полипептидов простейшего биспецифического диатела DART состоит из трех доменов. Первый полипептид содержит (в направлении от N-конца к С-концу):

- (i) первый домен, который содержит связывающую область из переменного домена легкой цепи первого иммуноглобулина (VL1),
- (ii) второй домен, который содержит связывающую область из переменного домена тяжелой цепи второго иммуноглобулина (VH2), и
- (iii) третий домен, который содержит остаток цистеина (или содержащий цистеин домен), и домен, способствующий образованию гетеродимера, который служит для стимулирования гетеродимеризации со вторым полипептидом диатела и для ковалентной связи первого и второго полипептидов диатела друг с другом.

Второй полипептид содержит (в направлении от N-конца к С-концу):

- (i) первый домен, который содержит связывающую область из переменного домена легкой цепи второго иммуноглобулина (VL2),
- (ii) второй домен, который содержит связывающую область из переменного домена тяжелой цепи первого иммуноглобулина (VH1), и
- (iii) третий домен, который содержит остаток цистеина (или содержащий цистеин домен), и комплементарный домен, способствующий образованию гетеродимера, который объединяется с доменом, стимулирующим образование гетеродимера, первой полипептидной цепи, чтобы стимулировать гетеродимеризацию с первой полипептидной цепью.

Остаток цистеина (или содержащий цистеин домен) третьего домена второй полипептидной цепи стимулирует образование ковалентной связи между второй полипептидной цепью и первой полипептидной цепью диатела. Указанные молекулы являются стабильными, эффективными и обладают способностью одновременно связываться с двумя или более антигенами. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения третьи домены первого и второго полипептидов содержат остаток цистеина, который служит для связывания полипептидов посредством дисульфидной связи. На фиг. 1 представлена схема указанного диатела, в котором для образования ковалентной связи используются домены, способствующие образованию гетеродимера, содержащие E-спираль/K-спираль, и содержащий цистеин линкер. Как показано на фиг. 2 и 3A-3C, один или оба полипептида могут дополнительно содержать последовательность домена CH2-CH3 так, что соединение двух полипептидов диатела образует область Fc, которая способна связываться с рецептором Fc клеток (таких как В-лимфоциты, дендритные клетки, природные клетки-киллеры, макрофаги, нейтрофилы, эозинофилы, базофилы и тучные клетки). Как более подробно описано ниже, домены CH2 и/или CH3 указанных полипептидных цепей не обязательно должны иметь идентичные последовательности, и предпочтительно модифицированы, чтобы содействовать соединению двух полипептидных цепей.

Было описано множество вариантов указанных молекул (см, например, публикации патентов США №№ 2015/0175697; 2014/0255407; 2014/0099318, 2013/0295121, 2010/0174053 и 2009/0060910; публикации европейских патентов EP 2714079 EP 2601216, EP 2376109, EP 2158221 и PCT публикации WO

2012/162068, WO 2012/018687, WO 2010/080538). Указанные диатела DART®, содержащие область Fc, могут содержать две пары полипептидных цепей. Первая полипептидная цепь содержит (в направлении от N-конца к C-концу):

- (i) первый домен, который содержит связывающую область из переменного домена легкой цепи первого иммуноглобулина (VL1),
- (ii) второй домен, который содержит связывающую область из переменного домена тяжелой цепи второго иммуноглобулина (VH2),
- (iii) третий домен, который содержит остаток цистеина (или содержащий цистеин домен) и стимулирует гетеродимеризацию со вторым полипептидом диатела и образование ковалентной связи между первым и вторым полипептидами диатела, и
- (iv) домен CH2-CH3.

Второй полипептид содержит (в направлении от N-конца к C-концу):

- (i) первый домен, который содержит связывающую область из переменного домена легкой цепи второго иммуноглобулина (VL2),
- (ii) второй домен, который содержит связывающую область из переменного домена тяжелой цепи первого иммуноглобулина (VH1), и
- (iii) третий домен, который содержит остаток цистеина (или содержащий цистеин домен), и домен, способствующий образованию гетеродимера, который стимулирует гетеродимеризацию с первой полипептидной цепью.

В данном случае два первых полипептида соединяются друг с другом с образованием области Fc. На фиг. 3A-3C представлены схемы трех вариантов указанных диател, в которых используются разные домены, способствующие образованию гетеродимера. Другие диатела DART®, содержащие область Fc, могут содержать три полипептидные цепи. Первый полипептид указанных диател DART® содержит три домена:

- (i) домен, содержащий VL1,
 - (ii) домен, содержащий VH2, и
 - (iii) домен, содержащий последовательность CH2-CH3.
- Второй полипептид указанных диател DART содержит:

- (i) домен, содержащий VL2,
- (ii) домен, содержащий VH1, и
- (iii) домен, который стимулирует гетеродимеризацию и образование ковалентной связи с первой полипептидной цепью диатела.

Третий полипептид указанных диател DART содержит последовательность CH2-CH3. Соответственно, первая и вторая полипептидные цепи указанных диател DART связываются с образованием сайта связывания VL1/VH1, который способен связываться с эпитопом, а также сайта связывания VL2/VH2, который способен связываться со вторым эпитопом. Такие более сложные молекулы DART® также содержат цистеинсодержащие домены, которые участвуют в образовании ковалентно связанного комплекса. Соответственно, первый и второй полипептиды связаны друг с другом посредством дисульфидной связи между остатками цистеина в их соответствующих третьих доменах. Примечательно, что первая и третья полипептидные цепи соединяются друг с другом с образованием области Fc, которая стабилизируется посредством дисульфидной связи. На фиг. 4A-4B представлены схемы указанных диател, содержащих три полипептидные цепи.

Другие диатела DART®, содержащие область Fc, могут содержать пять полипептидных цепей, которые могут содержать связывающие области из переменных доменов легкой цепи и тяжелой цепи вплоть до трех различных иммуноглобулинов (называемых VL1/VH1, VL2/VH2 и VL3/VH3). Например, первая полипептидная цепь указанных диател может содержать:

- (i) домен, содержащий VH1,
- (ii) домен, содержащий CH1, и
- (iii) домен, содержащий последовательность CH2-CH3.

Вторая и пятая полипептидные цепи указанных диател могут содержать:

- (i) домен, содержащий VL1, и
- (ii) домен, содержащий CL.

Третья полипептидная цепь указанных диател может содержать:

- (i) домен, содержащий VH1,
- (ii) домен, содержащий CH1,
- (iii) домен, содержащий последовательность CH2-CH3,
- (iv) домен, содержащий VL2,
- (v) домен, содержащий VH3, и
- (vi) домен, способствующий образованию гетеродимера, причем домены, способствующие образованию гетеродимера, стимулируют димеризацию третьей цепи с четвертой цепью.

Четвертый полипептид указанных диател может содержать:

- (i) домен, содержащий VL3,
- (ii) домен, содержащий VH2, и
- (iii) домен, который стимулирует гетеродимеризацию и образование ковалентной связи с третьей полипептидной цепью диатела.

В данном случае первый и третий полипептиды соединяются друг с другом с образованием области Fc. Такие более сложные молекулы DART® также содержат цистеинсодержащие домены, которые участвуют в образовании ковалентно связанного комплекса так, что каждая полипептидная цепь связана с по меньшей мере одной дополнительной полипептидной цепью посредством дисульфидной связи с участием остатков цистеина. Предпочтительно указанные домены упорядочены в направлении от N-конца к C-концу. На фиг. 5 представлены схемы указанных диател, содержащих пять полипептидных цепей.

Альтернативные конструкции известны в данной области техники для вариантов применения, в которых предпочтительной является четырехвалентная молекула, но область Fc не требуется, включая, но не ограничиваясь ими, четырехвалентные тандемные антитела, также называемые "TandAbs" (см., например, публикации патентов США №№ 2005-0079170, 2007-0031436, 2010-0099853, 2011-020667 2013-0189263; публикации европейских патентов EP 1078004, EP 2371866, EP 2361936 и EP 1293514; PCT публикации WO 1999/057150, WO 2003/025018 и WO 2013/013700), которые образованы путем гомодимеризации двух идентичных цепей, каждая из которых содержит домен VH1, VL2, VH2 и VL2.

Недавно были описаны трехвалентные структуры, включающие два связывающих домена, характерных для диател, и один домен типа, не характерного для диател, и область Fc (см., например, PCT публикацию: PCT/US15/33076, озаглавленную "Триспецифичные связывающие молекулы и способы их применения", поданную 29 мая 2015 г., и PCT/US15/33081, озаглавленную "Триспецифичные связывающие молекулы, которые специфично связываются с несколькими антигенами рака и способы их применения", поданную 29 мая 2015 г.). Указанные трехвалентные молекулы могут быть использованы для получения моноспецифичных, биспецифических или триспецифичных молекул. На фиг. 6A-6F представлены схемы указанных трехвалентных молекул, содержащих 3 или 4 полипептидные цепи.

IV. Молекулы, связывающие PD-1 человека, согласно настоящему изобретению

Предпочтительные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению включают антитела, диатела, ViTE и т.д. и способны связываться с непрерывной или прерывистой (например, конформационной) частью (эпитопом) PD-1 человека (CD279). Молекулы, связывающие PD-1 человека, согласно настоящему изобретению предпочтительно также способны связываться с молекулами PD-1 одного или более видов, отличных от человека, в частности с PD-1 приматов (и частности таких видов приматов как яванские макаки). Типичный полипептид PD-1 (последовательность в NCBI NP_005009.2; включая сигнальную последовательность из 20 остатков аминокислот (показаны подчеркиванием) и 268 остатков аминокислот зрелого белка) содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 68):

MQIQAPWFPV VWAVLQLGWR PGWFLDSPDR PWNPPTFSPA LLVVTEGDNA
 TFTCSFSNTS ESFVLNWMYR SPSNQTDKLA AFPEDRSQPG QDCRFRTQL
 ENGRDFHMSV VRARRNDSGT YLCGAISLAP KAQIKESLRA ELRVTERRAE
 VPTAHPSPSP RPAGQFQTLV VGVVGGLLGS LVLLVWVLAV ICSRAARGTI
 GARRTGQPLK EDPSAVPVFS VDYGELDFQW REKTPPEPVP CVPEQTEYAT

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения молекулы, связывающие PD-1 человека, согласно настоящему изобретению характеризуются любым (одним или более) из следующих критериев:

- (1) специфично связывается с PD-1 человека, эндогенно экспрессируемым на поверхности стимулированной Т-клетки человека;
- (2) специфично связывается с PD-1 человека с равновесной константой связывания (K_d) 40 нМ или менее;
- (3) специфично связывается с PD-1 человека с равновесной константой связывания (K_D) 5 нМ или менее;
- (4) специфично связывается с PD-1 человека со скоростью прямой реакции (k_a) $1,5 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ мин}^{-1}$ или более;
- (5) специфично связывается с PD-1 человека со скоростью прямой реакции (k_a) $90,0 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ мин}^{-1}$ или более;
- (6) специфично связывается с PD-1 человека со скоростью обратной реакции (k_d) $7 \times 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$ или менее;
- (7) специфично связывается с PD-1 человека со скоростью обратной реакции (k_d) $2 \times 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$ или менее;
- (8) специфично связывается с PD-1 примата, отличного от человека (например, PD-1 яванской макаки);
- (9) ингибирует (т.е. блокирует или препятствует) связывание/ингибирующую активность лиганда

PD-1 (PD-L1/PD-L2) с PD-1;

(10) стимулирует иммунный ответ и/или

(11) оказывает синергическое действие с антителом к LAG-3 человека, чтобы стимулировать антигенспецифичный ответ Т-клеток.

В настоящей заявке термин "антигенспецифичный ответ Т-клеток" относится к ответам Т-клетки, которые являются результатом стимуляции Т-клетки антигеном, в отношении которого специфична Т-клетка. Неограничивающие примеры ответов Т-клеток при антигенспецифичной стимуляции включают пролиферацию и выработку цитокинов (например, выработку ФНО- α , ИФН- γ). Способность молекулы стимулировать антигенспецифичный ответ Т-клеток может быть определена, например, с использованием количественного исследования МКПК, стимулированных энтеротоксином типа В *Staphylococcus aureus* ("SEB"), описанного в настоящем документе.

Предпочтительные молекулы, связывающие PD-1 человека, согласно настоящему изобретению содержат домены VH и/или VL мышиных моноклональных антител к PD-1 человека "MAT к PD-11", "MAT 2 к PD-1", "MAT 3 к PD-1", "MAT 4 к PD-1", "MAT 5 к PD-1", "MAT 6 к PD-1", "MAT 7 к PD-1", "MAT 8 к PD-1", "MAT 9 к PD-1", "MAT 10 к PD-1", "MAT 11 к PD-1", "MAT 12 к PD-1", "MAT 13 к PD-1", "MAT 14 к PD-1" или "MAT 15 к PD-1", и более предпочтительно содержат 1, 2 или все 3 CDR_H домена VH и/или 1, 2 или все 3 CDR_L домена VL указанных моноклональных антител к PD-1 человека. Указанные предпочтительные молекулы, связывающие PD-1 человека, включают биспецифические (или полиспецифичные) антитела, химерные или гуманизированные антитела, BiTe, диатела и т.д., и указанные связывающие молекулы, содержащие варианты областей Fc.

Согласно настоящему изобретению в частности предложены PD-1-связывающие молекулы, содержащие PD-1-связывающий домен, которые содержат:

- (A) (1) три CDR_H домена VH MAT к PD-1 1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT к PD-1 1;
- (3) три CDR_H домена VH MAT к PD-1 1 и три CDR_L домена VL MAT к PD-1 1;
- (4) домен VH из VH1 MAT к hPD-1 1;
- (5) домен VL из VL1 MAT к hPD-1 1;
- (6) домены VH и VL MAT к hPD-1 1;
- (B) (1) три CDR_H домена VH MAT 2 к PD-1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 2 к PD-1;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 2 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 2 к PD-1;
- (4) домен VH из VH1 MAT к hPD-1 2;
- (5) домен VL из VL1 MAT к hPD-1 2;
- (6) домены VH и VL MAT к hPD-1 2;
- (C) (1) три CDR_H домена VH MAT 3 к PD-1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 3 к PD-1;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 3 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 3 к PD-1;
- (D) (1) три CDR_H домена VH MAT 4 к PD-1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 4 к PD-1;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 4 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 4 к PD-1;
- (E) (1) три CDR_H домена VH MAT 5 к PD-1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 5 к PD-1;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 5 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 5 к PD-1;
- (F) (1) три CDR_H домена VH MAT 6 к PD-1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 6 к PD-1;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 6 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 6 к PD-1;
- (G) (1) три CDR_H домена VH MAT 7 к PD-1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 7 к PD-1 или VL2 MAT к hPD-1 7 или VL3 MAT к hPD-1 7;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 7 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 7 к PD-1 или VL2 MAT к hPD-17, VL3 MAT к hPD-17;
- (4) домен VH из VH1 MAT к hPD-1 7 или VH2 MAT к hPD-1 7;
- (5) домен VL из VL1 MAT к hPD-1 7 или VL2 MAT к hPD-1 7, или VL3 MAT к hPD-1 7;
- (6) домены VH и VL MAT к hPD-1 7(1.1) или MAT к hPD-1 7(1.2), или MAT к hPD-1 7(1.3), или MAT к hPD-1 7(2.1), или MAT к hPD-1 7(2.2), или MAT к hPD-1 7(2.3);
- (H) (1) три CDR_H домена VH MAT 8 к PD-1;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 8 к PD-1;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 8 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 8 к PD-1;
- (I) (1) три CDR_H домена VH MAT 9 к PD-1 или VH2 MAT к hPD-1 9;
- (2) три CDR_L домена VL MAT 9 к PD-1 или VL2 MAT к hPD-1 9;
- (3) три CDR_H домена VH MAT 9 к PD-1 или VH2 MAT к hPD-1 9 и три CDR_L домена VL MAT 9 к PD-1 или VL2 MAT к hPD-1 9;
- (4) домен VH из VH1 MAT к hPD-1 9 или VH2 MAT к hPD-1 9;

(5) домен VL из VL1 MAT к hPD-1 9 или VL2 MAT к hPD-1 9;
 (6) домены VH и VL MAT к hPD-1 9(1.1) или MAT к hPD-1 9(1.2), или MAT к hPD-1 9(2.1), или MAT к hPD-1 9(2.2);

(J) (1) три CDR_H домена VH MAT 10 к PD-1;

(2) три CDR_L домена VL MAT 10 к PD-1;

(3) три CDR_H домена VH MAT 10 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 10 к PD-1;

(K) (1) три CDR_H домена VH MAT 11 к PD-1;

(2) три CDR_L домена VL MAT 11 к PD-1;

(3) три CDR_H домена VH MAT 11 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 11 к PD-1;

(L) (1) три CDR_H домена VH MAT 12 к PD-1;

(2) три CDR_L домена VL MAT 12 к PD-1;

(3) три CDR_H домена VH MAT 12 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 12 к PD-1;

(M) (1) три CDR_H домена VH MAT 13 к PD-1;

(2) три CDR_L домена VL MAT 13 к PD-1;

(3) три CDR_H домена VH MAT 13 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 13 к PD-1;

(N) (1) три CDR_H домена VH MAT 14 к PD-1;

(2) три CDR_L домена VL MAT 14 к PD-1;

(3) три CDR_H домена VH MAT 14 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 14 к PD-1;

(O) (1) три CDR_H домена VH MAT 15 к PD-1;

(2) три CDR_L домена VL MAT 15 к PD-1;

(3) три CDR_H домена VH MAT 15 к PD-1 и три CDR_L домена VL MAT 15 к PD-1;

(4) домен VH из VH1 MAT к hPD-1 15;

(5) домен VL из VL1 MAT к hPD-1 15;

(6) домены VH и VL MAT к hPD-1 15; или

который связывается или конкурирует за связывание с одним и тем же эпитопом, что и MAT к PD-1 1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1.

А. Моноклональное антитело к PD-1 человека 1

1 Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 1

Ниже представлена аминокислотная последовательность домена VH MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 69) (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

DVQLQESGPG RVKPSQSLSL TCTVTGFSIT NDYAWNWIRQ FPGNKLEWMG
HITYSGSTSY NPSLKSRISI TRDTSKNHFF LQLSSVTPED TATYYCARDY
SGGYPYTLDY WGQGTSVTVS S

CDR_H1 MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 71): NDYAWN

CDR_H2 MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 72): HITYSGSTSYNPSLKS

CDR_H3 MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 73): DYSGGYPYTLDY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT к PD-1 1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 70 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

cagatccagt gatgtgcagc ttcaggagtc gggacctggc cgggtgaaac
 cttctcagtc tctgtccctc acctgcactg tcaactggct ctcaatcacc
aatgattatg cctggaactg gatccgacag tttccaggaa acaaaactgga
 gtggatgggc cacataacct acagtggcag cactagctac aacctatctc
tcaaaagtcg aatctctatc actcgggaca catccaagaa ccacttcttc
 ctgcagttga gttctgtgac tcttgaggac acagccacat attactgtgc
 aagagattac ggtagtggt acccctatac tttggactac tgggggtcaag
 gtacctcagt caccgtctcc tcc

Аминокислотная последовательность домена VL MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 74) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

QIVLTQSPAL MSASPGKVT MTCSATSIVS YVYWYQKPG SSPQPWIYLT
SNLASGVPAR FSGSGSGTSY SLTISSMEAE DAATYYCQQW SDNPYTFGGG TKLEIK

CDR_L1 MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 76): SATSIVSYVY

CDR_L2 MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 77): LTSNLAS

CDR_L3 MAT к PD-1 1 (SEQ ID NO: 78): QQWSDNPYT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT к PD-1 1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 75 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

нием):

caaatgttc tcaccagtc tccagcactc atgtctgcat ctccagggga
 gaaggtcacc atgacctgca gtgccacctc aattgtaagt tacgtttact
 ggtaccagca gaagcctgga tctcccccc aaccctggat ttatctcaca
tccaacctgg cttctggagt ccttgctcgc ttcagtggca gtgggtctgg
 gacctttac tctctcaca tcaagcagcat ggaggctgaa gatgctgcca
 cttattactg cagcagtggt agtgataacc cgtacacgtt cggagggggg
 accaagctgg aaataaaa

2 Гуманизация моноклонального антитела к PD-1, МАТ к PD-1 1, чтобы получить "МАТ к hPD-1 1"

Вышеописанное мышинное антитело к PD-1 человека, МАТ к PD-1 1, было гуманизировано и дополнительно деиммунизировано после идентификации антигенных эпитопов, чтобы продемонстрировать возможность гуманизации антитела к PD-1 человека с целью уменьшения его антигенности при введении человеку-реципиенту. В результате гуманизации получили один гуманизированный домен VH, обозначенный в настоящем документе как "VH1 МАТ к hPD-1 1", и один гуманизированный домен VL, обозначенный в настоящем документе как "VL1 МАТ к hPD-1 1". Соответственно антитело, содержащее гуманизированные домены VL, спаренные с гуманизированным доменом VH, называется "МАТ к hPD-1 1".

Аминокислотная последовательность домена VH из VH1 МАТ к hPD-1 1 (SEQ ID NO: 79) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

DVQLQESGPG LVKPSQTLSL TCTVSGFSIS NDYAWNWIRQ PPGKGLEWIG
HITYSGSTSY NPSLKSRLLI TRDTSKNQFV LTMTNMDPVD TATYYCARDY
GSGYPYTLDY WGQGTTVTVS S

Примерный полинуклеотид, который кодирует VH1 МАТ к hPD-1 1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 80 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gacgtacagc tccaggaag tggcccaggt ctggtgaagc catcccagac
 actgagcctg acttgaccg tgagtggtt ctccatctca aatgactacg
cctggaattg gattaggcag cctcccggta aagggctgga gtggatcggc
cacatcacat acagcggctc cacatcatat aatcccagtc tgaagagccg
 tcttaccatt actcgcgaca ctagtaagaa ccagtttgtt ctgaccatga
 ccaacatgga cctgtggat actgcaacat actattgtgc tcgaggattat
ggttctgggtt acccttatac actcgactac tggggacaggg gaaccactgt
 gaccgtgagc tcc

Аминокислотная последовательность домена VL из VL1 МАТ к hPD-1 1 (SEQ ID NO: 81) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EIVLTQSPAT LSVSPGEKVT ITCSATSIVS YVYWYQQKPG QAPQPLIYLT
SNLASGIPAR FSGSGSDF TLTSSLEAE DAATYYCQOW SDNPYTFGGG TKVEIK

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL1 МАТ к hPD-1 1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 82 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaaatcggtc tgaccagag cccagcaacc ctgtctgtct cccccggaga
 aaaggtcacc attactgtgt ctgctacttc tatcgtgtcc tacgtgtact
 ggtatcagca gaagcccgt caggtcccc agccattgat atatctgacc
agcaacctgg cttctggat ccagctcgt ttttccggta gcgggtccgg
 gactgatttc actttgacta tcagctctct ggaggcagaa gacgccgca
 cctattattg caacagtggt tcagacaatc catacacttt tggcgggtggc
 accaaagtgc aaataaag

В. Моноклональное антитело к PD-1 человека 2

1 Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 2

Аминокислотная последовательность домена VH МАТ 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 83) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

DVQLVESGGG LVQPGGSRKL SCAASGFVFS SFGMHWVRQA PEKGLEWVAY
ISSGMSISY ADTVKGRFTV TRDNAKNTLF LQMTSLRSED TAIYYCASLS
DYFDYWGQGT TLTVSS

CDR_{H1} МАТ 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 85): SFGMH

CDR_{H2} МАТ 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 86): YISSGMSISYADTVKG

CDR_{H3} МАТ 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 87): LSDYFDY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 2 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 84 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gatgtgcagc tcgtggagtc tgggggaggc ttagtgcagc ctggagggtc
 ccgaaactc tcctgtgcag cctctggatt cgttttcagt agctttggaa
tgcactgggt tcgtcaggct ccagagaagg ggctggagtg ggtcgcatac
atcagtagtg gcagtatgag catttcctat gcagacacag tgaaggccg
 attcaccgtc accagagaca atgccaaaga caccctgttc ctgcaaatga
 ccagtctaag gtctgaggac acggccatctt attactgtgc atccctgagt
gactactttg actactgggg ccaaggcacc actctcacag tctctccc

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 88) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DVVMSTPLS LPVSLGDQAS ISCRSSQSLV HSTGNTYLHW YLQKPGQSPK
 LLIYRVSNRF SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDLGV FFCSQTHVP
WTFGGGTKLE IK

CDR_{L1} MAT 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 90): RSSQSLVHSTGNTYLH

CDR_{L2} MAT 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 91): RVSNRFS

CDR_{L3} MAT 2 к PD-1 (SEQ ID NO: 92): SQTHVPWT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 2 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 89 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gatgttgga tgcocaaac tccactctcc ctgcctgtca gtcttgaga
 tcaagcctcc atctcttgca gatctagtca gagcctgtt cacagtactg
gaaacaccta tttacattgg tacctgcaga agccaggcca gtctccaaag
 ctctgatct acagggttc taaccgattt tctgggggtcc ccgacaggtt
 cagtggcagt ggatcagga cagatttcac actcaagatc agtagagtgg
 aggtgagga tctgggagtt tttttctgct ctcaaaactac acatgttccg
tggacgttcg gtggaggcac caagctggaa atcaaa

2 Гуманизация моноклонального антитела к PD-1 человека, MAT 2 к PD-1, чтобы получить "MAT к hPD-1 2"

Вышеописанное мышинное моноклональное антитело PD-1 человека, MAT 2 к PD-1, было гуманизировано и дополнительно деиммунизировано после идентификации антигенных эпитопов, чтобы продемонстрировать возможность гуманизации антитела к PD-1 человека с целью уменьшения его антигенности при введении человеку-реципиенту. В результате гуманизации получили один гуманизированный домен VH, обозначенный в настоящем документе как "VH1 MAT к hPD-1 2", и один гуманизированный домен VL, обозначенный в настоящем документе как "VL1 MAT к hPD-1 1". Соответственно, любое антитело, содержащее гуманизированные домены VL, спаренные с гуманизированным доменом VH, называется "MAT к hPD-1 2".

Аминокислотная последовательность домена VH из VH1 MAT к hPD-1 2 (SEQ ID NO: 93) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVQLVESGGG LVQPGGSLRL SCAASGFVFS SFGMHWVRQA PGKGLEWVAY
ISSGMSISY ADTVKGRFTI SRDNAKNTLY LQMNSLRTE TALYYCASLS
DYFDYWGQGT TVTVSS

Примерный полинуклеотид, который кодирует VH1 MAT к hPD-1 2, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 94 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaagtgcaat tggttgagag tgggtggggc ctggtgcagc cagggtggaag
 tctgcgggtt tcctgtgcag caagcggatt tgtgttcagc tcttttggga
tgcattgggt gcgccaggct cccggcaagg gtctcgagtg ggtagcatac
atctccagcg ggtccatgtc tattagttat gccgacacag tgaaggccg
 gtttactatc tcccgtgaca atgcaaaaaa cacactgtac ctgcaaatga
 atagcctgcg caccgaggac accgccttgt actactgccc ttcctgtct
gattacttcg actactgggg tcagggcaca actgtgacag tttcttcc

Аминокислотная последовательность домена VL из VL1 MAT к hPD-1 2 (SEQ ID NO: 95) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DVVMTQSPLS LPVTLGQPAS ISCRSSQSLV HSTGNTYLHW YLQKPGQSPQ
 LLIYRVSNRF SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCSQTHVP
WTFGQTKLE IK

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL1 MAT к hPD-1 2, содержит последовательность,

приведенную в SEQ ID NO: 96 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gacgttggtga tgacacagtc accactgagt ctgccagtta ccctgggcca
 gccagccagt atttcttgtc ggagttcaca gagtctggta cattccacag
gaaatacata tctccattgg tacctgcaaa aaccagggca gagccccag
 ctgctgattt atagagtgtc taatcgattt tctggcgtgc cagatcggtt
 cagcggcagc gggctcggca ctgatttcac actgaaaatc tctagggtag
 aggcagagga cgtaggcgtt tactactgta gtcagaccac ccatgtacc
tggacttttg gccaaaggtac taagctggaa atcaag

С. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 3

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 97) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

QVQLQQSGAE LVRPGASVTL SCKASGYTFT DYVMHWVKQT PVHGLEWIGT
IDPETGGTAY NQKFKGKAIL TADKSSNTAY MELRSLTSED SAVYYFTREK
ITTIVEGTYW YFDVWGTGTT VTVSS

CDR_{H1} MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 99): DYVMH

CDR_{H2} MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 100): TIDPETGGTAYNQKFKG

CDR_{H3} MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 101): EKITTIVEGTYWYFDV

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 3 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 98 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

caggttcaac tgcaacagtc tggggctgag ctggtgagc ctggggcttc
 agtgacgctg tctgcaagg ctctgggcta cacatttact gactatgtaa
tgcactgggt gaagcagaca cctgtgcatg gcctggaatg gattggaact
attgatcctg aaactgggtg tactgcctac aatcagaagt tcaagggcaa
 ggccatactg actgcagaca agtctctcaa cacagcctac atggagctcc
 gcagcctgac atctgaggac tctgccgtct attactttac aagaggagaag
attactacga tagtagaggg gacatactgg tacttcgatg tctggggcac
 agggaccacg gtcaccgtct cctca

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 102) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DVLLTQTPLS LPVSLGDQAS ISCRSSQNIV HSNGDTYLEW YLQKPGQSPK
 LLIIYKVSNRF SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDLGV YYCFQGSHLP
YTFGGGKLE IK

CDR_{L1} MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 104): RSSQNIVHSNGDTYLE

CDR_{L2} MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 105): KVSNRFS

CDR_{L3} MAT 3 к PD-1 (SEQ ID NO: 106): FQGSHPYT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 3 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 103 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gatgttttgc tgaccctaac tccactctcc ctgcctgtca gtcttggaga
 tcaagcctcc atctcttgca gatctagtca gaacattgta catagtaatg
gagacaccta tttggaatgg tacctgcaga aaccagggcca gtctccaaag
 ctctgatct ataaagtttc caaccgattt tctggggtcc cagacaggtt
 cagtggcagt gggtcagga cagattttac actcaaaatc agcagagtgg
 aggctgagga tctgggagtt tattactgct ttcaaggttc acatcttccg
tacacgttcg gaggggggac caagctggaa ataaaa

D Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 4 Аминокислотная последовательность домена VH MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 107) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

DVQLVESGGG LVQPGGSRKL SCAASGFVFS SFGMHWVRQA PEKLEWVAY
ISSGMSISY ADTVKGRFTV TRDNAKNTLF LQMTSLRSED TAIYYCASLT
DYFDYWGQGT TLTVSS

CDR_{H1} MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 109): SFGMH

CDR_{H2} MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 110): YISSGMSISYADTVKG

CDR_{H3} MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 111): LTDYFDY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 4 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 108 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

нием):

gatgtgcagc tcgtggagtc tgggggagc ttagtgcagc ctggagggtc
 ccggaactc tcctgtgcag cctctggatt cgttttcagt agctttgga
tgactggt tcgtcaggct ccagagaagg ggctggagtg ggtcgcatat
attagtagtg gcagtatgag tatttcctat gcagacacag tgaagggccg
 attcaccgtc accagagaca atgccaagaa caccctgttc ctgcaaatga
 ccagtctaag gtctgaggac acggccattt attactgtgc atccctgact
gactactttg actactgggg ccaaggcacc actctcacag tctcctca

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 112) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DVVMSTPLS LPVSLGDQAS ISCRSSQSLV HSTGNTYFHW YLQKPGQSPK
 LLIYRVSNRF SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDLGV YFCSQTTHVP
WTFGGGTKLE IK

CDR_{L1} MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 114): RSSQSLVHSTGNTYFH

CDR_{L2} MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 115): RVSNRFS

CDR_{L3} MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 116): QTTHVPWT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 4 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 113 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gatgttgga tgtcccaaac tccactctcc ctgctgtca gtcttgaga
 tcaagcctcc atctctgca gatctagtc gagccttgtt cacagtactg
gaaacaccta tttcattgg tacctgcaga agccaggcca gtctccaaag
 ctctgatct acagggttc taaccgattt tctgggtcc ccgacaggtt
 cagtggcagt ggatcagga cagatttcac actcaagatc agcagagtgg
 aggctgagga tctgggagt tatttctgct ctcaaactac acatgttccg
tgacgttcg gtggaggcac caagctgaa atcaaa

Е. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 5

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 117) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLQQPGVE LVRPGASVKL SCKASGYSFT AYWMNWMKQR PGQGLEWIGV
IHPDSETWL NQKFKDKATL TVDKSSSTAY MQLISPTSED SAVYYCAREH
YGSSPFAYWG QGTLVTVSA

CDR_{H1} MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 119): AYWMN

CDR_{H2} MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 120): V IHPDSE TWLNQKFKD

CDR_{H3} MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 121): EHYSSPFAY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 5 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 118 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

caggccaac tgcagcagcc tggggtgaa ctggtgaggc ctggagcttc
 agtgaagctg tcctgcaagg cttctggcta ctcttcacc gcctactgga
tgaactggat gaaacagagg cctggacaag gccttgagtg gattggcgtg
attcatcctt ccgatagtga aacttggtta aatcagaagt tcaaggacaa
 ggccacattg actgtagaca aatcctccag cacagcctac atgcaactca
 tcagcccgac atctgaggac tctgcggtct attactgtgc aagaggagcac
tacggtagta gcccgtttgc ttactggggc caagggactc tggctactgt ctctgca

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 122) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVLTQSPAS LAVSLGQRAT ISCRANESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
 LIYAASNQGS GVPARFSGSG SGTDFSLNIH PMEEDDTAMY FCQQSKEVPY
TFGGGTKLEI K

CDR_{L1} MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 124): RANESVDNYGMSFMN

CDR_{L2} MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 125): AASNQGS

CDR_{L3} MAT 5 к PD-1 (SEQ ID NO: 126): QQSKEVPYT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 5 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 123 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacattgtgc tgaccaaatc tccagcttct ttggctgtgt ctctagggca
gagggccacc atctcctgca gagccaacga aagtgttgat aattatggca
tgagttttat gaactgggttc caacagaaac caggacagcc acccaaaactc
ctcatctatg ctgcatccaa ccaaggatcc ggggtccctg ccaggttttag
tggcagtggg tctgggacag atttcagcct caacatccat cctatggagg
aggatgatac tgcaatgtat ttctgtcagc aaagtaagga ggttccgtac
acgttcggag gggggaccaa gctggaata aaa

F. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 6

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 127) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVKLVESGGG LVNPGGSLKL SCAASGFTFS SYGMSWVRQT PEKRLIEWVAT
ISGGGSDTY Y PDSVKGRRFTI SRDNAKNNLY LQMSLSRSED TALYYCARQK
ATTWFAYWGQ GTLVTVST

CDR_{H1} MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 129): SYGMS

CDR_{H2} MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 130): TISGGGSDTYYPDSVKG

CDR_{H3} MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 131): QKATTWFAY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 6 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 128 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaaatcgtac tcaccagtc acctgcaacc ctttctctga gccccgggtga
acgtgccact ctacagctgca gagcaagtga gagtgtggac aattacggca
tgctccttcat gaactgggttt cagcagaagc ctgggcagcc acctaagctg
ctcatccacg ccgcctctaa ccgcggatct ggggtgcctt cacgtttttc
tggatcagga agtggcactg acttcaccct tacaatcagc tctctggagc
cagaggactt tgccgtctat ttctgccagc aatctaaaga ggtgccctat
acttttgggtg gcgggaccaa ggttgagatc aaa

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 132) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVLTQSPAS LAVSLGQRAT ISCRASESVD NYGISFMNWF QQKPGQPPKL
LIYPASNQGS GVPARFSGSG SGTDFSLNIH PMEEDDAAMY FCQQSKEVPW
TFGGGTKLEI K

CDR_{L1} MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 134): RASESVDNYGISFMN

CDR_{L2} MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 135): PASNQGS

CDR_{L3} MAT 6 к PD-1 (SEQ ID NO: 136): QQSKEVPWT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 6 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 133 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacattgtgc tgaccaaatc tccagcttct ttggctgtgt ctctagggca
gagggccacc atctcctgca gagccagcga aagtgttgat aattatggca
ttagttttat gaactgggttc caacagaaac caggacagcc acccaaaactc
ctcatctatc ctgcatccaa ccaaggatcc ggggtccctg ccaggttttag
tggcagtggg tctgggacag acttcagcct caacatccat cctatggagg
aggatgatgc tgcaatgtat ttctgtcagc aaagtaagga ggttccgtgg
acgttcgggtg gaggcaccaa gctggaatc aaa

G. Моноклональное антитело к PD-1 человека 7

1 Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 7

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 137) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLQQPGAE LVRPGASVKL SCKASGYSFT SYWMNWVKQR PGQGLEWIGV
IHPDSETWL DQKFKDKATL TVDKSSTAY MQLISPTSED SAVYYCAREH
YGTSPFAYWG QGTLVTVSS

CDR_{H1} MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 139): SYWMN

CDR_{H2} MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 140): VIHPDSE~~TW~~LDQKFKD

CDR_{H3} MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 141): EHYGTSPFAY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 7 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 138 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaggtccaac tgcagcagcc tggggctgaa ctggtgaggc ctggagcttc
 agtgaagctg tcttgaagg cttctggcta ctcttcacc agctactgga
tgaactgggt gaagcagagg cctggacaag gccttgagtg gattggcgtg
attcatcctt ccgatagtga aacttggtta gatcagaagt tcaaggacaaa
 ggccacattg actgtagaca aatcctccac cacagcctac atgcaactca
 tcagcccgc atctgaggac tctgcgtctt attactgtgc aagggagcac
tacggtacta gcccgtttgc ttaactggggc caagggactc tggcactgt gtcttc

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 142) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVLTQSPAS LAVSLGQRAT ISCRANESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
 LIHAASNQGS GVPARFSGSG FGTD~~FS~~LN~~I~~H PMEEDDAAMY FCQOSKEVPY
TFGGGTKLEI K

CDR_{L1} MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 144): RANESVDNYGMSFMN

CDR_{L2} MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 145): AASNQGS

CDR_{L3} MAT 7 к PD-1 (SEQ ID NO: 146): QOSKEVPYT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 7 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 143 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacattgtgc tgacccaatc tccagcttct ttggctgtgt ctctagggca
 gagggccacc atctcctgca gagccaacga aagtgttgat aattatggca
tgagttttat gaactgggtc caacagaaac caggacagcc acccaaactc
 ctcatccatg ctgcatccaa ccaaggatcc ggggtccctg ccagggttag
 tggcagtggg tttgggacag acttcagcct caacatccat cctatggagg
 aggatgatgc tgcaatgtat ttctgtcagc aaagtaagga ggttccgtac
acgttcggag gggggaccaa gctggaaata aaa

2 Гуманизация моноклонального антитела к PD-1 человека 7, чтобы получить "MAT к hPD-1 7"

Вышеописанное мышинное моноклональное антитело к PD-1 человека, MAT 7 к PD-1, было гуманизировано и дополнительно деиммунизировано после идентификации антигенных эпитопов, чтобы продемонстрировать возможность гуманизации антитела к PD-1 человека с целью уменьшения его антигенности при введении человеку-реципиенту. В результате гуманизации получили два гуманизированных домена VH, обозначенных в настоящем документе как "VH1 MAT к hPD-1 7" и "VH2 MAT к hPD-1 7", и три гуманизированных домена VL, обозначенных в настоящем документе как "VL1 MAT к hPD-1 7", "VL2 MAT к hPD-1 7" и "VL3 MAT к hPD-1 7". Любой из гуманизированных доменов VL может быть спарен с любым из гуманизированных доменов VH. Соответственно, любое антитело, содержащее один из гуманизированных доменов VL, спаренных с гуманизированным доменом VH, в общем называется "MAT к hPD-1 7", и конкретные комбинации гуманизированных доменов VH/VL упоминаются со ссылкой на определенные домены VH/VL, например, гуманизированное антитело, содержащее VH1 MAT к hPD-1 7 и VL2 MAT к hPD-1 1, в частности называется "MAT к hPD-1 7(1.2)".

Аминокислотная последовательность домена VH из VH1 MAT к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 147) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV
IHPDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY MELSSLRSED TAVYYCAREH
YGTSPFAYWG QGTLVTVSS

Примерный полинуклеотид, который кодирует VH1 MAT к hPD-1 7, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 148 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

caagttcaat tggtagacagag cggggcagag gtgaagaaac cgggcgccag
 tgtaaggtg tcctgcaaag ccagcgggta cagctttaca agctattgga
tgaattggtg gcgtaagca ccagggcagg gtctggaatg gattggggtg
atacatcctt ctgacagcga aacatggttg gaccagaaat ttaaagatcg
 tgtgacaatt acagtcgata agtccacaag cactgcttac atggaactct
 ccagcttgcg gtccgaggac accgctgtgt attattgctc cagagagcagc
taaggacat caccttttgc atactggggc caggaactc tcgtaaccgt atcctcc

Аминокислотная последовательность домена VH из VH2 MAT к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 149) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT SYWMNWVRQA PGQGLEWAGV
IHPDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY MELSSLRSED TAVYYCAREH
YGTSPFAYWG QGTLVTVSS

Примерный полинуклеотид, который кодирует VH2 MAT к hPD-1 7, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 150 (нуклеотиды, кодирующие CDR_H остатки, выделены подчеркиванием):

caagttcaat tggtagacagag cggggcagag gtgaagaaac cgggcgccag
 tgtaaggtg tcctgcaaag ccagcgggta cagctttaca agctattgga
tgaattggtg gcgtaagca ccagggcagg gtctggaatg ggctggggtg
atacatcctt ctgacagcga aacatggttg gaccagaaat ttaaagatcg
 tgtgacaatt acagtcgata agtccacaag cactgcttac atggaactct
 ccagcttgcg gtccgaggac accgctgtgt attattgctc cagagagcagc
taaggacat caccttttgc atactggggc caggaactc tcgtaaccgt atcctcc

Аминокислотная последовательность домена VL из VL1 MAT к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 151) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRANESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
 LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFLTIS SLEPEDFAVY FCQOSKEVPY
TFGGGTKVEI K

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL1 MAT к hPD-1 7, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 152 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaaatcgtac tcaccagtc acctgcaacc ctttctctga gccccggtga
 acgtgccact ctacagctgca gagcaaatga gagtgtggac aattacggca
tgctcctcat gaactggttt cagcagaagc ctgggcagcc acctaagctg
 ctcatccacg ccgcctctaa ccagggatct ggggtgcctt cacgtttttc
 tggatcagga agtggcactg acttcaccct tacaatcagc tctctggagc
 cagaggactt tgccgtctat ttctgccagc aatctaaaga ggtgccctat
acttttggtg gcgggaccaa ggttgagatc aaa

Аминокислотная последовательность домена VL из VL2 MAT к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 153) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
 LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFLTIS SLEPEDFAVY FCQOSKEVPY
TFGGGTKVEI K

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL2 MAT к hPD-1 7, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 154 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaaatcgtac tcaccagtc acctgcaacc ctttctctga gccccggtga
 acgtgccact ctacagctgca gagcaagtga gagtgtggac aattacggca
tgctcctcat gaactggttt cagcagaagc ctgggcagcc acctaagctg
 ctcatccacg ccgcctctaa ccagggatct ggggtgcctt cacgtttttc
 tggatcagga agtggcactg acttcaccct tacaatcagc tctctggagc
 cagaggactt tgccgtctat ttctgccagc aatctaaaga ggtgccctat
acttttggtg gcgggaccaa ggttgagatc aaa

Аминокислотная последовательность домена VL из VL3 MAT к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 155) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
 LIHAASNRGS GVPSRFSGSG SGTDFLTIS SLEPEDFAVY FCQOSKEVPY
TFGGGTKVEI K

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL3 MAT к hPD-1 7, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 156 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaaatcgtac tcaccagtc acctgcaacc ctttctctga gccccggtga
 acgtgccact ctcagctgca gagcaagtga gagtgggac aattacggca
tgctcttcat gaactgggttt cagcagaagc ctgggcagcc acctaagctg
 ctcatccacg ccgcctctaa ccgcggatct ggggtgcctt caggttttct
 tggatcagga agtggcactg acttcacct tacaatcagc tctctggagc
 cagaggactt tgccgtctat ttctgc cagc aatctaaaga ggtgcctat
acttttggtg gcgggaccaaa ggttgagatc aaa

CDR_{L1} домена VL из VL2 MAT к hPD-1 7 и VL3 MAT к hPD-1 7 содержит замену аспарагина аминокислотой серином и содержит аминокислотную последовательность RASESVDNYGMSFMN ((SEQ ID NO: 157), замененный серии выделен подчеркиванием). Согласно настоящему изобретению предусмотрено, что аналогичная замена может быть включена в любой из доменов CDR_{L1} MAT 7 к PD-1, описанных выше. Помимо этого CDR_{L2} домена VL VL3 MAT к hPD-1 7 содержит замену глутамина аминокислотой аргинином и содержит аминокислотную последовательность: AASNRGS ((SEQ ID NO: 158), замененный аргинин выделен подчеркиванием). Согласно настоящему изобретению предусмотрено, что аналогичная замена может быть включена в любой из доменов CDR_{L2} MAT 7 к PD-1, описанных выше.

Н. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 8

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 159) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

EGQLQQSGPE LVKPGASVKI SCKASGYTFT DYYMNWVKQN HGKSLIEWIGD
INPKNGDTHY NQKFKGEATL TVDKSSTAY MELRSLTSED SAVYYCASDF
DYWGQTTLT VSS

CDR_{H1} MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 161): DYYMN

CDR_{H2} MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 162): DINPKNGDTHYNQKFKG

CDR_{H3} MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 163): DFDY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 8 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 160 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gagggccagc tgcaacaatc tggacctgag ctggtgaagc ctggggcttc
 agtgaagata tcctgtaagg cttctggata cagttcact gactactaca
tgaactggtt gaagcagaac catggaaaga gccttgagtg gattggagat
attaatccta aaaatggtga cactcactac aaccagaagt tcaagggcga
 ggccacattg actgtagaca agtcctccac cacagcctac atggagctcc
 gcagcctgac atctgaggac tctgcagtct attactgtgc gagcgatttt
gactactggtt gccaaggcac cactctcaca gtctcctcc

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 164) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DVVMTQTPLS LPVGLGDQAS ISCRSSQTLV YSNGNTYLNW FLQKPGQSPK
 LLIIYKVSNRF SGVPDREFSGS GSGTDFTLKI SRVEADLGV YFCSQSTHVP
FTFGSGTKLE IK

CDR_{L1} MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 166): RSSQTLVYSNGNTYLN

CDR_{L2} MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 167): KVSNRFS

CDR_{L3} MAT 8 к PD-1 (SEQ ID NO: 168): SQSTHVPFT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 8 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 165 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gatgttgatga tgaccctaac tccactctcc ctgcctgtcg gtcttggaga
 tcaagcctcc atctcttgca gatctagtca gacccttgta tatagtaatg
gaaacaccta tttaaattgg ttctgcaga agccaggcca gtctccaaa
 ctctgatct acaaaagtttc caaccgattt tctgggtcc cagacaggtt
 cagtggcagt ggatcagga cagatttcac actcaagatc agcagagtgg
 aggctgagga tctgggagtt tatttctgct ctcaagtac acatgttcca
ttcacgttcg gctcggggac aaagttgaa ataaaa

I. Моноклональное антитело к PD-1 человека 9

1 Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 9

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 169) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

EVMLVESGGG LVKPGGSLKL SCAASGFTFS SYLVSWVRQT PEKRLLEWVAT
ISGGGGNTYY SDSVKGRFTI SRDNAKNTLY LQISSLRSED TALYYCARYG
FDGAWFAYWG QGTLVTVSS

CDR_{H1} MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 171): SYLVS

CDR_{H2} MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 172): TISGGGGNTYYSDSVKG

CDR_{H3} MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 173): YGFDGAWFAY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 9 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 170 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaagtgatgc tgggtggagtc tgggggaggc ttagtgaagc ctggagggtc
cctgaaactc tcctgtgcag cctctggatt cactttcagt agttatcttg
tgtcttgggtg tcgccagact ccggagaaga ggctggagtg ggtcgcaacc
attagtggtg gtgggtgtaa cacctactat tcagacagtg tgaagggtcg
attcaccatc tccagagaca atgccaagaa caccctgtac ctgcaaatca
gcagtctgag gtctgaggac acggccttgt attactgtgc aaggtatggt
ttcagcggcg cctggtttgc ttactggggc caagggactc tggtcactgt ctcttcc

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 174) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIQMTQSPAS LSASVGDIVT ITCRASENIY SYLAWYQQKQ EKSPQLLVYN
AKTLAAGVPS RFGSGSGGTQ FSLTINSLQP EDFGNYYCQH HYAVPWTFGG GTRLEI!

CDR_{L1} MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 176): RASENIYSYLA

CDR_{L2} MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 177): NAKTLAA

CDR_{L3} MAT 9 к PD-1 (SEQ ID NO: 178): QHHYAVPWT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 9 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 175 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacatccaga tgactcagtc tccagcctcc ctatctgcat ctgtgggaga
tattgtcacc atcacatgtc gagcaagtga gaatatttac agttatttag
catgggtatca gcagaaacag gaaaaatctc ctcagctcct ggtctataat
gcaaaaacct tggcagcagg tgtgccatca aggttcagtg gcagtggatc
aggcacacag ttttctctga ccatcaacag cctgcagcct gaagattttg
ggaattatta ctgtcagcat cattatgctg ttccgtggac gttcgggtgga
ggcaccagac tggaaatcac a

2 Гуманизация моноклонального антитела к PD-1 человека 9, чтобы получить "MAT к hPD-1 9"

Вышеописанное мышинное моноклональное антитело к PD-1 человека 9 гуманизировали и дополнительно деиммунизировали после идентификации антигенных эпитопов, чтобы продемонстрировать возможность гуманизации антитела к PD-1 человека с целью уменьшения его антигенности при введении человеку-реципиенту. В результате гуманизации получили два гуманизированных домена VH, обозначенных в настоящей заявке как "VH1 MAT к hPD-1 9" и "VH2 MAT к hPD-1 9", и два гуманизированных домена VL, обозначенных в настоящей заявке как "VL1 MAT к hPD-1 9" и "VL2 MAT к hPD-1 9". Любой из гуманизированных доменов VL может быть спарен с гуманизированными доменами VH. Соответственно, любое антитело, содержащее один из гуманизированных доменов VL, спаренных с гуманизированным доменом VH, в общем случае называется "MAT к hPD-1 9", и конкретные комбинации гуманизированных доменов VH/VL упоминаются со ссылкой на определенные домены VH/VL, например, гуманизированное антитело, содержащее VH1 MAT к hPD-1 9 и VL2 MAT к hPD-1 9, в частности называется "MAT к hPD-1 9(1.2)".

Аминокислотная последовательность домена VH из VH1 MAT к hPD-1 9 (SEQ ID NO: 179) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVQLVESGGG LVRPGGSLKL SCAASGFTFS SYLVSWVRQA PGKGLEWVAT
ISGGGGNTYY SDSVKGRFTI SRDNAKNSLY LQMNSLRAED TATYYCARYG
FDGAWFAYWG QGTLVTVSS

Примерный полинуклеотид, который кодирует VH1 MAT к hPD-1 9, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 180 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaggtgcagc tgggtgaaaag tgggggscgpc ctgggtgcgac ccgggggaaag
 tctgaaactg tcctgtgcag catcaggatt tactttttca tcttatctcg
tgtcttgggt aagacaagca cccggaaaag gcttggaatg ggtggccact
atctccggtg gaggtggcaa cacctactat agcgacagtg tcaagggaaag
 atttaccatc agtcgcgaca acgctaagaa tagcctgtac ctccagatga
 actccctcgc cgccgaggac accgccacct attactgtgc acgctatgga
tttgacggcg catggtttgc ctactggggga cagggcacat tggtaaccgt tagctcc

Аминокислотная последовательность домена VH из VH2 MAT к hPD-1 9 (SEQ ID NO: 181) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVQLVESGGG LARPGGSLKL SCAASGFTFS SYLVGWVRQA PGKGLEWTAT
ISGGGGNTYY SDSVKGRFTI SRDNAKNSLY LQMNSARAED TATYYCARYG
FDGAWFAYWG QGTLVTVSS

Примерный полинуклеотид, который кодирует VH2 MAT к hPD-1 9, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 182 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaggtgcagc tgggtgaaaag tgggggscgpc ctggcgcgac ccgggggaaag
 tctgaaactg tcctgtgcag catcaggatt tactttttca tcttatctcg
tgggctgggt aagacaagca cccggaaaag gcttggaatg gacggccact
atctccggtg gaggtggcaa cacctactat agcgacagtg tcaagggaaag
 atttaccatc agtcgcgaca acgctaagaa tagcctgtac ctccagatga
 actccgcagc cgccgaggac accgccacct attactgtgc acgctatgga
tttgacggcg catggtttgc ctactggggga cagggcacat tggtaaccgt tagctcc

CDR_{H1} домена VH из VH2 MAT к hPD-1 9 содержит замену серина аминокислотой глицином и содержит аминокислотную последовательность: SYLVG (SEQ ID NO: 183), замененный глицин выделен подчеркиванием). Согласно настоящему изобретению предусмотрено, что аналогичная замена может быть включена в любой из доменов CDR_{H1} MAT 9 к PD-1, описанных выше.

Аминокислотная последовательность домена VL из VL1 MAT к hPD-1 9 (SEQ ID NO: 184) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

DIQMTQSPSS LSASVGDRVT ITCRASENIY SYLAWYQQKP GKAPKLLIYN
AKTLAAGVPS RFSGSGSGTD FTLTISSLQP EDFATYYCQH HYAVPWFFGQ GTKLEIK

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL1 MAT к hPD-1 9, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 185 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gacattcaga tgactcagtc tcccagcagc ctgtccgcat ccgtggggga
 tcgggtcacc atcacctgccc gtgcctcaga aaacatctat tcatacctcg
cctgggtatca acagaaacct ggtaaagccc caaaattgct catttacaac
gccaagaccc tcgcagctgg cgtgccaagt aggttctcag gcagcggctc
 agggacagat ttcaccctca ccatatcctc actgcagccc gaggattttg
 ccacttacta ctgccagcat cattacgcag tgcctggac cttcggacaa
 ggcactaagc tcgagatcaa a

Аминокислотная последовательность домена VL из VL2 MAT к hPD-1 9 (SEQ ID NO: 186) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

DIQMTQSPSS LSASVGDRVT ITCRASENIY NYLAWYQQKP GKAPKLLIYD
AKTLAAGVPS RFSGSGSGTD FTLTISSLQP EDFATYYCQH HYAVPWFFGQ GTKLEIK

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL2 MAT к hPD-1 9, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 187 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gacattcaga tgactcagtc tcccagcagc ctgtccgcat ccgtggggga
 tcgggtcacc atcacctgccc gtgcctcaga aaacatctat aactacctcg
cctgggtatca acagaaacct ggtaaagccc caaaattgct catttaccgac
gccaagaccc tcgcagctgg cgtgccaagt aggttctcag gcagcggctc
 agggacagat ttcaccctca ccatatcctc actgcagccc gaggattttg
 ccacttacta ctgccagcat cattacgcag tgcctggac cttcggacaa
 ggcactaagc tcgagatcaa a

CDR_{L1} домена VL из VL2 MAT к hPD-1 9 содержит замену серина аминокислотой аспарагином и содержит аминокислотную последовательность: RASENIYNYLA (SEQ ID NO: 188), (замененный аспарагин выделен подчеркиванием).

Согласно настоящему изобретению предусмотрено, что аналогичная замена может быть включена в любой из доменов CDR_{L1} MAT 9 к PD-1, описанных выше.

CDR_{L2} домена VL из VL2 MAT к hPD-1 9 содержит замену аспарагина аминокислотой аспаратом

и содержит аминокислотную последовательность: DAKTLAA (SEQ ID NO: 189), (замененный аспарат выделен подчеркиванием). Согласно настоящему изобретению предусмотрено, что аналогичная замена может быть включена в любой из доменов CDR_L2 MAT 7 к PD-1, описанных выше.

Ж. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 10

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 190) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

EVILVESGGG LVKPGGSLKL SCAASGFTFS NYLMSWVRQT PEKRLEWVAS
ISGGGSNIYY PDSVKGRRFTI SRDNAKNTLY LQMNSLRSED TALYYCARQE
LAFDYWGQGT TLTVSS

CDR_H1 MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 192): NYLMS

CDR_H2 MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 193): SISGGGSNIYYPDSVKG

CDR_H3 MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 194): QELAFDY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 10 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 191 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaagtgatac tgggtggagtc tgggggagc ttagtgaagc ctggagggtc
 cctgaaactc tcctgtgcag cctctggatt cactttcagt aactatctca
tgtcttgggt tcgccagact ccggagaaga ggctggagtg ggtcgcaagt
attagtggtg gtggtagtaa tatctactat ccagacagtg tgaagggtcg
 attcaccata tccagggaca atgccaagaa caccctgtac ctgcaaatga
 acagtctgag gtctgaggac acggccttgt attactgtgc aagacaagaa
ctggcttttg actactgggg ccaaggcacc actctcacg tctcctcc

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 195) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIQMTQTSS LSASLGDRVT ISCRTSQDIS NFLNWYQQKP DGTIKLLIYY
TSRLHSGVPS RFGSGSGTD YSLTISNLEQ EDIATYFCQQ GSTLPWTFGG GTKLEII

CDR_L1 MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 197): RTSQDISNFLN

CDR_L2 MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 198): YTSRLHS

CDR_L3 MAT 10 к PD-1 (SEQ ID NO: 199): QQGSTLPWT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 10 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 196 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gatataccaga tgacacagac tacatcctcc ctgtctgcoct ctctgggaga
 cagagtcacc atcagttgca ggacaagtca ggacattagc aattttttaa
actgggatca gcagaaacca gatggaacta ttaaactcct gatctactac
acatcaagat tactactcagg agtcccatca aggttcagtg gcagtgggtc
 tggaaacagat tattctctca ccattagcaa cctggagcaa gaagatattg
 ccacttactt ttgccaacag ggtagtagcg ttcctgtggac gttcgggtgga
 ggcaccaagc tggaaatcat a

К. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 11

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 200) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

EVQLQQSGTV LARPGASVKM SCKTSGYTFT GYWMHWVKQR PGQGLKWMGA
IYPGNSDTHY NQKFKGKAKL TAVTSASTAY MELSSLTNEQ SAIYYCTTGT
YSYFDVWGTG TTVTSS

CDR_H1 MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 202): GYWMH

CDR_H2 MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 203): AIYPGNSDTHYNQKFKG

CDR_H3 MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 204): GTYSYFDV

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 11 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 201 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaggttcagc tccagcagtc tgggactgtg ctggcaaggc ctggggcttc
 agtgaagatg tcttgcaaga cttctggcta cacatttacc ggctactgga
tgcactgggt aaaacagagg cctggacagg gtctgaaatg gatggggct
attatcctg gaaatagtga tactcactac aaccagaagt tcaagggcaa
 ggccaaactg actgcagtc catccgccag cactgcctac atggagctca
 gcagcctgac aaatgaggac tctgcgatct attactgtac tactgggacc
tactcgtact tcgatgtctg gggcacagg accacgggtca cegtctctc a

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 205) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DILLTQSPAI LSVSPGERVS FSCRASQSIG TSIHWYQHRT NGSPLLKIY
ASESISGIPSRFSGSGSGTD FTLINSVSVES EDIADYYCQQ SNSWLTFGAG TKLELK

CDR_{L1} MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 207): RASQSIGTSIH

CDR_{L2} MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 208): YASESIS

CDR_{L3} MAT 11 к PD-1 (SEQ ID NO: 209): QQSNSWLT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 11 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 206 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacatcttgc tgactcagtc tccagccatc ctgtctgtga gtccaggaga
 aagatcagc ttctcctgca gggccagtca gagcattggc acaagcatac
actgggtatca gcacagaaca aatggttctc caaggcttct cataaagttat
gcttctgagt ctatctctgg gatcccttcc aggtttagt gcagtgatc
 agggactgat ttactctta gcatcaacag tgtggagtct gaagatattg
 cagattatta ctgtcaacaa agtaatagct ggctcacgtt cgggtgctggg
 accaagctgg agctgaaa

L. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 12

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 12 к PD-1 (SEQ ID NO: 210) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QGHLLQQSGAE LVRPGASVTL SCKASGFTFT DYEMHWVKQT PVHGLEWIGT
IDPETGGTAY NQKFKGKAIL TVDKSSTTTY MELRSLTSED SAVFYCSRER
ITTVVEGAYW YFDVWGTGTT VTVSS

CDR_{H1} MAT 12 к PD-1 (SEQ ID NO: 212): DYEMH

CDR_{H2} MAT 12 к PD-1 (SEQ ID NO: 213): TIDPETGGTAYNQKFKG

CDR_{H3} MAT 12 к PD-1 (SEQ ID NO: 214): ERITTVVEGAYWYFDV

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 12 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 211 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

cagggtcacc tgcagcagtc tggggctgag ctggtgaggc ctggggcttc
 agtgacgctg tcttgcaagg cttcgggctt cacatttact gactatgaga
tgcactgggt gaaacagaca cctgtgcatg gcctggaatg gattgggact
attgatcctg aaactggtg tactgcctac aatcagaagt tcaagggcaa
 ggccatactg acagtagaca aatcttccac tacaacctac atggagctcc
 gcagcctgac atctgaggac tctgccgtct tttattgttc aagagagagg
attactacgg ttgttgaggg ggcatactgg tacttcgatg tctggggcac
 agggaccacg gtcaccgtct cctca

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 4 к PD-1 (SEQ ID NO: 215) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DVLMTQTPLS LPVSLGDQAS ISCRSSQNIV HSNGNTYLEW YLQKPGQSPK
 LLICKVSTRF SGVPDRFSGS GSGDFTLKI SRVEAEDLGV YYCFQGSHVP
YTFGGGTKLE IK

CDR_{L1} MAT 12 к PD-1 (SEQ ID NO: 217): RSSQNIHNSNGNTYLE

CDR_{L2} MAT 12 к PD-1 (SEQ ID NO: 218): KVSTRFS

CDR_{L3} MAT 12 к PD-1 (SEQ ID NO: 219): FQGSHPYPT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 12 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 216 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gatgttttga tgaccagac tccactctcc ctgcctgtca gtcttggaga
 tcaagcctcc atctcttgca gatctagtca gaacattgta catagtaatg
gaaacaccta tttagaatgg tacctgcaga aaccaggcca gtctcctaaag
 ctctgatct gcaaaagtttc caccogattt tctggggtcc cagacaggtt
 cagtggcagt ggatcagga cagatttcac actcaagatc agcagagtgg
 aggtgagga tctgggagtt tattattgct ttcaaggttc acatgttccg
tacacgttcg gaggggggac caagctggaa ataaaa

М. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 13

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 220) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

EVMLVESGGG LVKPGGSLKL SCAASGFTFS SHTMSWVRQT PEKRLEWVAT
ISGGGSNIYY PDSVKGRFTI SRDNAKNTLY LQMSSLRSED TALYYCARQA
YYGNYWYFDV WGTGTTVTVS S

CDR_{H1} MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 222): SHTMS

CDR_{H2} MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 223): TISGGGSNIYYPDSVKG

CDR_{H3} MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 224): QAYYGNWYFDV

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 13 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 221 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaagtgatgc tggaggagtc tgggggagcc ttagtgaagc ctggagggtc
 cctgaaactc tctgtgcag cctctggatt cactttcagt agccatacca
tgctcttgggt tgcagagact ccggagaaga ggtggagtg ggtcgcaacc
attagtggtg gtggttctaa tatctactat ccagacagtg tgaagggtcg
attcaccatc tccagagaca atgccaagaa caccctgtac ctgcaaatga
 gcagtctgag gtctgaggac acggccttgt attactgtgc aagacaagct
tactacggta attactggta cttcgatgtc tggggcacag ggaccacggt
 caccgtctcc tcc

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 225) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIQMTQSPAT QSASLGESVT ITCLASQTIG TWLAWYQOKP GKSPQLLIYA
ATSLADGVPS RFGSGSGTK FSKISSLQA EDFVSYCCQ LDSIPWTFGG GTKLEIK

CDR_{L1} MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 227): LASQTIGTWLA

CDR_{L2} MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 228): AATSLAD

CDR_{L3} MAT 13 к PD-1 (SEQ ID NO: 229): QQLDSIPWT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 13 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 226 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacattcaga tgaccagtc tctgccacc cagtctgcat ctctgggaga
 aagtgtcacc atcacgtgcc tggcaagtca gaccattggt acatgggttag
catggtatca gcagaaacca gggaaatctc ctcagctcct gatttatgct
gcaaccagct tggcagatgg ggtcccatca aggttcagtg gtagtggatc
 tggcacaanaa ttttctttca agatcagcag cctacaggct gaagattttg
 taagtatta ctgtcaacaa cttgacagta ttccgtggac gttcggtgga
 ggcaccaagc tggaaatcaa a

N. Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 14

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 230) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

QVQLQQPGAE LVKPGASVKM SCKASGYNFI SYWITWVKQR PGQGLQWIGN
IYPGTDGTTY NEKFKSKATL TVDTSSSTAY MHLRLTSED SAVYYCATGL
HWYFDVWGTG TTVTSS

CDR_{H1} MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 232): SYWIT

CDR_{H2} MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 233): NIYPGTDGTTYNEKFKS

CDR_{H3} MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 234): GLHWYFDV

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 14 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 231 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

caggccaac tgcagcagcc tggggctgag cttgtgaagc ctggggcttc
 agtgaagatg tcttgcaagg cttctggcta caacttcac agctactgga
taacctggt gaaacagagg cctggacaag gccttcagt gattggaaat
attatcctg gtactgatgg tactacctac aatgagaagt tcaagagcaa
 ggccacactg actgtagaca catcctccag cacagcctac atgcacctca
 gtcgcctgac atctgaggac tctgcggtct attactgtgc aactgggcta
cactggctact tcgatgtctg gggcacaggg accacgggtca ccgtctcctc c

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 235) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVMTQSQKF MSTSVGDRVS VTCKASQSVG TNVAWYQKP GQSPKALIYS
ASSRFSGVPD RFTGSGSGTD FTLTISNVQS EDLAEYFCQQ YNSYPYTFGG GTKLEIK

CDR_{L1} MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 237): KASQSVGTNVA

CDR_{L2} MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 238): SASSRFS

CDR_{L3} MAT 14 к PD-1 (SEQ ID NO: 239): QQYNSYPYT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 14 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 236 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacattgtga tgaccagtc tcaaaaattc atgtccacat cagtaggaga
 cagggtcagt gtcacctgca aggccagtc gagtgtgggt actaatgtag
cttggtatca acagaagccc ggtcaatctc ctaaagcact gatttactcg
gcctcctccc gattcagtgg cgtccctgat cgcttcacag gcagtggatc
 tgggacagat ttcactctca ccatcagtaa tgtgcagtct gaagacttgg
 cagagtattt ctgtcagcaa tataacagct atccgtacac gttcggaggg
 gggaccaagc tggaaataaa a

О. Моноклональное антитело к PD-1 человека 15

1 Мышиное моноклональное антитело к PD-1 человека 15

Аминокислотная последовательность домена VH MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 240) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVMLVESGGG LVKPGGSLKL SCAASGFIFS SYLISWVRQT PEKRLIEWVA
ISGGGADTY ADSVKGRFTI SRDNAKNTLY LQMSLRSED TALYYCTRRG
TYAMDYWGQG TSVTVSS

CDR_{H1} MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 242): SYLIS

CDR_{H2} MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 243): AISGGGADTYADSVKG

CDR_{H3} MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 244): RGTYAMDY

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VH MAT 15 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 241 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaagtgatgc tgggtgagtc tgggggagc ttagtgaagc ctggagggtc
 cctgaaactc tctgtgcag cctctggatt cattttcagt agctatctca
tctcttggt tcgccagact ccggagaaga gcttgagtg ggtcgtgcc
attagtgggt gtgggtgctga cacctactat gccgacagt tgaagggtcg
 attcaccatc tccagagaca atgccaagaa caccctgtat ctgcaaatga
 gcagtctgag gtctgaggac acggccttat attactgtac aagacgaggg
acctatgcta tggactactg ggtcaagga acctcagtca ccgtctcctc c

Аминокислотная последовательность домена VL MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 245) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIQMTQSPAS QSASLGESVT ITCLASQTIG TWLAWYQKP GKSPQLLIYA
ATSLADGVPS RFGSGSGTK FEFKISSLQA EDFVNYCQQ LYSIPWTFGG GTKLEIK

CDR_{L1} MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 247): LASQTIGTWLA

CDR_{L2} MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 248): AATSLAD

CDR_{L3} MAT 15 к PD-1 (SEQ ID NO: 249): QQLYSIPWT

Примерный полинуклеотид, который кодирует домен VL MAT 15 к PD-1, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 246 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_L, выделены подчеркиванием):

gacattcaga tgaccagtc tccgcctcc cagtctgcat ctctgggaga
 aagtgtcacc atcacatgcc tggcaagtca gaccattggt acatggttag
catgggtatca gcagaaacca gggaaatctc ctcagctcct gatttatget
gcaaccagct tggcagatgg ggtcccatca aggttcagtg gtagtggtac
 tggcacaaaa ttttctttca agatcagcag cctacaggct gaagattttg
 taaattatta ctgtcaacaa ctttacagta ttccgtggac gttcggtgga
 ggcaccaagc tggaaatcaa a

2 Гуманизация моноклонального антитела к PD-1 человека 15, чтобы получить "МАТ к hPD-1 15"

Вышеописанное мышинное моноклональное антитело к PD-1 человека было гуманизировано и дополнительно деиммунизировано после идентификации антигенных эпитопов, чтобы продемонстрировать возможность гуманизации антитела к PD-1 человека с целью уменьшения его антигенности при введении человеку-реципиенту. В результате гуманизации получили один гуманизированный домен VH, обозначенный в настоящем документе как "VH1 МАТ к hPD-1 2", и один гуманизированный домен VL, обозначенный в настоящем документе как "VL1 МАТ к hPD-1 1". Антитело, содержащее гуманизированный домен VL, спаренный с гуманизированным доменом VH, называется "МАТ к hPD-1 15".

Аминокислотная последовательность домена VH из VH1 МАТ к hPD-1 15 (SEQ ID NO: 250) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVQLVESGGG LVRPGGSLRL SCAASGFTFS SYLISWVRQA PGKGLEWVAA
ISGGGADTYY ADSVKGRFTI SRDNAKNSLY LQMNSLRAED TATYYCARRG
TYAMDYWGQG TLVTVSS

Примерный полинуклеотид, который кодирует VH1 МАТ к hPD-1 15, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 251 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gaagtgaac tggttgaaag tggcggcggg ctggtgcggc caggtggttc
 actcagactg tcttgtgcag cttcaggctt tacattctcc tcttatetta
tctettgggt gcgccaagcc ccaggttaagg gccttgaatg ggtcgccgcc
attagtgggg gtggtgccga tacatattat gccgacagcg tcaagggacg
 tttcaccatc agcagggaca acgccaagaa tagcctttac ctgcagatga
 actcacttag agctgaagac accgctactt attactgtgc ccggcgcggg
acttacgcta tggactattg gggccagggc accttggtca ctgtctcacc c

Аминокислотная последовательность домена VH из VL1 МАТ к hPD-1 15 (SEQ ID NO: 252) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

DIQMTQSPSS LSASVGDRTV ITCLASQTIG TWLAWYQQKP GKAPKLLIYA
ATSLADGVPS RFGSGSGTD FTFTISSLQP EDFATYYCQQ LYSIPWTFGQ GTKLEIK

Примерный полинуклеотид, который кодирует VL1 МАТ к hPD-1 15, содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 253 (нуклеотиды, кодирующие остатки CDR_H, выделены подчеркиванием):

gatatccaga tgaccagtc tccagctct ctcagtgcaa gcgtaggcga
 ccgtgtgacc atcacctgtc tggccagtca gaccattgga acctggtc
cctgggtatca gcagaaacct ggcaaggccc ctaagctgct gatttacgcc
gccacctccc tcgagatgg agtgccctcc cgatttagcg ggtccgggtc
 cggcaccgac ttcacattca caatcagcag cctccagccc gaggatttcg
 ctacatacta ctgtcaacag ctctactcca ttccatggac ctttggtcag
 ggtactaaac tggagatcaa a

V. Моноклональные антитела к PD-1 человеку 1-15 и их производные, содержащие модифицированную область Fc

При нормальном функционировании иммунной системы взаимодействие комплексов антитело-антиген с клетками иммунной системы приводит к широкому спектру ответов, начиная от эффекторных функций, таких как зависимость от антител цитотоксичность, дегрануляция тучных клеток и фагоцитоз, до иммуномодулирующих сигналов, таких как регулирование пролиферации лимфоцитов и секреции антител. Все указанные взаимодействия инициируются путем связывания области Fc антител или иммунных комплексов со специализированными поверхностными рецепторами клеток на кровяных клетках. Разнообразие клеточных ответов, вызванных антителами и иммунными комплексами, обусловлено структурной гетерогенностью трех рецепторов Fc: FcγRI (CD64), FcγRII (CD32) и FcγRIII (CD16). FcγRI (CD64), FcγRIIA (CD32A) и FcγRIII (CD16) являются активирующими (т.е., усиливающими иммунную систему) рецепторами; FcγRIIB (CD32B) является ингибирующим (т.е. ослабляющим иммунную систему) рецептором. Помимо этого взаимодействие с неонатальным рецептором Fc (FcRn) выступает посредником рециркуляции молекул IgG из эндосомы к поверхности клетки и высвобождения в кровь.

Аминокислотная последовательность примерного IgG1 дикого типа (SEQ ID NO: 1), IgG2 (SEQ ID NO: 2), IgG3 (SEQ ID NO: 3) и IgG4 (SEQ ID NO: 4) представлена ниже.

Модификация области Fc обычно приводит к измененному фенотипу, например, измененному периоду полувыведения из сыворотки крови, измененной стабильности, измененной восприимчивости к клеточным ферментам или измененной эффекторной функции. Желательной может быть модификация антитела или другой связывающей молекулы согласно настоящему изобретению в отношении эффекторной функции, например, для того чтобы повысить эффективность указанной молекулы в лечении рака. Снижение или устранение эффекторной функции является желательным в некоторых случаях, например, в случае антител, механизм действия которых включает блокирование или антагонистическое действие, но не лизис клеток, несущих антиген-мишень. Повышенная эффекторная функция обычно является желательной, когда она направлена на нежелательные клетки, такие как опухолевые и чужеродные клетки, в которых FcγR экспрессируются с низкими уровнями, например, опухолеспецифичные В-клетки с низким уровнем FcγRIIB (например, неходжкинская лимфома, CLL и лимфома Беркитта). В указанных вариантах реализации молекулы согласно настоящему изобретению, которым придали или которые имеют измененную эффекторную функциональную активность, можно применять для лечения и/или предотвращения заболевания, расстройства или инфекции, при которых желательной является повышенная эффективность эффекторной функциональной активности.

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат область Fc, которая содержит одну или более модификаций (например, замен, делеций или вставок) в аминокислотной последовательности области Fc дикого типа (например, SEQ ID NO: 1), которые снижают аффинность и авидность области Fc, и, соответственно, молекулы согласно настоящему изобретению, в отношении одного или более рецепторов FcγR. Согласно другим вариантам реализации настоящего изобретения молекулы согласно настоящему изобретению содержат область Fc, которая содержит одну или более модификаций аминокислот области Fc дикого типа, которые увеличивают аффинность и авидность области Fc и, соответственно, молекулы согласно настоящему изобретению, в отношении одного или более рецепторов FcγR. Согласно другим вариантам реализации настоящего изобретения молекулы содержат вариант области Fc, причем указанный вариант придает или опосредует повышенную активность, связанную с антитело-зависимой клеточной цитотоксичностью (АЗКЦ), и/или повышенное связывание с FcγRIIA по сравнению с молекулой, не содержащей область Fc или содержащей область Fc дикого типа. В других вариантах реализации настоящего изобретения молекулы содержат вариант области Fc, причем указанный вариант придает или опосредует сниженную активность АЗКЦ (или другой эффекторной функции) и/или повышенное связывание с FcγRIIB по сравнению с молекулой, не содержащей область Fc или содержащей область Fc дикого типа. Согласно некоторым вариантам реализации в область настоящего изобретения включены PD-1-связывающие молекулы, содержащие вариант области Fc, причем указанный вариант области Fc не проявляет детектируемого связывания с любым FcγR по сравнению с сопоставимой молекулой, содержащей область Fc дикого типа. Согласно другим вариантам реализации в область настоящего изобретения включены PD-1-связывающие молекулы, содержащие вариант области Fc, причем указанный вариант области Fc связывается только с одним FcγR, предпочтительно с одним из FcγRIIA, FcγRIIB или FcγRIIA. Любое подходящее повышение аффинности и/или авидности предпочтительно оценивают путем измерения в условиях *in vitro* степени детектируемого связывания с FcγR или FcγR-связанной активности в клетках, которые экспрессируют низкие уровни FcγR, когда активность связывания исходной молекулы (без модифицированной области Fc) не поддается детектированию в клетках, или в клетках, которые экспрессируют целевые антигены, отличные от рецепторов Fcγ, в плотности от 30000 до 20000 молекул/клетку, в плотности от 20000 до 10000 молекул/клетку, в плотности от 10000 до 5000 молекул/клетку, в плотности от 5000 до 1000 молекул/клетку, в плотности от 1000 до 200 молекул/клетку или в плотности 200 молекул/клетку или менее (но не менее 10, 50, 100 или 150 молекул/клетку). PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению могут содержать вариант области Fc, имеющий измененную аффинность в отношении активирующего и/или ингибирующего рецептора Fcγ. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающая молекула содержит вариант области Fc, который имеет повышенную аффинность в отношении FcγRIIB и сниженную аффинность в отношении FcγRIIA и/или FcγRIIA по сравнению с сопоставимой молекулой, содержащей область Fc дикого типа. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающая молекула согласно настоящему изобретению, содержит вариант области Fc, который имеет уменьшенную аффинность в отношении FcγRIIB и повышенную аффинность в отношении FcγRIIA и/или FcγRIIA по сравнению с сопоставимой молекулой, содержащей область Fc дикого типа. В другом варианте реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, который имеет уменьшенную аффинность в отношении FcγRIIB и уменьшенную аффинность в отношении FcγRIIA и/или FcγRIIA по сравнению с сопоставимой молекулой, содержащей область Fc дикого типа. В другом варианте реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, который имеет неизменную аффинность в отношении

Fc γ RIIB и уменьшенную (или повышенную) аффинность в отношении Fc γ RIIA и/или Fc γ RIIA относительно сопоставимой молекулы, содержащей область Fc дикого типа.

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, имеющий измененную аффинность в отношении Fc γ RIIA и/или Fc γ RIIA, так, что иммуноглобулин обладает повышенной эффекторной функцией. Неограничивающие примеры эффекторных функций клеток включают антитело-зависимую клеточную цитотоксичность, антитело-зависимый фагоцитоз, фагоцитоз, опсонизацию, опсонофагоцитоз, связывание клеток, образование розеток, связывание с компонентом комплемента C1q и комплемент-зависимую клеточную цитотоксичность. В предпочтительном варианте реализации настоящего изобретения аффинность или эффекторная функция изменяется по меньшей мере в 2 раза, предпочтительно по меньшей мере в 4 раза, по меньшей мере в 5 раз, по меньшей мере в 6 раз, по меньшей мере в 7 раз, по меньшей мере в 8 раз, по меньшей мере в 9 раз, по меньшей мере в 10 раз, по меньшей мере в 50 раз или по меньшей мере в 100 раз по сравнению с сопоставимой молекулой, содержащей область Fc дикого типа. Согласно другим вариантам реализации настоящего изобретения вариант области Fc иммуноспецифично связывается с одним или более FcR с величиной аффинности, которая по меньшей мере на 65%, предпочтительно по меньшей мере на 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 100%, 125%, 150%, 175%, 200%, 225% или 250% превышает аффинность молекулы, содержащей область Fc дикого типа. Такие измерения могут представлять собой количественные исследования в условиях *in vivo* или *in vitro*, и в предпочтительном варианте представляют собой количественные исследования в условиях *in vitro*, такие как твердофазный иммуноферментный анализ (ИФА) или поверхностный плазмонный резонанс.

Согласно различным вариантам реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, причем указанный вариант является агонистом по меньшей мере одного вида активности рецептора Fc γ R или является антагонистом по меньшей мере одного вида активности рецептора Fc γ R. Согласно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения молекулы содержат вариант, который является антагонистом одного или более видов активности Fc γ RIIB, например, опосредуемой В-клетками передачи сигналов, активации В-клеток, пролиферации В-клеток, выработки антител, внутриклеточного притока кальция в В-клетки, прогрессирования клеточного цикла, Fc γ RIIB-опосредуемого ингибирования передачи сигналов с участием Fc ϵ RI, фосфорилирования Fc γ RIIB, привлечения SHIP, фосфорилирования SHIP и связывания с Shc, или активности одной или более молекул последующих каскадов реакций (например, MAP-киназы, JNK, p38 или Akt) в пути передачи сигнала с участием Fc γ RIIB. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант, который является агонистом одного или более видов активности Fc ϵ RI, например, активации тучных клеток, мобилизации кальция, дегрануляции, выработки цитокинов или высвобождения серотонина.

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения молекулы содержат область Fc, содержащую области из двух или более изоформ IgG (например, IgG1, IgG2, IgG3 и IgG4). В настоящей заявке область Fc, как полагают, имеет конкретный изоформ IgG, если ее аминокислотная последовательность наиболее гомологична указанному изоформу относительно других изоформ IgG. Различные изоформы IgG проявляют различные физические и функциональные свойства, включая период полувыведения из сыворотки крови, связывание комплемента, аффинность связывания в отношении Fc γ R и активность эффекторных функций (например, АЗКЦ, КЗЦ и т. д.), вследствие различий в аминокислотных последовательностях шарнирной области и/или области Fc, например, как описано в Flesch and Neppert (1999) *J. Clin. Lab. Anal.* 14:141-156; Chappel et al. (1993) *J. Biol. Chem.* 33:25124-25131; Chappel et al. (1991) *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 88:9036-9040; или Brüggenmann et al. (1987) *J. Exp. Med.* 166:1351-1361. Указанный тип варианта области Fc можно применять по отдельности, или в комбинации с модификацией аминокислот, для воздействия на Fc-опосредуемую эффекторную функцию и/или активность связывания. В случае использования в комбинации, модификация аминокислоты и шарнирная область/область Fc IgG могут проявлять сходную функциональность (например, повышенную аффинность в отношении Fc γ RIIA) и могут действовать аддитивно или, более предпочтительно, синергически, чтобы модифицировать эффекторную функциональность в молекуле согласно настоящему изобретению, по сравнению с молекулой согласно настоящему изобретению, которая содержит область Fc дикого типа. Согласно другим вариантам реализации настоящего изобретения модификация аминокислот и область Fc IgG могут проявлять противоположную функциональность (например, повышение и уменьшение аффинности в отношении Fc γ RIIA, соответственно) и могут селективно регулировать или снижать специфичную функциональность в молекуле согласно настоящему изобретению, по сравнению с молекулой согласно настоящему изобретению, не содержащей область Fc или содержащей область Fc дикого типа такого же изоформа.

В предпочтительном конкретном варианте реализации PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, причем указанный вариант области Fc содержит по меньшей мере одну модификацию аминокислоты, по сравнению с областью Fc дикого типа, так, что указанная молекула имеет измененную аффинность в отношении FcR, при условии, что указанный вариант

области Fc не содержит замену в положениях, которые непосредственно вступают в контакт с FcγR, на основании данных кристаллографического и структурного анализа взаимодействий Fc-FcR, таких как те, которые описаны Sondermann et al. (2000) Nature 406:267-73. Примеры положений в области Fc, которые непосредственно вступают в контакт с FcγR, представляют собой остатки аминокислот 234-239, остатки аминокислот 265-269 (петля В/С), остатки аминокислот 297-299 (петля С'/Е) и остатки аминокислот 327-332 (петля F/G). Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения молекулы согласно настоящему изобретению содержат варианты области Fc, содержащие модификацию по меньшей мере одного остатка, который не вступает в непосредственный контакт с FcγR, на основании данных структурного и кристаллографического анализа, например, находится вне сайта связывания Fc-FcγR.

Варианты области Fc хорошо известны в данной области техники, и любой известный вариант области Fc может быть использован согласно настоящему изобретению для придания или модификации эффекторной функции, проявляемой молекулой согласно настоящему изобретению, содержащей область Fc (или ее часть), в соответствии с данными функциональных исследований, например, в NK-зависимом или зависимом от макрофагов количественном исследовании. Например, варианты области Fc, идентифицированные как варианты, изменяющие эффекторную функцию, раскрыты в РСТ публикациях WO 04/063351; WO 06/088494; WO 07/024249; WO 06/113665; WO 07/021841; WO 07/106707; и WO 2008/140603, и любой подходящий вариант, раскрытый в указанных публикациях, можно применять в молекулах согласно настоящему изобретению.

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, содержащий одну или более модификаций аминокислот в одной или более областях, модификация (модификации) которых изменяет (относительно области Fc дикого типа) соотношение величин аффинности варианта области Fc в пользу активирующего FcγR (например, FcγRIIA или FcγRIIA) относительно ингибирующего FcγR (такого как FcγRIIB):

Соотношение величин аффинности=Изменение аффинности варианта Fc, относительно дикого типа, в пользу активирующего FcγR/Изменение аффинности варианта Fc, относительно дикого типа, в пользу ингибирующего FcγR

Особенно предпочтительными являются PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению, которые содержат вариант области Fc (по сравнению с областью Fc дикого типа), в которых вариант области Fc имеет соотношение величин аффинности больше 1. Указанные молекулы особенно полезны в обеспечении терапевтического или профилактического лечения заболевания, расстройства или инфекции или улучшения ее симптома, когда желательной является повышенная эффективность эффекторной функции клеток (например, АЗКЦ), опосредуемой FcγR, например, при раке или инфекционном заболевании. Напротив, вариант области Fc, имеющий соотношение величин аффинности меньше 1, вызывает уменьшение эффективности эффекторной функции клеток. В табл. 1 приведены примерные одинарные, двойные, тройные, четырехкратные и пятикратные мутации, независимо от того, характерно для них соотношение величин аффинности больше или меньше 1.

Таблица 1. Типичные одинарные и множественные мутации, перечисленные в соответствии с соотношением величин аффинности

Одинарная	Двойная	Тройная	Четырехкратная	Пятикратная
Соотношение величин аффинности >1				
F243L	F243L и R292P	F243L, P247L и N421K	L234F, F243L, R292P и Y300L	L235V, F243L, R292P, Y300L и P396L
D270E	F243L и Y300L	F243L, R292P и Y300L	L235I, F243L, R292P и Y300L	L235P, F243L, R292P, Y300L и P396L
R292G	F243L и P396L	F243L, R292P и V305I	L235Q, F243L, R292P и Y300L	F243L, R292P, V305I, Y300L и P396L
R292P	D270E и P396L	F243L, R292P и P396L	F243L, P247L, D270E и N421K	
	R292P и Y300L	F243L, Y300L и P396L	F243L, R255L, D270E и P396L	
	R292P и V305I	P247L, D270E и N421K	F243L, D270E, G316D и R416G	
	R292P и P396L	R255L, D270E и P396L	F243L, D270E, K392T и P396L	
	Y300L и P396L	D270E, G316D и R416G	F243L, D270E, P396L и Q419H	
	P396L и Q419H	D270E, K392T и P396L	F243L, R292P, Y300L, и P396L	
		D270E, P396L и Q419H	F243L, R292P, V305I и P396L	
		V284M, R292L и K370N	P247L, D270E, Y300L и N421K	
		R292P, Y300L и P396L	R255L, D270E, R292G и P396L	
			R255L, D270E, Y300L и P396L	
			D270E, G316D, P396L и R416G	
Соотношение величин аффинности <1				
Y300L	F243L и P396L	F243L, R292P и V305I		
P396L	P247L и N421K			
	R255L и P396L			
	R292P и V305I			
	K392T и P396L			
	P396L и Q419H			

Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения варианты области Fc содержат любые модификации аминокислот (например, замены) в любом из положений 235, 240, 241, 243, 244, 247, 262, 263, 269, 298, 328 или 330 и предпочтительно один или более из следующих остатков: A240, I240, L241, L243, H244, N298, I328 или V330. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения варианты области Fc содержат любые модификации аминокислот (например, замены) в любом из положений 268, 269, 270, 272, 276, 278, 283, 285, 286, 289, 292, 293, 301, 303, 305, 307, 309, 331, 333, 334, 335, 337, 338, 340, 360, 373, 376, 416, 419, 430, 434, 435, 437, 438 или 439 и предпочтительно один или более из следующих остатков: H280, Q280, Y280, G290, S290, T290, Y290, N294, K295, P296, D298, N298, P298, V298, I300 или L300. Согласно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения варианты области Fc, которые связываются с FcγR с измененной аффинностью, содержат любые модификации аминокислот (например, замены) в любом из положений 255, 256, 258, 267, 268, 269, 270, 272, 276, 278, 280, 283, 285, 286, 289, 290, 292, 293, 294, 295, 296, 298, 300, 301, 303, 305, 307, 309, 312, 320, 322, 326, 329, 330, 332, 331, 333, 334, 335, 337, 338, 339, 340, 359, 360, 373, 376, 416, 419,

430, 434, 435, 437, 438 или 439. Предпочтительно вариант области Fc содержит любой из следующих остатков: A256, N268, Q272, D286, Q286, S286, A290, S290, A298, M301, A312, E320, M320, Q320, R320, E322, A326, D326, E326, N326, S326, K330, T339, A333, A334, E334, H334, L334, M334, Q334, V334, K335, Q335, A359, A360 или A430.

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения варианты области Fc, которые связываются с FcγR (посредством своей области Fc) со сниженной аффинностью, содержат любые модификации аминокислот (например, замены) в любом из положений 252, 254, 265, 268, 269, 270, 278, 289, 292, 293, 294, 295, 296, 298, 300, 301, 303, 322, 324, 327, 329, 333, 335, 338, 340, 373, 376, 382, 388, 389, 414, 416, 419, 434, 435, 437, 438 или 439.

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения варианты области Fc, которые связываются с FcγR (посредством своей области Fc) с повышенной аффинностью, содержат любые модификации аминокислот (например, замены) в любом из положений 280, 283, 285, 286, 290, 294, 295, 298, 300, 301, 305, 307, 309, 312, 315, 331, 333, 334, 337, 340, 360, 378, 398 или 430. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения варианты области Fc, которые связываются с FcγRIIA с повышенной аффинностью, содержат любой из следующих остатков: A255, A256, A258, A267, A268, N268, A272, Q272, A276, A280, A283, A285, A286, D286, Q286, S286, A290, S290, M301, E320, M320, Q320, R320, E322, A326, D326, E326, S326, K330, A331, Q335, A337 или A430.

Предпочтительные варианты содержат одну или более модификаций в любом из положений: 228, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 262, 263, 264, 265, 266, 271, 273, 275, 281, 284, 291, 296, 297, 298, 299, 302, 304, 305, 313, 323, 325, 326, 328, 330 или 332.

Особенно предпочтительные варианты содержат одну или более модификаций, выбранных из групп A-AI:

A	228E, 228K, 228Y или 228G;
B	230A, 230E, 230Y или 230G;
C	231E, 231K, 231Y, 231P или 231G;
D	232E, 232K, 232Y, 232G;
E	233D;

F	234I или 234F;
G	235D, 235Q, 235P, 235I или 235V;
H	239D, 239E, 239N или 239Q;
I	240A, 240I, 240M или 240T;
J	243R, 243, 243Y, 243L, 243Q, 243W, 243H или 243I;
K	244H;
L	245A;
M	247G, 247V или 247L;
N	262A, 262E, 262I, 262T, 262E или 262F;
O	263A, 263I, 263M или 263T;
P	264F, 264E, 264R, 264I, 264A, 264T или 264W;
Q	265F, 265Y, 265H, 265I, 265L, 265T, 265V, 265N или 265Q;
R	266A, 266I, 266M или 266T;
S	271D, 271E, 271N, 271Q, 271K, 271R, 271S, 271T, 271H, 271A, 271V, 271L, 271I, 271F, 271M, 271Y, 271W или 271G;
T	273I;
U	275L или 275W;
V	281D, 281K, 281Y или 281P;
W	284E, 284N, 284T, 284L, 284Y или 284M;
X	291D, 291E, 291Q, 291T, 291H, 291I или 291G;
Y	299A, 299D, 299E, 299F, 299G, 299H, 299I, 299K, 299L, 299M, 299N, 299P, 299Q, 299R, 299S, 299V, 299W или 299Y;
Z	302I;
AA	304D, 304N, 304T, 304H или 304L
AB	305I;
AC	313F;
AD	323I;
AE	325A, 325D, 325E, 325G, 325H, 325I, 325L, 325K, 325R, 325S, 325F, 325M, 325T, 325V, 325Y, 325W или 325P;
AF	328D, 328Q, 328K, 328R, 328S, 328T, 328V, 328I, 328Y, 328W, 328P, 328G, 328A, 328E, 328F, 328H, 328M или 328N;
AG	330L, 330Y, 330I или 330V;
AH	332A, 332D, 332E, 332H, 332N, 332Q, 332T, 332K, 332R, 332S, 332V, 332L, 332F, 332M, 332W, 332P, 332G или 332Y; и
AI	336E, 336K или 336Y

Еще более предпочтительные варианты содержат одну или более модификаций, выбранных из групп 1-105:

042076

Группа	Вариант	Группа	Вариант
1	A330L/I332E	54	S239D/D265L/N297D/I332E
2	D265F/N297E/I332E	55	S239D/D265T/N297D/I332E
3	D265Y/N297D/I332E	56	S239D/D265V/N297D/I332E
4	D265Y/N297D/T299L/I332E	57	S239D/D265Y/N297D/I332E
5	F241E/F243Q/V262T/V264F	58	S239D/I332D
6	F241E/F243Q/V262T/V264E/ I332E	59	S239D/I332E
7	F241E/F243R/V262E/V264R	60	S239D/I332E/A330I
8	F241E/F243R/V262E/V264R/ I332E	61	S239D/I332N
9	F241E/F243Y/V262T/V264R	62	S239D/I332Q
10	F241E/F243Y/V262T/V264R/ I332E	63	S239D/N297D/I332E
11	F241L/F243L/V262I/V264I	64	S239D/N297D/I332E/A330Y
12	F241L/V262I	65	S239D/N297D/I332E/A330Y/F241S/F243H/V262T/V264T
13	F241R/F243Q/V262T/V264R	66	S239D/N297D/I332E/K326E
14	F241R/F243Q/V262T/V264R/ I332E	67	S239D/N297D/I332E/L235D
15	F241W/F243W/V262A/V264A	68	S239D/S298A/I332E
16	F241Y/F243Y/V262T/V264T	69	S239D/V264I/A330L/I332E
17	F241Y/F243Y/V262T/V264T/ N297D/I332E	70	S239D/V264I/I332E
18	F243L/V262I/V264W	71	S239D/V264I/S298A/I332E
19	P243L/V264I	72	S239E/D265N
20	L328D/I332E	73	S239E/D265Q
21	L328E/I332E	74	S239E/I332D
22	L328H/I332E	75	S239E/I332E

23	L328I/I332E	76	S239E/I332N
24	L328M/I332E	77	S239E/I332Q
25	L328N/I332E	78	S239E/N297D/I332E
26	L328Q/I332E	79	S239E/V264I/A330Y/I332 E
27	L328T/I332E	80	S239E/V264I/I332 E
28	L328V/I332E	81	S239E/V264I/S298A/A330Y/I332E
29	N297D/A330Y/I332E	82	S239N/A330L/I332E
30	N297D/I332E	83	S239N/A330Y/I332E
31	N297D/I332E/S239D/A330L	84	S239N/I332D
32	N297D/S298A/A330Y/I 332E	85	S239N/I332E
33	N297D/T299L/I332E	86	S239N/I332N
34	N297D/T299F/I332E/N297D/ T299H/I332E	87	S239N/I332Q
35	N297D/T299I/I332E	88	S239N1S298A/I332E
36	N297D/T299L/I332E	89	S239Q/I332D
37	N297D/T299V/I332E	90	S239Q/I332E
38	N297E/I332E	91	S239Q/I332N
39	N297S/I332E	92	S239Q/I332Q
40	P230A/E233D/I332E	93	S239Q/V264I/I332E
41	P244H/P245A/P247V	94	S298A/I332E
42	S239D/A330L/I332E	95	V264E/N297D/I332E
43	S239D/A330Y/I332E	96	V264I/A330L/I332E
44	S239D/A330Y/I332E/K326E	97	V264I/A330Y/I332E
45	S239D/A330Y/I332E/K326T	98	V264I/I332E
46	S239D/A330Y/I332E/L234I	99	V264I/S298A/I332E
47	S239D/A330Y/I332E/L235D	100	Y296D/N297D/I332E
48	S239D/A330Y/I332E/V240I	101	Y296E/N297D/I332 E
49	S239D/A330Y/I332E/V264T	102	Y296H/N297D/I332E
50	S239D/A330Y/I332E/V266I	103	Y296N/N297D/I332E
51	S239D/D265F/N297D/I332E	104	Y296Q/N297I/I332E
52	S239D/D265H/N297D/I332E	105	Y296T/N297D/I332E
53	S239D/D265I/N297D/I332E		

Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающая молекула согласно настоящему изобретению будет содержать вариант области Fc, содержащий по меньшей мере одну модификацию в области Fc. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения вариант области Fc содержит по меньшей мере одну замену, выбранную из группы, состоящей из L235V, F243L, R292P, Y300L, V305I и P396L.

Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения вариант области Fc содержит:

(A) по меньшей мере одну замену, выбранную из группы, состоящей из F243L, R292P, Y300L, V305I и P396L;

(B) по меньшей мере две замены, выбранные из группы, состоящей из:

- (1) F243L и P396L;
- (2) F243L и R292P и
- (3) R292P и V305I;

(C) по меньшей мере три замены, выбранные из группы, состоящей из:

- (1) F243L, R292P и Y300L;
- (2) F243L, R292P и V305I;
- (3) F243L, R292P и P396L и
- (4) R292P, V305I и P396L;

(D) по меньшей мере четыре замены, выбранные из группы, состоящей из:

- (1) F243L, R292P, Y300L и P396L и
- (2) F243L, R292P, V305I и P396L; или

(E) по меньшей мере пять замен, выбранных из группы, состоящей из:

- (1) F243L, R292P, Y300L, V305I и P396L и
- (2) L235V, F243L, R292P, Y300L и P396L.

В другом конкретном варианте реализации настоящего изобретения вариант области Fc содержит

замены:

- (A) F243L, R292P и Y300L;
- (B) L235V, F243L, R292P, Y300L и P396L или
- (C) F243L, R292P, Y300L, V305I и P396L.

Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающая молекула согласно настоящему изобретению содержит вариант области Fc, который проявляет уменьшенное (или по существу отсутствующее) связывание с FcγRIА (CD64), FcγRIIA (CD32A), FcγRIIB (CD32B), FcγRIIIA (CD16a) или FcγRIIIB (CD16b) (по сравнению со связыванием, проявляемым областью Fc IgG1 дикого типа (SEQ ID NO: 1)).

Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающая молекула согласно настоящему изобретению будет содержать вариант области Fc, которая проявляет сниженное (или, по существу, отсутствующее) связывание с FcγR (например, FcγRIIIA) и сниженную (или, по существу, отсутствующую) эффекторную функцию АЗКЦ. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения вариант области Fc содержит по меньшей мере одну замену, выбранную из группы, состоящей из L234A, L235A, D265A, N297Q и N297G. Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения вариант области Fc содержит замену L234A; L235A; L234A и L235A; D265A; N297Q или N297G.

Предпочтительные последовательности IgG1 для доменов CH2 и CH3 PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению будут содержать замены L234A/L235A (SEQ ID NO: 5):

```

APEAAGGPSV FLFPPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSHED PEVKFNWYVD
GVEVHNAKTK PREEQYNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKALPA
PIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSREEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE
WESNGQPENN YKTPPVLDL DGSFFLYSKL TVDKSRWQQG NVFSCSVME
ALHNHYTQKS LSLSPGX

```

где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающая молекула согласно настоящему изобретению содержит область Fc, которая по своей природе проявляет уменьшенное (или по существу отсутствующее) связывание с FcγRIIIA (CD16a) и/или сниженную эффекторную функцию (по сравнению со связыванием, проявляемым Fc IgG1 дикого типа (SEQ ID NO: 1)). Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающая молекула согласно настоящему изобретению не содержит область Fc IgG2 (SEQ ID NO: 2) или область Fc IgG4, (SEQ ID NO: 4). В случае использования области Fc IgG4, в область настоящего изобретения также включено введение стабилизирующей мутации, такой как замена S228P шарнирной области IgG4 (см., например, SEQ ID NO: 13: ^ESKY^GPPCP^PCP, (Lu et al. (2008) "The Effect Of A Point Mutation On The Stability Of Igg4 As Monitored By Analytical Ultracentrifugation", J. Pharmaceutical Sciences 97:960-969), чтобы уменьшить частоту обмена нитей. Другие стабилизирующие мутации, известные в данной области техники, могут быть введены в область Fc IgG4 (Peters, P et al. (2012) "Engineering an Improved IgG4 Molecule with Reduced Disulfide Bond Heterogeneity and Increased Fab Domain Thermal Stability", J. Biol. Chem., 287:24525-24533; PCT публикация патента WO 2008/145142).

Согласно другим вариантам реализации в область настоящего изобретения включено применение любого варианта области Fc, известного в данной области техники, такого как те, которые раскрыты в

Jefferis, B.J. *et al.* (2002) «Interaction Sites On Human IgG-Fc For Fcγ₁», *Immunol. Lett.* 82:57-65; Presta, L.G. *et al.* (2002) «Engineering Therapeutic Antibodies For Improved Function», *Biochem. Soc. Trans.* 30:487-90; Idusogie, E.E. *et al.* (2001) «Engineered Antibodies With Increased Activity To Recruit Complement», *J. Immunol.* 166:2571-75; Shields, R.L. *et al.* (2001) «High Resolution Mapping Of The Binding Site On Human IgG1 For Fcγ₁, Fcγ₂, Fcγ₃, And Fcγ₄ And Design Of IgG1 Variants With Improved Binding To The Fcγ₁», *J. Biol. Chem.* 276:6591-6604; Idusogie, E.E. *et al.* (2000) «Mapping Of The C1q Binding Site On Rituxan, A Chimeric Antibody With A Human IgG Fc», *J. Immunol.* 164:4178-84; Reddy, M.P. *et al.* (2000) «Elimination Of Fc Receptor-Dependent Effector Functions Of A Modified IgG4 Monoclonal Antibody To Human CD4», *J. Immunol.* 164:1925-1933; Xu, D. *et al.* (2000) «*in vitro* Characterization of Five Humanized OKT3 Effector Function Variant Antibodies», *Cell. Immunol.* 200:16-26; Armour, K.L. *et al.* (1999) «Recombinant human IgG Molecules Lacking Fcγ₁ Receptor Binding And Monocyte Triggering Activities», *Eur. J. Immunol.* 29:2613-24; Jefferis, R. *et al.* (1996) «Modulation Of Fc(γ₁)R And Human Complement Activation By IgG3-Core Oligosaccharide Interactions», *Immunol. Lett.* 54:101-04; Lund, J. *et al.* (1996) «Multiple Interactions Of IgG With Its Core Oligosaccharide Can Modulate Recognition By Complement And Human Fcγ₁ Receptor I And Influence The Synthesis Of Its Oligosaccharide Chains», *J. Immunol.* 157:4963-4969; Hutchins *et al.* (1995) «Improved Biodistribution, Tumor Targeting, And Reduced Immunogenicity In Mice With A γ₄ Variant Of Campath-1H», *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 92:11980-84; Jefferis, R. *et al.* (1995) «Recognition Sites On Human IgG For Fcγ₁ Receptors: The Role Of Glycosylation», *Immunol. Lett.* 44:111-17; Lund, J. *et al.* (1995) «Oligosaccharide-Protein Interactions In IgG Can Modulate Recognition By Fcγ₁ Receptors», *FASEB J.* 9:115-19; Alegre, M.L. *et al.* (1994) «A Non-Activating «Humanized» Anti-CD3 Monoclonal Antibody Retains Immunosuppressive Properties *in vivo*», *Transplantation* 57:1537-1543; Lund *et al.* (1992) «Multiple Binding Sites On The CH₂ Domain Of IgG For Mouse Fcγ₁», *Mol. Immunol.* 29:53-59; Lund *et al.* (1991) «Human Fcγ₁ And Fcγ₂ Interact With Distinct But Overlapping Sites On Human IgG», *J. Immunol.* 147:2657-2662; Duncan, A.R. *et al.* (1988) «Localization Of The Binding Site For The Human High-Affinity Fcγ₁ Receptor On IgG», *Nature* 332:563-564;

патентах США №№ 5624821; 5885573; 6194551; 7276586; и 7317091 и PCT публикациях WO 00/42072 и PCT WO 99/58572.

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения молекулы согласно настоящему изобретению дополнительно содержат один или более сайтов гликозилирования так, что один или более углеводных фрагментов ковалентно присоединены к молекуле. Предпочтительно молекулы согласно настоящему изобретению, содержащие один или более сайтов гликозилирования и/или одну или более модификаций в области Fc, обеспечивают или обладают повышенной эффекторной функцией, опосредуемой антителом, например, повышенной активностью АЗКЦ, по сравнению с немодифицированным антителом. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения предложены молекулы, содержащие одну или более модификаций аминокислот, которые, как известно, непосредственно или косвенно взаимодействуют с углеводным фрагментом области Fc, включая, но не ограничиваясь ими, аминокислоты в положениях 241, 243, 244, 245, 249, 256, 258, 260, 262, 264, 265, 296, 299 и 301. Аминокислоты, которые прямо или косвенно взаимодействуют с углеводным фрагментом области Fc, известны в данной области техники, см., например, Jefferis *et al.*, 1995 *Immunology Letters*, 44: 111-7, которая полностью включена в настоящую заявку посредством ссылки.

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения предложены молекулы, которые были модифицированы путем введения одного или более сайтов гликозилирования в один или более сайтов молекул, предпочтительно без изменения функциональности молекул, например, активности связывания с антигеном-мишенью или FcγR. Сайты гликозилирования могут быть введены в вариабельную и/или константную область молекул согласно настоящему изобретению. В настоящей заявке термин "сайты гликозилирования" включает любую конкретную аминокислотную последовательность в антителе, к которой будет специфично или ковалентно прикреплен олигосахарид (т.е., углеводы, содержащие два или более простых сахара, соединенных вместе). Олигосахаридные боковые цепи, как правило, присоединены к остову антитела посредством N- или O-связей. N-связанное гликозилирование относится к

присоединению олигосахаридного фрагмента к боковой цепи остатка аспарагина. О-связанное гликозилирование относится к присоединению олигосахаридного фрагмента к гидроксиаминокислоте, например, серину, треонину. Молекулы согласно настоящему изобретению могут содержать один или более сайтов гликозилирования, включая N-связанные и O-связанные сайты гликозилирования. Любой сайт гликозилирования для N-связанного или O-связанного гликозилирования, известный в данной области техники, может быть использован в соответствии с настоящим изобретением. Примерный N-связанный сайт гликозилирования, который можно применять в соответствии со способами согласно настоящему изобретению, представляет собой аминокислотную последовательность: Asn-X-Thr/Ser, в которой X может представлять собой любую аминокислоту, и Thr/Ser означает треонин или серин. Подходящий сайт или сайты могут быть введены в молекулу согласно настоящему изобретению с использованием способов, хорошо известных в данной области техники, к которой относится настоящее изобретение (см., например, *in vitro* Mutagenesis, Recombinant DNA: A Short COURSE, J. D. Watson et al., W.H. Freeman and Company, New York, 1983, chapter 8, pp. 106-116, которая полностью включена в настоящую заявку посредством ссылки. Примерный способ введения сайта гликозилирования в молекулу согласно настоящему изобретению может включать: модификацию или мутирование аминокислотной последовательности молекулы так, чтобы получить желательную последовательность Asn-X-Thr/Ser.

Согласно некоторым вариантам реализации согласно настоящему изобретению предложены способы модификации содержания углеводов в молекуле согласно настоящему изобретению путем добавления или удаления сайта гликозилирования. Способы модификации содержания углеводов в антителах (и молекулах, содержащих домены антител, например, область Fc) хорошо известны в данной области техники и включены в область настоящего изобретения, см., например, патент США № 6218149; EP 0359096 B1; публикацию патента США US 2002/0028486; WO 03/035835; публикацию патента США 2003/0115614; патент США № 6218149; патент США № 6472511; все из которых полностью включены в настоящую заявку посредством ссылки. Согласно другим вариантам реализации согласно настоящему изобретению предложены способы модификации содержания углеводов в молекуле согласно настоящему изобретению путем удаления одного или более эндогенных углеводных фрагментов молекулы. Согласно конкретному варианту реализации согласно настоящему изобретению предложено смещение сайта гликозилирования области Fc антитела путем модификации положений, смежных с 297. Согласно конкретному варианту реализации согласно настоящему изобретению предложена модификация положения 296 так, что положение 296, но не положение 297, является гликозилированным.

Эффекторная функция также может быть модифицирована с помощью методик, таких как введение одного или более остатков цистеина в область Fc, обеспечивая тем самым возможность образования межцепочечной дисульфидной связи в указанной области с получением гомодимерного антитела, которое может иметь улучшенную способность к интернализации и/или повышенную комплемент-зависимую цитотоксичность и АЗКЦ (Сагоп, P.C. et al. (1992) "Engineered Humanized Dimeric Forms Of IgG Are More Effective Antibodies", J. Exp. Med. 176:1191-1195; Shopes, B. (1992) "A Genetically Engineered Human IgG Mutant With Enhanced Cytolytic Activity", J. Immunol. 148(9):2918-2922. Гомодимерные антитела с повышенной противоопухолевой активностью также могут быть получены с использованием гетеробифункциональных сшивающих агентов, описанных в Wolff, E.A. et al. (1993) "Monoclonal Antibody Homodimers: Enhanced Antitumor Activity In Nude Mice", Cancer Research 53:2560-2565. В другом варианте, антитело может быть модифицировано для включения двух областей Fc и, соответственно, может иметь повышенную активность комплемент-опосредованной цитотоксичности и АЗКЦ (Stevenson, G.T. et al. (1989) "A Chimeric Antibody With Dual Fc Regions (bisFabFc) Prepared By Manipulations At The IgG Hinge", Anti-Cancer Drug Design 3:219-230)

Период полувыведения из сыворотки крови молекул согласно настоящему изобретению, содержащих области Fc, может быть увеличен за счет увеличения аффинности связывания области Fc в отношении FcRn. В настоящей заявке термин "период полувыведения" означает фармакокинетическое свойство молекулы, которое является мерой среднего времени существования молекул после их введения. Период полувыведения может быть выражен как время, необходимое для выведения пятидесяти процентов (50%) известного количества молекулы из организма субъекта (например, пациента-человека или другого млекопитающего) или конкретного компартмента его организма, например, при измерении в сыворотке крови, т.е., период полувыведения из кровотока, или в других тканях. В целом, увеличение периода полувыведения приводит к увеличению среднего времени удержания (MRT) в кровотоке для введенной молекулы. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, причем указанный вариант области Fc содержит по меньшей мере одну модификацию аминокислоты, по сравнению с областью Fc дикого типа, так, что указанная молекула имеет увеличенный период полувыведения (по сравнению с областью Fc дикого типа). Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению содержат вариант области Fc, причем указанный вариант области Fc содержит замену аминокислоты, которая увеличивает период полувыведения, в одном или более положениях, выбранных из группы, состоящей из 238, 250, 252, 254, 256, 257, 256, 265, 272, 286, 288, 303, 305, 307, 308, 309, 311, 312, 317, 340, 356, 360, 362, 376, 378, 380, 382, 413, 424,

428, 433, 434, 435 и 436. Многочисленные специфические мутации, способные увеличивать период полувыведения молекулы, содержащей область Fc, известны в данной области техники и включают, например, M252Y, S254T, T256E и их комбинации. Например, см. мутации, описанные в патентах США №№ 6277375, 7083784; 7217797, 8088376; публикации заявок на патент США 2002/0147311; 2007/0148164; и международные публикации WO 98/23289; WO 2009/058492 и WO 2010/033279, которые полностью включены в настоящую заявку посредством ссылки. Молекулы, содержащие область Fc, с увеличенным периодом полувыведения также включают те, которые содержат замены в двух или более остатках области Fc 250, 252, 254, 256, 257, 288, 307, 308, 309, 311, 378, 428, 433, 434, 435 и 436. В частности, указанные молекулы содержат две или более замен, выбранных из T250Q, M252Y, S254T, T256E, K288D, T307Q, V308P, A378V, M428L, N434A, H435K и Y436I. Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения вариант области Fc содержит замены:

- (A) M252Y, S254T и T256E;
- (B) M252Y и S254T;
- (C) M252Y и T256E;
- (D) T250Q и M428L;
- (E) T307Q и N434A;
- (F) A378V и N434A;
- (G) N434A и Y436I;
- (H) V308P и N434A или
- (I) K288D и H435K.

В область настоящего изобретения дополнительно включены варианты областей Fc, которые содержат:

- (A) одну или более мутаций, которые изменяют эффекторную функцию и/или FcγR; и
- (B) одну или более мутаций, которые увеличивают период полувыведения из сыворотки крови.

VI. Биспецифические молекулы, связывающие PD-1 человека

Согласно одному варианту реализации согласно настоящему изобретению предложены биспецифические связывающие молекулы, которые способны связываться с "первым эпитопом" и "вторым эпитопом", причем указанный первый эпитоп представляет собой эпитоп PD-1 человека и указанный второй эпитоп аналогичен или отличается от эпитопа PD-1 или представляет собой эпитоп другой молекулы, который присутствует на поверхности иммунной клетки (такой как T-лимфоцит) и участвует в регулировании контрольной точки иммунного ответа. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения второй эпитоп представляет собой эпитоп B7-H3, B7-H4, BTLA, CD3, CD8, CD16, CD27, CD32, CD40, CD40L, CD47, CD64, CD70, CD80, CD86, CD94, CD137, CD137L, CD226, CTLA-4, галектина-9, GITR, GITRL, HHLA2, ICOS, ICOSL, KIR, LAG-3, LIGHT, ГКГС класса I или II, NKG2a, NKG2d, OX40, OX40L, PD1H, PD-1, PD-L1, PD-L2, PVR, SIRPa, TCR, TIGIT, TIM-3 или VISTA. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения второй эпитоп не является эпитопом PD-1. Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения второй эпитоп представляет собой CD137, CTLA-4, LAG-3, OX40, TIGIT или TIM-3. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения биспецифическая молекула содержит более двух сайтов связывания эпитопов. Указанные биспецифические молекулы могут связывать два или более различных эпитопов LAG-3 и по меньшей мере один эпитоп молекулы, которая отлична от LAG-3.

В область настоящего изобретения включены биспецифические антитела, способные одновременно связываться с PD-1 и вторым эпитопом (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т. д.). Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения биспецифическое антитело, способное одновременно связываться с PD-1 и вторым эпитопом, получают с использованием любого из способов, описанных в РСТ публикациях WO 1998/002463, WO 2005/070966, WO 2006/107786 WO 2007/024715, WO 2007/075270, WO 2006/107617, WO 2007/046893, WO 2007/146968, WO 2008/003103, WO 2008/003116, WO 2008/027236, WO 2008/024188, WO 2009/132876, WO 2009/018386, WO 2010/028797, WO2010028796, WO 2010/028795, WO 2010/108127, WO 2010/136172, WO 2011/086091, WO 2011/133886, WO 2012/009544, WO 2013/003652, WO 2013/070565, WO 2012/162583, WO 2012/156430, WO 2013/174873 и WO 2014/022540, каждая из которых полностью включена в настоящую заявку посредством ссылки.

A. Биспецифические диатела, не содержащие области Fc

Согласно одному варианту реализации согласно настоящему изобретению предложены биспецифические диатела, которые содержат, и наиболее предпочтительно состоят из них, первую полипептидную цепь и вторую полипептидную цепь, последовательности которых обеспечивают ковалентное связывание указанных полипептидных цепей друг с другом с образованием ковалентно связанного диатела, которое способно одновременно связываться с первым эпитопом и вторым эпитопом, причем указанные эпитопы не идентичны друг другу. Соответственно, указанные биспецифические диатела содержат домены "VL1"/"VH1", которые способны связываться с первым эпитопом, и домены "VL2"/"VH2", которые способны связываться со вторым эпитопом. Обозначение "VL1" и "VH1" означает, соответственно, ва-

риабельный домен легкой цепи и вариабельный домен тяжелой цепи, которые связываются с "первым" эпитопом, указанного биспецифического диатела. Аналогичным образом, обозначение "VL2" и "VH2" означает, соответственно, вариабельный домен легкой цепи и вариабельный домен тяжелой цепи, которые связываются со "вторым" эпитопом, указанного биспецифического диатела. Вне зависимости от того, обозначен ли конкретный эпитоп как первый и второй эпитоп; такое обозначение имеет отношение только к присутствию и ориентации доменов полипептидных цепей связывающих молекул согласно настоящему изобретению. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения один из указанных эпитопов представляет собой эпитоп PD-1, и другой из указанных эпитопов не является эпитопом PD-1 (например, эпитоп B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.).

Домен VL первой полипептидной цепи взаимодействует с доменом VH второй полипептидной цепи с образованием первого функционального антигенсвязывающего сайта, который специфичен в отношении первого антигена (т. е. PD-1 или антигена, который содержит второй эпитоп). Аналогичным образом, домен VL второй полипептидной цепи взаимодействует с доменом VH первой полипептидной цепи с образованием второго функционального антигенсвязывающего сайта, который специфичен в отношении второго антигена (т.е., антигена, который содержит второй эпитоп, или PD-1). Следовательно, выбор доменов VL и VH первой и второй полипептидных цепей скоординирован так, что две полипептидные цепи диатела в совокупности содержат домены VL и VH, способные связываться как с эпитопом PD-1, так и со вторым эпитопом (т.е. они содержат VL_{PD-1}/VH_{PD-1} и VL2/VH2, где PD-1 представляет собой "первый" эпитоп, или VL1/VH1 и VL_{PD-1}/VH_{PD-1}, где PD-1 представляет собой "второй" эпитоп).

Первая полипептидная цепь варианта реализации указанных биспецифических диател содержит, в направлении от N-конца к С-концу, N-конец, домен VL1 моноклонального антитела, способный связываться с первым или вторым эпитопом (т.е., VL_{PD-1} или VL_{эпитоп 2}), первый промежуточный спейсерный пептид (линкер 1), домен VH2 моноклонального антитела, способный связываться со вторым эпитопом (если указанная первая полипептидная цепь содержит VL_{PD-1}) или первым эпитопом (если указанная первая полипептидная цепь содержит VL_{эпитоп 2}), второй промежуточный спейсерный пептид (линкер 2), необязательно содержащий остаток цистеина, домен, способствующий образованию гетеродимера, и С-конец (фиг. 1).

Вторая полипептидная цепь указанного варианта реализации биспецифических диател содержит, в направлении от N-конца к С-концу, N-конец, домен VL2 моноклонального антитела, способный связываться с PD-1 или вторым эпитопом (т.е., VL_{PD-1} или VL_{эпитоп 2}, и при этом указанный домен VL не является подходящим для включения в первую полипептидную цепь диатела), промежуточный линкерный пептид (линкер 1), домен VH1 моноклонального антитела, способный связываться со вторым эпитопом (если указанная вторая полипептидная цепь содержит VL_{PD-1}) или PD-1 (если указанная вторая полипептидная цепь содержит VL_{эпитоп 2}), второй промежуточный спейсерный пептид (линкер 2), необязательно содержащий остаток цистеина, домен, способствующий образованию гетеродимера, и С-конец (фиг. 1).

Наиболее предпочтительно длина промежуточного линкерного пептида (например, линкера 1), который разделяет указанные домены VL и VH, выбрана так, чтобы по существу или полностью препятствовать связыванию доменов VL и VH полипептидной цепи друг с другом. Соответственно, домены VL и VH первой полипептидной цепи по существу или полностью неспособны связываться друг с другом. Аналогичным образом, домены VL и VH второй полипептидной цепи по существу или полностью неспособны связываться друг с другом. Предпочтительный промежуточный спейсерный пептид (линкер 1) содержит последовательность, представленную в (SEQ ID NO: 14): GGGSGGGG.

Длина и состав второго промежуточного линкерного пептида (линкера 2) выбраны на основании выбора доменов, стимулирующих образование гетеродимера. Как правило, второй промежуточный линкерный пептид (линкер 2) будет содержать 3-20 остатков аминокислот. В частности, если домены, способствующие образованию гетеродимера, не содержат остаток цистеина, используют второй промежуточный линкерный пептид, содержащий цистеин (линкер 2). Второй промежуточный линкерный пептид, содержащий цистеин (линкер 2), будет содержать 1, 2, 3 или более остатков цистеина. Предпочтительный цистеинсодержащий спейсерный пептид (линкер 2) содержит последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 15: GGCGGG.

В другом варианте, линкер 2 не содержит цистеин (например, GGG, GGGS (SEQ ID NO: 29), LGGGSG (SEQ ID NO: 261), GGGSGGGSGGG (SEQ ID NO: 262), ASTKG (SEQ ID NO: 30),

LEPKSS (SEQ ID NO: 33), APSSS (SEQ ID NO: 34),

и т.д.) и используется цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера, описанный ниже. Необязательно, может быть использован цистеинсодержащий линкер 2 и цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера.

Домены, способствующие образованию гетеродимера, могут представлять собой (SEQ ID NO: 16) или VEPKSC (SEQ ID NO: 17), или AEPKSC (SEQ ID NO: 18) на одной полипептидной цепи, и GFNRGEC (SEQ ID NO: 19), или FNRGEC (SEQ ID NO: 20) на другой полипептидной цепи (US 2007/0004909).

Более предпочтительно, однако, домены, способствующие образованию гетеродимера, указанных диател образованы одним, двумя, тремя или четырьмя tandemно повторяющимися спиральными домена-

ми противоположного заряда, которые содержат последовательность из по меньшей мере шести, по меньшей мере семи или по меньшей мере восьми остатков аминокислот, так, что домен, способствующий образованию гетеродимера, обладает общим зарядом

(Apostolovic, B. *et al.* (2008) «*pH-Sensitivity of the E3/K3 Heterodimeric Coiled Coil*», *Biomacromolecules* 9:3173–3180; Arndt, K.M. *et al.* (2001) «*Helix-stabilized Fv (hsFv) Antibody Fragments: Substituting the Constant Domains of a Fab Fragment for a Heterodimeric Coiled-coil Domain*», *J. Molec. Biol.* 312:221-228; Arndt, K.M. *et al.* (2002) «*Comparison of in vivo Selection and Rational Design of Heterodimeric Coiled Coils*», *Structure* 10:1235-1248; Boucher, C. *et al.* (2010) «*Protein Detection By Western Blot Via Coiled-Coil Interactions*», *Analytical Biochemistry* 399:138-140; Cachia, P.J. *et al.* (2004) «*Synthetic Peptide Vaccine Development: Measurement Of Polyclonal Antibody Affinity And Cross-Reactivity Using A New Peptide Capture And Release System For Surface Plasmon Resonance Spectroscopy*», *J. Mol. Recognit.* 17:540-557; De Crescenzo, G.D. *et al.* (2003) «*Real-Time Monitoring of the Interactions of Two-Stranded de novo Designed Coiled-Coils: Effect of Chain Length on the Kinetic and Thermodynamic Constants of Binding*», *Biochemistry* 42:1754-1763; Fernandez-Rodriguez, J. *et al.* (2012) «*Induced Heterodimerization And Purification Of Two Target Proteins By A Synthetic Coiled-Coil Tag*», *Protein Science* 21:511-519; Ghosh, T.S. *et al.* (2009) «*End-To-End And End-To-Middle Interhelical Interactions: New Classes Of Interacting Helix Pairs In Protein Structures*», *Acta Crystallographica D* 65:1032-1041; Grigoryan, G. *et al.* (2008) «*Structural Specificity In Coiled-Coil Interactions*», *Curr. Opin. Struc. Biol.* 18:477-483; Litowski, J.R. *et al.* (2002) «*Designing Heterodimeric Two-Stranded α -Helical Coiled-Coils: The Effects Of Hydrophobicity And α -Helical Propensity On Protein Folding, Stability, And Specificity*», *J. Biol. Chem.* 277:37272-37279; Steinkruger, J.D. *et al.* (2012) «*The d'-d'-d' Vertical Triad is Less Discriminating Than the a'-a'-a' Vertical Triad in the Antiparallel Coiled-coil Dimer Motifs*», *J. Amer. Chem. Soc.* 134(5):2626–2633; Straussman, R. *et al.* (2007) «*Kinking the Coiled Coil – Negatively Charged Residues at the Coiled-coil Interface*», *J. Molec. Biol.* 366:1232-1242; Tripet, B. *et al.* (2002) «*Kinetic Analysis of the Interactions between Troponin C and the C-terminal Troponin I Regulatory Region and Validation of a New Peptide Delivery/Capture System used for Surface Plasmon Resonance*», *J. Molec. Biol.* 323:345–362; Woolfson, D.N. (2005) «*The Design Of Coiled-Coil Structures And Assemblies*», *Adv. Prot. Chem.* 70:79-112; Zeng, Y. *et al.* (2008) «*A Ligand-Pseudoreceptor System Based On de novo Designed Peptides For The Generation Of Adenoviral Vectors With Altered Tropism*», *J. Gene Med.* 10:355-367).

Указанные повторяющиеся спиральные домены могут быть точными повторами или могут содержать замены. Например, спиральный домен из домена, стимулирующего образование гетеродимера, первой полипептидной цепи может содержать последовательность из восьми остатков аминокислот, выбранную для придания отрицательного заряда указанному домену, стимулирующему образование гетеродимера, и спиральный домен из домена, стимулирующего образование гетеродимера, второй полипептидной цепи может содержать последовательность из восьми остатков аминокислот, отобранных для придания положительного заряда указанному домену, стимулирующему образование гетеродимера. Вне зависимости от того, какая спираль предусмотрена для первой или второй полипептидных цепей, предусмотрено, что для другой полипептидной цепи используется спираль противоположного заряда. Положительно заряженная аминокислота может представлять собой лизин, аргинин, гистидин и т.д. и/или отрицательно заряженная аминокислота может представлять собой глутаминовую кислоту, аспарагиновую кислоту и т.д. Положительно заряженная аминокислота предпочтительно представляет собой лизин и/или отрицательно заряженная аминокислота предпочтительно представляет собой глутаминовую кислоту. Возможно использование только одного домена, стимулирующего образование гетеродимера, (поскольку указанный домен будет ингибировать гомодимеризацию и тем самым способствовать гетеродимеризации), однако предпочтительно, чтобы первая и вторая полипептидные цепи диател согласно настоящему изобретению содержали домены, способствующие образованию гетеродимера.

Согласно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения один из доменов, стимулирующих образование гетеродимера, будет содержать четыре tandemных спиральных домена "E-спираль" (SEQ ID NO: 21: EVAAALEK-EVAAALEK-EVAAALEK-EVAAALEK), в которых остатки глутамата будут

придавать отрицательный заряд при pH=7, в то время как другие домены, стимулирующие образование гетеродимера, будут содержать четыре tandemных домена "К-спираль" (SEQ ID NO: 22: KVAAALKE-KVAAALKE-KVAAALKE-KVAAALKE), в которых остатки лизина будут придавать положительный заряд при pH=7. Присутствие указанных заряженных доменов способствует ассоциации первого и второго полипептидов и, соответственно, способствует образованию гетеродимера. Особенно предпочтительным является домен, способствующий образованию гетеродимера, в котором один из четырех tandemных спиральных доменов "Е-спираль", содержащий последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 21, был модифицирован для включения остатка цистеина: EVAASCEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 23).

Аналогичным образом, особенно предпочтительным является домен, способствующий образованию гетеродимера, в котором один из четырех tandemных спиральных доменов "К-спираль", содержащий последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 22, был модифицирован для включения остатка цистеина: KVAASCEK-KVAALEK-KVAALEK-KVAALEK (SEQ ID NO: 24).

Как раскрыто в WO 2012/018687, для того чтобы улучшить фармакокинетические свойства диател в условиях in vivo, диатело может быть модифицировано, чтобы содержать полипептидную часть сывороточного связывающего белка на одном или более концах диатела. Наиболее предпочтительной указанная полипептидная часть сывороточного связывающего белка будет встроена на С-конце диатела. Альбумин является самым распространенным белком в плазме крови и имеет период полувыведения 19 дней у человека. Альбумин содержит несколько сайтов связывания небольших молекул, которые позволяют ему нековалентно связываться с другими белками и тем самым продлевать их периоды полувыведения из сыворотки крови. Альбуминсвязывающий домен 3 (ABD3) белка G штамма Streptococcus G148 состоит из 46 остатков аминокислот, образующих стабильный трехвинтовой жгут, и обладает широкой альбуминсвязывающей специфичностью (Johansson M.U. et al. (2002) "Structure, Specificity, And Mode Of Interaction For Bacterial Albumin-Binding Modules", J. Biol. Chem. 277(10):8114-8120). Соответственно особенно предпочтительная полипептидная часть сывороточного связывающего белка для улучшения фармакокинетических свойств диатела в условиях in vivo представляет собой альбуминсвязывающий домен (ABD) из стрептококкового белка G и более предпочтительно альбуминсвязывающий домен 3 (ABD3) белка G штамма

Streptococcus

dysgalactiae G148 (SEQ ID NO: 25): LAEAKVLANR ELDKYGVS DY YKNLIDNAKS
AEGVKALIDE ILAALP.

Как раскрыто в WO 2012/162068 (который включен в настоящую заявку посредством ссылки), "деиммунизированные" варианты, содержащие последовательность SEQ ID NO: 25, способны ослаблять или устранять связывание с ГКГС класса II. Исходя из результатов комбинированных мутаций, следующие комбинации замен рассматривают как предпочтительные замены для получения указанного деиммунизированного ABD: 66D/70S+71A; 66S/70S+71A; 66S/70S+79A; 64A/65A/71A; 64A/65A/71A+66S; 64A/65A/71A+66D; 64A/65A/71A+66E; 64A/65A/79A+66S; 64A/65A/79A+66D; 64A/65A/79A+66E. Варианты ABD содержат модификации L64A, I65A и D79A или модификации N66S, T70S и D79A. Варианты деиммунизированного ABD, содержащего аминокислотную последовательность:

LAEAKVLANR ELDKYGVS DY YKNLID₆₆NAKS₇₀ A₇₁EGVKALIDE ILAALP (SEQ ID NO:26), или аминокислотную последовательность: LAEAKVLANR ELDKYGVS DY YKNLIS₆₆NAKS₇₀ VEGVKALIA₇₉E ILAALP (SEQ ID NO:27), или аминокислотную последовательность:

LAEAKVLANR ELDKYGVS DY YKNLIS₆₆NAKS₇₀ VEGVKALIA₇₉E ILAALP (SEQ ID NO:28),

являются особенно предпочтительными, поскольку указанные деиммунизированные ABD проявляют по существу связывание дикого типа, обеспечивая при этом ослабленное связывание с ГКГС класса II. Соответственно, первая полипептидная цепь указанного диатела, содержащего ABD, содержит пептидный линкер, предпочтительно расположенный на С-конце относительно содержащего Е-спираль (или К-спираль) домена указанной полипептидной цепи, так, чтобы указанный линкер находился между содержащим Е-спираль (или К-спираль) доменом и ABD (который предпочтительно представляет собой деиммунизированный ABD). Предпочтительная последовательность для указанного линкерного пептида представляет собой последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 29: GGGS.

В. Биспецифические диатела, содержащие области Fc

Согласно одному варианту реализации согласно настоящему изобретению предложены биспецифические диатела, содержащие область Fc, способную одновременно связываться с PD-1 и вторым эпитопом (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-1, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.). Добавление домена CH2-CH3 IgG к одной или обоим полипептидным цепям антитела так, что соединение цепей диатела приводит к образованию области Fc, увеличивает биологический период полувыведения и/или изменяет валентность диатела. Включение доменов CH2-CH3 IgG в оба полипептида диатела обеспечит образование двухцепочечного биспецифического диатела, содержащего область Fc (фиг. 2).

В другом варианте включение доменов CH2-CH3 IgG только в один из полипептидов диатела обес-

печит образование более сложного четырехцепочечного биспецифического диатела, содержащего область Fc (фиг. 3A-3C). На фиг. 3C представлено типичное четырехцепочечное диатело, содержащее константный домен легкой цепи (CL) и константный домен тяжелой цепи CH1, однако в качестве альтернативы могут быть использованы фрагменты указанных доменов, а также другие полипептиды (см., например, фиг. 3A и 3B, публикации патентов США 2013-0295121; 2010-0174053 и 2009-0060910; публикацию европейского патента EP 2714079; EP 2601216; EP 2376109; EP 2158221 и PCT публикации WO 2012/162068; WO 2012/018687; WO 2010/080538). Следовательно, например, вместо домена CH1 можно применять пептид, содержащий аминокислотную последовательность GVEPKSC (SEQ ID NO: 16), VE-PKSC (SEQ ID NO: 17) или AEPKSC (SEQ ID NO: 18), полученную из шарнирного домена IgG человека, и вместо домена CL можно применять 6 С-концевых аминокислот легкой каппа-цепи человека GFNRGEC (SEQ ID NO: 19) или FNRGEC (SEQ ID NO: 20). Типичное четырехцепочечное диатело, содержащее пептид, представлено на фиг. 3A. В другом варианте или, в дополнение, можно применять пептид, содержащий тандемные спиральные домены противоположного заряда, такие как спиральные домены "Е-спираль"

(SEQ ID NO: 21: EVAAALEK-EVAAALEK-EVAAALEK-EVAAALEK или SEQ ID NO:

23: EVAACSEK-EVAAALEK-EVAAALEK-EVAAALEK);

и домены "К-спираль"

(SEQ ID NO: 22:

KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE или SEQ ID NO: 24: KVAACSE-KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE).

Типичный спиральный домен, входящий в состав четырехцепочечного диатела, представлен на фиг. 3B.

Молекулы диател, содержащих области Fc, согласно настоящему изобретению обычно содержат дополнительные промежуточные линкерные пептиды (линкеры). Как правило, дополнительные линкеры будут содержать 3-20 остатков аминокислот. Дополнительные или альтернативные линкеры, которые могут быть использованы в молекулах антител, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению, включают:

GGGS (SEQ ID NO: 29), LGGGSG (SEQ ID NO: 261),
GGGSGGGGGG (SEQ ID NO: 262), ASTKG (SEQ ID NO: 30), DKTHTCPPCP (SEQ ID NO:
31), EPKSCDKTHTCPPCP (SEQ ID NO: 32), LEPKSS (SEQ ID NO: 33), APSSS (SEQ ID
NO: 34), и APSSSPME (SEQ ID NO: 35), LEPKSADKTHTCPPC SEQ ID NO: 36), GGC и
GGG. SEQ ID NO: 33

можно использовать вместо GGG или GGC, чтобы облегчить клонирование. Помимо этого непосредственно после аминокислот GGG или последовательности, представленной в SEQ ID NO: 33, может быть расположена последовательность, представленная в SEQ ID NO: 31, с образованием альтернативных линкеров: GGGDKTHTCPPCP (SEQ ID NO: 263); и LEPKSSDKTHTCPPCP (SEQ ID NO: 37).

Молекула диатела, содержащая область Fc, согласно настоящему изобретению может содержать шарнирную область IgG в дополнение или вместо линкера. Примерная шарнирная область содержит: EPKSCDKTHTCPPCP (SEQ ID NO: 32) из IgG1, ERKCCVECPSP (SEQ ID NO: 11) из IgG2, ESKYGPPCPSP (SEQ ID NO: 12) из IgG4 и ESKYGPPCPSP (SEQ ID NO: 13) и вариант шарнирной области IgG4, содержащий стабилизирующую замену для уменьшения обмена нитей.

Как показано на фиг. 3A-3C, диатела согласно настоящему изобретению могут содержать четыре разные цепи. Первая и третья полипептидные цепи указанного диатела содержат три домена:

- (i) домен, содержащий VL1,
- (ii) домен, содержащий VH2,
- (iii) домен, способствующий образованию гетеродимера и
- (iv) домен, содержащий последовательность CH2-CH3.

Вторая и четвертая полипептидные цепи содержат:

- (i) домен, содержащий VL2,
- (ii) домен, содержащий VH1, и

(iii) домен, способствующий образованию гетеродимера, причем домены, способствующие образованию гетеродимера, способствуют димеризации первой/третьей полипептидных цепей со второй/четвертой полипептидными цепями.

Домены VL и/или VH третьей и четвертой полипептидных цепей, а также домены VL и/или VH первой и второй полипептидных цепей могут быть одинаковыми или различными, чтобы обеспечить четырехвалентное связывание, которое является моноспецифическим, биспецифическим или тетраспецифическим. Обозначение "VL3" и "VH3" означает, соответственно, вариабельный домен легкой цепи и вариабельный домен тяжелой цепи, которые связываются с "третьим" эпитопом, указанного диатела. Аналогичным образом, обозначение "VL4" и "VH4" означает, соответственно, вариабельный домен легкой цепи и вариабельный домен тяжелой цепи, которые связываются с "четвертым" эпитопом, указанного

диатела. Общая структура полипептидных цепей типичных четырехцепочечных диател, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению представлена в табл. 2.

Таблица 2

Биспецифическое диатело	2 цепь	NH ₂ -VL2-VH1-HPD-COOH
	1 цепь	NH ₂ -VL1-VH2-HPD-CH2-CH3-COOH
	1 цепь	NH ₂ -VL1-VH2-HPD-CH2-CH3-COOH
	2 цепь	NH ₂ -VL2-VH1-HPD-COOH
Тетраспецифичное диатело	2 цепь	NH ₂ -VL2-VH1-HPD-COOH
	1 цепь	NH ₂ -VL1-VH2-HPD-CH2-CH3-COOH
	3 цепь	NH ₂ -VL3-VH4-HPD-CH2-CH3-COOH
	4 цепь	NH ₂ -VL4-VH3-HPD-COOH

HPD=домен, способствующий образованию гетеродимера.

Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения диатела согласно настоящему изобретению являются биспецифическими, четырехвалентными (т.е., содержат четыре эпитопсвязывающих сайта), Fc-содержащими диателами (фиг. 3A-3C), которые состоят из четырех полных полипептидных цепей. Биспецифические четырехвалентные диатела, содержащие область Fc, согласно настоящему изобретению содержат два эпитопсвязывающих сайта, иммунологически специфичных в отношении PD-1 (которые могут быть способны связываться с одним и тем же эпитопом PD-1 или с различными эпитопами PD-1), и два эпитопсвязывающих сайта, специфичных в отношении второго эпитопа (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TTM-3 ит.д.).

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения биспецифические диатела, содержащие области Fc, могут содержать три полипептидные цепи. Первый полипептид указанного диатела содержит три домена:

- (i) домен, содержащий VL1,
- (ii) домен, содержащий VH2, и
- (iii) домен, содержащий последовательность CH2-CH3.

Второй полипептид указанных диател содержит:

- (i) домен, содержащий VL2,
- (ii) домен, содержащий VH1, и

(iii) домен, который стимулирует гетеродимеризацию и образование ковалентной связи с первой полипептидной цепью диатела.

Третий полипептид указанных диател содержит последовательность CH2-CH3. Соответственно, первая и вторая полипептидные цепи указанных диател связываются друг с другом с образованием сайта связывания VL1/VH1, который способен связываться с первым эпитопом, а также сайта связывания VL2/VH2, который способен связываться со вторым эпитопом. Первый и второй полипептиды связаны друг с другом посредством дисульфидной связи, включающей остатки цистеина в их соответствующих третьих доменах. Примечательно, что первая и третья полипептидные цепи соединяются друг с другом с образованием области Fc, которая стабилизируется посредством дисульфидной связи. Указанные диатела обладают повышенной эффективностью. На фиг. 4A и 4B представлены структуры указанных диател. Указанные биспецифические диатела, содержащие область Fc, могут иметь одну из двух ориентаций (табл. 3).

Таблица 3

Первая ориентация	3 цепь	NH ₂ -CH2-CH3-COOH
	1 цепь	NH ₂ -VL1-VH2-HPD-CH2-CH3-COOH
	2 цепь	NH ₂ -VL2-VH1-HPD-COOH
Вторая ориентация	3 цепь	NH ₂ -CH2-CH3-COOH
	1 цепь	NH ₂ -CH2-CH3-VL1-VH2-HPD-COOH
	2 цепь	NH ₂ -VL2-VH1-HPD-COOH

HPD=домен, способствующий образованию гетеродимера.

Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения диатела согласно настоящему изобретению являются биспецифическими, двухвалентными (т.е. содержат два эпитопсвязывающих сайта), Fc-содержащими диателами (фиг. 4A-4B), которые состоят из трех полных полипептидных цепей. Биспецифические, двухвалентные Fc-содержащие диатела согласно настоящему изобретению содержат один сайт связывания эпитопа, иммунологически специфичный в отношении PD-1, и один сайт связывания эпитопа, специфичный в отношении второго эпитопа (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80,

CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.).

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения биспецифические диатела, содержащие области Fc, могут содержать в общей сложности пять полипептидных цепей. Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения две из указанных пяти полипептидных цепей содержат одинаковую аминокислотную последовательность. Первая полипептидная цепь указанных диател содержит:

- (i) домен, содержащий VH1,
- (ii) домен, содержащий CH1, и
- (iii) домен, содержащий последовательность CH2-CH3.

Первая полипептидная цепь может представлять собой тяжелую цепь антитела, которая содержит VH1 и константную область тяжелой цепи. Вторая и пятая полипептидные цепи указанных диател содержат:

- (i) домен, содержащий VL1, и
- (ii) домен, содержащий CL.

Вторая и/или пятая полипептидные цепи указанных диател могут представлять собой легкие цепи антитела, которое содержит VL1, комплементарный VH1 первой/третьей полипептидной цепи. Первая, вторая и/или пятая полипептидные цепи могут быть выделены из природных антител. В другом варианте они могут быть сконструированы рекомбинантно. Третья полипептидная цепь указанных диател содержит:

- (i) домен, содержащий VH1,
- (ii) домен, содержащий CH1,
- (iii) домен, содержащий последовательность CH2-CH3,
- (iv) домен, содержащий VL2,
- (v) домен, содержащий VH3, и
- (vi) домен, способствующий образованию гетеродимера, причем домены, способствующие образованию гетеродимера, способствуют димеризации третьей цепи с четвертой цепью.

Четвертый полипептид указанных диател способствует образованию гетеродимера, способствуют димеризации третьей цепи с четвертой цепью.

Четвертый полипептид указанных диател содержит:

- (i) домен, содержащий VL3,
- (ii) домен, содержащий VH2, и
- (iii) домен, который способствует гетеродимеризации и образованию ковалентной связи с третьей полипептидной цепью диатела.

Соответственно, первая и вторая, а также третья и пятая полипептидные цепи указанных диател связываются с образованием двух сайтов связывания VL1/VH1, способных связываться с первым эпитопом. Третья и четвертая полипептидные цепи указанных диател связываются с образованием сайта связывания VL2/VH2, который способен связываться со вторым эпитопом, а также сайтом связывания VL3/VH3, который способен связываться с третьим эпитопом. Первый и третий полипептиды связываются друг с другом посредством дисульфидной связи, включающей остатки цистеина в их соответствующих константных областях. Примечательно, что первая и третья полипептидные цепи соединяются друг с другом с образованием области Fc. Указанные диатела обладают повышенной эффективностью. На фиг. 5 представлена структура указанных диател. Следует понимать, что домены VL1/VH1, VL2/VH2 и VL3/VH3 могут быть одинаковыми или различными так, чтобы обеспечить связывание, которое является моноспецифичным, биспецифичным или триспецифичным. Однако, как указано в настоящем документе, указанные домены предпочтительно выбраны так, чтобы связываться с PD-1 и вторым эпитопом (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.).

Домены VL и VH полипептидных цепей выбраны так, чтобы образовывать сайты связывания VL/VH, специфичные в отношении желательного эпитопа. Сайты связывания VL/VH, образованные при связывании полипептидных цепей, могут быть одинаковыми или различными, чтобы обеспечить тетравалентное связывание, которое является моноспецифичным, биспецифичным, триспецифичным или тетраспецифичным. В частности, домены VL и VH могут быть выбраны так, что биспецифическое антитело может содержать два сайта связывания для первого эпитопа и два сайта связывания для второго эпитопа или три сайта связывания для первого эпитопа и один сайт связывания для второго эпитопа, или два сайта связывания для первого эпитопа, один сайт связывания для второго эпитопа и один сайт связывания для третьего эпитопа (как показано на фиг. 5). Общая структура полипептидных цепей типичных пятицепочечных диател, содержащих область Fc, представлена в табл. 4.

Таблица 4

Биспецифическое диатело (2×2)	2 цепь	NH2-VL1-CL-COOH
	1 цепь	NH2-VH1-CH1-CH2-CH3-COOH
	3 цепь	NH2-VH1-CH1-CH2-CH3-VL2-VH2-HPD-COOH
	5 цепь	NH2-VL1-CL-COOH
	4 цепь	NH2-VL2-VH2-HPD-COOH
Биспецифическое диатело (3×1)	2 цепь	NH2-VL1-CL-COOH
	1 цепь	NH2-VH1-CH1-CH2-CH3-COOH
	3 цепь	NH2-VH1-CH1-CH2-CH3-VL1-VH2-HPD-COOH
	5 цепь	NH2-VL1-CL-COOH
	4 цепь	NH2-VL2-VH1-HPD-COOH
Триспецифичное диатело (2×1×1)	2 цепь	NH2-VL1-CL-COOH
	1 цепь	NH2-VH1-CH1-CH2-CH3-COOH
	3 цепь	NH2-VH1-CH1-CH2-CH3-VL2-VH3-HPD-COOH
	5 цепь	NH2-VL1-CL-COOH
	4 цепь	NH2-VL3-VH2-HPD-COOH

HPD=домен, способствующий образованию гетеродимера.

Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения диатела согласно настоящему изобретению являются биспецифическими четырехвалентными (т.е. содержат четыре эпитопсвязывающих сайта) диателами, содержащими область Fc, которые состоят из пяти полных полипептидных цепей, содержащих два сайта связывания для первого эпитопа и два сайта связывания для второго эпитопа. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения биспецифические четырехвалентные диатела, содержащие область Fc, согласно настоящему изобретению содержат два эпитопсвязывающих сайта, иммунологически специфичных в отношении PD-1 (которые могут быть способны связываться с одним и тем же эпитопом PD-1 или с различными эпитопами PD-1), и два эпитопсвязывающих сайта, специфичных в отношении второго эпитопа (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3 ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.). Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения биспецифические четырехвалентные диатела, содержащие область Fc, согласно настоящему изобретению содержат три эпитопсвязывающих сайта, иммунологически специфичных в отношении PD-1, которые могут быть способны связываться с одним и тем же эпитопом PD-1 или с различными эпитопами PD-1), и один эпитопсвязывающий сайт, специфичный в отношении второго эпитопа (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3 ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.). Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения биспецифические четырехвалентные диатела, содержащие область Fc, согласно настоящему изобретению содержат один эпитопсвязывающий сайт, иммунологически специфичный в отношении PD-1, и три эпитопсвязывающих сайта, специфичных в отношении второго эпитопа (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3 ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.).

С. Биспецифические трехвалентные связывающие молекулы, содержащие области Fc

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретению предложены биспецифические трехвалентные связывающие молекулы, содержащие область Fc, способные одновременно связываться с первым эпитопом, вторым эпитопом и третьим эпитопом, причем по меньшей мере один из указанных эпитопов не идентичен другому. Соответственно, указанные биспецифические диатела содержат домены "VL1"/"VH1", которые способны связываться с первым эпитопом, домены "VL2"/"VH2", которые способны связываться со вторым эпитопом, и домены "VL3"/"VH3", которые способны связываться с третьим эпитопом. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения один или два из указанных эпитопов представляют собой эпитоп PD-1, и другой (или другие) из указанных эпитопов не является эпитопом PD-1 (например, эпитоп B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-1, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.). Указанные биспецифические трехвалентные связывающие молекулы содержат три эпитопсвязывающих сайта, два из которых являются связывающими доменами, характерными для диател, которые обеспечивают сайт связывания А и сайт связывания В, и один из которых является связывающим доменом, не характерным для диател, который обеспечивает сайт связывания С (см., например, фиг. 6А-6F и PCT заявку: PCT/US 15/33081 и PCT/US 15/33076).

Как правило, трехвалентные связывающие молекулы согласно настоящему изобретению будут содержать четыре различные полипептидные цепи (см. фиг. 6А-6В), однако молекулы могут содержать меньшее или большее количество полипептидных цепей, например, путем гибридизации указанных полипептидных цепей друг с другом (например, посредством пептидной связи) или путем деления указан-

ных полипептидных цепей с образованием дополнительных полипептидных цепей или путем связывания меньшего количества или дополнительных полипептидных цепей посредством дисульфидных связей. На фиг. 6B-6F проиллюстрирован данный аспект настоящего изобретения путем схематического представления указанных молекул, содержащих три полипептидные цепи. Как показано на фиг. 6A-6F, трехвалентные связывающие молекулы согласно настоящему изобретению могут иметь альтернативные ориентации, в которых связывающие домены, характерные для диател, являются N-концевыми (фиг. 6A, 6C и 6D) или C-концевыми (фиг. 6B, 6E и 6F) относительно области Fc.

Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения первая полипептидная цепь указанных трехвалентных связывающих молекул согласно настоящему изобретению содержит:

- (i) домен, содержащий VL1,
- (ii) домен, содержащий VH2,
- (iii) домен, способствующий образованию гетеродимера, и
- (iv) домен, содержащий последовательность CH2-CH3.

Домены VL1 и VL2 будут расположены в направлении N-конца или C-конца относительно домена, содержащего CH2-CH3, как представлено в табл. 5 (фиг. 6A и 6B). Вторая полипептидная цепь указанных вариантов реализации содержит:

- (i) домен, содержащий VL2,
- (ii) домен, содержащий VH1, и
- (iii) домен, способствующий образованию гетеродимера.

Третья полипептидная цепь указанных вариантов реализации содержит:

- (i) домен, содержащий VH3,
- (ii) домен, содержащий CH1, и
- (iii) домен, содержащий последовательность CH2-CH3.

Третья полипептидная цепь может представлять собой тяжелую цепь антитела, которая содержит VH3 и константную область тяжелой цепи. Четвертый полипептид указанных вариантов реализации содержит:

- (i) домен, содержащий VL3, и
- (ii) домен, содержащий CL.

Четвертая полипептидная цепь может представлять собой легкую цепь антитела, которая содержит VL3, комплементарный VH3 третьей полипептидной цепи. Третья или четвертая полипептидные цепи могут быть выделены из природных антител. В другом варианте они могут быть сконструированы с помощью рекомбинантных, синтетических или других способов.

Вариабельные домены легкой цепи первой и второй полипептидных цепей отделены от вариабельных доменов тяжелой цепи указанных полипептидных цепей промежуточным спейсерным линкером, длина которого недостаточна для соединения их доменов VL1/VH2 (или VL2/VH1) с образованием эпитопсвязывающего сайта, способного связываться с любым из первого или второго эпитопов. Предпочтительный промежуточный спейсерный пептид (линкер 1) для этой цели содержит последовательность, представленную в (SEQ ID NO: 14): GGGSGGGG. Другие домены трехвалентных связывающих молекул могут быть разделены одним или более промежуточными спейсерными пептидами, необязательно содержащими остаток цистеина. Примерные линкеры, пригодные для получения трехвалентных связывающих молекул, предложены в настоящем документе и также предложены в PCT заявке: PCT/US15/33081; и PCT/US15/33076. Соответственно, первая и вторая полипептидные цепи указанных трехвалентных связывающих молекул соединяются с образованием сайта связывания VL1/VH1, способного связываться с первым эпитопом, а также сайта связывания VL2/VH2, который способен связываться со вторым эпитопом. Третья и четвертая полипептидные цепи указанных трехвалентных связывающих молекул соединяются с образованием сайта связывания VL3/VH3, который способен связываться с третьим эпитопом. Следует понимать, что домены VL1/VH1, VL2/VH2 и VL3/VH3 могут быть одинаковыми или различными так, чтобы обеспечить связывание, которое является моноспецифичным, биспецифичным или триспецифичным.

Как описано выше, трехвалентные связывающие молекулы согласно настоящему изобретению могут содержать три полипептида. Трехвалентные связывающие молекулы, содержащие три полипептидные цепи, могут быть получены путем присоединения доменов четвертого полипептида к N-концу VH3-содержащего домена третьего полипептида. В другом варианте, используется третья полипептидная цепь трехвалентной связывающей молекулы согласно настоящему изобретению, содержащая следующие три домена:

- (i) домен, содержащий VL3,
- (ii) домен, содержащий VH3, и
- (iii) домен, содержащий CH2-CH3, причем VL3 и VH3 отделены друг от друга промежуточным спейсерным пептидом, который является достаточно длинным (содержит по меньшей мере 9 или более аминокислотных остатков), чтобы обеспечить возможность соединения указанных доменов с образованием эпитопсвязывающего сайта.

Следует понимать, что домены VL1/VH1, VL2/VH2 и VL3/VH3 могут быть одинаковыми или раз-

личными так, чтобы обеспечить связывание, которое является моноспецифичным, биспецифическим или триспецифичным. Однако в настоящем документе указанные домены предпочтительно выбраны так, чтобы связываться с PD-1 и вторым эпитопом (или вторым и третьим эпитопом) (предпочтительно указанные эпитопы представляют собой эпитопы B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3 ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.). В частности, домены VL и VH могут быть выбраны так, что трехвалентная связывающая молекула содержит два сайта связывания для первого эпитопа и один сайт связывания для второго эпитопа или один сайт связывания для первого эпитопа и два сайта связывания для второго эпитопа, или один сайт связывания для первого эпитопа, один сайт связывания для второго эпитопа и один сайт связывания для третьего эпитопа. Общая структура полипептидных цепей типичных трехвалентных связывающих молекул согласно настоящему изобретению представлена на фиг. 6A-6F и в табл. 5:

Таблица 5

Четыре цепи 1 ориентация	2 цепь	NH2-VL2-VH1-HPD-COOH
	1 цепь	NH2-VL1-VH2-HPD-CH2-CH3-COOH
	3 цепь	NH2-VH3-CH1-CH2-CH3-COOH
	4 цепь	NH2-VL3-CL-COOH
Четыре цепи 2 ориентация	2 цепь	NH2-VL2-VH1-HPD-COOH
	1 цепь	NH2-CH2-CH3--VL1-VH2-HPD COOH
	3 цепь	NH2-VH3-CH1-CH2-CH3-COOH
	4 цепь	NH2-VL3-CL-COOH
Три цепи 1 ориентация	2 цепь	NH2-VL2-VH1-HPD-COOH
	1 цепь	NH2-VL1-VH2-HPD-CH2-CH3-COOH
	3 цепь	NH2-VL3-VH3-HPD-CH2-CH3-COOH
Три цепи 2 ориентация	2 цепь	NH2-VL2-VH1-HPD-COOH
	1 цепь	NH2-CH2-CH3-VL1-VH2-HPD COOH
	3 цепь	NH2-VL3-VH3-HPD-CH2-CH3-COOH

HPD=домен, способствующий образованию гетеродимера.

Согласно одному варианту реализации согласно настоящему изобретению предложены биспецифические трехвалентные связывающие молекулы, которые содержат два эпитопсвязывающих сайта для PD-1 и один эпитопсвязывающий сайт для второго эпитопа, присутствующего на молекуле, отличной от PD-1 (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.). Два эпитопсвязывающих сайта для PD-1 могут связываться с одним и тем же эпитопом или различными эпитопами. Согласно другому варианту реализации согласно настоящему изобретению предложены биспецифические трехвалентные связывающие молекулы, которые содержат один эпитопсвязывающий сайт для PD-1 и два эпитопсвязывающих сайта, которые связываются со вторым антигеном, присутствующим на молекуле, отличной от PD-1 (например, B7-H3, B7-H4, BTLA, CD40, CD80, CD86, CD137, CTLA-4, ICOS, KIR, LAG-3, ГКГС класса I или II, OX40, PD-L1, TCR, TIM-3 и т.д.). Два эпитопсвязывающих сайта для второго антигена могут связываться с одним и тем же эпитопом или различными эпитопами антигена (например, с одинаковыми или различными эпитопами LAG-3). Как указано выше, указанные биспецифические трехвалентные связывающие молекулы могут содержать три или четыре полипептидные цепи.

VII. Константные домены и области Fc

Согласно настоящему изобретению предложены константные домены антитела, которые можно применять в получении PD-1-связывающих молекул (например, антител, диател, трехвалентных связывающих молекул и т.д.) согласно настоящему изобретению.

Предпочтительный домен CL представляет собой домен CL легкой каппа-цепи IgG человека. Аминокислотная последовательность примерного домена CL легкой каппа-цепи человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 8):

```
RTVAAPSVFI FPPSDEQLKS GTASVCLLN NFYPREARVQ WKVDNALQSG
NSQESVTEQD SKDSTYSLSS TLTLSKADYE KHKVYACEVT HQGLSSPVTK SFNRGEC
```

В другом варианте примерный домен CL представляет собой домен CL лямбда-цепи IgG человека. Аминокислотная последовательность примерного домена CL лямбда-цепи человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 9):

```
QPKAAPSVTL FPPSSEELQA NKATLVCLIS DFYPGAVTVA WKADSSPVKA
GVETTPSKQS NNKYAASSYL SLTPEQWKSH RSYSCQVTHE GSTVEKTVAP
TECS
```

Согласно настоящему изобретению PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению могут содержать область Fc. Область Fc указанных молекул согласно настоящему изобретению может быть любого изотипа (например, IgG1, IgG2, IgG3 или IgG4). PD-1-связывающие молекулы согласно

настоящему изобретению могут дополнительно содержать домен CH1 и/или шарнирную область. Если домен CH1 и/или шарнирная область присутствуют в указанных молекулах, то они могут быть любого изотипа (например, IgG1, IgG2, IgG3 или IgG4) и предпочтительно имеют тот же изотип, что и желательная область Fc.

Примерный домен CH1 представляет собой домен CH1 IgG1 человека.

Аминокислотная последовательность примерного домена CH1 IgG1 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 10):

```
ASTKGPSVFP LAPSSKSTSG GTAALGCLVK DYFPEPVTVS WNSGALTSKV
HTFPAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSSLGTQT YICNVNHKPS NTKVDRV
```

Примерный домен CH1 представляет собой домен CH1 IgG2 человека.

Аминокислотная последовательность примерного домена CH1 IgG2 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 257):

```
ASTKGPSVFP LAPCSRSTSE STAALGCLVK DYFPEPVTVS WNSGALTSKV
HTFPAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSNFGTQT YTCNVDHKPS NTKVDKT
```

Примерный домен CH1 представляет собой домен CH1 IgG4 человека.

Аминокислотная последовательность примерного домена CH1 IgG4 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 254):

```
ASTKGPSVFP LAPCSRSTSE STAALGCLVK DYFPEPVTVS WNSGALTSKV
HTFPAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSSLGTKT YTCNVDHKPS NTKVDRV
```

Одна примерная шарнирная область представляет собой шарнирную область IgG1 человека. Аминокислотная последовательность примерной шарнирной области IgG1 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 32): EPKSCDKTHTCPPCP.

Другая примерная шарнирная область представляет собой шарнирную область IgG2 человека. Аминокислотная последовательность примерной шарнирной области IgG2 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 11): ERKCCVECPSCP.

Другая примерная шарнирная область представляет собой шарнирную область IgG4 человека. Аминокислотная последовательность примерной шарнирной области IgG4 человека представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 12): ESKYGPPCPSCP.

Как описано в настоящем документе, шарнирная область IgG4 может содержать стабилизирующую мутацию, такую как замена S228P. Аминокислотная последовательность типичной стабилизированной шарнирной области IgG4 представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 13): ESKYGPPCPSCP.

Область Fc молекул, содержащих область Fc (например, антител, диател и трехвалентных молекул), согласно настоящему изобретению может представлять собой полную область Fc (например, полную область Fc IgG) или только фрагмент области Fc. Необязательно, область Fc молекул, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению не имеет С-концевого аминокислотного остатка лизина. В частности, область Fc молекул, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению может представлять собой модифицированный вариант области Fc. Несмотря на то, что область Fc биспецифических молекул, содержащих области Fc, согласно настоящему изобретению может быть способна связываться с одним или более рецепторами Fc (например, FcγR), более предпочтительно указанный вариант области Fc имеет измененные характеристики связывания с FcγRIA (CD64), FcγRIIA (CD32A), FcγRIIB (CD32B), FcγRIIA (CD16a) или FcγRIIB (CD16b) (относительно связывания, проявляемого областью Fc дикого типа) или будет иметь существенно сниженную или отсутствующую способность связываться с ингибирующим рецептором. Соответственно, область Fc молекул, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению может содержать некоторые или все домены CH2 и/или некоторые или все домены CH3 полной области Fc или может содержать вариант последовательности CH2 и/или вариант последовательности CH3 (который может содержать, например, одну или более вставок и/или одну или более делеций по отношению к доменам CH2 или CH3 полной области Fc). Указанные области Fc могут содержать участки полипептида, отличные от области Fc, или могут содержать части областей Fc, которые в природных условиях не являются полными, или могут содержать неприродные ориентации доменов CH2 и/или CH3 (такие как, например, два домена CH2 или два домена CH3, или, в направлении от N-конца к С-концу, домен CH3, соединенный с доменом CH2 и т.д.).

Модификации области Fc, идентифицированные как изменяющие эффекторную функцию, известны в данной области техники, включая модификации, которые увеличивают связывание с активирующими рецепторами (например, FcγRIIA (CD16A) и уменьшают связывание с ингибирующими рецепторами (например, FcγRIIB (CD32B) (см., например, Stavenhagen J.B. et al. (2007) "Fc Optimization Of Therapeutic Antibodies Enhances Their Ability To Kill Tumor Cells in vitro And Controls Tumor Expansion in vivo Via Low-Affinity Activating Fcγ Receptors", Cancer Res. 57(18):8882-8890). Примерные варианты областей Fc IgG1 человека со сниженным связыванием с CD32B и/или повышенным связыванием с CD16A содержат замены F243L, R292P, Y300L, V305I или P296L. Указанные замены аминокислот могут присутствовать в области Fc IgG1 человека в любой комбинации или дополнительной комбинации. Согласно

одному варианту реализации настоящего изобретения вариант области Fc IgG1 человека содержит замену F243L, R292P и Y300L. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения вариант области Fc IgG1 человека содержит замену F243L, R292P, Y300L, V305I и P296L.

В частности, предпочтительно области Fc полипептидных цепей молекул, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению проявляют уменьшенное (или по существу отсутствующее) связывание с FcγRIA (CD64), FcγRIIA (CD32A), FcγRIIB (CD32B), FcγRIIIA (CD16a) или FcγRIIIB (CD16b) (относительно связывания, проявляемого областью Fc IgG1 дикого типа (SEQ ID NO: 1)). Варианты областей Fc и мутированные формы, способные опосредовать такое измененное связывание, описаны выше. Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения молекулы, содержащие области Fc, согласно настоящему изобретению содержат область Fc IgG, которая проявляет сниженную эффекторную функцию АЗКЦ. Согласно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения домен CH2-CH3 первой и/или третьей полипептидных цепей указанных молекул, содержащих область Fc, содержит любую 1, 2 или 3 замены: L234A, L235A, N297Q и N297G. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения вариант области Fc IgG человека содержит замену N297Q, замену L234A, замены L234A и L235A или замену D265A, поскольку эти мутации устраняют связывание с FcR. В другом варианте используют домен CH2-CH3 области Fc, который по своей природе проявляет уменьшенное (или по существу отсутствующее) связывание с FcγRIIIA (CD16a) и/или сниженную эффекторную функцию (относительно связывания, проявляемого областью Fc IgG1 дикого типа (SEQ ID NO: 1)). Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения молекулы, содержащие области Fc, согласно настоящему изобретению содержат область Fc IgG2 (SEQ ID NO: 2) или область Fc IgG4 (SEQ ID NO: 4). При использовании области Fc IgG4 в область настоящего изобретения включено введение стабилизирующей мутации, такой как замена S228P в шарнирной области, описанной выше (см., например, SEQ ID NO: 13). Поскольку замены N297G, N297Q, L234A, L235A и D265A устраняют эффекторную функцию, в тех случаях, когда желательной является эффекторная функция, указанные замены предпочтительно не будут использованы.

В частности, предпочтительно области Fc полипептидных цепей молекул, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению проявляют увеличенный период полувыведения из сыворотки крови (относительно периода полувыведения, проявляемого соответствующей Fc дикого типа). Варианты области Fc и мутированные формы, имеющие увеличенный период полувыведения из сыворотки крови, описаны выше. Согласно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения домен CH2-CH3 первой и/или третьей полипептидных цепей указанных молекул, содержащих область Fc, содержит любую 1, 2 или 3 из замен: M252Y, S254T и T256E. В область настоящего изобретения также включены молекулы, содержащие область Fc, согласно настоящему изобретению, содержащие варианты области Fc, содержащие:

(А) одну или более мутаций, которые изменяют эффекторную функцию и/или FcγR; и

(В) одну или более мутаций, которые увеличивают период полувыведения из сыворотки крови.

Предпочтительная последовательность IgG1 для доменов CH2 и CH3 молекул, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению будет содержать замены L234A/L235A/M252Y/S254T/T256E (SEQ ID NO: 258):

```
APEAAAGGPSV FLFPPKPKDT LYITREPEVT CVVVDVSHED PEVKFNWYVD
GVEVHNAKTK PREEQYNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKALPA
PIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSREEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE
WESNGQPENN YKTTTPVLDS DGSFFLYSKL TVDKSRWQQG NVFSCSVMHE
ALHNNHTQKS LSLSPGX
```

где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Предпочтительная последовательность IgG4 для доменов CH2 и CH3 молекул, содержащих область Fc, согласно настоящему изобретению будет содержать замены M252Y/S254T/T256E (SEQ ID NO: 259):

```
APEFLGGPSV FLFPPKPKDT LYITREPEVT CVVVDVSQED PEVQFNWYVD
GVEVHNAKTK PREEQFNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKGLPS
SIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSQEEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE
WESNGQPENN YKTTTPVLDS DGSFFLYSRL TVDKSRWQEG NVFSCSVMHE
ALHNNHTQKS LSLSLGX
```

где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Для диател и трехвалентных связывающих молекул, первая и третья полипептидные цепи которых не идентичны, желательным является снижение или предотвращение гомодимеризации между доменами CH2-CH3 двух первых полипептидных цепей или между доменами CH2-CH3 двух третьих полипептидных цепей. Домены CH2 и/или CH3 указанных полипептидных цепей не обязательно должны иметь одинаковые последовательности, и преимущественно модифицированы, чтобы стимулировать комплексообразование между двумя полипептидными цепями. Например, замена аминокислоты (предпочтительно

замена аминокислотой, содержащей объемную боковую группу, образующую "выступ", например, триптофаном), может быть введена в домен CH2 или CH3 так, что стерическое влияние предотвратит взаимодействие с доменом, мутированным аналогичным образом, и приведет к спариванию мутированного домена с доменом, в который была введена комплементарная или содействующая мутация, т.е. "впадина" (например, замена глицином). Такие группы мутаций могут быть введены в любую пару полипептидов, содержащих домены CH2-CH3, которые образуют область Fc. Способы модификации белков для стимулирования гетеродимеризации по отношению к гомодимеризации хорошо известны в данной области техники, в частности, в отношении модификации молекул, подобных иммуноглобулинам, и включены в область настоящего изобретения (см., например, работы Ridgway et al. (1996) "'Knobs-Into-Holes' Engineering Of Antibody CH3 Domains For Heavy Chain Heterodimerization", Protein Engr. 9:617-621, Atwell et al. (1997) "Stable Heterodimers From Remodeling The Domain Interface Of A Homodimer Using A Phage Display Library", J. Mol. Biol. 270: 26-35, и Xie et al. (2005) "A New Format Of Bispecific Antibody: Highly Efficient Heterodimerization, Expression And Tumor Cell Lysis", J. Immunol. Methods 296:95-101; каждая из которых полностью включена в настоящую заявку посредством ссылки). Предпочтительно "выступ" вводят в домены CH2-CH3 первой полипептидной цепи, и "впадину" вводят в домены CH2-CH3 третьей полипептидной цепи диател, содержащих три полипептидные цепи.

Соответственно, "выступ" предотвратит гомодимеризацию первой полипептидной цепи посредством ее доменов CH2 и/или CH3. Поскольку третья полипептидная цепь предпочтительно содержит замену, обеспечивающую "впадину", она будет гетеродимеризоваться с первой полипептидной цепью, а также гомодимеризоваться сама с собой. Указанная стратегия может быть использована для антител и трехвалентных связывающих молекул, содержащих три, четыре или пять цепей, описанных выше, в которых "выступ" введен в домены CH2-CH3 первой полипептидной цепи, и "впадина" введена в домены CH2-CH3 третьей полипептидной цепи.

Предпочтительный выступ создают путем модификации области Fc IgG для включения модификации T366W. Предпочтительную впадину создают путем модификации области Fc IgG для включения модификации T366S, L368A и Y407V. Чтобы облегчить очистку гомодимера третьей полипептидной цепи, несущей впадину, из готовой биспецифической гетеродимерной молекулы, содержащей область Fc, сайт связывания белка А доменов CH2 и CH3, несущих впадину, третьей полипептидной цепи предпочтительно мутируют путем замены аминокислоты в положении 435 (H435R). Соответственно, гомодимер третьей полипептидной цепи, несущей впадину, не будет связываться с белком А, тогда как биспецифический гетеродимер сохранит свою способность связываться с белком А посредством сайта связывания белка А в первой полипептидной цепи. В другом варианте реализации третья полипептидная цепь, несущая впадину, может содержать замены аминокислот в положениях 434 и 435 (N434A/N435K). Предпочтительная аминокислотная последовательность IgG1 для доменов CH2 и CH3 первой полипептидной цепи молекулы, содержащей область Fc, согласно настоящему изобретению будет содержать последовательность "несущую выступ", представленную ниже (SEQ ID NO: 6):

```

APEAAGGPSV FLFPPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSHED PEVKFNWYVD
GVEVHNAKTK PREEQYNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKALPA
PIEKTISKAK GQPREPQVYF LPPSREEMTK NQVSLWCLVK GFYPSDIAVE
WESNGQPENN YKTTTPVLDL DGSFFLYSKL TVDKSRWQQG NVFSCSVME
ALHNNHYTQKS LSLSPGX

```

где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Предпочтительная аминокислотная последовательность IgG1 для доменов CH2 и CH3 второй полипептидной цепи молекулы, содержащей область Fc, согласно настоящему изобретению, содержащей две полипептидные цепи (или третьей полипептидной цепи молекулы, содержащей область Fc, содержащей три, четыре или пять полипептидных цепей), будет содержать "несущую впадину" последовательность, представленную ниже (SEQ ID NO: 7):

```

APEAAGGPSV FLFPPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSHED PEVKFNWYVD
GVEVHNAKTK PREEQYNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKALPA
PIEKTISKAK GQPREPQVYF LPPSREEMTK NQVSLSCAVK GFYPSDIAVE
WESNGQPENN YKTTTPVLDL DGSFFLYSKL TVDKSRWQQG NVFSCSVME
ALHNNRYTQKS LSLSPGX

```

где X представляет собой лизин (K) или отсутствует.

Как следует отметить, домены CH2-CH3 из последовательностей, представленных в SEQ ID NO: 6 и SEQ ID NO: 7, содержат замену в положении 234 остатком аланина и в положении 235 остатком аланина и, соответственно, образуют область Fc, которая проявляет уменьшенное (или по существу отсутствующее) связывание с FcγRIA (CD64), FcγRIIA (CD32A), FcγRIIB (CD32B), FcγRIIA (CD16a) или FcγRIIB (CD16b) (относительно связывания, проявляемого областью Fc дикого типа (SEQ ID NO: 1)). В область настоящего изобретения также включены указанные домены CH2-CH3, которые содержат альтернативные и/или дополнительные замены, которые модифицируют эффекторную функцию и/или активность связывания области Fc с FcγR. В область настоящего изобретения также включены указанные домены

СН2-СН3, которые дополнительно содержат одну или более замен аминокислот, увеличивающих период полувыведения. В частности, в область настоящего изобретения включены указанные "несущие впадину" и "несущие выступ" домены СН2-СН3, которые дополнительно содержат М252Y/С254Т/Т256Е.

Предпочтительно первая полипептидная цепь будет содержать "несущую выступ" последовательность СН2-СН3, например, представленную в SEQ ID NO: 6. Однако, как будет отмечено, "несущий впадину" домен СН2-СН3 (например, SEQ ID NO: 7) может быть использован в первой полипептидной цепи, и в этом случае "несущий выступ" домен СН2-СН3 (например, SEQ ID NO: 6) может быть использован во второй полипептидной цепи молекулы, содержащей область Fc, согласно настоящему изобретению, содержащей две полипептидные цепи (или в третьей полипептидной цепи молекулы, содержащей область Fc, содержащей три, четыре или пять полипептидных цепей).

Как подробно описано выше, в область настоящего изобретения включены молекулы, содержащие область Fc (например, антитела и диатела, содержащие область Fc), содержащие домены СН2 и СН3 дикого типа или содержащие домены СН2 и СН3 с комбинациями замен, описанными выше. Примерная аминокислотная последовательность домена СН2-СН3 IgG1, включающая такие варианты, представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 260):

```
APEX1X2GGPSV FLFPKPKDT LX3IX4RX5PEVT CVVVDVSHED PEVKFNWYVD
GVEVHNAKTK PREEQYNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKALPA
PIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSREEMTK NQVSLX6CX7VK GFYPSDIAVE
WESNGQPENN YKTPPVLDSDGSFFLX8SKL TVDKSRWQQG NVFSCSVMHE
ALHX9X10YTQKS LSLSPGX11
```

в которой:

(a) X₁ и X₂ оба представляют собой L (дикий тип) или оба представляют собой A (уменьшенное связывание с FcγR);

(b) X₃, X₄ и X₆, соответственно, представляют собой M, S и T (дикий тип) или Y, T и E (увеличенный период полувыведения),

(c) X₆, X₇ и X₈, соответственно, представляют собой T, L и Y (дикий тип) или W, L и Y (выступ), или S, A и V (впадина);

(d) X₉ и X₁₀, соответственно, представляют собой N и H (дикий тип) или представляют собой N и R (отсутствует связывание с белком A), или A и K (отсутствует связывание с белком A) и

(e) X_n представляет собой K или отсутствует.

Согласно другим вариантам реализации в область настоящего изобретения включены PD-1-связывающие молекулы, содержащие домены СН2 и/или СН3, которые были модифицированы, чтобы способствовать гетеродимеризации по сравнению с гомодимеризацией, с использованием мутаций, известных в данной области техники, таких как те, которые раскрыты в РСТ публикациях WO 2007/110205; WO 2011/143545; WO 2012/058768; WO 2013/06867, все из которых полностью включены в настоящую заявку посредством ссылки.

VIII. Биспецифические связывающие молекулы PD-1×LAG-3

Согласно настоящему изобретению, в частности, предложены биспецифические связывающие молекулы PD-1×LAG-3 (например, биспецифические антитела, биспецифические диатела и т.д.), содержащие эпитопсвязывающий фрагмент антитела к PD-1 и предпочтительно одно из новых антител к PD-1 человека, предложенных в настоящем документе, и эпитопсвязывающий фрагмент антитела к LAG-3 человека, предпочтительно одно из новых антител к LAG-3 человека, предложенных в настоящем документе. Предпочтительные биспецифические связывающие молекулы PD-1×LAG-3 согласно настоящему изобретению содержат эпитопсвязывающие фрагменты антител, которые позволяют им скоординированно связываться с двумя различными эпитопами: эпитопом PD-1 и эпитопом LAG-3 так, чтобы ослабить ингибиторную активность указанных молекул. В настоящей заявке такое ослабление относится к уменьшению по меньшей мере на 20%, уменьшению по меньшей мере на 50%, уменьшению по меньшей мере на 80% или уменьшению по меньшей мере на 90% детектируемой ингибиторной активности PD-1 и/или LAG-3, или к полному устранению детектируемой ингибиторной активности PD-1 и/или LAG-3. Выбор эпитопсвязывающих фрагментов (например, доменов VL и VH) антитела к PD-1 человека и антитела к LAG-3 координируется так, что полипептидные цепи, которые образуют указанные биспецифические связывающие молекулы PD-1×LAG-3, соединяются с образованием по меньшей мере одного функционального антигенсвязывающего сайта, который является специфичным в отношении первого антигена (т.е., PD-1 или LAG-3), и по меньшей мере одного функционального антигенсвязывающего сайта, который является специфичным в отношении второго антигена (т.е., PD-1 или LAG-3, в зависимости от идентичности первого антигена).

Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения биспецифическая связывающая молекула PD-1×LAG-3 согласно настоящему изобретению представляет собой биспецифическое антитело, которое предпочтительно содержит две, три, четыре или пять полипептидных цепей, описанных в настоящем документе. В другом конкретном варианте реализации биспецифическая связывающая молекула PD-1×LAG-3 согласно настоящему изобретению представляет собой биспецифическое антите-

ло, которое предпочтительно содержит две, три или четыре полипептидные цепи, описанные в настоящем документе (см., например, WO 2007/024715; WO2007/110205; WO 2009/080251; WO 2009/080254; WO 2009/089004; WO 2011/069104; WO 2011/117329; WO 2011/131746; WO 2011/133886; WO 2011/143545; WO 2012/023053; WO 2013/060867, все из которых полностью включены в настоящую заявку посредством ссылки).

А. Антитела к LAG-3 человека

Примерные антитела, которые являются иммуноспецифичными для LAG-3 человека, приведены ниже. Дополнительные желательные антитела могут быть получены путем выделения гибридом, секретирующих антитела, выявленных с использованием LAG-3 или его пептидного фрагмента, или путем скрининга библиотек рекомбинантных антител для определения связывания с LAG-3 или его пептидным фрагментом. LAG-3 человека (включая сигнальную последовательность, состоящую из 28 остатков аминокислот (выделена подчеркиванием), и зрелый белок, состоящий из 497 остатков аминокислот) содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 38):

MWEAQFLGLL FLQPLWVAPV KPLQPGAEVV VVWAQEGAPA QLPCSPTIPL
 QDLSLLRRAG VTWQHQPDSG PPAAAPGHPL APGPHPAAPS SWGPRPRRYT
 VLSVGGGLR SGRLPLQPRV QLDERGRQRG DFSLWLRPAR RADAGEYRAA
 VHLRDRALSC RLRLRLGQAS MTASPPGSLR ASDWVILNCS FSRPDRPASV
 HWFRNRGQGR VPVRESPHHH LAESFLFLPQ VSEPMDSGPWG CILTYRDGFN
 VSIMYNLTVL GLEPPTPLTV YAGAGSRVGL PCRLPAGVGT RSFLTAKWTP
 PGGGPDLLVT GDNGDFTLRL EDVSAQAGT YTCHIHLEQEQ QLNATVTLAI
 ITVTPKSFSG PSLGKLLCE VTPVSGQERF VWSSLDTPSQ RSFSGPWLEA
 QEAQLLSQPW QCQLYQGERL LGAAVYFTEL SSPGAQRSGR APGALPAGHL
 LLFLILGVLS LLLLVTGAFG FHLWRRQWRP RRFSALEQGI HPPQAQSKIE
 ELEQEPEPEP EPEPEPEPEP EPEQL

1 Моноклональное антитело к LAG-3 А

Антитело к LAG-3 человека, BMS-986016 (25F7; Medarex/BMS), обозначенное в настоящем документе "MAT к LAG-3 А", и его варианты были описаны (см., например, WO 2014/008218). Аминокислотная последовательность варибельного домена тяжелой цепи MAT к LAG-3 А содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 39) (CDR выделены подчеркиванием):

QVQLQQWGAG LLKPSETLSL TCAVYGGFS DYYWNWIRQP PGKGLEWIGE
INHNGNTNSN PSLKSRVTLN LDTSKNQFSL KLRSVTAADT AVYYCAFGYS
DYEYNWFDPEW GQGTLVTVSS

Аминокислотная последовательность варибельного домена легкой цепи MAT к LAG-3 А содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 40) (CDR выделены подчеркиванием):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASQSIS SYLAWYQQKP GQAPRLLIYD
ASNRATGIPA RFGSGSGTD FTLTISSELP EDFAVYYCQQ RSNWPLTFGQ
 GTNLEIK

Недавно были идентифицированы дополнительные мышинные антитела к LAG-3 человека, обладающие уникальными характеристиками связывания (см. заявку на патент США № 62/172277). Предпочтительные биспецифические связывающие молекулы PD-1×LAG-3 согласно настоящему изобретению содержат эпитопсвязывающие фрагменты антитела к LAG-3, MAT к LAG-3 1 или MAT к LAG-3 6, которые связываются с новым эпитопом и не конкурируют с BMS-986016 за связывание с LAG-3. Особенно предпочтительными являются биспецифические связывающие молекулы PD-1×LAG-3 согласно настоящему изобретению, которые содержат гуманизированные домены VH и/или VL MAT к LAG-3 1 или MAT к LAG-3 6.

2 MAT к LAG-3 1

Аминокислотная последовательность домена VH MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 41) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием).

QIQLVQSGPE LKKPGETVKI SCKASGYTFR NYGMNWVKQA PGKVLKWMGW
INTYTGESTY ADDFEGRFAF SLGTSASTAY LQINILKNEE TATYFCARES
LYDYYSMDYW GQGSVTVSS

CDR_{H1} MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 42): RNYGMN

CDR_{H2} MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 43): WINTYTGESTYADDFEG

CDR_{H3} MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 44): ESLDYYSMDY

Аминокислотная последовательность домена VL MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 45) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DVVVTQTPLT LSVTIGQPAS ISCKSSQSLL HSDGKTYLNW LLQRPQGSPE
 RLIYLVSELD SGVPDRFTGS GSGTDFTLKI SRVEAEDLGV YYCWQGTTHFP
YTFGGGTKLE IK

CDR_{L1} MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 46): KSSQSLLHSDGKTYLN

CDR_{L2} MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 47): LVSELDS

CDR_{L3} MAT к LAG-3 1 (SEQ ID NO: 48): WQGTTHFPYT

Два примерных гуманизированных домена VH MAT к LAG-3 1, обозначенных в настоящем документе "VH1 MAT к hLAG-3 1" и "MAT к hLAG-3 1 VH2", и четыре примерных гуманизированных домена VL MAT к LAG-3 1 "VL1 MAT к hLAG-3 1", "VL2 MAT к hLAG-3 1", "VL3 MAT к hLAG-3 1" и "VL4 MAT к hLAG-3 1", приведены ниже. Любой из гуманизированных доменов VL может быть спарен с любым из гуманизированных доменов VH, чтобы получить LAG-3-связывающий домен. Соответственно, любое антитело, содержащее один из гуманизированных доменов VL, спаренный с гуманизированным доменом VH, в общем называется "MAT к hLAG-3 1", и конкретные комбинации гуманизированных доменов VH/VL упоминаются посредством ссылки на определенные домены VH/VL, например, гуманизированное антитело, содержащее VH1 MAT к hLAG-3 1 и VL2 MAT к hLAG-3 1, в частности называется "MAT к hLAG-3 1 (1.2)".

Аминокислотная последовательность домена VH из VH1 MAT к hLAG-3 1 (SEQ ID NO: 49) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYTFT NYGMNWVRQA PGQGLEWMGW
INTYTGESTY ADDFEGRRVFV SMDTSASTAY LQISSLKAED TAVYYCARES
LYDYYSMDYW GQGTTVTVSS

Аминокислотная последовательность домена VH из VH2 MAT к hLAG-3 1 (SEQ ID NO: 50) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYTFT NYGMNWVRQA PGQGLEWMGW
INTYTGESTY ADDFEGRRVFV SMDTSASTAY LQISSLKAED TAVYFCARES
LYDYYSMDYW GQGTTVTVSS

Аминокислотная последовательность домена VL из VL1 MAT к hLAG-3 1 (SEQ ID NO: 51) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSLL HSDGKTYLNW LLQKPGQSPPE
 RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTTHFP
YTFGGGTKVE IK

Аминокислотная последовательность домена VL из VL2 MAT к hLAG-3 1 (SEQ ID NO: 52) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSLL HSDGKTYLNW LLQKPGQSPPE
 RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTTHFP
YTFGGGTKVE IK

Аминокислотная последовательность домена VL из VL3 MAT к hLAG-3 1 (SEQ ID NO: 53) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSLL HSDGKTYLNW LLQKPGQSPPE
 RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTTHFP
YTFGGGTKVE IK

Аминокислотная последовательность домена VL из VL4 MAT к hLAG-3 1 (SEQ ID NO: 54) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSLL HSDAKTYLNW LLQKPGQSPPE
 RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTTHFP
YTFGGGTKVE IK

CDR_{L1} домена VL из VL4 MAT к hLAG-3 1 содержит замену глицина остатком аланина и содержит аминокислотную последовательность: KSSQSLLHSDAKTYLN (SEQ ID NO: 55), замененный аланин выделен подчеркиванием. Согласно настоящему изобретению предусмотрено, что аналогичная замена может быть включена в любой из описанных выше доменов CDR_{L1} MAT к LAG-3 1.

3 MAT к LAG-3 6

Аминокислотная последовательность домена VH MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 56) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVLLQQSGPE LVKPGASVKI PCKASGYTFT DYNMDWVKQS HGESLEWIGD
INPDNGVTIY NQKFEGKATL TVDKSSSTAY MELRSLTSED TAVYYCAREA

DYFYFDYWGQ GTTLTVSS

CDR_{H1} MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 57): DYNMD

CDR_{H2} MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 58): DINPDNGVTIYNQKFEG

CDR_{H3} MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 59): EADYFYFDY

Аминокислотная последовательность домена VL MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 60) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVMTQSHRF MSTSVGDRVS ITCKASQDVS SVVAWYQQKP GQSPKLLIFS
ASYRYTGVPD RFTGSGSGTD FTFTISSVQA ADLAVYYCQQ HYSTPWTFGG
 GTKLEIK

CDR_{L1} MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 61): KASQDVSSVVA

CDR_{L2} MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 62): SASRYT

CDR_{L3} MAT к LAG-3 6 (SEQ ID NO: 63): HYSTPWT

Два примерных гуманизованных домена VH MAT к LAG-3 6, обозначенных в настоящем документе как "VH1 MAT к hLAG-3 6" и "VH2 MAT к hLAG-3 6", и два примерных гуманизованных домена VL MAT к LAG-3 6, обозначенных "VL1 MAT к hLAG-3 1" и "VL2 MAT к hLAG-3 1", приведены ниже. Любой из гуманизованных доменов VL может быть спарен с любым из гуманизованных доменов VH, чтобы получить LAG-3-связывающий домен. Соответственно, любое антитело, содержащее один из гуманизованных доменов VL, спаренный с гуманизованным доменом VH, в общем называется "MAT к hLAG-3 6", и конкретные комбинации гуманизованных доменов VH/VL упоминаются посредством ссылки на определенные домены VH/VL, например, гуманизованное антитело, содержащее VH1 MAT к hLAG-3 6 и VL2 MAT к hLAG-3 6, в частности, называется "MAT к hLAG-3 6 (1.2)".

Аминокислотная последовательность домена VH из VH1 MAT к hLAG-3 6 (SEQ ID NO: 294) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYTFT DYNMDWVRQA PGQGLEWMD
INPDNGVTIY NQKFEGRVTM TTDSTSTAY MELRSLRSDD TAVYYCAREEA
DYFYFDYWGQ GTTLTVSS

Аминокислотная последовательность домена VH из VH2 MAT к hLAG-3 6 (SEQ ID NO: 295) представлена ниже (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

EVQLVESGGG LVKPGGSLRL SCAASGFTFS DYNMDWVRQA PGKGLEWVSD
INPDNGVTIY NQKFEGRFTI SRDNAKNSLY LQMNSLRAED TAVYYCAREEA
DYFYFDYWGQ GTTLTVSS

Аминокислотная последовательность домена VL из VL1 MAT к hLAG-3 6 (SEQ ID NO: 296) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIQMTQSPSS LSASVGDRVT ITCRASQDVS SVVAWYQQKP GKAPKLLIYS
ASYRYTGVPS RFSGSGSGTD FTLTISLQP EDFATYYCQQ HYSTPWTFGG GTKLEIK

Аминокислотная последовательность домена VL из VL2 MAT к hLAG-3 6 (SEQ ID NO: 297) представлена ниже (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

DIVMTQSPSS LSASVGDRVT ITCRASQDVS SVVAWYQQKP GKAPKLLIYS
ASYRYTGVPD RFSGSGSGTD FTFTISSLQP EDIAVYYCQQ HYSTPWTFGG GTKLEIK

CDRL1 домена VL из VL1 и VL2 MAT к hLAG-3 6 содержит замену лизина остатком аминокислоты аргинина, и содержит аминокислотную последовательность: RASQDVSSVVA (SEQ ID NO: 298), замененный аргинин выделен подчеркиванием.

Согласно настоящему изобретению предусмотрено, что аналогичная замена может быть включена в любой из доменов CDR_{L1} MAT к LAG-3 6, описанных выше.

В. Примерные четырехцепочечные диатела, содержащие область Fc, имеющие E/K-спираль

Были получены четыре примерных биспецифических четырехцепочечных диатела, содержащих область Fc, PD-1×LAG-3, имеющих домены, способствующие образованию гетеродимера, с E/K-спиралями (обозначенные "DART A", "DART B", "DART C" и "DART I"). Структура указанных диател, содержащих область Fc, подробно описана ниже. Указанные типичные диатела PD-1×LAG-3 являются иллюстративными и никоим образом не ограничивают объем настоящего изобретения. 1 DART A

DART A представляет собой биспецифическое четырехцепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее два сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, два сайта связывания, специфичных в отношении LAG-3, вариант области Fc IgG4, модифицированный так, чтобы увеличить период полувыведения, и цистеинсодержащие домены, способствующие образованию гетеродимера, с E/K-спиралью. Первая и третья полипептидные цепи DART A содержат, в направлении от N-конца к C-концу: N-конец, домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL4 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 54); промежуточный линкерный пептид (линкер 1:

GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GCGGGG (SEQ ID NO: 15)); цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера (E-спираль) (EVAACEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 23)); стабилизированную шарнирную область IgG4 (SEQ ID NO: 13); вариант домена CH2-CH3 IgG4, содержащий замены M252Y/S254T/T256E и лишенный C-концевого остатка (SEQ ID NO: 259); и C-конец.

Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART A представляет собой вариант последовательности, приведенной в SEQ ID NO: 267:

```

DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSL L HSDX1KTYLNW LLQKPGQPPE
RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTHFP
YTFGGGTKVE IKGGSGGGG QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT
SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV IHPSDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY
MELSSLRSED TAVYYCAREH YGTSPFAYWG QGTLVTVSSG GCGGGEVAAC
EKEVAALEKE VAALEKEVAA LEKESKYGFP CFPCPAPEFL GGPSVTLFPF
KPKDTLX2IX3R X4PEVTCVVVD VSQEDPEVQF NWYVDGVEVH NAKTKPREEQ
FNSTYRVVSV LTVLHQDWLN GKEYKCKVSN KGLPSSIEKT ISKAKGQPRE
PQVYTLPPSQ EEMTKNQVSL TCLVKGFYPS DIAVEWESNG QPENNYKTTP
PVLDSDGSFF LYSRLTVDKS RWQEGNVFSC SVMHEALHNH YTQKSLSLSL
G

```

в которой X₁, X₂, X₃ и X₄ выбраны независимо и в которой X₁ представляет собой A или G;
X₂ представляет собой Y или M;
X₃ представляет собой T или S и
X₄ представляет собой E или T.

Аминокислотные последовательности первой и третьей полипептидных цепей DART A представляют собой последовательность, представленную в SEQ ID NO: 267, в которой X₁ представляет собой A; X₂ представляет собой Y; X₃ представляет собой T и X₄ представляет собой E.

Вторая и четвертая полипептидные цепи DART A содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец, домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GCGGGG (SEQ ID NO: 15)); цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера (K-спираль) (KVAASKE-KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE (SEQ ID NO: 24)); и C-конец.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART A представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 268):

```

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSRFSGSG GTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKVEI KGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVKVS CKASGYTFTN
YGMNWVRQAP GQGLEWMGI NTYTGESTYA DDFEGRFVFS MDTSASTAYL
QISSLKAEDT AVYYCARESL YDYYSMDYWG QGTTVTVSSG GCGGGKVAAC
KEKVAALKEK VAALKEKVAALKE

```

2 DART B

DART B идентично DART A, за исключением того, что первая и третья полипептидные цепи DART B содержат домен VL из VL3 MAT к hLAG-3 1 (SEQ ID NO: 53), который содержит замену аминокислоты в CDR_{L1}. Соответственно, первая и третья полипептидные цепи DART B содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL3 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 53); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GCGGGG (SEQ ID NO: 15)); цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера (E-спираль) (EVAACEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 23)); стабилизированную шарнирную область IgG4 ((SEQ ID NO: 13); вариант домена CH2-CH3 IgG4, содержащий замены M252Y/S254T/T256E и лишенный C-концевого остатка (SEQ ID NO: 259); и C-конец. Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART B представляет собой последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 267, в которой X₁ представляет собой G; X₂ представляет собой Y; X₃ представляет собой T и X₄ представляет собой E.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART B представляет собой последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 268. 3 DART C DART C идентично DART B, за исключением того, что первая и третья полипептидные цепи DART B содержат домен CH2-CH3 IgG4

дикого типа, лишенный С-концевого остатка (SEQ ID NO: 4). Соответственно, первая и третья полипептидные цепи DART С содержат в направлении от N-конца к С-концу: N-конец, домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL3 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 53); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера (Е-спираль) (EVAACEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 23)); стабилизированную шарнирную область IgG4 (SEQ ID NO: 13); домен CH2-CH3 IgG4, лишенный С-концевого остатка (SEQ ID NO: 4); и С-конец.

Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART С представляет собой последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 267, в которой X₁ представляет собой G; X₂ представляет собой M; X₃ представляет собой S и X₄ представляет собой T.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART С представляет собой последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 268.

4 DART I

DART I представляет собой биспецифическое четырехцепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее два сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, два сайта связывания, специфичных в отношении LAG-3, вариант области Fc IgG4, модифицированный так, чтобы увеличить период полувыведения, и цистеинсодержащие домены, способствующие образованию гетеродимера, с Е/К-спиралью. Первая и третья полипептидные цепи DART I содержат в направлении от N-конца к С-концу: N-конец, домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL1 MAT к hLAG-3 6) (SEQ ID NO: 296); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера (Е-спираль) (EVAACEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 23)); стабилизированную шарнирную область IgG4 (SEQ ID NO: 13); вариант домена CH2-CH3 IgG4, содержащий замены M252Y/S254T/T256E и лишенный С-концевого остатка (SEQ ID NO: 259); и С-конец.

Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART I представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 290):

```
DIQMTQSPSS LSASVGDRTV ITCRASQDVS SVVAWYQQKP GKAPKLLIYS
ASYRYTGVPS RFGSGSGGTD FTLTISSLQP EDFATYYCQQ HYSTPWFVFGG
GTKLEIKGGG SGGGQVQLV QSGAEVKKPG ASVKVSCAKS GYSFTSYWMN
WVRQAPGQGL EWIGVIHPSD SETWLDQKFK DRVTITVDKS TSTAYMELSS
LRSEDTAVYY CAREHYGTSP FAYWGQGLV TVSSGGCGGG EVAACEKEVA
ALEKEVAALE KEVAALEKES KYGPPCPPCP APEFLGGPSV FLFPPKPKDT
LYITREPEVT CVVVDVSDQED PEVQFNWYVD GVEVHNAKTK PREEQFNSTY
RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKGLPS SIEKTISKAK GQPREPQVYF
LPDSSEDTM NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE WESNGQPENN YKTPPVLDL
DGSFFLYSRL TVDKSRWQEG NVFSCSVME ALHNHYTQKS LLSLGL
```

Вторая и четвертая полипептидные цепи DART I содержат в направлении от N-конца к С-концу: N-конец, домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 6) (SEQ ID NO: 294); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); цистеинсодержащий домен, способствующий образованию гетеродимера (К-спираль) (KVAACEK-KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE (SEQ ID NO: 24)); и С-конец.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART I представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 291):

```
EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKVEI KGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVKVS CKASGYFTD
YNMDWVRQAP GQGLEWMGDI NPDNGVTIYN QKFEGRVTMT TDTSTSTAYM
ELRSLRSDDT AVYYCAREAD YFYFDYWGQG TLTIVSSGGC GGGKVAACEK
KVAALKEKVA ALKEKVAALK E
```

С. Примерные четырехцепочечные диатела, содержащие область Fc, имеющие домены CL/CH1
Были получены четыре примерных биспецифических четырехцепочечных диатела, содержащих об-

ласть Fc, PD-1×LAG-3, содержащих домены CL/CH1, и обозначены "DART D", "DART E", "DART J" и "DART 1". Структура указанных диател, содержащих область Fc, подробно описана ниже. Указанные примерные диатела PD-1×LAG-3 являются иллюстративными и никоим образом не ограничивают объем настоящего изобретения.

1 DART D

DART D представляет собой биспецифическое четырехцепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее два сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, два сайта связывания, специфичных в отношении LAG-3, домены CL/CH1 и вариант области Fc IgG4, модифицированный так, чтобы увеличить период полувыведения.

Первая и третья полипептидные цепи DART D содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CH1 IgG4 (SEQ ID NO: 254); стабилизированную шарнирную область IgG4 (SEQ ID NO: 13); вариант домена CH2-CH3 IgG4, содержащий замены M252Y/S254T/T256E и лишенный C-концевого остатка (SEQ ID NO: 259); и C-конец.

Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART D представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 269):

```
EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSPRFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKVEI KGGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVKVS CKASGYTFTN
YGMNWRVQAQ PGQGLEWMIWI NTYTGESTYA DDFEGRFVFS MDTASTAYL
QISSLKAEDT AVYYCARESL YDYYSMDYWG QGTTVTVSSL GGGSGASTKG
PSVFPLAPCS RSTSESTAAL GCLVKDYFPE PVTVSWNSGA LTSGVHTFPA
VLQSSGLYSL SSVVTVPSST LGTKTYTCNV DHKPSNTKVD KRVEISKYGGP
CPPCPAPEFL GGPSVFLFPP KPKDTLYITR EPEVTCVVVD VSQEDPEVQF
NRYVDGVEVH NAKTKPREEQ FNSTYRVVSV LTVLHQDWLN GKEYKCKVSN
KGLPSSIEKT ISKAKGQPRE PQVYTLPPSQ EEMTKNQVSL TCLVKGFYPS
DIAVEWESNG QPENNYKTP PVLDSGGSFF LYSRLTVDKS RWQEGNVFSC
SVMHEALHNN YTQKLSLSL G
```

Вторая и четвертая полипептидные цепи DART D содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL4 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 54); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8); и C-конец.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART D представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 270):

```
DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSLH HSDAKTYLNV LLQKPGQPPE
RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTTHFP
YTFGGGTKVE IKGGSAGGGG QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT
SYWMNWRVQA PGQGLEWIGV IHPSDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY
MELSSLRSED TAVYYCAREH YGTSFPAYWG QGTLTVVSSL GGGSGRTVAA
PSVFIFFPSD EQLKSGTASV VCLLNNFYPR EAKVQWKVDN ALQSGNSQES
VTEQDSKDST YSLSTLTLS KADYEKHKVY ACEVTHQGLS SPVTKSFNRG EC
```

2 DART E

DART E представляет собой другое биспецифическое четырехцепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее два сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, два сайта связывания, специфичных в отношении LAG-3, домены CL/CH1 и вариант Fc IgG4, модифицированный так, чтобы увеличить период полувыведения. Сайты связывания PD-1 и LAG-3 DART E расположены в обратном порядке в сравнении с DART D.

Первая и третья полипептидные цепи DART E содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL4 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 54); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14));

домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CH1 IgG4 (SEQ ID NO: 254); стабилизированную шарнирную область IgG4 (SEQ ID NO: 13); вариант домена CH2-CH3 IgG4, содержащий замены M252Y/S254T/T256E и лишенный C-концевого остатка (SEQ ID NO: 259); и C-конец.

Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART E представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 271):

```
DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSLL HSDAKTYLW LLQKPGQPPE
RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTHFP
YTFGGGTKVE IKGGGSGGGG QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT
SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV IHPSDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY
MELSSLRSED TAVYYCAREH YGTSPFAYWG QGTLVTVSSL GGGSGASTKG
PSVFPLAPCS RSTSESTAAL GCLVKDYFPE PVTVSWNSGA LTSGVHTFPA
VLQSSGLYSL SSVVTVPSST LGTKTYTCNV DHKPSNTKVD KRVESKYGPP
CPPCPAPEFL GGPSVFLFPP KPKDTLYITR EPEVTCVVVD VSQEDPEVQF
NWWYVDGVEVH NAKTKPREEQ FNSTYRVVSV LTVLHQDNLN GKEYKCKVSN
KGLPSSIEKT ISKAKQPRE PQVYTLPPSQ EEMTKNQVSL TCLVKGFYPS
DIAVEWESNG QPENNYKTP PVLDSGGSFF LYSRLTVDKS RWQEGNVFSC
SVMHEALHNH YTQKSLSLSL G
```

Вторая и четвертая полипептидные цепи DART E содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8) и C-конец.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART E представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 272):

```
EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKVEI KGGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVSKV CKASGYFTN
YGMNWVRQAP GQGLEWMIWI NTYTGESTYA DDFEGRFVFS MDTASASTYL
QISSLKAEDT AVYYCARESL YDYYSMDYWG QGTTVTVSSL GGGSGRTVAA
PSVFIFFPSD EQLKSGTASV VCLLNIFYPR EAKVQWKVDN ALQSGNSQES
VTEQDSKDST YLSSTLTLS KADYKHKVY ACEVTHQGLS SPVTKSFNRG EC
```

3 DART J

DART J представляет собой биспецифическое четырехцепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее два сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, два сайта связывания, специфичных в отношении LAG-3, домены CL/CH1 и вариант Fc IgG4, модифицированный так, чтобы увеличить период полувыведения. Первая и третья полипептидные цепи DART J содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL1 MAT к hLAG-3 6) (SEQ ID NO: 296); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CH1 IgG4 (SEQ ID NO: 254); стабилизированную шарнирную область IgG4 (SEQ ID NO: 13); вариант домена CH2-CH3 IgG4, содержащий замены M252Y/S254T/T256E и лишенный C-концевого остатка (SEQ ID NO: 259); и C-конец.

Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART J представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 292):

DIQMTQSPSS LSASVGDRVT ITCRASQDVS SVVAWYQQKP GKAPKLLIYS
 ASYRYTGVPS RFGSGSGTD FTLTISSLQF EDFATYYCQQ HYSTPWFVGG
 GTKLEIKGGG SGGGGQVQLV QSGAEVKKPG ASVKVCKAS GYSFTSYWMN
 WVRQAPGQGL EWIGVIHPSD SETWLDQKFK DRVTITVDKS TSTAYMELSS
 LRSEDTAVYY CAREHYGTSP FAYWGQGLV TVSSLGGGSG ASTKGPVFP
 LAPCSRSTSE STAALGCLVK DYFPEPVTVS WNSGALTSV HTPFAVLQSS
 GLYSLSSVVT VPSSSLGTKT YTCNVDHKPS NTKVDKRVES KYGPPCPFCP
 APEFLGGPSV FLFPPKPKDT LYITREPEVT CVVDVSDQED PEVQFNWYVD
 GVEVHNAKTK PREEQFNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK CKVSNKGLPS
 SIEKTISKAK GQPREPQVYT LPDSQEEMTK NQVSLTCLVK GFYPSDIAVE
 WESNGQPENN YKTTTPVLDL DGSFFLYSRL TVDKSRWQEG NVFSCSVME
 ALHNHYTQKS LSLSLG

Вторая и четвертая полипептидные цепи DART J содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 6) (SEQ ID NO: 294); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8) и C-конец.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART J представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 293):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSEFMNWF QQKPGQPPKL
 LIHAASNQGS GVPSRFGSGG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
 TFGGGTKVEI KGGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KPGASVKVS CKASGYTFTD
 YNMDWVRQAP GQGLEWMDI NPDNGVTIYN QKFEGRVMT TDTSTSTAYM
 ELRSLRSDDT AVYYCAREAD YFYFDYWGQG TLTVSSLGG GSGRTVAAPS
 VFIFPPSDEQ LKSGTASVVC LLNMFYPREA KVQWKVDNAL QSGNSQESVT
 EQDSKSTYS LSSTLTLSKA DYEKHKVYAC EVTHQGLSSP VTKSFNRGEC

4 DART I

DART I представляет собой биспецифическое четырехцепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее два сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, два сайта связывания, специфичных в отношении LAG-3, домены CL/CH1, и вариант области Fc IgG1, модифицированный для снижения связывания с FcγR. Первая и третья полипептидные цепи DART I содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL MAT к PD-1 A) (SEQ ID NO: 65); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к LAG-3 A) (SEQ ID NO: 39); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10); шарнирную область IgG1 (SEQ ID NO: 32); вариант домена CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A и лишенный C-концевого остатка (SEQ ID NO: 5); и C-конец.

Аминокислотная последовательность первой и третьей полипептидных цепей DART I представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 284):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASQSSIS SYLAWYQQKP GQAPRLLIYD
 ASNRATGIPA RFGSGSGTD FTLTISSLQF EDFAVYYCQQ RSNWPLTFGQ
 GTNLEIKGGG SGGGGQVQLV ESGGGVQPG RSLRLDCKAS GITFSNSGMH
 WVRQAPGKGL EWVAWIYDG SKRYADSVK GRFTISRDNKNTLFLQMNS
 LRAEDTAVYY CATNDDYWGQ GTLTVSSLG GSGASTKGP SVFPLAPSSK
 STSGGTAALG CLVKDYFPEP VTVSWNSGAL TSGVHTFPAV LQSSGLYSL
 SVVTVPSSSL GTQYICNVN HKPSNTKVDK RVEPKSCDKT HTCPCPAPE
 AAGGPSVFLF PPKPKDTLYI TREPEVTCVV VDVSHEDPEV KFNWYVDGVE
 VVNAKTKPRE EQYNSTYRVV SVLTVLHQDW LNGKEYKCKV SNKALPAPIE
 KTISKAKGQP REPQVYTLPP SREEMTKNQV SLTCLVKGFY PSDIAVEWES
 NGQPENNYKT TPPVLDSDGS FFLYSKLTVD KSRWQQGNVF SCSVMHEALH
 NHYTQKSLSL SPG

Вторая и четвертая полипептидные цепи DART I содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL MAT к LAG-3 A) (SEQ ID NO: 40); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен

VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH MAT к PD-1 A) (SEQ ID NO: 64); промежуточный линкерный пептид (линкер 2: LGGGSG (SEQ ID NO: 261)); домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8) и С-конец.

Аминокислотная последовательность второй и четвертой полипептидных цепей DART 1 представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 285):

```
EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASQSVS SYLAWYQQKP GQAPRLLIYD
ASNRATGIPA RFGSGSGTD FTLTISSELP EDFAVYYCQQ SSNWPRTFGQ
GTKVEIKGGG SGGGQVQLQ QWGAGLLKPS ETLSLTCAVY GGSFSDYYWN
WIRQPPGKGL EWIGEINHG NTNSNPSLKS RVTLSLDTSK NQFSLKLRV
TAADTAVYYC AFGYSDYEYN WFDPPWQQTL VTVSSLGGGS GRTVAAPSVF
IFPPSDEQLK SGTASVVCLL NNFYPREAKV QWKVDNALQS GNSQESVTEQ
DSKDSTYSLS STLTLKADY EKHKVYACEV THQGLSSPVT KSFNRGEC
```

D. Примерные пятицепочечные диатела, содержащие область Fc

Были получены два примерных биспецифических пятицепочечных диатела, содержащих область Fc, PD-1×LAG-3, содержащих домены CL/CH1 и домены, способствующие образованию гетеродимеров, с E/K-спиралью, и обозначены "DART F" и "DART G". Структура указанных диател, содержащих область Fc, подробно описана ниже. Указанные примерные диатела PD-1×LAG-3 являются иллюстративными и никоим образом не ограничивают объем настоящего изобретения.

1 DART F

DART F представляет собой биспецифическое пятицепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее три сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, один сайт связывания, специфичный в отношении LAG-3, домены CL/CH1, вариант области Fc IgG1, несущий выступ/впадину, модифицированный для снижения связывания с FcγR и увеличения периода полувыведения, и домены, способствующие образованию гетеродимера, с E/K-спиралью. Первая полипептидная цепь DART F содержит в направлении от N-конца к С-концу: N-конец; домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); домен CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10); шарнирную область IgG1 (SEQ ID NO: 32); несущий впадину домен CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A/M252Y/S254T/T256E/N434A/H435K и лишенный С-концевого остатка (SEQ ID NO: 260, в которой X₁ представляет собой A, X₂ представляет собой A; X₃ представляет собой Y, X₄ представляет собой T, X₅ представляет собой E, X₆ представляет собой S, X₇ представляет собой A, X₈ представляет собой V, X₉ представляет собой A, X₁₀ представляет собой K и X_n отсутствует) и С-конец.

Аминокислотная последовательность первой полипептидной цепи DART F представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 273):

```
QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT SYWMNWVQA PGQGLEWIGV
IHPDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY MELSSLRSED TAVYYCAREH
YGTSPFAYWG QGTLVTVSSA STKGPSVFPL APSSKSTSGG TAALGCLVKD
YFPEPVTVSW NSGALTSGVH TFPAVLQSSG LYSLSVVTV PSSSLGTQTY
ICNVNHKPSN TKVDKRVPEK SCDKTHTCPPE CPAPEAAGGP SVFLFPPKPK
DTLYITREPE VTCVVVDVSH EDPEVKFNWY VDGVEVHNAK TKPREEQYNS
TYRVVSVLTV LHQDWLNGKE YKCKVSNKAL PAPIEKTISK AKGQPREPQV
YTLPPSREEM TKNQVSLSCA VKGFYPSDIA VEWESNGQPE NNYKTPPVV
DSDGSFFLVV KLTVDKSRWQ QGNVFCSVM HEALHAKYTQ KSLSLSPG
```

Вторая и пятая полипептидные цепи DART F содержат в направлении от N-конца к С-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153), домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8) и С-конец.

Аминокислотная последовательность второй и пятой полипептидной цепи DART F представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 274):

```
EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSRFGSGG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKEI KRTVAAPSVF IFPPSDEQLK SGTASVVCLL NNFYPREAKV
QWKVDNALQS GNSQESVTEQ DSKDSTYSLS STLTLKADY EKHKVYACEV
THQGLSSPVT KSFNRGEC
```

Третья полипептидная цепь DART F содержит в направлении от N-конца к С-концу: N-конец; домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); домен CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10); шарнирную область IgG1 (SEQ ID NO: 32); несущий выступ домен CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A/M252Y/S254T/T256E и лишенный С-

концевого остатка (SEQ ID NO: 260, в которой X_1 представляет собой А, X_2 представляет собой А, X_3 представляет собой Y, X_4 представляет собой Т, X_5 представляет собой Е, X_6 представляет собой W, X_7 представляет собой L, X_8 представляет собой Y, X_9 представляет собой H, X_{10} представляет собой H и X_n отсутствует); промежуточный линкерный пептид (GGGSGGGSGGG (SEQ ID NO: 262)); домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL4 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 54); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); домен, способствующий образованию гетеродимера (Е-спираль) (EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 21)); и С-конец.

Аминокислотная последовательность третьей полипептидной цепи DART F представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 275):

```

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV
IHPSDSETWL DQKFKDRVIT TVDKSTSTAY MELSSLRSED TAVYYCAREH
YGTSPFAYWG QGTLVTVSSA STKGPSVFPL APSSKSTSGG TAALGCLVKD
YFPEPVTVSW NSGALTSGVH TFAVLQSSG LYSLSVVTV PSSSLGTQTY
ICNVNHNKPSN TKVDKRVPEK SCDKTHTCP CPAPAEAGGP SVFLFPPKPK
DTLYITREPE VTCVVVDVSH EDPEVKFNWY VDGVEVHNAK TKPREEQYNS
TYRVVSVLTV LHQDWLNGKE YKCKVSNKAL PAPIEKTISK AKGQPREPQV
YTLPPSREEM TKNQVSLWCL VKGFYPSDIA VEWESNGQPE NNYKTPPVVL
DSDGSFFLYS KLTVDKSRWQ QGNVFSCSVM HEALHNHYTQ KSLSLSPGGG
GGGGGGGGD IVMTQTPLSL SVTPGQPASI SCKSSQSLH SDAKTYLNWL
LQKPGQPPER LIYLVSELDG GVPDRFSGSG SGTDFTLKIS RVEAEDGVVY
YCWQGTFFPY TFGGGTKVEI KGGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVVKVS
CKASGYSFTS YWMNWVRQAP GQGLEWIGVI HPSDSETWLD QKFKDRVIT
VDKSTSTAYM ELSSLRSED AVYYCAREHY GTSPPFAYWGQ GTLVTVSSG
CGGGEVAALE KEVAALEKEV AALEKEVAAL EK

```

Четвертая полипептидная цепь DART F содержит в направлении от N-конца к С-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); домен, способствующий образованию гетеродимера (К-спираль) (KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE (SEQ ID NO: 22)); и С-конец.

Аминокислотная последовательность четвертых полипептидных цепей DART F представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 276):

```

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKVEI KGGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVVKVS CKASGYFTN
YGMNWVRQAP GQGLEWGWNI NTYTGESTYA DDFEGRFVFS MDTASASTAYL
QISSLKAEDT AVYYCARES L YDYYSMYWG QGTTVTVSSG GCGGGKVAAL
KEKVAALKEK VAALKEKVAAL LKE

```

2 DART G

DART G представляет собой биспецифическое пятицепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее два сайта связывания, специфичных в отношении PD-1, два сайта связывания, специфичных в отношении LAG-3, домены CL/CH1, вариант области Fc IgG1, несущий выступ/впадину, модифицированный так, чтобы снижать связывание с FcγR и увеличивать период полувыведения, и домены, способствующие образованию гетеродимера, с Е/К-спиралью. Первая полипептидная цепь DART G содержит в направлении от N-конца к С-концу: N-конец; домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); домен CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10); шарнирную область IgG1 (SEQ ID NO: 32); несущий впадину домен CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A/M252Y/S254T/T256E/N434A/H435K и лишенный С-концевого остатка (SEQ ID NO: 260, в которой X_1 представляет собой А, X_2 представляет собой А; X_3 представляет собой Y, X_4 представляет собой Т, X_5 представляет собой Е, X_6 представляет собой S, X_7 представляет собой А, X_8 представляет собой V, X_9 представляет собой А, X_{10} представляет собой К и X_n отсутствует) и С-конец.

Аминокислотная последовательность первой полипептидной цепи DART G представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 277):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYTFT NYGMNWVRQA PGQGLEWMGW
 INTYTGESTY ADDFEGRFVF SMDTSASTAY LQISLKAED TAVYYCARES
 LYDYYSM DYW GQGTTVTVSS ASTKGPSVFP LAPSSKSTSG GTAALGCLVK
 DYFPEPVTVS WNSGALTSGV HTFPAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSSLGTQT
 YICNVNHNKPS NTKVDKRVEP KSCDKTHTCP PCPAPEAAGG PSVFLFPPKP
 KDTLYITREP EVTCVVVDVS HEDPEVKFNW YVDGVEVHNA KTKPREEQYN
 STYRVVSVLT VLHQDWLNGK EYKCKVSNKA LPAPIEKTIS KAKGQPREPQ
 VYTLPPSREE MTKNQVSLSC AVKGFYPSDI AVEWESNGQP ENNYKTPPV
 LDSDGSFFLV SKLTVDKSRW QQGNVFCSCV MHEALHAKYT QKSLSLSPG

Вторая и пятая полипептидные цепи DART G содержат в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL4 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 54), домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8) и C-конец.

Аминокислотная последовательность второй и пятой полипептидной цепи DART G представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 278):

DIVMTQTPLS LSVTPGQFAS ISCKSSQSLH HSDAKTYLNW LLQKPGQPPE
 RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCQWQTHFP
 YTFGGGKVE IKRTVAAPSV FIFPPSDEQL KSGTASVVCL LNNFYPREAK
 VQWKVDNALQ SGNSQESVTE QDSKDYSL SSSLTSLKAD YEKHKVYACE
 VTHQGLSSPV TKSFNREGC

Третья полипептидная цепь DART G содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); домен IgG1 CH1 (SEQ ID NO: 10); шарнирную область IgG1 (SEQ ID NO: 32); несущий выступ домен CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A/M252Y/S254T/T256E и лишенный C-концевого остатка (SEQ ID NO: 260, в которой X₁ представляет собой A, X₂ представляет собой A, X₃ представляет собой Y, X₄ представляет собой T, X₅ представляет собой E, X₆ представляет собой W, X₇ представляет собой L, X₈ представляет собой Y, X₉ представляет собой H, X₁₀ представляет собой H и X_n отсутствует); промежуточный линкерный пептид (GGGSGGGSGGG (SEQ ID NO: 262)); домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); домен, способствующий образованию гетеродимера (E-спираль) (EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 21)); и C-конец.

Аминокислотная последовательность третьей полипептидной цепи DART G представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 279):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYTFT NYGMNWVRQA PGQGLEWMGW
 INTYTGESTY ADDFEGRFVF SMDTSASTAY LQISLKAED TAVYYCARES
 LYDYYSM DYW GQGTTVTVSS ASTKGPSVFP LAPSSKSTSG GTAALGCLVK
 DYFPEPVTVS WNSGALTSGV HTFPAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSSLGTQT
 YICNVNHNKPS NTKVDKRVEP KSCDKTHTCP PCPAPEAAGG PSVFLFPPKP
 KDTLYITREP EVTCVVVDVS HEDPEVKFNW YVDGVEVHNA KTKPREEQYN
 STYRVVSVLT VLHQDWLNGK EYKCKVSNKA LPAPIEKTIS KAKGQPREPQ
 VYTLPPSREE MTKNQVSLWC LVKGFYPSDI AVEWESNGQP ENNYKTPPV
 LDSDGSFFLY SKLTVDKSRW QQGNVFCSCV MHEALHNHYT QKSLSLSPGG
 GSGGGSGGG EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF
 QKPGQPPKL LIHAASNQGS GVPSRFRSGS SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY
 FCQQSKEVPY TFGGKVEI KGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KPGASVKVS
 CKASGYSFTS YWMNWVRQAP GQGLEWIGVI HPSDSETWLD QKFKDRVTIT
 VDKSTSTAYM ELSSLRSEDV AVYYCAREHY GTSPFAYWQ GTLVTVSSGG
 CGGGEVAALE KEVAALKEV AALEKEVAAL EK

Четвертая полипептидная цепь DART G содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); домен, способствующий образованию гетеродимера (K-спираль) (KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE (SEQ ID NO: 22)); и C-

конец.

Аминокислотная последовательность четвертых полипептидных цепей DART G представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 280):

```
EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKVEI KGGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVVKV CKASGYSFTS
YWMNWRQAP GQGLEWIGVI HPSDSETWLD QKFKDRVTIT VDKSTSTAYM
ELSSLRSEDT AVYYCAREHY GTSPFAYWGQ GTLVTVSSGG CGGGKVAALK
EKVAALKEKV AALKEKVAAL KE
```

Е. Примерное трехцепочечное диатело, содержащее область Fc, имеющее E/K-спираль

Согласно настоящему изобретению дополнительно предложены биспецифические трехцепочечные диатела, содержащие область Fc, PD-1×LAG-3, содержащие домены, способствующие образованию гетеродимера, с E/K-спиралью. Было получено примерное биспецифическое трехцепочечное диатело, содержащее область Fc, PD-1×LAG-3, содержащее домены, способствующие образованию гетеродимера, с E/K-спиралью, обозначенное как "DART H". Ниже подробно описана структура указанного диатела, содержащего область Fc. Указанное примерное диатело PD-1×LAG-3 является иллюстративным и никоим образом не ограничивает объем настоящего изобретения. DART H представляет собой биспецифическое трехцепочечное диатело, содержащее область Fc, содержащее один сайт связывания, специфичный в отношении PD-1, один сайт связывания, специфичный в отношении LAG-3, вариант несущей выступ/впадину области Fc IgG1, модифицированный для снижения связывания с FcγR, и домены, способствующие образованию гетеродимера, с E/K-спиралью. Первая полипептидная цепь DART H содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); домен, способствующий образованию гетеродимера, (E-спираль) (EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK-EVAALEK (SEQ ID NO: 21)); промежуточный линкер (спейсер-линкер 3: GGGDKTHTCPPCP (SEQ ID NO: 263)); несущий выступ домен CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A и содержащий C-концевой остаток лизина (SEQ ID NO: 6); и C-конец.

Аминокислотная последовательность первой полипептидной цепи DART H представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 281):

```
EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
TFGGGTKVEI KGGGSGGGGQ VQLVQSGAEV KKPASVVKV CKASGYFTN
YGMNWRQAP GQGLEWGWGI NTYTGESTYA DDFEGRFVFS MDTASASTAYL
QISLKAEDT AVYYCARESL YDYYSMDYWG QGTTVTVSSG GCGGGEVAAL
EKEVAALEKE VAALEKEVAA LEKGGGDKTH TCPPCPAPEA AGGPSVFLFP
PKPKDTLMIS RTPEVTCVVV DVSHEDPEVK FNWYVDGVEV HNAKTKPREE
QYNSTYRVVVS VLTVLHQDWL NGKEYKCKVS NKALPAPIEK TISKAKGQPR
EPQVYTLPPS REEMTKNQVS LWCLVKGFYP SDIAVEWESN GQPENNYKTT
PPVLDSDGSF FLYSKLTVDK SRWQQGNVFS CSVMHEALHN HNTQKLSLSL
PGK
```

Вторая полипептидная цепь DART H содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL4 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 54); промежуточный линкерный пептид (линкер 1: GGGSGGGG (SEQ ID NO: 14)); домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); цистеинсодержащий промежуточный линкерный пептид (линкер 2: GGCGGG (SEQ ID NO: 15)); домен, способствующий образованию гетеродимера (K-спираль) (KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE-KVAALKE (SEQ ID NO: 22)); и C-конец.

Аминокислотная последовательность второй полипептидной цепи DART H представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 282):

```
DIVMTQTPLS LSVTPGPAS ISCKSSQSLI HSDAKTYLNW LLQKPGQPPE
RLIYLVSELD SGVPRDFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGFHFP
YTFGGGTKVE IKGGGSGGGG QVQLVQSGAE VKKPASVVKV SCKASGYSFT
```

SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV IHPSDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY
 MELSSLRSED TAVYYCAREH YGTSPFAYWG QGTLVTVSSG GCGGGKVAAL
 KEKVAALKEK VAALKEKVAAL LKE

Третья полипептидная цепь DART H содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; шарнирную область (DKTHTCPPCP (SEQ ID NO: 31), несущий выступ домен CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A и содержащий C-концевой остаток лизина (SEQ ID NO: 7) и C-конец.

Аминокислотная последовательность третьей полипептидной цепи DART H представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 283):

DKTHTCPPCP APEAAGGPSV FLFPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSHED
 PEVKFNWYVD GVEVHNAKTK PREEQYNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK
 CKVSNKALPA PIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSREEMTK NQVSLSCAVK
 GFYPSDIAVE WESNGQPENN YKTPPVLDSDGSFFLVSKL TVDKSRWQQG
 NVFSCSVMHE ALHNRYTQKS LSLSPGK

F. Примерное биспецифическое антитело

Было получено примерное четырехцепочечное биспецифическое антитело PD-1×LAG-3, обозначенное как "BSAB A". Структура указанного биспецифического антитела подробно описана ниже. Указанное примерное биспецифическое антитело PD-1×LAG-3 является иллюстративным и никоим образом не ограничивает объем настоящего изобретения.

BSAB A представляет собой биспецифическое антитело, содержащее один сайт связывания, специфичный в отношении PD-1, один сайт связывания, специфичный в отношении LAG-3, вариант Fc IgG1, модифицированный для снижения связывания с FcγR и для содействия комплексообразованию между двумя различными полипептидами тяжелой цепи (см. например, WO 2011/143545).

Первая полипептидная цепь BSAB A содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VH моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VH_{PD-1} VH1 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 147); домен CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10); вариант шарнирной области IgG1, содержащий замены D221E/P228E (пронумерованные в соответствии с системой ЕС, описанной в Kabat et al., и выделенные подчеркиванием в SEQ ID NO: 286 ниже); вариант домена CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A/L368E (замены выделены подчеркиванием в SEQ ID NO: 286 ниже) и лишенный C-концевого остатка; и C-конец.

Аминокислотная последовательность первой полипептидной цепи BSAB A представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 286):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV
 IHPSDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY MELSSLRSED TAVYYCAREH
 YGTSPFAYWG QGTLVTVSSA STKGPSVFPL APSSKSTSGG TAALGCLVKD
 YFPEPVTVSW NSGALTSGVH TFPAVLQSSG LYSLSVVTV PSSSLGTQTY
 ICNVNPKPSN TKVDKRVPEK SCEKHTCPPE CPAPEAAGGP SVFLFPKPK
 DTLMISRTPE VTCVVDVSH EDPEVKFNWY VDGVEVHNAK TKPREEQYNS
 TYRVVSVLTV LHQDWLNGKE YKCKVSNKAL PAPIEKTISK AKGQPREPQV
 YTLPPSREEM TKNQVSLTCE VKGFYPSDIA VEWESNGQPE NNYKTPPVLD
 DSDGSFFLYS KLTVDKSRWQ QGNVFCSSVM HEALHNHYTQ KSLSLSPG

Вторая полипептидная цепь BSAB содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с PD-1 (VL_{PD-1} VL2 MAT к hPD-1 7) (SEQ ID NO: 153); домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8) и C-конец.

Аминокислотная последовательность второй полипептидной цепи BSAB представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 287):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QOKPGQPKL
 LIHAASNQGS GVPSRFSGSG SGTDFLTITIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
 TFGGGTKVEI KRTVAAPSVF IFPPSDEQLK SGTASVCLL NNFYPREAKV
 QWKVDNALQS GNSQESVTEQ DSKDSTYSLS STLTLKADY EKHVKVYACEV
 THQGLSSPVT KSFNRGEC

Третья полипептидная цепь BSAB A содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VH моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VH_{LAG-3} VH1 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 49); домен CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10); вариант шарнирной области IgG1, содержащий замены D221R/P228R (замены выделены подчеркиванием в SEQ ID NO: 288 ниже); вариант домена CH2-CH3 IgG1, содержащий замены L234A/L235A/L409R (замены выделены подчеркиванием в SEQ ID NO: 288 ниже) и лишенный C-концевого остатка; и C-конец.

Аминокислотная последовательность третьей полипептидной цепи BSAB А представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 288):

QVQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYTFT NYGMNWVWVQA PGQGLEWMGW
 INTYTGESTY ADDFEGRFVF SMDTSASTAY LQISLKAED TAVYYCARES
 LYDYYSMDYW GQGTITVTVSS ASTKGPSVFP LAPSSKSTSG GTAALGCLVK
 DYFPEPVTVS WNSGALTSKV HTFPAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSSLGTQT
 YICNVNHKPS NTKVDKRVPE KSCRKTHTCP RCPAPEAAGG PSVFLFPPKP
 KDTLMISRTP EVTCVVVDVS HEDPEVKFNW YVDGVEVHNA KTKPREEQYN
 STYRVVSVLT VLHQDWLNGK EYKCKVSNKA LPAPIEKTIS KAKGQPREPQ
 VYTLPPSREE MTKNQVSLTC LVKGFYPSDI AVEWESNGQP ENNYKTTTPV
 LDSDGSEFLY SRLTVDKSRW QQGNVFCSSV MHEALHNHYT QKSLSLSPG

Четвертая полипептидная цепь BSAB А содержит в направлении от N-конца к C-концу: N-конец; домен VL моноклонального антитела, способного связываться с LAG-3 (VL_{LAG-3} VL4 MAT к hLAG-3 1) (SEQ ID NO: 54); домен CL каппа-цепи (SEQ ID NO: 8) и C-конец.

Аминокислотная последовательность четвертой полипептидной цепи BSAB А представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 289):

DIVMTQTPLS LSVTPGQPAS ISCKSSQSLH HSDAKTYLWV LLQKPGQPPF
 RLIYLVSELD SGVPDRFSGS GSGTDFTLKI SRVEAEDVGV YYCWQGTHTFP
 YTFGGGTKVE IKRTVAAPSV FIFPPSDEQL KSGTASVVCL LNNFYPREAK
 VQWKVDNALQ SGNSQESVTE QDSKDYSTSL SSTLTLSKAD YEKHKVYACE
 VTHQGLSSPV TKSFNREGC

IX. Эталонные антитела

A. Эталонные антитела к PD-1 человека

Для того чтобы оценить и описать новые молекулы, связывающие PD-1 человека, согласно настоящему изобретению, использовали следующие эталонные антитела: ниволюмаб (также известное как 5C4, BMS-936558, ONO-4538, MDX-1106 и выпущенное на рынок под наименованием OPDIVO® компанией Bristol-Myers Squibb), антитело IgG4 человека, обозначенное в настоящем документе как "MAT к PD-1 А", и пембролизумаб (ранее известное как ламбролизумаб, также известное как MK-3475, SCH-900475, и выпущенное на рынок под наименованием KEYTRUDA® компанией Merck) гуманизованное антитело IgG4, обозначенное в настоящем документе как "MAT к PD-1B".

1 Ниволюмаб ("MAT к PD-1 А")

Аминокислотная последовательность вариабельного домена тяжелой цепи MAT к PD-1 А содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 64) (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLVESGGG VVQPGRSLRL DCKASGITFS NSGMHWVWVQA PGKGLEWVAV
IWYDGSKRY ADSVKGRFTI SRDNSKNTLF LQMNSLRAED TAVYYCATND
DYWGQGLVLT VSS

Аминокислотная последовательность вариабельного домена легкой цепи MAT к PD-1 А содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 65) (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRRASQSVS SYLAWYQQK GPAPRLLIYD
ASNRATGIPA RFGSGSGTD FTLTISLEP EDFAVYYCQQ SSNWPRTFGQ
 GTKVEIK

2 Пембролизумаб ("MAT к PD-1 B")

Аминокислотная последовательность вариабельного домена тяжелой цепи MAT к PD-1 B содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 66) (остатки CDR_H выделены подчеркиванием):

QVQLVQSGVE VKKPGASVKV SCKASGYTFT NYMYWVWVQA PGQGLEWMGG
INPSNGGTNF NEKFKNRVTL TDSSTTTAY MELKSLQFDD TAVYYCARRD
YRFDMGFDYW GQGTITVTVSS

Аминокислотная последовательность вариабельного домена легкой цепи MAT к PD-1 B содержит аминокислотную последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 67) (остатки CDR_L выделены подчеркиванием):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRRASKGVS TSGYSYLHWY QQKPGQAPRL
LIYLAAYLES GVPARFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY YCQHSRDLPL
TFGGGTKVEIK

X. Способы получения

Полинуклеотид к PD-1 человека и другие агонисты, антагонисты и модуляторы PD-1 могут быть

созданы из полинуклеотидов и/или последовательностей антител к PD-1 1-15 с помощью способов, известных в данной области техники, например синтетических или рекомбинантных способов. Один из способов получения указанных пептидных агонистов, антагонистов и модуляторов включает химический синтез полипептида с последующей обработкой в условиях окисления, подходящих для получения нативной конформации, т. е. правильных дисульфидных связей. Указанный способ можно осуществлять с использованием методологий, хорошо известных специалистам в данной области техники (см., например, Kelley, R. F. et al. (1990) In: *Genetic Engineering Principles and Methods*, Setlow, J.K. Ed., Plenum Press, N.Y., vol. 12, pp. 1-19; Stewart, J.M et al. (1984) *Solid Phase Peptide Synthesis*, Pierce Chemical Co., Rockford, IL; см. также патенты США №№ 4105603; 3972859; 3842067 и 3862925). Полипептиды согласно настоящему изобретению могут быть легко получены с использованием твердофазного пептидного синтеза (Merrifield, B. (1986) "Solid Phase Synthesis", *Science* 232(4748):341-347; Houghten, R.A. (1985) "General Method For The Rapid Solid-Phase Synthesis Of Large Numbers Of Peptides: Specificity Of Antigen-Antibody Interaction At The Level Of Individual Amino Acids", *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 82(15):5131-5135; Ganesan, A. (2006) "Solid-Phase Synthesis In The Twenty-First Century", *Mini Rev. Med. Chem.* 6(1):3-10).

Согласно другому варианту реализации полностью человеческие антитела, содержащие один или более CDR из МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1, или тех, которые конкурируют с МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1 за связывание с PD-1 человека или его растворимой формой, можно получить с помощью коммерчески доступных линий мышей, которые были модифицированы для экспрессии специфичных белков иммуноглобулинов человека. Трансгенные животные, которые предназначены для получения более желательного (например, полностью человеческих антител) или более устойчивого иммунного ответа, также могут быть использованы для получения гуманизированных антител или антител человека. Примеры подходящей технологии включают XENOMOUSE™ (Abgenix, Inc., Фримонт, Калифорния, США), HuMAb-Mouse® и TC MOUSE™ (обе технологии от Medarex, Inc., Принстон, Нью-Джерси, США).

В другом варианте антитела могут быть получены рекомбинантными способами и экспрессированы с использованием любого способа, известного в данной области техники. Антитела могут быть получены рекомбинантным способом, путем сначала выделения антител, полученных от животных-хозяев, получения последовательности гена и затем использования последовательности гена для рекомбинантной экспрессии антитела в клетках-хозяевах (например, клетках линии CHO). Другой способ, который можно применять, представляет собой экспрессию последовательности антитела в растениях (например, табаке) или трансгенном молоке. Были раскрыты подходящие способы рекомбинантной экспрессии антител в растениях или молоке (см., например, Peeters et al. (2001) "Production Of Antibodies And Antibody Fragments In Plants", *Vaccine* 19:2756; Lonberg, N. et al. (1995) "Human Antibodies From Transgenic Mice", *Int. Rev. Immunol* 13:65-93; и Pollock et al. (1999) "Transgenic Milk As A Method For The Production Of Recombinant Antibodies", *J. Immunol Methods* 231:147-157). Подходящие способы получения производных антител, например, гуманизированных, одноцепочечных и т. д., известны в данной области техники. В другом варианте антитела могут быть получены рекомбинантными способами с помощью технологии фагового дисплея (см., например, патенты США №№ 5565332, 5580717, 5733743, 6265150 и Winter, G. et al. (1994) "Making Antibodies By Phage Display Technology", *Annu. Rev. Immunol.* 12:433-455).

Антитела или белок, представляющий интерес, могут быть подвергнуты секвенированию с помощью расщепления по Эдману, которое хорошо известно специалистам в данной области техники. Информация о пептиде, полученная на основании данных масс-спектрометрии или расщепления по Эдману, может быть использована для разработки зондов или праймеров, которые используют для клонирования белка, представляющего интерес.

Альтернативный способ клонирования белка, представляющего интерес, представляет собой "панорамирование" с использованием очищенного PD-1 или его частей для клеток, экспрессирующих представляющее интерес антитело или белок, который содержит один или более CDR из МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1, или антитела, которое конкурирует с МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1 за связывание с PD-1 человека. Процедура "панорамирования" может быть проведена путем получения библиотеки кДНК из тканей или клеток, которые экспрессируют PD-1, гиперэкспрессии кДНК во втором типе клеток и скрининга трансфицированных клеток второго типа для оценки специфичного связывания с PD-1 в присутствии или в отсутствие МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1. Подробные описания способов, используемых в

клонировании генов млекопитающих, кодирующих белки клеточной поверхности, путем "панорамирования", можно найти в данной области техники (см., например, Aruffo, A. et al. (1987) "Molecular Cloning Of A CD28 cDNA By A High-Efficiency COS Cell Expression System", Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.) 84:8573-8577 и Stephan, J. et al. (1999) "Selective Cloning Of Cell Surface Proteins Involved In Organ Development: Epithelial Glycoprotein Is Involved In Normal Epithelial Differentiation", Endocrinol. 140:5841-5854).

Векторы, содержащие представляющие интерес полинуклеотиды, могут быть введены в клетку-хозяина любым из ряда подходящих способов, включая электропорацию, трансфекцию с использованием хлорида кальция, хлорида рубидия, фосфата кальция, DEAE-декстрана или других веществ; бомбардировку микрочастицами; липофекцию; и инфицирование (например, если вектор представляет собой инфекционный агент, такой как вирус коровьей оспы). Выбор векторов или полинуклеотидов для введения часто будет зависеть от особенностей клетки-хозяина. Любая клетка-хозяин, способная к гиперэкспрессии гетерологичных ДНК, может быть использована для выделения генов, кодирующих антитело, полипептид или белок, представляющий интерес. Неограничивающие примеры подходящих клеток-хозяев млекопитающих включают, но не ограничиваются ими, клетки линии COS, HeLa и CHO. Предпочтительно клетки-хозяева экспрессируют кДНК на уровне примерно в 5 раз выше, более предпочтительно в 10 раз выше, еще более предпочтительно в 20 раз выше, чем уровень соответствующего эндогенного антитела или белка, представляющего интерес, если он присутствует, в клетке-хозяине. Скрининг клеток-хозяев для определения специфического связывания с PD-1 осуществляют с помощью иммунологического количественного исследования или флуоресцентно-активированной сортировки клеток (FACS). Клетка, гиперэкспрессирующая антитело или белок, представляющий интерес, может быть идентифицирована.

В область настоящего изобретения включены полипептиды, содержащие аминокислотную последовательность антител согласно настоящему изобретению. Полипептиды согласно настоящему изобретению могут быть получены способами, известными в данной области техники. Полипептиды могут быть получены путем протеолитического или другого типа расщепления антител, рекомбинантными способами (т.е. одиночные или гибридные полипептиды), как описано выше, или с помощью химического синтеза. Полипептиды антител, особенно более короткие полипептиды, содержащие не более приблизительно 50 аминокислот, обычно получают путем химического синтеза. Способы химического синтеза известны в данной области техники и являются коммерчески доступными. Например, полипептид к PD-1 человека может быть получен с помощью автоматического синтезатора полипептидов, используя твердофазный способ.

В область настоящего изобретения включены варианты антител MAT к PD-1 1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1 и их полипептидных фрагментов, которые связываются с PD-1, включая функционально эквивалентные антитела и гибридные полипептиды, которые не оказывают существенного влияния на свойства указанных молекул, а также варианты, которые имеют повышенную или пониженную активность. Модификация полипептидов является стандартным способом в данной области техники и не нуждается в подробном описании в настоящем документе. Примеры модифицированных полипептидов включают полипептиды с консервативными заменами остатков аминокислот, одной или более делециями или добавлениями аминокислот, которые не оказывают значительного вредного влияния на функциональную активность, или использование химических аналогов. Остатки аминокислот, которые могут быть консервативно замещены друг другом, включают, но не ограничиваются ими глицин/аланин; серин/треонин; валин/изолейцин/лейцин; аспарагин/глутамин; аспарагиновую кислоту/глутаминовую кислоту; лизин/аргинин; и фенилаланин/тирозин. Подходящие полипептиды также включают гликозилированные и негликозилированные полипептиды, а также полипептиды с другими посттрансляционными модификациями, такими как, например, гликозилирование различными сахарами, ацетилирование и фосфорилирование. Предпочтительно замены аминокислот будут консервативными, т.е. замененная аминокислота будет обладать химическими свойствами, сходными с таковыми исходной аминокислоты. Подходящие консервативные замены известны в данной области техники, и примеры были приведены выше. Модификации аминокислот могут варьироваться от изменения или модификации одной или более аминокислот до полной реорганизации области, такой как вариабельный домен. Изменения в вариабельном домене могут изменять аффинность связывания и/или специфичность. Другие способы модификации включают использование методик соединения, известных в данной области техники, включая, но не ограничиваясь ими, ферментативные способы, окислительную замену и хелатирование. Модификации могут быть использованы, например, для прикрепления меток для иммунологического количественного исследования, таких как прикрепление радиоактивных фрагментов для радиоиммунологического количественного исследования. Модифицированные полипептиды получают с использованием процедур, традиционных в данной области техники, и могут быть подвергнуты скринингу с использованием стандартных количественных исследований, известных в данной области техники.

В область настоящего изобретения включены гибридные белки, содержащие один или более полипептидов или антител MAT к PD-1 1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1,

MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1 согласно настоящему изобретению. Согласно одному варианту реализации согласно настоящему изобретению предложен гибридный полипептид, который содержит легкую цепь, тяжелую цепь или обе легкую и тяжелую цепи. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения гибридный полипептид содержит гетерологичную константную область иммуноглобулина. Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения гибридный полипептид содержит переменный домен легкой цепи и переменный домен тяжелой цепи антитела, вырабатываемого гибридомами, депонированными в общедоступных базах. Для целей настоящего изобретения гибридный белок антитела содержит один или более полипептидных доменов, которые специфично связываются с PD-1, и другую аминокислотную последовательность, к которой он не присоединен в нативной молекуле, например, гетерологичную последовательность или гомологичную последовательность из другой области.

XI. Применение PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению

В область настоящего изобретения включены композиции, включая фармацевтические композиции, содержащие PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению (например, антитела к PD-1, биспецифические диатела к PD-1 и т.д.), полипептиды, полученные из указанных молекул, полинуклеотиды, содержащие последовательности, кодирующие указанные молекулы или полипептиды, и другие агенты, описанные в настоящем документе.

A. Варианты терапевтического применения

Как обсуждалось выше, PD-1 играет важную роль в отрицательной регуляции пролиферации, функции и гомеостаза Т-клеток. Некоторые из PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению обладают способностью ингибировать функцию PD-1 и тем самым обращать ингибирование иммунной системы, опосредованное PD-1. В этой связи MAT к PD-1 1, MAT 3 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 и MAT 15 к PD-1, их гуманизированные производные и молекулы, содержащие их PD-1-связывающие фрагменты (например, биспецифические антитела, биспецифические диатела (включая, но не ограничиваясь ими, DART-A, DART-B, DART-C, DART-D, DART-E, DART-F, DART-G, DART-H, DART-I и DART-J) и т.д.), или те, которые конкурируют за связывание с указанными антителами, могут быть использованы для блокирования ингибирования иммунной системы, опосредованного PD-1, и тем самым способствуют активации иммунной системы.

Указанные биспецифические PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению, которые связываются с PD-1, и другой молекулой, участвующей в регуляции контрольной точки иммунного ответа, которая присутствует на поверхности клетки (например, LAG-3), усиливают иммунную систему, блокируя ингибирование иммунной системы, опосредованное PD-1 и указанными молекулами контрольной точки иммунного ответа. Соответственно, указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению можно применять для усиления иммунного ответа (например, опосредуемого Т-клетками иммунного ответа) субъекта. В частности, указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению можно применять для лечения любых заболеваний или состояний, связанных с нежелательно подавленной иммунной системой, включая рак и заболевания, которые связаны с присутствием патогена (например, бактериальную, грибковую, вирусную инфекцию или инфекцию простейшими).

Виды рака, которые можно лечить с использованием указанных PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению, включают виды рака, характеризующиеся присутствием раковой клетки, выбранной из группы, состоящей из клетки опухоли надпочечников, ассоциированного со СПИДом рака, альвеолярной саркомы мягких тканей, астроцитарной опухоли, рака мочевого пузыря, рака костей, рака головного и спинного мозга, метастатической опухоли головного мозга, рака молочной железы, опухолей сонной артерии, рака шейки матки, хондросаркомы, хордомы, хромофобной карциномы клеток почек, светлоклеточной карциномы, рака толстой кишки, колоректального рака, кожной доброкачественной фиброзной гистиоцитомы, десмопластической мелкокруглоклеточной опухоли, эпендимомы, опухоли Юинга, экстраклеточной миксоидной хондросаркомы, несовершенного костного фиброгенеза, фиброзной дисплазии кости, рака желчного пузыря или желчного протока, рака желудка, гестационного трофобластного заболевания, герминогенной опухоли, рака головы и шеи, гепатоцеллюлярной карциномы, опухоли островковых клеток, саркомы Капоши, рака почек, лейкоза, липомы/доброкачественной липоматозной опухоли, липосаркомы/злокачественной липоматозной опухоли, рака печени, лимфомы, рака легких, медуллобластомы, меланомы, менингиомы, множественной эндокринной неоплазии, множественной миеломы, миелодиспластического синдрома, нейробластомы, нейроэндокринных опухолей, рака яичников, рака поджелудочной железы, папиллярной карциномы щитовидной железы, опухоли парашитовидной железы, педиатрического рака, опухоли оболочек периферических нервов, феохромоцитомы, опухоли гипофиза, рака предстательной железы, постеральной увеальной меланомы, редкого гематологического расстройства, метастатического рака почек, рабдоидной опухоли, рабдомиосаркомы, саркомы, рака кожи, саркомы мягких тканей, плоскоклеточного рака, рака желудка, синовиальной саркомы, рака яичка, карциномы тимуса, тимомы, метастатического рака щитовидной железы и рака матки.

В частности, указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению могут

быть использованы для лечения колоректального рака, гепатоцеллюлярной карциномы, глиомы, рака почек, рака молочной железы, множественной миеломы, рака мочевого пузыря, нейроblastомы, саркомы, неходжкинской лимфомы, немелкоклеточного рака легких, рака яичников, рака поджелудочной железы и рака прямой кишки.

Связанные с патогенами заболевания, которые можно лечить с использованием указанных PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению, включают хронические вирусные, бактериальные, грибковые и паразитарные инфекции. Хронические инфекции, которые можно лечить с использованием PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению, включают вирус Эпштейна-Барр, вирус гепатита А (HAV); вирус гепатита В (HBV); вирус гепатита С (HCV); вирусы герпеса (например, HSV-1, HSV-2, HHV-6, CMV), вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), вирус ветряночного стоматита (VSV), инфекции, вызванные Bacilli, Citrobacter, Cholera, Diphtheria, Enterobacter, Gonococci, Helicobacter pylori, Klebsiella, Legionella, Meningococci, Mycobacterium, Pseudomonas, Pneumococci, бактериями риккетсиями, Salmonella, Serratia, Staphylococci, Streptococci, Tetanus, Aspergillus (fumigatus, niger и т.д.), Blastomyces dermatitidis, Candida (albicans, krusei, glabrata, tropicalis и т.д.), Cryptococcus neoformans, видами рода Mucorales (mucor, absidia, rhizopus), Sporothrix schenckii, Paracoccidioides brasiliensis, Coccidioides immitis, Histoplasma capsulatum, Leptospirosis, Borrelia burgdorferi, гельминтными паразитами (анкилостомами, ленточными червями, трематодами, плоскими червями (например, Giardia lamblia, trichinella, Dientamoeba fragilis, Trypanosoma brucei, Trypanosoma cruzi и Leishmania donovani).

Указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению можно комбинировать с другими противораковыми агентами, в частности, молекулами, которые специфично связываются с раковым антигеном (например, антителами, диателами). Противораковые препараты, которые можно комбинировать с PD-1-связывающими молекулами согласно настоящему изобретению, включают молекулы, которые специфично связываются с еще одним раковым антигеном, включая: 19.9, обнаруженный при раке толстой кишки, в муцинах при раке желудка; 4.2; A33 (антиген колоректальной карциномы, Almqvist, Y. 2006, Nucl Med Biol. Nov; 33(8):991-998); ADAM-9 (публикация патента США 2006/0172350, PCT публикация WO 06/084075); AN6, обнаруженный при раке желудка; ALCAM (PCT публикация WO 03/093443); APO-1 (злокачественный антиген лимфоцитов человека) (Trauth et al. (1989) "Monoclonal Antibody-Mediated Tumor Regression By Induction Of Apoptosis", Science 245:301-304); B1 (Egloff, A.M. et al., 2006, Cancer Res. 66(1):6-9); B7-H3 (Collins, M. et al. (2005) "The B7 Family Of Immune-Regulatory Ligands", Genome Biol. 6:223.1-223.7). Chapoval, A. et al. (2001) "B7-H3: A Costimulatory Molecule For T Cell Activation and IFN- γ Production", Nature Immunol. 2:269-274; Sun, M. et al. (2002) "Characterization of Mouse and Human B7-H3 Genes", J. Immunol. 168:6294-6297); BAGE (Bodey, B. 2002 Expert Opin Biol Ther. 2(6):577-84); бета-катенин (Prange W. et al., 2003 J Pathol. 201(2):250-9); антигены группы крови ALe^b/Le^y, обнаруженные при аденокарциноме толстой кишки; антиген лимфомы Беркитта-38.13, C14, обнаруженный при аденокарциноме толстой кишки; CA125 (антиген карциномы яичников)

(Bast, R.C. Jr. *et al.* 2005 *Int J Gynecol Cancer* 15 Suppl 3:274-81 ; Yu *et al.* (1991) «*Coexpression Of Different Antigenic Markers On Moieties That Bear CA 125 Determinants*», *Cancer Res.* 51(2):468-475); карбоксиапптадазу М (публикация патента США 2006/0166291); CD5 (Calin, G.A. *et al.* 2006 *Semin Oncol.* 33(2):167-73; CD19 (Ghetie *et al.* (1994) «*Anti-CD19 Inhibits The Growth Of Human B-Cell Tumor Lines in vitro And Of Daudi Cells In SCID Mice By Inducing Cell Cycle Arrest*», *Blood* 83:1329-1336; Troussard, X. *et al.* 1998 *Hematol Cell Ther.* 40(4):139-48); CD20 (Reff *et al.* (1994) «*Depletion Of B Cells in vivo By A Chimeric Mouse Human Monoclonal Antibody To CD20*», *Blood* 83:435-445; Thomas, D.A. *et al.* 2006 *Hematol Oncol Clin North Am.* 20(5):1125-36); CD22 (Kreitman, R.J. 2006 *AAPS J.* 18;8(3):E532-51); CD23 (Rosati, S. *et al.* 2005 *Curr Top Microbiol Immunol.* 5;294:91-107); CD25 (Troussard, X. *et al.* 1998 *Hematol Cell Ther.* 40(4):139-48); CD27 (Bataille, R. 2006 *Haematologica* 91(9):1234-40); CD28 (Bataille, R. 2006 *Haematologica* 91(9):1234-40); CD33 (Sgouros *et al.* (1993) «*Modeling And Dosimetry Of Monoclonal Antibody M195 (Anti-CD33) In Acute Myelogenous Leukemia*», *J. Nucl. Med.* 34:422-430); CD36 (Ge, Y. 2005 *Lab Hematol.* 11(1):31-7); CD40/CD154 (Messmer, D. *et al.* 2005 *Ann N Y Acad Sci.* 1062:51-60); CD45 (Jurcic, J.G. 2005 *Curr Oncol Rep.* 7(5):339-46); CD56 (Bataille, R. 2006 *Haematologica* 91(9):1234-40); CD46 (патент США №7148038; PCT публикация WO 03/032814); CD52 (Eketorp, S.S. *et al.* (2014) «*Alemtuzumab (Anti-CD52 Monoclonal Antibody) As Single-Agent Therapy In Patients With Relapsed/Refractory Chronic Lymphocytic Leukaemia (CLL)-A Single Region Experience On Consecutive Patients*», *Ann Hematol.* 93(10):1725-1733; Suresh, T. *et al.* (2014) «*New Antibody Approaches To Lymphoma Therapy*», *J. Hematol. Oncol.* 7:58; Hoelzer, D. (2013) «*Targeted Therapy With Monoclonal Antibodies In Acute Lymphoblastic Leukemia*», *Curr. Opin. Oncol.* 25(6):701-706); CD56 (Bataille, R. 2006 *Haematologica* 91(9):1234-40); CD79a/CD79b (Troussard, X. *et al.* 1998 *Hematol Cell Ther.* 40(4):139-48; Chu, P.G. *et al.* 2001 *Appl Immunohistochem Mol Morphol.* 9(2):97-106); CD103 (Troussard, X. *et al.* 1998 *Hematol Cell Ther.* 40(4):139-48); CD317 (Kawai, S. *et al.* (2008) «*Interferon-A Enhances CD317 Expression And The Antitumor Activity Of Anti-CD317 Monoclonal Antibody In Renal Cell Carcinoma Xenograft Models*», *Cancer Science* 99(12):2461-2466; Wang, W. *et al.* (2009) *HML.24 (CD317) Is A Novel Target Against Lung Cancer For Immunotherapy Using Anti-HML.24 Antibody*», *Cancer Immunology, Immunotherapy* 58(6):967-976; Wang, W. *et al.* (2009) «*Chimeric And Humanized Anti-HML.24 Antibodies Mediate Antibody-Dependent Cellular Cytotoxicity Against Lung Cancer Cells. Lung Cancer*», 63(1):23-31; Sayeed, A. *et al.* (2013) «*Aberrant Regulation Of The BST2 (Tetherin) Promoter Enhances Cell Proliferation And Apoptosis Evasion In High Grade Breast Cancer Cells*», *PLoS ONE* 8(6):e67191, pp. 1-10); CDK4 (Lee, Y.M. *et al.* 2006 *Cell Cycle* 5(18):2110-4); CEA (карциноэмбриональный антиген; Foon *et al.* (1995) «*Immune Response To The Carcinoembryonic Antigen In Patients Treated With An Anti-Idiotypic Antibody Vaccine*», *J. Clin. Invest.* 96(1):334-42); Mathelin, C. 2006 *Gynecol Obstet Fertil.* 34(7-8):638-46; Tellez-Avila, F.I. *et al.* 2005 *Rev Invest Clin.* 57(6):814-9); CEACAM9/CEACAM6 (Zheng, C. *et al.* (2011) «*A Novel Anti-CEACAM5 Monoclonal Antibody, CC4, Suppresses Colorectal Tumor Growth and Enhances NK Cells-Mediated Tumor Immunity*», *PLoS One* 6(6):e21146, pp. 1-11); CO17-1A (Ragnhammar *et al.* (1993) «*Effect Of Monoclonal Antibody 17-1A And GM-CSF In Patients With Advanced Colorectal Carcinoma - Long-Lasting, Complete Remissions Can Be Induced*», *Int. J. Cancer* 53:751-758);

CO-43 (антиген группы крови Le^b); CO-514 (антиген группы крови Le^a), обнаруженный при аденокарциноме; CTA-1; CTLA-4

(Peggs, K.S. *et al.* 2006 *Curr Opin Immunol.* 18(2):206-13); цитокератин 8 (PCT публикация WO 03/024191); D1.1; D156-22; DR5 (Abdulghani, J. *et al.* (2010) «*TRAIL Receptor Signaling And Therapeutics*», *Expert Opin. Ther. Targets* 14(10):1091-1108; Andera, L. (2009) «*Signaling Activated By The Death Receptors Of The TNFR Family*», *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech. Repub.* 153(3):173-180; Carlo-Stella, C. *et al.* (2007) «*Targeting TRAIL Agonistic Receptors for Cancer Therapy*», *Clin. Cancer* 13(8):2313-2317; Chaudhari, B.R. *et al.* (2006) «*Following the TRAIL to Apoptosis*», *Immunologic Res.* 35(3):249-262);

Ряд E₁ (группа крови B), обнаруженный при раке поджелудочной железы; EGFR (рецептор эпидер-

мального фактора роста, Adenis, A. et al., 2003 Bull Cancer. 90 Spec No:S228-32); эфрин и, в частности, EphA2 (патент США 7569672, PCT публикация WO 06/084226), Erb

(ErbB1, ErbB3, ErbB4, Zhou, H. et al. 2002 *Oncogene* 21(57):8732-8740; Rimon, E. et al. 2004 *Int J Oncol.* 24(5):1325-1338); GAGE (GAGE-1; GAGE-2; Akcakanat, A. et al. 2006 *Int J Cancer.* 118(1):123-128); GD2/GD3/GM2 (Livingston, P.O. et al. 2005 *Cancer Immunol Immunother.* 54(10):1018-1025); ганглиозид GD2 (GD₂; Saleh et al. (1993) «*Generation Of A Human Anti-Idiotypic Antibody That Mimics The GD2 Antigen*», *J.Immunol.*, 151, 3390-3398); ганглиозид GD3 (GD₃; Shitara et al. (1993) «*A Mouse/Human Chimeric Anti-(Ganglioside GD3) Antibody With Enhanced Antitumor Activities*», *Cancer Immunol. Immunother.* 36:373-380); ганглиозид GM2 (GM₂; Livingston et al. (1994) «*Improved Survival In Stage III Melanoma Patients With GM2 Antibodies: A Randomized Trial Of Adjuvant Vaccination With GM2 Ganglioside*», *J. Clin. Oncol.* 12:1036-1044); ганглиозид GM3 (GM₃; Hoon et al. (1993) «*Molecular Cloning Of A Human Monoclonal Antibody Reactive To Ganglioside GM3 Antigen On Human Cancers*», *Cancer Res.* 53:5244-5250); GICA 19-9 (Herlyn et al. (1982) «*Monoclonal Antibody Detection Of A Circulating Tumor-Associated Antigen. I. Presence Of Antigen In Sera Of Patients With Colorectal, Gastric, And Pancreatic Carcinoma*», *J. Clin. Immunol.* 2:135-140); gp100 (Lotem, M. et al. 2006 *J Immunother.* 29(6):616-27); Gp37 (Т-клеточный антиген лейкоза человека, Bhattacharya-Chatterjee et al. (1988) «*Idiotype Vaccines Against Human T Cell Leukemia. II. Generation And Characterization Of A Monoclonal Idiotype Cascade (Ab1, Ab2, and Ab3)*», *J. Immunol.* 141:1398-1403); gp75 (антиген меланомы; Vijayasardahl et al. (1990) «*The Melanoma Antigen Gp75 Is The Human Homologue Of The Mouse B (Brown) Locus Gene Product*», *J. Exp. Med.* 171(4):1375-1380); gpA33 (Heath, J.K. et al. (1997) «*The Human A33 Antigen Is A Transmembrane Glycoprotein And A Novel Member Of The Immunoglobulin Superfamily*», *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 94(2):469-474; Ritter, G. et al. (1997) «*Characterization Of Posttranslational Modifications Of Human A33 Antigen, A Novel Palmitoylated Surface Glycoprotein Of Human Gastrointestinal Epithelium*», *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 236(3):682-686; Wong, N.A. et al. (2006) «*EpCAM and gpA33 Are Markers Of Barrett's Metaplasia*», *J. Clin. Pathol.* 59(3):260-263); антиген HER2 (HER2/неу, p185^{HER2}; Kumar, Pal S et al. 2006 *Semin Oncol.* 33(4):386-91);

HMFG (антиген глобулы молочного жира человека, WO1995015171); папилломавирус-Е6 человека/папилломавирус-Е7 человека (DiMaio, D. et al., 2006 *Adv Virus Res.* 66:125-59; HMW-МAА (высокомолекулярный антиген меланомы, Natali et al. (1987)

«*Immunohistochemical Detection Of Antigen In Human Primary And Metastatic Melanomas By The Monoclonal Antibody 140.240 And Its Possible Prognostic Significance*», *Cancer* 59:55-63; Mittelman et al. (1990) «*Active Specific Immunotherapy In Patients With Melanoma. A Clinical Trial With Mouse Antiidiotypic Monoclonal Antibodies Elicited With Syngeneic Anti-High-Molecular-Weight-Melanoma-Associated Antigen Monoclonal Antibodies*», *J. Clin. Invest.* 86:2136-2144); антиген I (дифференцировочный антиген, Feizi (1985) «*Demonstration By Monoclonal Antibodies That Carbohydrate Structures Of Glycoproteins And Glycolipids Are Onco-Developmental Antigens*», *Nature* 314:53-57); IL13Rα2 (PCT публикация WO 2008/146911; Brown, C.E. et al. (2013) «*Glioma IL13Rα2 Is Associated With Mesenchymal Signature Gene Expression And Poor Patient Prognosis*», *PLoS One.* 18,8(10):e77769; Barderas, R. et al. (2012) «*High Expression Of IL-13 Receptor A2 In Colorectal Cancer Is*

Associated With Invasion, Liver Metastasis, And Poor Prognosis», Cancer Res. 72(11):2780-2790; Kasaian, M.T. et al. (2011) «IL-13 Antibodies Influence IL-13 Clearance In Humans By Modulating Scavenger Activity Of IL-13Ra2», J. Immunol. 187(1):561-569; Bozinov, O. et al. (2010) «Decreasing Expression Of The Interleukin-13 Receptor IL-13Ralpha2 In Treated Recurrent Malignant Gliomas», Neurol. Med. Chir. (Tokyo) 50(8):617-621; Fujisawa, T. et al. (2009) «A novel role of interleukin-13 receptor alpha2 in pancreatic cancer invasion and metastasis», Cancer Res. 69(22):8678-8685);

интегрин $\beta 6$ (PCT публикация WO 03/087340); JAM-3 (PCT публикация WO 06/084078); KID3 (PCT публикация WO 05/028498); KID31 (PCT публикация WO 06/076584); общий антиген карциномы KS 1/4 Hellström et al. (1986) "Monoclonal Mouse Antibodies Raised Against Human Lung Carcinoma", *Cancer Res.* 46:3917-3923); LEA; LUCA-2 (публикации патентов США 2006/0172349; PCT публикация WO 06/083852); M1:22:25:8; M18; M39; MAGE (MAGE-1; MAGE-3; (Bodey, B. 2002 *Expert Opin Biol Ther.* 2(6):577-84); MART (Kounalakis N. et al., 2005 *Curr Oncol Rep.* 7(5):377-82; мезотелин (Chang K, and Pastan I. 1996 "Molecular cloning of mesothelin, a differentiation antigen present on mesothelium, mesotheliomas, and ovarian cancers", *Proc Natl Acad Sci USA* 93:136-40), MUC-1 (Mathelin, C 2006 *Gynecol Obstet Fert.* 34(7-8):638-46); MUM-1 (Castelli C. et al., 2000 *J. Cell Physiol.* 182(3):323-31); Myl; N-ацетилглюкозаминилтрансферазу (Dennis J.W. 1999 *Biochim Biophys Acta.* 6:1473(1):21-34); неогликопротеин; NS-10, обнаруженный при аденокарциномах; OFA-1; OFA-2; онкостатин М (рецептор онкостатина бета, патент США №7572896, PCT публикация WO 06/084092); p15 (Gil, J. et al., 2006 *Nat Rev Mol Cell Biol.* 7(9):667-77); p97 (ассоциированный с меланомой антиген; Estin et al. (1989) "Transfected Mouse Melanoma Lines That Express Various Levels Of Human Melanoma-Associated Antigen p97", *J. Natl. Cancer Instit.* 81(6):445-454); PEM (полиморфный эпителиальный муцин, Hilkens et al. (1992) "Cell Membrane-Associated Mucins And Their Adhesion-Modulating Property", *Trends in Biochem. Sci.* 17:359-363); PEMA (антиген полиморфного эпителиального муцина); PIPA (патент США № 7405061, PCT публикация WO 04/043239); PSA (антиген предстательной железы, Henttu et al. (1989) "cDNA Coding For The Entire Human Prostate Specific Antigen Shows High Homologies To The Human Tissue Kallikrein Genes", *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 10(2):903-910; Israeli et al. (1993) "Molecular Cloning Of A Complementary DNA Encoding A Prostate-Specific Membrane Antigen", *Cancer Res.* 53:227-230; Cracco, C.M. et al., 2005 *Minerva Urol Nefrol.* 57(4):301-11); PSMA (специфичный для простаты мембранный антиген, Ragupathi, G. 2005 *Cancer Treat Res.* 123:157-180); простатическая кислая фосфатаза (Tailor et al. (1990) "Nucleotide Sequence Of Human Prostatic Acid Phosphatase Determined From A Full-Length cDNA Clone", *Nucl. Acids Res.* 18(16):4928); R₂₄, обнаруженный при меланоме; ROR1 (патент США №5843749); сфинголипиды; SSEA-1; SSEA-3; SSEA-4; sTn (Holmberg, L.A. 2001 *Expert Opin Biol Ther.* 1(5):881-91); Т-клеточный рецептор, полученный из кожной Т-клеточной лимфомы (см. Edelson (1998) "Cutaneous T-Cell Lymphoma: A Model For Selective Immunotherapy", *Cancer J Sci Am.* 4:62-71); T5A7, обнаруженный в миелоидных клетках; TAG-72 (Yokota et al. (1992) "Rapid Tumor Penetration Of A Single-Chain Fv And Comparison With Other Immunoglobulin Forms", *Cancer Res.* 52:3402-3408); TL5 (группа крови А); рецептор TNF (рецептор TNF- α , рецептор TNF- β ; рецептор TNF- γ (van Horssen, R. et al., 2006 *Oncologist.* 11(4):397-408; Gardnerova, M. et al., 2000 *Curr Drug Targets.* 1(4):327-64); TRA-1-85 (группа крови Н), рецептор трансферрина (патент США №7572895, PCT публикация WO 05/121179), 5T4 (TPBG, гликопротеин трофобласта; Boghaert, E.R. et al. (2008) "The Oncofetal Protein, 5T4, Is A Suitable Target For Antibody-Guided Anti-Cancer Chemotherapy With Calicheamicin", *Int. J. Oncol.* 32(1):221-234; Eisen, T. et al. (2014) "Naptumomab Estafenatox: Targeted Immunotherapy with a Novel Immunotoxin", *Curr. Oncol. Rep.* 16:370, pp. 1-6); TSTA (опухолеспецифичный трансплантационный антиген), например, вирусно-индуцированные опухолевые антигены, включая Т-антиген ДНК-содержащих опухолевых вирусов и антигены оболочки РНК-содержащих опухолевых вирусов, онкофетальный антиген-альфа-фетопротеин, такой как СЕА толстой кишки, онкофетальный антиген опухоли мочевого пузыря (Hellström et al. (1985) "Monoclonal Antibodies To Cell Surface Antigens Shared By Chemically Induced Mouse Bladder Carcinomas", *Cancer. Res.* 45:2210-2188); VEGF (Pietrantonio, F. et al. (2015) "Bevacizumab-Based Neoadjuvant Chemotherapy For Colorectal Cancer Liver Metastases: Pitfalls And Helpful Tricks In A Review For Clinicians", *Crit. Rev. Oncol. Hematol.* 95(3):272-281; Grabowski, J.P. (2015) "Current Management Of Ovarian Cancer", *Minerva Med.* 106(3):151-156; Field, K.M. (2015) "Bevacizumab And Glioblastoma: Scientific Review, Newly Reported Updates, And Ongoing Controversies", *Cancer* 121(7):997-1007; Suh, D.H. et al. (2015) "Major Clinical Research Advances In Gynecologic Cancer In 2014", *J. Gynecol. Oncol.* 26(2): 156-167; Liu, K.J. et al. (2015) "Bevacizumab In Combination With Anticancer Drugs For Previously Treated Advanced Non-Small Cell Lung Cancer", *Tumour Biol.* 36(3): 1323-1327; Di Bartolomeo, M. et al. (2015) "Bevacizumab treatment in the elderly patient with metastatic colorectal cancer", *Clin. Interv. Aging* 10:127-133); рецептор VEGF (O'Dwyer, P.J. 2006 *Oncologist.* 11(9):992-998); VEP8; VEP9; VEVI-D5; и гаптен Y, Le^y, обнаруженный в клетках эмбриональной карциномы. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению используют в комбинации с одной или более молекулами, которые спе-

цифично связываются с 5T4, B7H3, CD19, CD20, CD51, CD123, DR5, EGFR, EpCam, GD2, gpA33, HER2, ROR-1, TAG-72, антителом к VEGF-A и/или VEGFR2.

Указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению можно комбинировать с иммуногенным агентом, таким как опухолевая вакцина. Подходящие вакцины могут содержать очищенные опухолевые антигены (включая рекомбинантные белки, пептиды и молекулы углеводов), аутологичные или аллогенные опухолевые клетки. Было описано несколько стратегий, касающихся опухолевых вакцин (см., например, Palena, C. et al. (2006) "Cancer vaccines: preclinical studies and novel strategies", *Adv. Cancer Res.* 95, 115-145; Mellman, I. et al. (2011) "Cancer immunotherapy comes of age", *Nature* 480, 480-489; Zhang, X. M. et al. (2008) "The anti-tumor immune response induced by a combination of MAGE-3/MAGE-n-derived peptides", *Oncol. Rep.* 20, 245-252; Disis, M. L. et al. (2002) "Generation of T-cell immunity to the HER-2/neu protein after active immunization with HER-2/neu peptide-based vaccines", *J. Clin. Oncol.* 20, 2624-2632; Vermeij, R. et al. (2012) "Potentiation of a p53-SLP vaccine by cyclophosphamide in ovarian cancer: a single-arm phase II study." *Int. J. Cancer* 131, E670-E680). Указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению можно комбинировать с химиотерапевтическими схемами. В этих случаях существует возможность снижения дозы вводимого химиотерапевтического реагента (Мокруг et al. (1998) *Cancer Research* 58: 5301-5304).

Указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению можно комбинировать с другими иммуностимулирующими молекулами, такими как антитела, которые активируют восприимчивость иммунной системы хозяина, чтобы обеспечить повышенные уровни активации Т-клеток. В частности, было показано, что антитела к PD-1, антитела к PD-L1 и/или антитела к CTLA-4 активируют иммунную систему (см., например, del Rio, M-L. et al. (2005) "Antibody-Mediated Signaling Through PD-1 Costimulates T Cells And Enhances CD28-Dependent Proliferation", *Eur. J. Immunol* 35:3545-3560; Barber, D. L. et al. (2006) "Restoring function in exhausted CD8 T cells during chronic viral infection", *Nature* 439, 682-687; Iwai, Y. et al. (2002) "Involvement Of PD-L1 On Tumor Cells In The Escape From Host Immune System And Tumor Immunotherapy By PD-L1 Blockade", *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 99, 12293-12297; Leach, D. R., et al. (1996) "Enhancement Of Antitumor Immunity By CTLA-4 Blockade", *Science* 271, 1734-1736). Дополнительные иммуностимулирующие молекулы, которые можно комбинировать с PD-1-связывающими молекулами согласно настоящему изобретению, включают антитела к молекулам на поверхности дендритных клеток, которые активируют функцию дендритных клеток (ДК) и представление антигена, антитела к CD40, способные заменить активность хелперных Т-клеток, и активирующие антитела к костимулирующим молекулам Т-клеток, таким как PD-L1, CTLA-4, OX-40 4-1BB и ICOS (см., например, Ito et al. (2000) "Effective Priming Of Cytotoxic T Lymphocyte Precursors By Subcutaneous Administration Of Peptide Antigens In Liposomes Accompanied By Anti-CD40 And Anti-CTLA-4 Antibodies", *Immunobiology* 201:527-40; патент США № 5811097; Weinberg et al. (2000) "Engagement of the OX-40 Receptor in vivo Enhances Antitumor Immunity", *Immunol* 164:2160-2169; Melero et al. (1997) "Monoclonal Antibodies Against The 4-1BB T-Cell Activation Molecule Eradicate Established Tumors", *Nature Medicine* 3: 682-685; Hutloff et al. (1999) "ICOS Is An Inducible T-Cell Co-Stimulator Structurally And Functionally Related To CD28", *Nature* 397: 263-266; и Moran, A.E. et al. (2013) "The TNFRs OX40, 4-1BB, and CD40 As Targets For Cancer Immunotherapy", *Curr Opin Immunol.* 2013 Apr; 25(2): 10.1016/j.coi.2013.01.004), и/или стимулирующие химерные антигенные рецепторы (CAR), содержащие антигенсвязывающий домен, направленный к антигену заболевания, гибридный с одним или более внутриклеточными сигнальными доменами из различных костимулирующих белковых рецепторов (например, CD28, 4-1BB, ICOS, OX40 и т.д.), которые служат для стимуляции Т-клеток при связывании антигена (см., например, Tettamanti, S. et al. (2013) "Targeting Of Acute Myeloid Leukaemia By Cytokine-Induced Killer Cells Redirected With A Novel CD123-Specific Chimeric Antigen Receptor", *Br. J. Haematol.* 161:389-401; Gill, S. et al. (2014) "Efficacy Against Human Acute Myeloid Leukemia And Myeloablation Of Normal Hematopoiesis In A Mouse Model Using Chimeric Antigen Receptor-Modified T Cells", *Blood* 123(15): 2343-2354; Mardiros, A. et al. (2013) "T Cells Expressing CD123-Specific Chimeric Antigen Receptors Exhibit Specific Cytolytic Effector Functions And Antitumor Effects Against Human Acute Myeloid Leukemia", *Blood* 122:3138-3148; Pizzitola, I. et al. (2014) "Chimeric Antigen Receptors Against CD33/CD123 Antigens Efficiently Target Primary Acute Myeloid Leukemia Cells in vivo", *Leukemia* doi:10.1038/leu.2014.62).

Указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению можно комбинировать с ингибирующим химерным антигенным рецептором (iCAR) для перенаправления нацеленных иммунотерапевтических ответов. iCAR содержит антигенсвязывающий домен, направленный к антигену заболевания, гибридный с одним или более внутриклеточными сигнальными доменами из различных ингибирующих белковых рецепторов (например, CTLA-4, PD-1 и т.д.), которые служат для ограничения ответов Т-клеток при связывании с антигеном (см., например, Fedorov V.D. (2013) "PD-1 -and CTLA-4-Based Inhibitory Chimeric Antigen Receptors (iCARs) Divert Off-Target Immunotherapy Responses", *Sci. Transl. Med.* 5:215ra172 doi:10.1126/scitranslmed.3006597).

В частности, указанные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению используют в комбинации с антителом к CD137, антителом к CTLA-4, антителом к OX40, антителом к LAG-3, антителом к PD-L1, антителом к TIGIT, антителом к TIM-3 и/или противораковой вакциной.

В. Диагностическая и лечебно-диагностическая полезность

Некоторые из PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению не способны или проявляют слабую способность блокировать связывание PD-1 с лигандом PD-1 L. В этой связи антитела МАТ 2 к PD-1 и МАТ 4 к PD-1, их гуманизированные производные, а также молекулы, содержащие их PD-1-связывающие фрагменты (например, биспецифические диатела и т.д.), или те, которые конкурируют за связывание с указанными антителами, могут быть помечены детектируемой меткой (например, с использованием радиоактивных, ферментативных, флуоресцентных, хемиллюминесцентных, парамагнитных, диамагнитных или других меченых фрагментов) и используются для детектирования PD-1 в образцах или визуализации PD-1 на клетках. Поскольку указанные молекулы не влияют на биологическую активность PD-1, они особенно полезны в способах определения степени, местоположения и изменения экспрессии PD-1 у субъектов (например, у субъектов, которых лечат от рака, связанного с экспрессией или нацеленным воздействием на PD-1).

ХII. Фармацевтические композиции

Композиции согласно настоящему изобретению включают нерасфасованные лекарственные композиции, пригодные для изготовления фармацевтических композиций (например, неочищенных или нестерильных композиций) и фармацевтических композиций (т.е., композиций, которые подходят для введения субъекту или пациенту), которые могут быть использованы в приготовлении стандартных лекарственных форм. Подходящие композиции содержат профилактически или терапевтически эффективное количество PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению или комбинацию подходящих агентов и фармацевтически приемлемого носителя. Предпочтительно композиции согласно настоящему изобретению содержат профилактически или терапевтически эффективное количество PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению и фармацевтически приемлемый носитель. В область настоящего изобретения в частности включены подходящие фармацевтические композиции, в которых PD-1-связывающая молекула представляет собой: МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1; гуманизированное МАТ к PD-1 1; МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1,

МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1; PD-1-связывающий фрагмент любого указанного антитела; или в которых PD-1-связывающая молекула представляет собой биспецифическое диатело к PD-1 - (например, биспецифическое диатело PD-1×LAG-3). В область настоящего изобретения включены в частности молекулы, которые содержат 3 CDR_L и 3 CDR_H из МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1; гуманизированного МАТ к PD-1 1; МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1. В область настоящего изобретения также включены такие фармацевтические композиции, которые дополнительно содержат второе терапевтическое антитело (например, специфичное для опухоли лейкоцитное антитело), которое является специфичным в отношении конкретного ракового антигена, и фармацевтически приемлемый носитель.

Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения термин "фармацевтически приемлемый" означает одобренный регулирующим органом федерального правительства или правительства штата или перечисленный в Фармакопее США или другой общепризнанной фармакопее для использования у животных и, более конкретно, у человека. Термин "носитель" относится к разбавителю, адьюванту (например, адьюванту Фрейнда (полному и неполному), вспомогательному веществу или носителю, с которым вводят лекарственное соединение. Подходящими фармацевтическими носителями могут быть стерильные жидкости, такие как вода и масла, включая масла нефтепродуктов, масла животного, растительного или синтетического происхождения, такие как арахисовое масло, соевое масло, минеральное масло, кунжутное масло и тому подобное. Вода является предпочтительным носителем при внутривенном введении фармацевтической композиции. Физиологические солевые растворы и водные растворы декстрозы и глицерина также могут быть использованы в качестве жидких носителей, в частности для инъекционных растворов. Подходящие фармацевтические вспомогательные вещества включают крахмал, глюкозу, лактозу, сахарозу, желатин, солод, рис, муку, мел, силикагель, стеарат натрия, моностеарат глицерина, тальк, хлорид натрия, сухое обезжиренное молоко, глицерин, пропилен, гликоль, воду, этанол и т.п. Композиция, если необходимо, также может содержать незначительные количества смачивающих или эмульгирующих агентов или буферных агентов для поддержания pH. Подходящие композиции могут быть в форме растворов, суспензий, эмульсий, таблеток, пилюль, капсул, порошков, композиций с замедленным высвобождением и т.п.

Обычно ингредиенты композиций согласно настоящему изобретению поставляют по отдельности или смешивают с получением стандартной дозированной формы, например, в виде сухого лиофилизованного порошка или концентрата, не содержащего воды, в герметично закрытом контейнере, таком как ампула или саше, с указанием количества активного агента. В том случае, если композиция должна быть

введена путем инфузии, она может быть распределена с инфузионной бутылкой, содержащей стерильную фармацевтическую воду или физиологический раствор. В том случае, если композицию вводят путем инъекции, может быть обеспечена ампула стерильной воды для инъекций или физиологического раствора так, что ингредиенты могут быть смешаны перед введением.

Композиции согласно настоящему изобретению могут быть изготовлены в виде нейтральных или солевых форм. Фармацевтически приемлемые соли включают, но не ограничиваются ими, соли, образованные с анионами, такими как анионы, полученные из соляной, фосфорной, уксусной, щавелевой, винной кислот и т.д., и те, которые образованы катионами, такими как катионы, полученные из натрия, калия, аммония, кальция, гидроксидов железа, изопропиламина, триэтиламина, 2-этиламиноэтанола, гистидина, прокаина и т.д.

Согласно настоящему изобретению также предложена фармацевтическая упаковка или набор, содержащий один или более контейнеров, заполненных PD-1-связывающей молекулой согласно настоящему изобретению (и более предпочтительно MAT к PD-1 1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1; гуманизированным MAT к PD-1 1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1, PD-1-связывающим фрагментом любого из указанных антител, или PD-1-связывающей молекулой, которая представляет собой биспецифическое диатело к PD-1 (например, биспецифическое диатело PD-1×LAG-3)). В область настоящего изобретения, в частности, включены молекулы, которые содержат $3CDR_L$ и $3CDR_H1$ из MAT к PD-1 1, MAT 2 к PD-1, MAT 3 к PD-1, MAT 4 к PD-1, MAT 5 к PD-1, MAT 6 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 8 к PD-1, MAT 9 к PD-1, MAT 10 к PD-1, MAT 11 к PD-1, MAT 12 к PD-1, MAT 13 к PD-1, MAT 14 к PD-1 или MAT 15 к PD-1, по отдельности или с подходящим фармацевтически приемлемым носителем. Помимо этого один или более других профилактических или терапевтических агентов, пригодных для лечения заболевания, также могут быть включены в фармацевтический пакет или набор. Согласно настоящему изобретению также предложена фармацевтическая упаковка или набор, содержащий один или более контейнеров, заполненных одним или более ингредиентами фармацевтических композиций согласно настоящему изобретению. Уведомление в форме, предписанной правительственным агентством, регулирующим изготовление, применение или продажу фармацевтических препаратов или биологических продуктов, которое отражает одобрение указанным агентством производства, применения или продажи для введения человеку, может быть необязательно прикреплено к указанному контейнеру (контейнерам).

Согласно настоящему изобретению также предложены наборы, которые можно применять в вышеуказанных способах. Набор может содержать любую из PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению. Набор может дополнительно содержать один или более других профилактических и/или терапевтических агентов, пригодных для лечения рака, в одном или более контейнерах; и/или набор может дополнительно содержать одно или более цитотоксических антител, которые связываются с одним или более раковыми антигенами, ассоциированными с раком. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения другой профилактический или терапевтический агент представляет собой химиотерапевтический агент. Согласно другим вариантам реализации настоящего изобретения профилактический или терапевтический агент представляет собой биологическое или гормональное терапевтическое средство.

XIII. Способы введения

Композиции согласно настоящему изобретению могут быть обеспечены для лечения, профилактики и улучшения одного или более симптомов, связанных с заболеванием, расстройством или инфекцией, путем введения субъекту эффективного количества гибридного белка или конъюгированной молекулы согласно настоящему изобретению, или фармацевтической композиции, содержащей гибридный белок или конъюгированную молекулу согласно настоящему изобретению. Согласно предпочтительному аспекту указанные композиции по существу очищены (т.е. по существу не содержат вещества, которые ограничивают их действие или вызывают нежелательные побочные эффекты). Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения субъект представляет собой животное, предпочтительно млекопитающее, такое как млекопитающее, не относящееся к приматам (например, бычьих, лошадиных, кошачьих, собачьих, грызунов и т.д.), или примата (например, обезьяну, такую как яванская макака, человека и т.д.). Согласно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения субъект является человеком. Различные системы доставки известны и могут быть использованы для введения композиций согласно настоящему изобретению, например, инкапсулирование в липосомах, микрочастицах, микрокапсулах, рекомбинантные клетки, способные экспрессировать антитело или гибридный белок, опосредованный рецепторами эндоцитоз (см., например, Wu et al. (1987) "Receptor-Mediated in vitro Gene Transformation By A Soluble DNA Carrier System", J. Biol. Chem. 262:4429-4432), конструирование нуклеиновой кислоты как части ретровирусного или другого вектора и т.д.

Способы введения молекулы согласно настоящему изобретению включают, но не ограничиваются ими, парентеральное введение (например, внутривенное, внутримышечное, внутрибрюшинное, внутри-

венное и подкожное), эпидуральное и через слизистые оболочки (например, интраназальный и пероральный пути). Согласно конкретному варианту реализации настоящего изобретения PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению вводят внутримышечно, внутривенно или подкожно. Композиции можно вводить любым удобным способом, например, путем инфузии или болюсной инъекции, путем всасывания через эпителиальные или слизистые оболочки (например, слизистую оболочку полости рта, слизистую оболочку прямой кишки и кишечника и т. д.) и можно вводить вместе с другими биологически активными агентами. Введение может быть системным или локальным. Помимо этого также можно применять легочное введение, например, с использованием ингалятора или распылителя и состава с аэрозольным агентом. См., например, патенты США №№ 6019968; 5985320; 5985309; 5934272; 5874064; 5855913; 5290540 и 4880078 и РСТ публикации WO 92/19244; WO 97/32572; WO 97/44013; WO 98/31346 и WO 99/66903, которые все полностью включены в настоящую заявку посредством ссылки.

Согласно настоящему изобретению также предложены PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению, упакованные в герметично закрытый контейнер, такой как ампула или саше, с указанием количества молекулы. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения указанные молекулы поставляются в виде сухого стерилизованного лиофилизованного порошка или концентрата, не содержащего воды, в герметично закрытом контейнере и могут быть восстановлены, например, с использованием воды или физиологического раствора до соответствующей концентрации для введения субъекту. Предпочтительно PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению поставляют в виде сухого стерильного лиофилизованного порошка в герметично закрытом контейнере.

Лиофилизованные PD-1-связывающие молекулы согласно настоящему изобретению следует хранить при температуре от 2 до 8°C в их первоначальном контейнере, и молекулы должны быть введены в течение 12 ч, предпочтительно в течение 6 ч, в течение 5 ч, в течение 3 ч или в течение 1 ч после восстановления. В другом варианте реализации указанные молекулы поставляют в жидкой форме в герметично закрытом контейнере с указанием количества и концентрации молекулы, гибридного белка или конъюгированной молекулы. Предпочтительно указанные PD-1-связывающие молекулы, если они обеспечены в жидкой форме, поставляют в герметично закрытом контейнере.

Количество композиции согласно настоящему изобретению, которая будет эффективной при лечении, предотвращении или улучшении одного или более симптомов, связанных с расстройством, может быть определена с помощью стандартных клинических методик. Точная доза, которая будет применена в составе, также будет зависеть от способа введения и от тяжести состояния, и должна быть определена в соответствии с решением практикующего врача и обстоятельствами каждого пациента. Эффективные дозы могут быть экстраполированы из кривых зависимости ответа от дозы, полученных из испытательных систем в условиях *in vitro* или животных моделей.

В настоящей заявке термин "эффективное количество" фармацевтической композиции в одном варианте реализации представляет собой количество, достаточное для получения благоприятных или желательных результатов, включая, но не ограничиваясь ими, клинические результаты, такие как уменьшение симптомов, возникающих в результате заболевания, ослабление симптома инфекции (например, вирусной нагрузки, лихорадки, боли, сепсиса и т.д.) или симптома рака (например, пролиферации раковых клеток, присутствия опухоли, метастаз опухоли и т.д.), повышая тем самым качество жизни индивидуумов, страдающих указанным заболеванием, уменьшение дозы других лекарственных средств, необходимых для лечения заболевания, усиление действия другого лекарственного средства, например, путем целенного воздействия и/или интернализации, замедление прогрессирования заболевания и/или продление периода выживания индивидуумов.

Эффективное количество можно вводить с помощью одного или более введений. Для целей настоящего изобретения эффективное количество лекарственного препарата, соединения или фармацевтической композиции представляет собой количество, достаточное для снижения пролиферации (или эффекта) присутствующего вируса и для уменьшения и/или замедления развития вирусного заболевания, прямо или косвенно. Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения эффективное количество лекарственного препарата, соединения или фармацевтической композиции может быть, но необязательно, достигнуто в комбинации с другим лекарственным препаратом, соединением или фармацевтической композицией. Соответственно, "эффективное количество" может быть рассмотрено применительно к введению одного или более химиотерапевтических агентов, и один агент можно рассматривать как введенный в эффективном количестве, если, в комбинации с одним или более другими агентами, достигнут или может быть достигнут желательный результат. Несмотря на то, что индивидуальные потребности различаются, определение оптимальных диапазонов эффективных количеств каждого компонента находится в пределах компетенции специалистов в данной области техники.

Для PD-1-связывающих молекул, включенных в область настоящего изобретения, дозировка, вводимая пациенту, предпочтительно определена на основании массы тела (кг) субъекта-реципиента. Для PD-1-связывающих молекул, включенных в область настоящего изобретения, вводимая пациенту дозировка, как правило, составляет по меньшей мере приблизительно 0,01 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 0,05 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 0,1 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 0,2 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 0,5 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 1 мкг/кг, по

меньшей мере приблизительно 2 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 5 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 10 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 20 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 50 мкг/кг, по меньшей мере приблизительно 0,1 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 1 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 3 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 5 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 10 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 30 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 50 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 75 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 100 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 125 мг/кг, по меньшей мере приблизительно 150 мг/кг или более массы тела субъекта.

Дозировка и частота введения PD-1-связывающей молекулы согласно настоящему изобретению может быть снижена или изменена путем усиления поглощения и проникновения молекулы в ткани посредством модификаций, таких как, например, липидирование.

Дозировка PD-1-связывающей молекулы согласно настоящему изобретению, вводимая пациенту, может быть рассчитана для применения в качестве монотерапии. В другом варианте, молекула может быть использована в комбинации с другими терапевтическими композициями, и вводимая пациенту дозировка является более низкой, чем при введении указанных молекул в виде монотерапии.

Фармацевтические композиции согласно настоящему изобретению можно вводить локально в область, нуждающуюся в лечении; такое введение может быть достигнуто, например, но не ограничиваясь ими, путем местной инфузии, путем инъекции или с помощью имплантата, причем указанный имплантат представляет собой пористый, непористый или желатинообразный материал, включая мембраны, такие как силастические мембраны, или волокна. Предпочтительно при введении молекулы согласно настоящему изобретению следует проявлять осторожность при использовании материалов, которые не поглощают молекулу.

Композиции согласно настоящему изобретению могут быть доставлены в везикуле, в частности, в липосоме (см. Langer (1990) "New Methods Of Drug Delivery", Science 249:1527-1533); Treat et al., в Liposomes in the Therapy of Infectious Disease and Cancer, Lopez-Berestein and Fidler (eds.), Liss, New York, pp. 353-365 (1989); Lopez-Berestein, *ibid.*, pp. 3 17-327).

Композиции согласно настоящему изобретению могут быть доставлены в системе с контролируемым высвобождением или в системе с замедленным высвобождением. Любая методика, известная специалисту в данной области техники, может быть использована для получения составов с замедленным высвобождением, содержащих одну или более PD-1-связывающих молекул согласно настоящему изобретению. См., например, патент США №4526938; PCT публикацию WO 91/05548; PCT публикацию WO 96/20698; Ning et al. (1996) "Intratumoral Radioimmunotherapy Of A Human Colon Cancer Xenograft Using A Sustained-Release Gel", Radiotherapy & Oncology 39:179-189, Song et al. (1995) "Antibody Mediated Lung Targeting Of Long-Circulating Emulsions", PDA Journal of Pharmaceutical Science & Technology 50:372-397; Cleek et al. (1997) "Biodegradable Polymeric Carriers For A bFGF Antibody For Cardiovascular Application", Pro. Int'l. Symp. Control. Rel. Bioact. Mater. 24:853-854; и Lam et al. (1997) "Microencapsulation Of Recombinant Humanized Monoclonal Antibody For Local Delivery", Proc. Int'l. Symp. Control Rel. Bioact. Mater. 24:759-760, которые все полностью включены в настоящую заявку посредством ссылки. Согласно одному варианту реализации настоящего изобретения в системе с контролируемым высвобождением может быть использован насос (см. Langer, выше; Sefton, (1987) "Implantable Pumps", CRC Crit. Rev. Biomed. Eng. 14:201-240; Buchwald et al. (1980) "Long-Term, Continuous Intravenous Heparin Administration By An Implantable Infusion Pump In Ambulatory Patients With Recurrent Venous Thrombosis", Surgery 88:507-516; и Saudek et al. (1989) "A Preliminary Trial Of The Programmable Implantable Medication System For Insulin Delivery", N. Engl. J. Med. 321:574-579). Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения полимерные материалы могут быть использованы для достижения контролируемого высвобождения молекул (см., например, MEDICAL APPLICATIONS OF CONTROLLED RELEASE, Langer and Wise (eds.), CRC Pres., Boca Raton, Florida (1974); Controlled Drug Bioavailability, Drug Product Design and Performance, Smolen and Ball (eds.), Wiley, New York (1984); Levy et al. (1985) "Inhibition Of Calcification Of Bioprosthetic Heart Valves By Local Controlled-Release Diphosphonate", Science 228:190-192; During et al. (1989) "Controlled Release Of Dopamine From A Polymeric Brain Implant: in vivo Characterization", Ann. Neurol. 25:351-356; Howard et al. (1989) "Intracerebral Drug Delivery In Rats With Lesion-Induced Memory Deficits", J. Neurosurg. 7(1): 105-112); патент США №5679377; патент США №5916597; патент США №5912015; патент США №5989463; патент США №5123232; PCT публикацию WO 99/15154; и PCT публикацию WO 99/20253). Примеры полимеров, используемых в препаратах с замедленным высвобождением, включают, но не ограничиваются ими, поли-2-гидроксиэтилметакрилат, полиметилметакрилат, полиакриловую кислоту, сополимер этилена и винилацетата, полиметакриловую кислоту, полигликолиды (PLG), полиангидриды, поли-N-винилпирролидон, поливиниловый спирт, полиакриламид, полиэтиленгликоль, полилактиды (PLA), сополимер молочной и гликолевой кислот (PLGA) и полиортоэфир. Система с контролируемым высвобождением может быть размещена вблизи терапевтической мишени (например, легких), в результате этого необходима лишь доля системной дозы (см., например, Goodson, в Medical Applications of Controlled Release, *supra*, vol. 2, pp. 115-138 (1984)). Полимерные композиции, которые можно применять в качестве имплантатов с контролируемым высвобождением, могут быть использова-

ны в соответствии с Dunn et al. (см. патент США №5945155). Данный конкретный способ основан на терапевтическом эффекте контролируемого высвобождения биоактивного материала из полимерной системы в условиях *in situ*. Имплантация обычно может происходить в любом месте организма пациента, нуждающегося в терапевтическом лечении. Можно использовать неполимерную систему замедленной доставки, в которой неполимерный имплантат в организме субъекта используется в качестве системы доставки лекарственного препарата. При имплантации в организме органический растворитель имплантата будет распределяться, диспергироваться или выщелачиваться из композиции в окружающую тканевую жидкость, и неполимерный материал будет постепенно коагулировать или осаждаться с образованием твердой микропористой матрицы (см. патент США № 5888533).

Системы с контролируемым высвобождением обсуждаются в обзоре Langer (1990, "New Methods Of Drug Delivery", *Science* 249:1527-1533). Любая методика, известная специалисту в данной области техники, может быть использована для получения составов с замедленным высвобождением, содержащих один или более терапевтических агентов согласно настоящему изобретению. См., например, патент США №4526938; международные публикации WO 91/05548 и WO 96/20698; Ning et al. (1996) "Intratumoral Radioimmunotherapy Of A Human Colon Cancer Xenograft Using A Sustained-Release Gel", *Radiotherapy & Oncology* 39:179-189, Song et al. (1995) "Antibody Mediated Lung Targeting Of Long-Circulating Emulsions", *PDA Journal of Pharmaceutical Science & Technology* 50:372-397; Cleek et al. (1997) "Biodegradable Polymeric Carriers For A bFGF Antibody For Cardiovascular Application", *Pro. Int'l. Symp. Control. Rel. Bioact. Mater.* 24:853-854; и Lam et al. (1997) "Microencapsulation Of Recombinant Humanized Monoclonal Antibody For Local Delivery", *Proc. Int'l. Symp. Control Rel. Bioact. Mater.* 24:759-760, которые все полностью включены в настоящую заявку посредством ссылки. Если композиция согласно настоящему изобретению представляет собой нуклеиновую кислоту, кодирующую PD-1-связывающую молекулу согласно настоящему изобретению, то нуклеиновую кислоту можно вводить в условиях *in vivo*, чтобы стимулировать экспрессию PD-1-связывающей молекулы, которую она кодирует, путем конструирования ее как части соответствующего вектора экспрессии нуклеиновой кислоты и путем введения так, чтобы указанный вектор стал внутриклеточным, например, с использованием ретровирусного вектора (см. патент США №4980286) или путем прямой инъекции, или с использованием бомбардировки микрочастицами (например, генной пушки; Biolistic, Dupont), или путем покрытия липидами, или поверхностными рецепторами клеток или трансфицирующими агентами, или путем введения указанного вектора, соединенного с гомеобоксоподобным пептидом, который, как известно, проникает в ядро (см., например, Joliot et al. (1991) "Antennapedia Homeobox Peptide Regulates Neural Morphogenesis", *Proc. Natl. Acad. Sci. (U.S.A.)* 88:1864-1868) и т.д. В другом варианте нуклеиновая кислота может быть введена внутриклеточно и встроена в ДНК клетки-хозяина для экспрессии путем гомологичной рекомбинации. Лечение субъекта с использованием терапевтически или профилактически эффективного количества PD-1-связывающей молекулы согласно настоящему изобретению может включать однократную обработку или предпочтительно может включать серию обработок. В предпочтительном примере субъекта лечат с использованием указанного диатала один раз в неделю в течение от 1 до 10 недель, предпочтительно от 2 до 8 недель, более предпочтительно от 3 до 7 недель и еще более предпочтительно в течение приблизительно 4, 5 или 6 недель. Фармацевтические композиции согласно настоящему изобретению можно вводить один раз в сутки, два раза в сутки или три раза в сутки. В другом варианте фармацевтические композиции можно вводить один раз в неделю, два раза в неделю, раз в две недели, один раз в месяц, один раз каждые шесть недель, один раз в два месяца, два раза в год или один раз в год. Также будет понятно, что эффективная дозировка молекул, используемых для лечения, может увеличиваться или уменьшаться в ходе конкретного лечения.

Примеры

Следующие примеры иллюстрируют различные способы для композиций в диагностических или лечебных способах согласно настоящему изобретению. Примеры приведены в иллюстративных целях и никоим образом не ограничивают объем настоящего изобретения.

Пример 1. Характеристика моноклональных антител к PD-1 человека

Пятнадцать мышинных моноклональных антител, способных специфично связываться как с PD-1 человека, так и с PD-1 яванских макак, выделяли и обозначали "MAT к PD-1 1", "MAT 2 к PD-1", "MAT 3 к PD-1", "MAT 4 к PD-1", "MAT 5 к PD-1", "MAT 6 к PD-1", "MAT 7 к PD-1", "MAT 8 к PD-1", "MAT 9 к PD-1", "MAT 10 к PD-1", "MAT 11 к PD-1", "MAT 12 к PD-1", "MAT 13 к PD-1", "MAT 14 к PD-1" и "MAT 15 к PD-1". Было обнаружено, что CDR указанных антител отличаются и представлены выше. Связывание с внеклеточным доменом PD-1 человека и яванских макак оценивали следующим образом: 96-луночные планшеты с плоским дном Maxi-Sorb® покрывали растворимым PD-1 человека или PD-1 яванских макак (внеклеточный домен PD-1 человека, гибридный с полигистидиновой меткой (shPD-1 His) или областью Fc человека (shPD-1 hFc), или внеклеточный домен PD-1 яванских макак, гибридный с областью Fc человека (scupo-PD1 Fc)), каждый в концентрации 0,5 или 1 мкг/мл, планшеты промывали и инкубировали с одним из выделенных антител к PD-1, MAT к PD-11-15. Для проведения данных исследований антитела к PD-1 использовали в концентрации 3, 1,0, 0,3333, 0,1111, 0,0370, 0,0123 или 0,0041 мкг/мл (трехкратные последовательные разведения). Количество антитела, связываю-

шегося с иммобилизованным PD-1 (человека или яванских макак), оценивали с помощью конъюгированного с пероксидазой хрена (ПХ) вторичного антитела козы к IgG мыши. Все образцы исследовали на считывателе для планшетов (Victor 2 Wallac, Perkin Elmers). Типичные кривые связывания для растворимого PD-1 человека и растворимого PD-1 яванских макак представлены на фиг. 7А-7D и 8А-8С соответственно.

Результаты проведенных исследований связывания (фиг. 7А-7D и фиг. 8А-8С) свидетельствуют о том, что все антитела к PD-1, МАТ к PD-1 1-15, связываются как с растворимым PD-1 человека, так и с растворимым PD-1 яванских макак.

Чтобы дополнительно охарактеризовать мышинные антитела к PD-1, их способность блокировать связывание растворимого PD-L1 человека с растворимым PD-1 человека оценивали в двух разных количественных исследованиях. В одном количественном исследовании оценивали способность антител блокировать связывание PD-1 человека с PD-L1, иммобилизованным на поверхности. Для проведения данного количественного исследования каждое из антител к PD-1, МАТ к PD-1 1-15 или контрольное антитело к PD-1 (МАТ к PD-1 А) смешивали с гибридным белком shPD-1 His (в концентрации 2,5 мкг/мл) и отдельно инкубировали с меченым биотином растворимым PD-L1 человека (внеклеточный домен PD-L1, гибридный с Fc человека (sPD-L1)), в концентрации 1 мкг/мл, иммобилизованным на планшете, покрытом стрептавидином. Для проведения данных исследований антитела к PD-1 использовали в концентрации 10, 5,0, 2,5, 1,25, 0,625, 0,3125 или 0,1563 мкг/мл (двукратные последовательные разведения). Количество shPD-1 His, связанного с иммобилизованным sPD-L1, оценивали с помощью His-метки с использованием вторичного антитела к His-метке, конъюгированного с ПХ. Все образцы исследовали на считывателе для планшетов (Victor 2 Wallac, Perkin Elmers). Результаты данного эксперимента представлены на фиг. 9А-9D.

Результаты проведенных количественных исследований ингибирования (фиг. 9А-9D) свидетельствуют о том, что антитела к PD-1, МАТ к PD-1 1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 8 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1, были способны блокировать связывание растворимого PD-L1 человека с растворимым PD-1 человека в разной степени, в то время как МАТ 2 к PD-1 и МАТ 4 к PD-1 проявили незначительную или отсутствующую блокирующую активность в данном формате количественных исследований.

Во втором количественном исследовании оценивали способность мышинных антител к PD-1, МАТ к PD-1 1-15, блокировать связывание лиганда PD-1 (т.е. PD-L1 человека или PD-L2 человека) с PD-1, экспрессированным на поверхности клеток линии NSO. Для проведения данного количественного исследования каждое из антител к PD-1, МАТ к PD-1 1-15, или контрольное антитело к PD-1 (МАТ к PD-1 А или МАТ к PD-1 В) отдельно смешивали с биотинилированным растворимым PD-L1 человека (гибридный белок shPD-L1) или биотинилированным растворимым гибридным белком PD-L2-mulGfc человека (shPD-L2; Ancell, каталожный номер 573-030), каждый в концентрации 0,1 мкг/исследование, и инкубировали с клетками линии NSO, экспрессирующими PD-1 человека (~250000 клеток/лунку) в блокирующем буфере (FACS+10% сывороточного альбумина человека). Для проведения данных исследований антитела к PD-1 использовали в концентрации 4,0, 1,0, $2,5 \times 10^{-1}$, $6,25 \times 10^{-2}$, $1,56 \times 10^{-2}$, $3,90 \times 10^{-3}$, $9,76 \times 10^{-4}$, $2,4 \times 10^{-4}$, $0,6 \times 10^{-4}$ мкг/исследование (четырёхкратные последовательные разведения). Количество shPD-L1 (или shPD-L2), связанного с поверхностью клеток линии NSO, определяли с использованием конъюгированного с фикоэритрином вторичного антитела, связанного со стрептавидином, с помощью FACS. Определяли значения ИК₅₀ для ингибирования связывания PD-1/PD-L1, и среднее значение выборки (\bar{x}) по меньшей мере двух экспериментов (за исключением тех случаев, когда это указано) представлено в табл. 6.

Таблица 6

Антитело к PD-1	ИК ₅₀ (мкг/исследование)	Антитело к PD-1	ИК ₅₀ (мкг/исследование)
МАТ к PD-1 А	0,0044	МАТ 8 к PD-1	0,6611 [‡]
МАТ к PD-1 В	0,0064	МАТ 9 к PD-1	0,0154
МАТ к PD-1 1	0,0048	МАТ 10 к PD-1	0,0057
МАТ 2 к PD-1	0,0110	МАТ 11 к PD-1	0,0259 [‡]
МАТ 3 к PD-1	0,0361 [‡]	МАТ 12 к PD-1	0,0238 [‡]
МАТ 4 к PD-1	0,0156 [‡]	МАТ 13 к PD-1	0,0117
МАТ 5 к PD-1	0,0039	МАТ 14 к PD-1	0,0149 [‡]
МАТ 6 к PD-1	0,0051	МАТ 15 к PD-1	0,0060
МАТ 7 к PD-1	0,0024		

[‡]Результаты одного эксперимента.

Результаты количественных исследований ингибирования shPD-L1 (табл. 6) свидетельствуют о том,

что антитела к PD-1, МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 11 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1, МАТ 14 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 были способны блокировать связывание PD-L1 человека с PD-1 человека, экспрессируемым на поверхности клеток линии NSO. В частности, МАТ к PD-1 1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 10 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 блокировали связывание shPD-L1 аналогично или более эффективно, чем эталонные антитела к PD-1 (МАТ к PD-1 А, МАТ к PD-1 В), тогда как МАТ 8 к PD-1 по существу не оказывало блокирующего действия в данном формате количественных исследований. Оба МАТ 2 к PD-1 и МАТ 4 к PD-1 были способны блокировать связывание PD-1 /PD-L1 в данном формате количественных исследований.

Аналогичным образом, антитела к PD-1, МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 3 к PD-1, МАТ 4 к PD-1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 10 к PD-1, МАТ 12 к PD-1, МАТ 13 к PD-1 и МАТ 14 к PD-1 были способны блокировать связывание PD-L2 человека с PD-1 человека, экспрессируемым на поверхности клеток линии NSO, тогда как МАТ 8 к PD-1 по существу не оказывало блокирующего действия в данном формате количественных исследований. В частности, МАТ к PD-1 1, МАТ 5 к PD-1, МАТ 6 к PD-1, МАТ 7 к PD-1 и МАТ 10 к PD-1 блокировали связывание shPD-L2 аналогично или более эффективно, чем эталонные антитела к PD-1 (МАТ к PD-1 А, МАТ к PD-1 В). Антитела к PD-1, МАТ 11 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1, не испытывали в данном количественном исследовании. Ниже приведены результаты для нескольких гуманизованных антител к PD-1, включая МАТ к hPD-1 15.

Пример 2. Гуманизация и дальнейшая характеристика

Вариабельные домены антител к PD-1, МАТ к PD-1 1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1, гуманизовали, в тех случаях, когда были идентифицированы антигенные эпитопы, антитела дополнительно деиммунизировали для получения готовых гуманизованных вариабельных доменов. Гуманизация МАТ к PD-11, МАТ 2 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 позволила получить один гуманизованный домен VH и один гуманизованный домен VL для каждого антитела, обозначенные в настоящем документе как "VH1 МАТ к hPD-1 1" и "VL1 МАТ к hPD-1 1"; "VH1 МАТ к hPD-1 2" и "VL1 МАТ к hPD-1 2"; и "VH1 МАТ к hPD-1 15" и "VL1 МАТ к hPD-1 15". Гуманизация МАТ 7 к PD-1 позволила получить два гуманизованных домена VH, обозначенных в настоящем документе как "VH1 МАТ к hPD-1 7" и "VH2 МАТ к hPD-1 7", и три гуманизованных домена VL, обозначенных в настоящем документе как "VL1 МАТ к hPD-1 1", "VL2 МАТ к hPD-1 7" и "VL3 МАТ к hPD-1 7". Гуманизация МАТ 9 к PD-1 позволила получить два гуманизованных домена VH, обозначенных в настоящем документе как "VH1 МАТ к hPD-1 9" и "VH2 МАТ к hPD-1 9" и два гуманизованных домена VL, обозначенных в настоящем документе как "VL1 МАТ к hPD-1 9" и "VL2 МАТ к hPD-1 1". В тех случаях, когда было получено несколько гуманизованных вариабельных доменов, гуманизованные вариабельные домены тяжелой и легкой цепей конкретного антитела к PD-1 (например, МАТ 7 к PD-1) можно применять в любой комбинации, и конкретные комбинации гуманизованных цепей упоминаются со ссылкой на определенные домены VH/VL, например гуманизованное антитело, содержащее VH1 МАТ к hPD-1 7 и VL2 МАТ к hPD-1 7, в частности называется "МАТ к hPD-1 7 (1.2)". Гуманизованные полноразмерные антитела получали с помощью константной области IgG1 человека, содержащей замены L234A/L235A (IgG1 (AA)), или константной области IgG4 человека, содержащей замену S228P (IgG4 (P)). Полноразмерные тяжелые цепи гуманизованного антитела IgG1 конструировали следующим образом: С-конец гуманизованного домена VH гибридизовали с N-концом константной области IgG1 человека, содержащей вариант домена CH2-CH3 (содержащий замены L234A/L235A (AA)) и лишенной С-концевого остатка лизина (SEQ ID NO: 255):

```
ASTKGPSVFP LAPSSKSTSG GTAALGCLVK DYFPEPVTVS WNSGALTSKV
HTFPQAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSSLGTQT YICNVNHKPS NTKVDKRVEP
KSCDKTHTCP PCPAPEAAAGG PAVFLFPPKP KDTLMISRTP EVTCCVVVDVS
HEDPEVKFNW YVDGVEVHNA KTKPREEQYN STYRVVSVLT VLNQDNLNGK
EYKCKVSNKA LPAPIEKTIS KAKGQPREPQ VYTLPPSREE MTKNQVSLTC
LVKGFYPSDI AVEWESNGQP ENNYKTTTPPV LDSDGSFFLY SKLTVDKSRW
QQGNVFSCSV MHEALHNHYT QKSLSLSPG
```

В SEQ ID NO: 255 остатки аминокислот 1-98 соответствуют домену CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10), остатки аминокислот 99-113 соответствуют шарнирной области IgG1 (SEQ ID NO: 32) и остатки аминокислот 114-329 соответствуют домену CH2-CH3 IgG1, содержащему замены L234A/L235A (выделены подчеркиванием) (SEQ ID NO: 5), но лишенному С-концевого остатка лизина.

Аминокислотная последовательность тяжелой цепи примерного гуманизованного антитела ((МАТ к hPD-1 7 (1.2)), содержащего константную область тяжелой цепи IgG1, содержащую мутацию L234A/L235A и лишенную С-концевого остатка лизина, представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 265):

VQQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV
 IHPSDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY MELSSLRSED TAVYYCAREH
 YGTS PFAYWG QGTLVTVSSA STKGPSVFPL APSSKSTSGG TAALGCLVKD
 YFPEPVTVSW NSGALTSGVH TFFAVLQSSG LYSLSSVVTV PSSSLGTQTY
 ICNVNHKPSN TKVDKRVEPK SCDKTHTCPP CPAPEAAGGP SVFLFPPKPK
 DTLMISRTPE VTCVVVDVSH EDPEVKFNWY VDGVEVHNAK TKPREEQYNS
 TYRVVSVLTV LHQDWLNGKE YKCKVSNKAL PAPIEKTISK AKGQPREPQV
 YTLPPSREEM TKNQVSLTCL VKGFYPSDIA VEWESNGQPE NNYKTPPVV
 DSDGSFFLYS KLTVDKSRWQ QGNVFSCSV MHEALHNHYTQ KSLSLSPG

В SEQ ID NO: 265 остатки аминокислот 1-119 соответствуют домену VH из VH1 МАТ к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 147), остатки аминокислот 120-217 соответствуют домену CH1 IgG1 (SEQ ID NO: 10), остатки аминокислот 218-232 соответствуют шарнирной области IgG1 (SEQ ID NO: 32) и остатки аминокислот 233-448 соответствуют домену CH2-CH3 IgG1, содержащему замены L234A/L235A (выделены подчеркиванием) (SEQ ID NO: 5) и лишённому С-концевого остатка лизина.

Полноразмерные тяжелые цепи гуманизированного антитела IgG4 конструировали следующим образом: С-конец гуманизированного домена VH гибридизовали с N-концом константной области IgG4 человека, содержащей стабилизированную шарнирную область (содержащую замену S228P) и лишённую С-концевого остатка лизина (SEQ ID NO: 256):

ASTKGPSVFP LAPCSRSTSE STAALGCLVK DYFPEPVTVS WNSGALTSGV
 HTFFAVLQSS GLYSLSSVVT VPSSSLGTGT YTCNVDPKPS NTKVDRKVES
 KYGPPCPPCP APEFLGGPSV FLFPPKPKDT LMISRTPEVT CVVVDVSDQED
 PEVQFNWYVD GVEVHNAKTK PREEQFNSTY RVVSVLTVLH QDWLNGKEYK
 CKVSNKGLPS SIEKTISKAK GQPREPQVYT LPPSQEEMTK NQVSLTCLVK
 GFYPSDIAVE WESNGQPENN YKTPPVLDSD DGSFFLYSRL TVDKSRWQEG
 NVFSCSV MHEALHNHYTQKS LSLSLG

В SEQ ID NO: 256 остатки аминокислот 1-98 соответствуют домену CH1 IgG4 (SEQ ID NO: 254), остатки аминокислот 99-110 соответствуют стабилизированной шарнирной области IgG4, содержащей замены S228P (выделены подчеркиванием) (SEQ ID NO: 13), и остатки аминокислот 111-326 соответствуют домену CH2-CH3 IgG4 (SEQ ID NO: 4), лишённому С-концевого остатка лизина.

Аминокислотная последовательность тяжелой цепи примерного гуманизированного антитела ((МАТ к hPD-1 7 (1.2)), содержащего константную область тяжелой цепи IgG4, содержащую стабилизированную шарнирную область с мутацией S228P и лишённую С-концевого остатка лизина, представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 266):

VQQLVQSGAE VKKPGASVKV SCKASGYSFT SYWMNWVRQA PGQGLEWIGV
 IHPSDSETWL DQKFKDRVTI TVDKSTSTAY MELSSLRSED TAVYYCAREH
 YGTS PFAYWG QGTLVTVSSA STKGPSVFPL APCSRSTSES TAALGCLVKD
 YFPEPVTVSW NSGALTSGVH TFFAVLQSSG LYSLSSVVTV PSSSLGTQTY
 TCNVDPKPSN TKVDRVESK YGPPCPPCPA PEFLGGPSVF LFPPKPKDTL
 MISRTPEVTC VVVDVSDQEDP EVQFNWYVDG VEVHNAKTKP REEQFNSTYR
 VVSVLTVLHQ DWLNGKEYKC KVSNGKLPSS IEKTISKAKG QPREPQVYTL
 PPSQEEMTKN QVSLTCLVKG FYPSDIAVEW ESNQPEPENNY KTPPVLDSD
 GSFFLYSRLT VDKSRWQEGN VFSCSV MHEALHNHYTQKSL SLSLG

В SEQ ID NO: 266 остатки аминокислот 1-119 соответствуют домену VH из VH1 МАТ к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 147), остатки аминокислот 120-217 соответствуют домену CH1 IgG4 (SEQ ID NO: 254), остатки аминокислот 218-229 соответствуют стабилизированной шарнирной области IgG4, содержащей замены S228P (выделены подчеркиванием) (SEQ ID NO: 13), и остатки аминокислот 230-445 соответствуют домену CH2-CH3 IgG4 (SEQ ID NO: 4), лишённому С-концевого остатка лизина. Полноразмерные гуманизированные легкие цепи конструировали следующим образом: С-конец гуманизированного домена VL гибридизовали с N-концом легкой каппа-цепи человека (SEQ ID NO: 8). Аналогичную легкую цепь спаривали с тяжелыми цепями IgG1 (AA) и IgG4 (P).

Аминокислотная последовательность легкой цепи примерного гуманизированного антитела к PD-1 (МАТ к hPD-1 7 (1.2)), содержащего константную область каппа-цепи, представляет собой последовательность, приведенную ниже (SEQ ID NO: 264):

EIVLTQSPAT LSLSPGERAT LSCRASESVD NYGMSFMNWF QQKPGQPPKL
 LIHAASNQGS GVPSTRFSGSG SGTDFTLTIS SLEPEDFAVY FCQQSKEVPY
 TFGGGTKVEI KRTVAAPSVF IFPPSDEQLK SGTASVVCLL NNFYPREAKV
 QWKVDNALQS GNSQESVTEQ DSKDSTYLSL STLTLKADY EKHKVYACEV
 THQGLSSPVT KSFNRGEC

В SEQ ID NO: 264 остатки аминокислот 1-111 соответствуют домену VL VL2 МАТ к hPD-1 7 (SEQ ID NO: 153), и остатки аминокислот 112-218 соответствуют константной области легкой каппа-цепи (SEQ ID NO: 8).

Антитела к PD-1, содержащие альтернативные константные области, например модифицированные области Fc, могут быть легко получены путем включения различных константных областей и/или путем введения одной или более аминокислотных замен, добавлений или делеций. Например, если желательным является использование биспецифического антитела, то для облегчения гетеродимеризации используют несущие выступ и впадину домены СН2-СН3. Химерные антитела к PD-1, содержащие мышинные переменные домены и константные области человека, получали, как описано выше. Гуманизированные антитела (IgG1 (AA) и/или IgG4 (P)) испытывали для оценки активности связывания и блокирования, как описано выше. Связывание с PD-1 человека (shPD-1 His и shPD-1 hFc) и PD-1 яванских макак (shPD-L1 hFc) гуманизированных антител было сопоставимо со связыванием соответствующего мышинного антитела. Помимо этого гуманизированные антитела сохраняли способность блокировать связывание PD-L1 человека с PD-1 человека в исследовании методом ИФА. Кинетику связывания мышинных антител МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1, МАТ 15 к PD-1, гуманизированных антител МАТ к hPD-1 2, МАТ к hPD-1 7 (1.2), МАТ к hPD-1 9 (1.1), МАТ к hPD-1 15 и контрольных антител к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В исследовали с использованием анализа Вiasоге. Антитела к PD-1 захватывали на иммобилизованном белке А и инкубировали с His-меченым растворимым PD-1 человека (shPD-1 -His) или растворимым гибридным белком PD-1 Fc человека-яванских макак (scyno PD-1 hFc), расщепленным для удаления участка Fc, и кинетику связывания определяли с помощью анализа Вiasоге. В дополнительных исследованиях антитела к PD-1, МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 9 (1.1) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 9 (1.1) IgG4 (P), МАТ к PD-1 А IgG1 (AA), МАТ к PD-1 А IgG4 (P), МАТ к PD-1 В IgG1 (AA) и МАТ к PD-1 В IgG4 (P) захватывали на иммобилизованном козьем F(ab)2 к Fc человека и кинетику связывания определяли с помощью анализа Вiasоге, как описано выше. Рассчитанные значения k_a , k_d и K_D из данных исследований представлены в табл. 7.

Таблица 7

Захват белком А						
Антитело к PD-1	Человек ^а			Яванская макака ^б		
	k_a ($\times 10^4$)	k_d ($\times 10^{-4}$)	KD (нМ)	k_a ($\times 10^4$)	k_d ($\times 10^{-4}$)	KD (нМ)
МАТ к PD-1 А	60	18	3	14	9,6	6,9
МАТ к PD-1 В	140	35	2,5	37	12	3,2
МАТ 7 к PD-1	21	2,8	1,3	17	6	3,5
МАТ к чPD-1 7(1.2)	110	4,3	0,39	37	6,4	1,7
МАТ 9 к PD-1	4,3	4,2	9,8	2,2	16	72,7
МАТ к чPD-1 9(1.1)	1,8	6,5	36,1	1,5	11	73,3
МАТ 15 к PD-1	4,5	1,3	2,9	2,7	11	40,7
МАТ к чPD-1 15	2,4	3,2	13,3	2,3	18	78,3
МАТ 2 к PD-1	5,5	5,6	10,2	4,2	6,0	14,3
МАТ к чPD-1 2	3,2	1,6	5,0	2,3	3,9	17

Захват козьим фрагментом F(ab) ₂ к Fc человека						
МАТ к PD-1 А IgG1 (AA)	13	8,4	6,5	8,1	4,5	5,6
МАТ к PD-1 А IgG4 (P)	13	7,9	6,1	8,4	5,0	6,0
МАТ к PD-1 В IgG1 (AA)	25	28	11,2	20	6,4	3,2
МАТ к PD-1 В IgG4 (P)	26	25	9,6	20	7,9	4,0
МАТ к чPD- 1 7(1.2) IgG1 (AA)	25	3,8	1,5	16	7,8	4,9
МАТ к чPD- 1 7(1.2) IgG4 (P)	27	4,1	1,5	17	7,8	4,6
МАТ к чPD- 1 9(1.1) IgG1 (AA)	5,6	6,1	10,9	5,6	5,2	9,3
МАТ к чPD- 1 9(1.1) IgG4 (P)	6,1	5,8	9,5	4,9	7,4	15,1

^aМеченый полигистидиновой меткой растворимый PD-1 человека (shPD-1 His).

^bРасщепленный растворимый PD-1 яванских макак (scupo PD-1 hFc).

Результаты свидетельствуют о том, что МАТ 7 к PD-1 и гуманизированное МАТ к hPD-1 7 (1.2) демонстрируют лучшую кинетику связывания по сравнению с эталонными антителами к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В. Показатели кинетики связывания МАТ 2 к PD-1 и МАТ к hPD-1 2 приблизительно в два раза превышают аналогичные показатели для эталонных антител к PD-1, в то время как показатели кинетики связывания МАТ 9 к PD-1, МАТ к hPD-1 9 (1.1), МАТ 15 к PD-1 и МАТ к hPD-1 15 приблизительно в 2-6 раза превышают аналогичные показатели для эталонных антител к PD-1.

Была изучена тканевая специфичность антитела к PD-1 человека, МАТ к hPD-1 7. Нормальную ткань подвергали воздействию МАТ 7 к PD-1 или антитела для контроля изотипа (0,313 мкг/мл) и визуализировали степень окрашивания. Bloxall™ использовали для блокирования эндогенных ферментов, чтобы уменьшить неспецифичное окрашивание муцина в ткани толстой кишки. Как показано на фиг. 10А, панели i-xii, МАТ 7 к PD-1 и антитело для контроля изотипа не были способны пометить клетки нормальной толстой кишки, печени, легких, поджелудочной железы, почек и ткани сердца. Помимо этого МАТ 7 к PD-1 и антитело для контроля изотипа не были способны окрашивать нормальную кожу (фиг. 10В, панели i-ii). Напротив, было обнаружено, что МАТ 7 к PD-1 интенсивно окрашивает лимфоциты, присутствующие в нормальной ткани миндалин, и трансфецированные PDCD1 клетки линии NSO, экспрессирующие PD-1 (фиг. 10В, панели iii и v), в то время как антитело для контроля изотипа не было способно окрашивать клетки обоих указанных типов (фиг. 10В, панели iv и vi). Соответственно, результаты, представленные на фиг. 10А-10В, указывают на то, что МАТ 7 к PD-1 способен специфично связываться с лимфоцитами и клетками, экспрессирующими PD-1.

Исследовали профили насыщения связывания МАТ к hPD-1 2 IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 7(1.1) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG1, (AA), МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 15 IgG1 (AA) и эталонных антител к PD-1 МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В. В общих чертах, каждое из антител к PD-1, МАТ к PD-1 1-15 или эталонных антител к PD-1 (МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В) смешивали с клетками линии NSO, экспрессирующими PD-1 человека (~250000 клеток/лунку) в блокирующем буфере (FACS+10% сывороточного альбумина человека). Для проведения данных исследований антитела к PD-1 использовали в концентрации 50, 12,5, 3,13, 2,0×10⁻⁴, 4,9×10⁻², 1,2×10⁻², 3,0×10⁻³, 1,9×10⁻⁴, 7,6×10⁻⁴, 4,75×10⁻⁵ или 1,19×10⁻⁵ мкг/исследование (четырёхкратные последовательные разведения). Количество антитела, связанного с поверхностью клеток линии NSO, определяли с использованием конъюгированного с APC вторичного козьего антитела к Ig человека методом FACS. Типичные кривые насыщения представлены на фиг. 11. Определяли значения ЭК₅₀ и ЭК₉₀, и среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) четырех отдельных экспериментов приведены в табл. 8.

Таблица 8

	Насыщение связывания			
	ЭК ₅₀ (мкг/исследование)		ЭК ₉₀ (мкг/ исследование)	
Антитело к PD-1	SM	SD σ	SM	SD σ
МАТ к PD-1 А IgG1 (AA)	0,1991	0,1309	1,4528	0,8040
МАТ к PD-1 А IgG4 (P)	0,1581	0,1161	1,5464	1,7690
МАТ к PD-1 В IgG1 (AA)	0,1347	0,0681	1,3917	0,9573
МАТ к PD-1 В IgG4 (P)	0,1398	0,0951	1,1619	1,2681
МАТ к чPD-1 2 IgG1 (AA)	0,4431	0,1997	2,4374	1,2637
МАТ к чPD-1 7(1.1) IgG1 (AA)	0,1069	0,0500	0,9102	0,5476
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG1 (AA)	0,1872	0,1553	0,6810	0,3226
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	0,1376	0,0926	0,6609	0,3437
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG1 (AA)	0,3123	0,2291	1,6486	0,9117
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG4 (P)	0,5128	0,2228	3,0563	0,9437
МАТ к чPD-1 15 IgG1 (AA)	0,2927	0,1333	2,0640	0,6096

Исследования насыщения связывания демонстрируют, что гуманизированные варианты МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 имеют благоприятный профиль для связывания с поверхностным PD-1. В частности, гуманизированные МАТ 7 к PD-1 (МАТ к hPD-1 7 (1.1) и МАТ к hPD-1 7 (1.2), содержащие область Fc IgG1 (AA) или IgG4 (P), имеют самые низкие значения ЭК₉₀ из всех исследованных антител.

Чтобы дополнительно охарактеризовать гуманизированные антитела к PD-1, МАТ к hPD-1 2 IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 7(1.1) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG1, (AA), МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG4 (P) и МАТ к hPD-1 15 IgG1 (AA), исследовали их способность блокировать связывание PD-L1 человека (shPD-L1) и PD-L2 человека (shPD-L2) с PD-1, экспрессируемым на поверхности клеток линии NSO. Указанные количественные исследования выполняли, как описано выше. Типичные кривые ингибирования связывания sPD-L1 и sPD-L2 с PD-1, экспрессированным в клетках линии NSO, представлены на фиг. 12А и 12В, соответственно. Определяли значения ИК₅₀ и ЭК₉₀, и среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) трех отдельных экспериментов приведены в табл. 9.

Таблица 9

	sPD-L1				sPD-L2			
	ИК ₅₀ (мкг/исследование)		ИК ₉₀ (мкг/исследование)		ИК ₅₀ (мкг/исследование)		ИК ₉₀ (мкг/исследование)	
Антитело к PD-1	SM	SD σ	SM	SD σ	SM	SD σ	SM	SD σ
МАТ к PD-1 А IgG1 (AA)	0,0203	0,0089	0,2985	0,3279	0,0414	0,0124	0,1601	0,066
МАТ к PD-1 А	0,0156	0,0096	0,0776	0,0208	0,0280	0,0070	0,1594	0,1153

IgG4 (P)								
МАТ к PD-1 В IgG1 (AA)	0,0148	0,0008	0,1034	0,0100	0,0280	0,0059	0,1190	0,060
МАТ к PD-1 В IgG4 (P)	0,0143	0,0013	0,0798	0,0239	0,0280	0,0055	0,0924	0,0065
МАТ к чPD-1 2 IgG1 (AA)	0,0578	0,0124	0,2480	0,050	0,1294	0,0143	0,3813	0,0656
МАТ к чPD-1 7(1.1) IgG1 (AA)	0,0166	0,0032	0,0674	0,0041	0,0283	0,0147	0,0886	0,0166
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG1 (AA)	0,0118	0,0027	0,0678	0,0031	0,0212	0,0031	0,0672	0,0043
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	0,0103	0,0023	0,0520	0,0033	0,0213	0,0019	0,0616	0,0063
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG1 (AA)	0,0593	0,0036	0,3238	0,0508	0,4002	0,5000	0,4573	0,1805
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG4 (P)	0,0460	0,0118	0,2461	0,0513	0,1105	0,0146	0,2914	0,0526
МАТ к чPD-1 15 IgG1 (AA)	0,0440	0,0092	0,2068	0,035	0,0945	0,0022	0,3093	0,0588

Исследования ингибирования связывания лигандов демонстрируют, что гуманизированные варианты МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 способны ингибировать связывание sPD-L1 и sPD-L2 с PD-1 на поверхности клетки. В частности, гуманизированные МАТ 7 к PD-1 (МАТ к hPD-1 7 (1.1) и МАТ к hPD-1 7 (1.2)) имеют самые низкие значения ЭК₉₀ из всех исследованных антител.

Пример 3. Блокирование контрольной точки PD-1 /PD-L1 гуманизированными антителами к PD-1 человека

Способность МАТ к hPD-1 2 IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 7(1.1) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG1, (AA), МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG1 (AA), МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 15 IgG1 (AA) и эталонных антител к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В выступать антагонистами оси PD-1/PD-L1 (т.е. блокировать взаимодействие PD-1/PD-L1 и предотвращать подавление ответов Т-клеток), исследовали в количественном исследовании с использованием репортера люциферазы Jurkat-luc-NFAT/CHO-PD-L1. В общих чертах клетки линии CHO, экспрессирующие PD-L1 (CHO/PD-L1), высевали в плотности 40000/лунку в 100 мкл культуральной среды (RPMI+10% фетальной бычьей сыворотки (ФБС)+100 мкг/мл гигромицина В+100 мкг/мл G418) и инкубировали в течение ночи. На следующий день среды удаляли и в каждую лунку вносили клетки Jurkat MNFAT-luc2/PD-1 (Promega) в плотности 50000 клеток/лунку в 40 мкл буфера для анализа (RPMI+2% ФБС) и антитела к PD-1, МАТ к PD-1 1-15, или эталонные антитела к PD-1 (МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В) (0-25 мкг/мл, восемь последовательных разведений в 2,5 раза в буфере для анализа), инкубировали в течение 6 ч при 37°C с дополнительной инкубацией в течение 5-10 мин при температуре окружающей среды. Затем в каждую лунку добавляли по 80 мкл субстрата BioGlo (Promega) и планшет инкубировали еще в течение 5-10 мин при температуре окружающей среды, интенсивность люминесценции измеряли в считывателе для планшетов Victor. Типичные кривые насыщения представлены на фиг. 13. Определяли значения ЭК₅₀ и ЭК₉₀, и среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) четырех отдельных экспериментов приведены в табл. 10.

Таблица 10

Антитело к PD-1	Сигнал репортера			
	ЭК ₅₀ (мкг/исследование)		ЭК ₉₀ (мкг/исследование)	
	SM	SD σ	SM	SD σ
MAT к PD-1 A IgG1 (AA)	0,2549	0,0480	2,4474	1,2228
MAT к PD-1 A IgG4 (P)	0,2049	0,0719	2,5535	1,2139
MAT к PD-1 B IgG1 (AA)	0,2119	0,1781	2,2036	2,0118
MAT к PD-1 B IgG4 (P)	0,1142	0,0323	0,9418	0,2863
MAT к чPD-1 2 IgG1 (AA)	0,3539	0,0983	3,8975	2,0054
MAT к чPD-1 7(1.1) IgG1 (AA)	0,1080	0,0386	1,1992	0,5103
MAT к чPD-1 7(1.2) IgG1 (AA)	0,0944	0,0153	0,6452	0,2615
MAT к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	0,0965	0,0169	0,6885	0,01858
MAT к чPD-1 9 IgG1 (AA)	0,2835	0,0530	2,9968	0,8866
MAT к чPD-1 9 IgG4 (P)	0,3154	0,0872	5,0940	4,0496
MAT к чPD-1 15 IgG1 (AA)	0,2585	0,0592	3,3138	1,0532

Исследования интенсивности сигналов репортера демонстрируют, что гуманизированные варианты MAT 2 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 9 к PD-1 и MAT 15 к PD-1 могут блокировать ось PD-1 /PD-L1 и будут предотвращать подавление ответов Т-клеток. В частности, гуманизированное MAT 7 к PD-1 (MAT к hPD-1 7 (1.1) и MAT к hPD-1 7 (1.2), содержащее область Fc IgG1 (AA) или IgG4 (P), имеет самые низкие значения ЭК₅₀/ЭК₉₀.

Пример 4. Функциональная активность антител к PD-1 человека

Энтеротоксин типа B *Staphylococcus aureus* (SEB) представляет собой микробный суперантиген, способный активировать значительную долю Т-клеток (5-30%) у SEB-чувствительных доноров. SEB связывается с ГКГС II вне борозды связывания пептидов и, следовательно, зависит от ГКГС II, но неограничен и опосредован TCR. SEB-стимуляция Т-клеток приводит к пролиферации олигоклональных Т-клеток и выработке цитокинов (хотя может наблюдаться изменчивость ответов доноров, и некоторые доноры не будут отвечать на SEB). В течение 48 ч SEB-стимуляция МКПК активируют PD-1 и LAG-3 с последующим усилением, которое наблюдается на 5-й день после высадки вторичной культуры в 96-луночный планшет с SEB-стимуляцией. Активация белков контрольной точки иммунного ответа PD-1 и LAG-3 после SEB-стимуляции МКПК ограничивает выделение цитокинов при повторной стимуляции. Была исследована способность антител к PD-1 по отдельности и в комбинации с антителами к LAG-3 усиливать высвобождение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки. В общих чертах, МКПК очищали из цельной крови, полученной от здоровых доноров, подписавших форму информированного согласия (Biological Specialty Corporation), с использованием способа центрифугирования в градиенте плотности Ficoll-Paque Plus (GE Healthcare) в соответствии с инструкциями изготовителя, и Т-клетки затем очищали, используя набор для выделения Т-клеток человека Dynabeads Untouched™ (Life Technologies) в соответствии с инструкциями производителя. Очищенные МКПК культивировали в средах RPMI+10% инактивированной нагреванием ФБС+1% пенициллина/стрептомицина в объемных колбах T-25 в течение 2-3 дней по отдельности или с SEB (Sigma-Aldrich) в концентрации 0,1 нг/мл (первичная стимуляция). В конце первого раунда SEB-стимуляции МКПК дважды промывали фосфатно-солевым буфером (ФСБ) и сразу же высевали в 96-луночные планшеты для культивирования ткани в концентрации $1-5 \times 10^5$ клеток/луноку только в среды, среды с контрольным антителом или антителом к PD-1, среды с SEB в концентрации 0,1 нг/мл (вторичная стимуляция) и без антител или среды с SEB и контрольным IgG или антителом к PD-1, с добавлением или без антитела к LAG-3, и культивировали в течение еще 2-3 дней. В конце второй стимуляции супернатанты собирали для измерения секреции цитокинов с использованием наборов для ИФА DuoSet для измерения ИФН- γ , ФНО- α , ИЛ-10 и ИЛ-4 человека (R&D Systems) в соответствии с инструкциями производителя.

Исследовали способность MAT 2 к PD-1, MAT 7 к PD-1, MAT 9 к PD-1 и MAT 15 к PD-1, по отдельности или в комбинации с уникальным MAT к LAG-3 1, усиливать высвобождение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки. Данные исследования также включали использование одного или более из следующих эталонных антител к PD-1 : MAT к PD-1 A; MAT к PD-1 B; и MAT к LAG-3 A, по отдельности или в комбинации. На фиг. 14 представлены профили секреции ИФН- γ из SEB-стимулированных (0,1 нг/мл) МКПК от типичного донора, имеющего надлежащий ответ (D: 38941), обработанных: контролем без антитела; антителом для контроля изотипа; MAT 7 к PD-1 и/или MAT к LAG-3 7; MAT 9 к PD-1 и/или MAT к LAG-3 1; MAT 15 к PD-1 и/или MAT к LAG-3 1; MAT 2 к PD-1 и/или MAT к LAG-3 1; или эталонными антителами к PD-1, MAT к PD-1 B и/или MAT к LAG-3 A (антитела использовали в концентрации 10 мкг/мл).

В дополнительных исследованиях оценивали способность гуманизированных вариантов МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 (содержащих Fc IgG1 (AA) человека или IgG4 (P) человека), а также эталонных антител к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В, усиливать высвобождение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки. Для проведения данных исследований антитела использовали в концентрации 0,625, 2,5 и 10 мкг/мл. На фиг. 15А-15В представлены профили секреции ИФН- γ (фиг. 15А) и ФНО- α ; (фиг. 15В) из SEB-стимулированных (0,2 нг/мл) МКПК от типичного донора, имеющего ответ (D: 57709), которые обрабатывали контролем без антитела или одним из следующих антител: антителом для контроля изотипа; МАТ к hPD-1 2 IgG1 (AA); МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG1 (AA); МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG4 (P); МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG1 (AA); МАТ к hPD-1 9(1.1) IgG4 (P); МАТ к hPD-1 15 IgG1 (AA); или эталонными антителами к PD-1, МАТ к PD-1 А IgG1 (AA), МАТ к PD-1 А IgG4 (P), МАТ к PD-1 В IgG1 (AA), МАТ к PD-1 В IgG4 (P). Общее количество ИФН- γ (пг/мл) в образцах, обработанных SEB+антителом, определяли для образцов, обработанных антителами к PD-1 в концентрации 0,625, 2,5 и 10 мкг/мл, и среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) для трех разных доноров, имеющих ответ (за исключением указанных случаев), приведены в табл. 11. Соотношение уровней ИФН- γ , секретируемого в образце, обработанном гуманизированными вариантами МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1 (содержащими Fc IgG1 (AA) человека или IgG4 (P) человека), по сравнению с уровнями, индуцированными контрольными антителами к PD-1, МАТ к PD-1 А и МАТ к PD-1 В (т.е. гуманизированным МАТ к PD-1/МАТ к PD-1 А и гуманизированным МАТ к PD-1/МАТ к PD-1 В), представлено в табл. 12 и 13 соответственно.

Таблица 11

Антитело к PD1 (мкг/мл)	Секреция ИФН- γ (пг/мл)					
	0,625 мкг/мл		2,5 мкг/мл		10 мкг/мл	
Антитело к PD1	SM	SD σ	SM	SD σ	SM	SD σ
МАТ к PD-1 А IgG1 (AA)	221,18	110,89	341,13	247,93	347,46	144,72
МАТ к PD-1 А IgG4 (P)	281,36	132,65	495,15	190,57	399,41	117,56
МАТ к PD-1 В IgG1 (AA)	366,69	196,64	387,682	215,51	387,32	282,81
МАТ к PD-1 В IgG4 (P)	348,40	185,96	433,382	163,23	551,68	125,08
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG1 (AA)	302,05	185,71	610,70	209,77	414,63	272,65
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	384,57 \ddagger	323,79 \ddagger	411,40	398,59	370,06	108,12
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG1 (AA)	340,81	207,76	442,598	303,70	655,29	567,91
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG4 (P)	309,82	130,30	468,62	350,15	424,35	288,95
МАТ к чPD-1 15 IgG1 (AA)	360,00	274,28	373,32	160,25	541,83	444,22
МАТ к чPD-1 2 IgG1 (AA)	275,88	135,23	372,73	53,53	496,70	235,37
Контрольный IgG	137,14	76,61	100,65	48,67	138,10	120,81
Антитело отсутствует	120,05	73,90	120,05	73,90	109,46	85,18

\ddagger Результаты, полученные у двух доноров, имевших ответ.

Таблица 12

Антитело к PD1 (мкг/мл)	Соотношение уровней секреции ИФН- γ (новое МАТ к PD-1/МАТ к PD-1 А)					
	0,625 мкг/мл		2,5 мкг/мл		10 мкг/мл	
Антитело к PD1	SM	SD σ	SM	SD σ	SM	SD σ
МАТ к PD-1 А IgG1 (AA)	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
МАТ к PD-1 А IgG4 (P)	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
МАТ к PD-1 В IgG1 (AA)	1,77	0,92	1,28	0,36	1,07	0,42
МАТ к PD-1 В IgG4 (P)	1,23	0,16	0,92	0,27	1,40	0,12
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG1	1,36	0,37	2,46	1,85	1,17	0,41

(AA)						
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	1,20‡	0,35‡	0,79	0,54	0,95	0,22
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG1 (AA)	1,48	0,19	1,46	0,71	1,70	0,84
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG4 (P)	1,13	0,13	0,91	0,42	1,02	0,46
МАТ к чPD-1 15 IgG1 (AA)	1,50	0,39	1,51	1,23	1,48	0,71
МАТ к чPD-1 2 IgG1 (AA)	1,32	0,53	1,48	0,86	1,42	0,12
Контрольный IgG	0,63	0,2	0,33	0,08	0,39	0,24
Антитело отсутствует	0,54	0,12	0,39	0,14	0,31	0,17

‡ Результаты, полученные у двух доноров, имевших ответ.

Таблица 13

Антитело к PD1 (мкг/мл)	Соотношение уровней секреции ИФН-γ (новое МАТ к PD-1/МАТ к PD-1 В)					
	0,625 мкг/мл		2,5 мкг/мл		10 мкг/мл	
Антитело к PD1	SM	SD σ	SM	SD σ	SM	SD σ
МАТ к PD-1 А IgG1 (AA)	0,37	0,37	0,82	0,20	1,06	0,48
МАТ к PD-1 А IgG4 (P)	0,82	0,12	1,16	0,38	0,72	0,07
МАТ к PD-1 В IgG1 (AA)	1,0	0,00	1,0	0,00	1,0	0,00
МАТ к PD-1 В IgG4 (P)	1,0	0,00	1,0	0,00	1,0	0,00
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG1 (AA)	0,84	0,22	1,77	0,81	1,11	0,07
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	0,91‡	0,26‡	0,83	0,50	0,68	0,17
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG1 (AA)	1,04	0,59	1,12	0,29	1,60	0,42
МАТ к чPD-1 9(1.1) IgG4 (P)	0,92	0,09	0,99	0,36	0,75	0,39
МАТ к чPD-1 15 IgG1 (AA)	1,01	0,48	1,07	0,57	1,34	0,15
МАТ к чPD-1 2 IgG1 (AA)	0,78	0,12	1,10	0,38	1,46	0,53
Контрольный IgG	0,39	0,08	0,27	0,08	0,34	0,13
Антитело отсутствует	0,34	0,11	0,31	0,03	0,28	0,08

‡ Результаты, полученные у двух доноров, имевших ответ.

Результаты данных исследований демонстрируют, что антитела к PD-1, МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 и МАТ 15 к PD-1, резко усиливали выработку ИФН-γ (фиг. 14 и 15А и табл. 11-13) и ФНО-α (фиг. 15В) из SEB-стимулированных МКПК при повторной стимуляции. Помимо этого комбинация антител к PD-1 с антителами к LAG-3 приводила к дополнительному усилению высвобождения цитокинов (фиг. 14) из SEB-стимулированных МКПК при повторной стимуляции. В частности, комбинация МАТ 2 к PD-1, МАТ 7 к PD-1, МАТ 9 к PD-1 или МАТ 15 к PD-1 с уникальным антителом к LAG-3, МАТ к LAG-3 1 обеспечила наибольшее усиление.

Пример 5. Исследования связывания биспецифических молекул PD-1×LAG-3

Получали ряд биспецифических молекул PD-1×LAG-3, включая диатела, содержащие области Fc, содержащие три, четыре и пять цепей и биспецифическое антитело. Получали четыре диатела, содержащих четыре цепи и содержащих домены, способствующие образованию гетеродимера, с Е/К-спиралью, и обозначали "DART А", "DART В", "DART С" и "DART I". Получали четыре диатела, содержащих четыре цепи и содержащих домены CH1/CL, и обозначали "DART D", "DART E", "DART J" и "DART 1". Получали два диатела, содержащих пять цепей и содержащих домены, способствующие образованию гетеродимера, с Е/К-спиралью, и домены CH1/CL, и обозначали "DART F" и "DART G". Получали одно антитело, имеющее три цепи и содержащее Е/К-спираль, и обозначали "DART H". Получали одно биспецифическое антитело, содержащее четыре цепи, и обозначали "BSAB А". Структура и аминокислотные последовательности указанных биспецифических молекул PD-1×LAG-3 приведены выше и обобщены в табл. 14 ниже.

Таблица 14

Название	Исходное МАТ	Fc [‡]	Цепи	SEQ ID NO:	Другие компоненты
DART A	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.4)	IgG4 (YTE)	4	267 (X ₁ =A; X ₂ =Y; X ₃ =T; X ₄ =E) и 268	Е/К-спирали; см. Фигуру 3В
DART B	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.3)	IgG4 (YTE)	4	267 (X ₁ =G; X ₂ =Y; X ₃ =T; X ₄ =E) и 268	Е/К-спирали; см. Фигуру 3В
DART C	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.3)	IgG4	4	267 (X ₁ =G; X ₂ =M; X ₃ =S; X ₄ =T) и 268	Е/К-спирали; см. Фигуру 3В
DART D	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.4)	IgG4 (YTE)	4	269 и 270	CL/CH1; см. Фигуру 3С
DART E	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.4)	IgG4 (YTE)	4	271 и 272	CL/CH1; см. Фигуру 3С
DART F	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.4)	IgG1 (AA/ YTE)	5	273, 274, 275 и 276	CL/CH1 и Е/К- спирали; см. Фигуру 5
DART G	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.4)	IgG1 (AA/ YTE)	5	277, 278, 279 и 280	CL/CH1 и Е/К- спирали; см. Фигуру 5
DART H	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.4)	IgG1 (AA)	3	281, 282 и 283	Е/К-спирали; см. Фигуру 4А
DART I	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 6(1.1)	IgG4 (YTE)	4	290 и 291	Е/К-спирали; см. Фигуру 3В
DART J	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 6(1.1)	IgG4 (YTE)	4	292 и 293	CL/CH1; см. Фигуру 3С
DART 1	МАТ к PD-1 А МАТ к LAG-3 А	IgG1 (AA)	4	284 и 285	CL/CH1; см. Фигуру 3С
BSAB A	МАТ к чPD-1 7(1.2) МАТ к чLAG-3 1(1.4)	IgG1 (AA)	4	286, 287, 288 и 289	МАТ, содержащее область Fc с модифицированн ым зарядом

‡Молекулы, содержащие области Fc IgG4, также содержат стабилизированную шарнирную область IgG4.

Дополнительные биспецифические молекулы PD-1×LAG-3, содержащие альтернативные сайты связывания эпитопов PD-1 и/или LAG-3, могут быть легко получены путем включения различных доменов VH и VL. Аналогичным образом, молекулы, связывающие антиген, отличный от LAG-3, могут быть получены путем включения VH и VL, имеющих желательную специфичность.

Профили насыщения связывания конструкций биспецифических диател PD-1×LAG-3:DART A, DART B, DART D, DART E, DART F, DART G, DART H, DART I и DART 1; антител к PD-1:МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG1 (AA), МАТ к PD-1 А IgG1 (AA) и МАТ к PD-1 А IgG4 (P); и антител к LAG-3:МАТ к hLAG-3 1(1.4) IgG4 (P), МАТ к LAG-3 А IgG4 (P), МАТ к hLAG-3 1(1.4) IgG1 (AA) и МАТ к LAG-3 А IgG1 (AA) исследовали по существу, как описано выше. Конструкции биспецифических антител PD-1×LAG-3 исследовали для оценки связывания с PD-1 и LAG-3, тогда как антитела к PD-1 и антитела к LAG-3 исследовали только для оценки связывания с их соответствующими антигенами. Для проведения данных исследований использовали клетки линии NSO, экспрессирующие PD-1 или LAG-3. Использовали диатела и антитела (170,0-0,013 мкМ или 85,0-0,0021 мкМ (четырёхкратные последовательные разведения). Значения ЭК₅₀ и ЭК₉₀ определяли и представляли в табл. 15-16. Пред-

ставлено среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) для тех случаев, когда проводили два или более отдельных экспериментов.

Таблица 15

Молекула	Насыщение связывания PD-1			
	ЭК ₅₀ (мкМ)		ЭК ₉₀ (мкМ)	
	SM	SD σ	SM	SD σ
DART A	1,9297	0,4324	9,6027	0,4801
DART B	1,7640 [§]		12,2700 [§]	
DART D	2,2267	0,4140	10,9313	2,6351
DART E	3,2180	0,5742	23,840	3,2385
DART F	1,4320 [§]		14,5800 [§]	
DART G	1,1488	0,6227	3,4220	2,4600
DART H	4,5310 [§]		22,6600 [§]	
DART I	1,3232	0,4890	7,8135	4,0821
DART I	2,1329	1,4850	13,8113	9,0256
MAT к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	1,2083	0,8112	3,9340	1,8746
MAT к PD-1 A IgG4 (P)	2,3470	1,2362	22,7770	15,0690
MAT к чPD-1 7(1.2) IgG1 (AA)	1,0879	0,3958	7,4153	3,0794
MAT к PD-1 A IgG1 (AA)	1,6733	0,5464	9,9543	6,6569

[§]Результаты, полученные в одном эксперименте.

Таблица 16

Молекула	Насыщение связывания LAG-3			
	ЭК ₅₀ (мкМ)		ЭК ₉₀ (мкМ)	
	SM	SD σ	SM	SD σ
DART A	0,8402	0,2231	4,4448	2,4770
DART B	1,0750 [§]		9,8580 [§]	
DART D	0,8985	0,5326	5,7967	4,7329
DART E	0,9250	0,8075	5,6450	5,6809
DART F	5,0090	0,5770	19,3350	4,7447
DART G	0,9396	0,3045	8,5507	4,7448
DART H	2,3840 [§]		9,7810	4,2412
DART I	0,5321	0,0547	4,198	3,2188
DART I	20,0233	2,1454	115,97	15,2425
MAT к чLAG-3 1(1.4) IgG4 (P)	1,0057	0,1969	5,1360	4,7904
MAT к LAG-3 A IgG4 (P)	0,5968	0,1376	2,0833	0,3244
MAT к чLAG-3 1(1.4) IgG1 (AA)	0,6069	0,3430	3,6373	2,4762
MAT к LAG-3 A IgG1 (AA)	0,4523	0,1660	2,0187	0,7035

[§]Результаты, полученные в одном эксперименте.

Исследования насыщения связывания демонстрируют, что конструкции биспецифических антител PD-1×LAG-3 сохраняют связывание с PD-1 и имеют профили связывания, которые сходны с профилями связывания антител к PD-1. Аналогичным образом, конструкции биспецифических антител PD-1×LAG-3 сохраняют связывание с LAG-3 и, за исключением DART 1, имеют профили связывания, которые сходны с профилями связывания исходных антител к LAG-3.

Пример 6. Исследования ингибиторной способности биспецифических молекул PD-1×LAG-3

Способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3: DART A, DART B, DART D, DART E, DART F, DART G, DART H, DART I, DART I и B SAB A; и антител к PD-1: MAT к hPD-1 7(1.2) IgG4 (P), MAT к hPD-1 7(1.2) IgG1 (AA), MAT к PD-1 A IgG1 (AA) и MAT к PD-1 A IgG4 (P) блокировать связывание PD-L1 человека (shPD-L1) и PD-L2 человека (SHPD-L2) с PD-1, экспрессируемым на поверхности клеток линии NSO, исследовали по существу, как описано выше. Диатела и антитела использовали в концентрации 33,75-0,002 мкМ или 107,5-0,0001 мкМ (четырёхкратные последовательные разведения).

Значения ИК₅₀ и ИК₉₀ определяли и представляли в табл. 17. Среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) представляли для тех случаев, когда проводили 2 или более отдельных экспериментов.

Таблица 17

Молекула	Блокирование связывания sPD-L1/PD-1				Блокирование связывания sPD-L2/PD-1			
	ИК ₅₀ (мкМ)		ИК ₉₀ (мкМ)		ИК ₅₀ (мкМ)		ИК ₉₀ (мкМ)	
	SM	SD σ	SM	SD σ	SM	SD σ	SM	SD σ
DART A	0,9645	0,1485	5,6312	1,5247	1,6273	0,4285	6,9335	3,9849
DART B	1,1515	0,0007	4,8615	0,2199	2,1150	0,3154	7,9550	0,0933
DART D	1,5548	0,1692	7,8950	2,5135	3,1255	0,5869	9,2973	5,5426
DART E	1,6533	0,3307	7,8470	1,1642	2,9460	0,7736	6,6135	0,0177
DART F	0,5697	0,1729	2,0360	0,1174	0,8389	0,0846	1,7995	0,2171
DART G	1,6013	0,3581	8,1953	1,5708	2,5540	0,7891	7,4810	0,2333
DART H	3,3950	0,1018	18,640	9,5742	6,2065	3,6847	29,395	3,8679
DART I	0,8363	0,1302	5,3115	0,3125	1,286	0,3125	6,2485	1,3951
DART 1	1,7467	0,3097	5,4533	1,0214	2,8355	1,8250	7,2735	3,9831
BSAB A	2,1590	0,3097	11,075	0,8132	4,8775	0,5438	15,580	1,3294
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	0,5186	0,1668	3,8050	1,2227	1,0425	0,2563	3,4880	0,5459
МАТ к PD-1 A IgG4 (P)	0,9209	0,3256	4,3023	0,7069	1,3859	0,3882	5,1675	0,2943
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG1(AA)	0,7320	0,2337	3,2048	1,1479	0,9769	0,2893	2,8437	1,4801
МАТ к PD-1 A IgG1 (AA)	1,0765	0,2393	5,2775	0,9933	1,9510	0,8814	5,0880	1,3831

Исследования ингибирования связывания лиганда демонстрируют, что конструкции биспецифических антител PD-1×LAG-3 сохраняют способность ингибировать связывание sPD-L1 и sPD-L2 с PD-1 на поверхности клетки. Помимо этого исследовали способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3: DART A, DART B, DART D, DART E, DART F, DART G, DART H, DART I, DART 1 и B SAB A и антител к LAG-3: МАТ к hLAG-3 1(1.4) IgG4 (P), МАТ к LAG-3 A IgG4 (P), МАТ к hLAG-3 1(1.4) IgG1 (AA) и МАТ к LAG-3 A IgG1 (AA) блокировать связывание LAG-3 человека с нативным ГКГС класса II на поверхности клеток Дауди. В общих чертах, каждую биспецифическую молекулу PD-1×LAG-3 и контрольное антитело к LAG-3 смешивали с биотинилированным растворимым гибридным белком LAG-3-Fc человека (shLAG-3) (в концентрации 0,5 мкг/мл) и отдельно инкубировали с ГКГС II-положительными клетками Дауди ($2,5 \times 10^6$ клеток). Количество LAG-3, связанного с поверхностью клеток Дауди, определяли с использованием ФЭ-конъюгированного вторичного антитела, связанного со стрептавидином, методом FACS. Диатела и антитела использовали в концентрации 27,5-0,026 мкМ (двукратные последовательные разведения) или 107,5-0,0001 мкМ (четырёхкратные последовательные разведения) или 35-0,002 мкМ (четырёхкратные последовательные разведения).

Значения ИК₅₀ и ИК₉₀ определяли и представляли в табл. 18. Среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) предоставляли в тех случаях, когда проводили 2 или более отдельных экспериментов.

Таблица 18

Молекула	Блокирование связывания shLAG-3/ГКГС класса II			
	ИК ₅₀ (мкМ)		ИК ₉₀ (мкМ)	
	SM	SD σ	SM	SD σ
DART A	1,3835	1,6465	8,396102	8,3962
DART B	0,4081	0,1104	3,0645	0,3924
DART D	1,1843	1,1398	8,0041	7,3317
DART E	3,2706	2,9177	28,9683	24,1694

DART F	1,5347	1,2674	10,3920	11,2555
DART G	2,0618	3,3552	11,4422	12,4964
DART H	2,8967	4,9817	17,2533	21,1420
DART I	0,4864	0,1549	2,339	1,1780
DART 1	15,9610	14,0883	87,1486	109,533
BSAB A	0,7101	0,0571	7,2470	1,0706
МАТ к чLAG-3 1(1.4) IgG4 (P)	0,4815	0,2176	3,4837	1,7564
МАТ к LAG-3 A IgG4 (P)	0,7011	0,1900	2,4232	0,3481
МАТ к чLAG-3 1(1.4) IgG1 (AA)	0,3637	0,1409	9,4422	7,9319
МАТ к LAG-3 A IgG1 (AA)	0,5923	0,3407	2,1451	1,1139

Исследования ингибирования связывания лигандов демонстрируют, что конструкции биспецифических антител PD-1×LAG-3 сохраняют способность ингибировать связывание гибридного белка shLAG-3-Fc с ГКГС класса II на поверхности клетки. За исключением DART 1 биспецифические молекулы PD-1×LAG-3 имеют аналогичные профили ингибирования, как и исходные антитела к LAG-3.

Пример 7. Блокирование молекул контрольной точки PD-1 /PD-L1 под действием биспецифических молекул PD-1×LAG-3

Способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3: DART A, DART B, DART D, DART E, DART F, DART G, DART H, DART I, DART 1 и BSAB A и антител к PD-1: МАТ к hPD-1 7(1.2) IgG4 (P), МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG1 (AA), МАТ к PD-1 A IgG1 (AA) и МАТ к PD-1 A IgG4 (P), выступать антагонистами оси PD-1 /PD-L1 (т.е. блокировать взаимодействие PD-1 /PD-L1 и предотвращать подавление ответов Т-клеток), оценивали в количественном исследовании с использованием репортера люциферазы Jurkat-luc2-NFAT/CHO-PD-L1 (с использованием клеток CHO/PD-L1 и клеток Jurkat MNFAT-luc2/PD-1), как описано выше. Диатела и антитела использовали в концентрации 100-0,0065 мкМ (четырёхкратные последовательные разведения) или 100-0,0013 мкМ (пятикратные последовательные разведения).

Значения ИК₅₀ и ИК₉₀ определяли и представляли в табл. 19. Среднее значение выборки (SM) и стандартное отклонение (SD, σ) представляли в тех случаях, когда проводили 2 или более отдельных экспериментов.

Таблица 19

Молекула	Сигнал репортера			
	ИК ₅₀ (мкМ)		ИК ₉₀ (мкМ)	
	SM	SD σ	SM	SD σ
DART A	0,8804	0,1949	7,9115	1,3232
DART B	1,079	0,1535	7,5413	3,1483
DART D	1,4044	0,2584	12,0786	3,6616
DART E	1,4060	0,1222	13,7867	1,4981
DART F	0,3404	0,0103	1,8710	0,481
DART G	0,6914	0,0206	4,2090	0,7331
DART H	36,6167	20,8078	968,300	811,8471
DART I	1,3335	0,3641	12,146	6,8787
DART 1	11,8807	3,4905	1048,2000	1508,9992
BSAB A	9,7825	1,0288	113,3350	22,2951
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG4 (P)	0,6460	0,3035	6,0736	2,5513
МАТ к PD-1 A IgG4 (P)	1,328	0,7439	16,5138	9,7149
МАТ к чPD-1 7(1.2) IgG1(AA)	0,5214	0,1541	4,7592	2,1044
МАТ к PD-1 A IgG1 (AA)	1,4514	1,0049	35,7382	40,9858

Исследования интенсивности сигнала репортера демонстрируют, что большинство конструкций биспецифических антител PD-1×LAG-3 сохраняют способность ингибировать связывание sPD-L1 с PD-1 на поверхности клетки. Конструкции четырехвалентных биспецифических диател PD-1×LAG-3, DART A, DART B, DART D, DART-E, DART F, DART G и DART I были самыми сильными ингибиторами в данном количественном исследовании. Аналогичные результаты были получены для нескольких из указанных биспецифических конструкций, рассмотренных в количественном исследовании связывания PD-

L2 с использованием репортера.

Пример 8. Функциональная активность биспецифических молекул PD-1×LAG-3

Способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3 усиливать выделение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки исследовали в SEB-стимулированных МКПК при повторной стимуляции, как описано выше, за исключением отмеченных случаев.

В начальных исследованиях оценивали способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3 : DART A, DART D, DART E, DART F, DART G, DART H; и антител к PD-1 и антител к LAG: MAT к PD-1 A IgG4 (P) и MAT к LAG-3 A IgG4 (P), по отдельности или в комбинации, усиливать высвобождение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки. В данных количественных исследованиях биспецифические молекулы и антитела PD-1×LAG-3 использовали в общей концентрации 3,125, 12,5 или 50 нМ, и МКПК стимулировали с использованием 0,2 нг/мл SEB (в предыдущих исследованиях использовали 0,1 нг/мл). Для проведения данных исследований при использовании комбинации антител концентрация каждого антитела составляла половину от общей концентрации (т.е., 1,563, 6,25 или 25 нМ). На фиг. 16А и 16В представлены профили секреции ИФН-γ из SEB-стимулированных МКПК двух типичных доноров, имевших ответ, D: 35644 и D: 59697 соответственно. Как уже отмечалось, не все доноры отвечали на SEB в концентрации 0,1 или 0,2 нг/мл. Для усиления SEB-стимуляции МКПК от большего количества доноров в дополнительных исследованиях SEB использовали в высокой концентрации 85 нг/мл или средней концентрации 0,5 нг/мл. При указанных концентрациях стимуляция SEB более устойчива у большего числа доноров, несмотря на то, что все еще может наблюдаться вариабельность ответов доноров.

В одном из указанных исследований оценивали способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3:DART A, DART B; антитела к PD-1:MAT к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P); антитела к LAG-3:MAT к LAG-3 1 (1.4) IgG4 (P) и комбинации: MAT к PD-1 A IgG4 (P) и MAT к LAG-3 A IgG4 (P), усиливать высвобождение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки. В указанных количественных исследованиях биспецифические молекулы и антитела PD-1×LAG-3 использовали в концентрации 0,019, 0,078, 0,3125, 1,25, 5 или 20 нМ и МКПК стимулировали с использованием 85 нг/мл SEB. Для проведения данного количественного исследования при использовании комбинации антител каждое антитело обеспечивали в указанной концентрации и, соответственно, общая концентрация антител в два раза выше концентрации, которую использовали для каждого антитела (т.е., 0,038, 0,156, 0,625, 2,5, 10 или 40 нМ). На фиг. 17А и 17В представлены профили секреции ИФН-γ из SEB-стимулированных МКПК от двух типичных доноров D: 55515 и D: 54024 соответственно. В другом исследовании оценивали способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3:DART A, DART B, DART C; антитела к PD-1:MAT к hPD-1 7(1.2) IgG4(P); антитела к LAG-3:MAT к LAG-3 1(1.4) IgG4(P) и комбинации MAT к PD-1 A IgG4 (P) и MAT к LAG-3 A IgG4 (P) усиливать высвобождение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки. В данных количественных исследованиях биспецифические молекулы и антитела PD-1×LAG-3 использовали в общей концентрации 0,048, 0,195, 0,78, 3,125, 12,5 или 50 нМ и МКПК стимулировали с использованием 0,5 нг/мл SEB. Для проведения данных исследований в тех случаях, когда использовали комбинацию антител, концентрация каждого антитела составляла половину общей концентрации (т.е., 0,024, 0,098, 0,39, 1,563, 6,25 или 25 нМ). На фиг. 18А и 18В представлены профили секреции ИФН-γ из SEB-стимулированных МКПК от двух типичных доноров D: 20990 и D: 54947 соответственно.

В дополнительном исследовании оценивали высвобождение цитокина ИЛ-2.

В частности, исследовали способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3 : DART D, DART H; антител к PD-1 : MAT к PD-1 A IgG4 (P), MAT к hPD-1 7(1.2) IgG4(P); антител к LAG-3 : MAT к LAG-3 A IgG4 (P) и MAT к LAG-3 1(1.4) IgG4(P); и комбинации: MAT к PD-1 A IgG4 (P) и MAT к LAG-3 A IgG4 (P), и MAT к hPD-1 7(1.2) IgG4(P) и MAT к LAG-3 1(1.4) IgG4(P) усиливать высвобождение ИЛ-2 посредством ингибирования контрольной точки. В данных количественных исследованиях биспецифические молекулы PD-1×LAG-3 и антитела использовали в общей концентрации 3,125, 12,5 или 50 нМ и МКПК стимулировали высокой концентрацией SEB 85 нг/мл. Для проведения данных исследований, в которых использовали комбинацию антител, концентрация каждого антитела составляла половину общей концентрации (т.е., 1,563, 6,25, или 25 нМ). На фиг. 19 представлен профиль секреции ИЛ-2 из SEB-стимулированных МКПК от типичного донора (D: 54024).

В дополнительных исследованиях оценивали способность биспецифических молекул PD-1×LAG-3:DART B и DART I; антител к PD-1:MAT к PD-1 A IgG4 (P), и MAT к hPD-1 7(1.2) IgG4(P); антител к LAG-3:MAT к LAG-3 A IgG4 (P), MAT к hLAG-3 1(1.4) IgG4(P) и MAT к hLAG-3 6(1.1) IgG4 (P) и комбинаций MAT к PD-1 A IgG4 (P) и MAT к LAG-3 A IgG4 (P), MAT к hPD-1 7(1.2) IgG4(P) и MAT к hLAG-3 1(1.4) IgG4(P), а также MAT к hPD-1 7(1.2) IgG4(P) и MAT к hLAG-3 6(1.1) IgG4 (P) усиливать высвобождение цитокинов посредством ингибирования контрольной точки. В данных исследованиях биспецифические молекулы и антитела PD-1×LAG-3 использовали в концентрации 0,0061, 0,024, 0,09, 0,39, 1,56, 6,25 или 25 нМ и МКПК стимулировали с использованием 0,5 нг/мл SEB. Для проведения данных исследований, в которых использовали комбинацию антител, каждое антитело обеспечивали в указанной концентрации и, соответственно, общая концентрация антител в два раза выше концентрации,

использованной для каждого антитела (т.е., 0,0122, 0,048, 0,18, 0,78, 3,12, 12,5 или 50 нМ).

На фиг. 20 представлены профили секреции ИФН- γ из SEB-стимулированных МКПК, полученных от типичного донора D: 56041.

Способность биспецифической молекулы PD-1 \times LAG-3 DART I; комбинации антитела к PD-1, МАТ к PD-1 А IgG4 и антитела к LAG-3, МАТ к LAG-3 А IgG4 (P); и антитела для отрицательного контроля усиливать ответы антигенспецифичных Т-клеток исследовали с использованием количественного исследования вторичного иммунного ответа на столбнячный анатоксин. В частности, ответ антигенспецифичной усиленной секреции цитокинов измеряли с использованием столбнячного анатоксина в качестве антигена для индукции вторичного иммунного ответа в системе для количественного исследования на основе совместной культуры. В общих чертах CD4 Т-клетки памяти ($0,5-1,0 \times 10^5$ клеток/лунку) выделяли с использованием наборов для выделения на основе отрицательной селекции (Miltenyi Biotec, Сан-Диего, Калифорния, и Invitrogen, Карлсбад, Калифорния, США) из периферической крови человека и культивировали в течение 5-7 дней с облученными моноцитами ($0,01-0,05 \times 10^5$ клеток/лунку, 3500 рад) от того же донора в присутствии или в отсутствие 5 мкг/мл антигена столбнячного анатоксина для индукции вторичного иммунного ответа (TTd) и разведений (начиная с 25 нМ) DART I, МАТ к PD-1 А IgG4+МАТ к LAG-3 А IgG4(P) или антитела для контроля изотипа. В параллельных планшетах пролиферацию измеряли путем встраивания третирированного тимидина и ИЛ-2 и ИФН- γ измеряли методом ИФА (R&D systems, Миннеаполис, Миннесота) на 5-7 день. На фиг. 21А-Д представлены профили секреции ИФН- γ (фиг. 21А, 21С) и ИЛ-2 (фиг. 21В, 21D) на 7 день для двух типичных доноров (D50702 и D54267).

Результаты проведенных исследований демонстрируют, что биспецифические молекулы PD-1 \times LAG-3 значительно усиливали выработку ИФН- γ (фиг. 16А-16В, 17А-17В, 18А-18В, 20) и ИЛ-2 (фиг. 19) из SEB-стимулированных МКПК при повторной стимуляции. В дополнение биспецифические молекулы PD-1 \times LAG-3 значительно усиливали выработку ИФН- γ (фиг. 21А и 21С) из CD4 Т-клеток памяти, стимулированных столбнячным анатоксином. В частности, четырехвалентные биспецифические молекулы PD-1 \times LAG-3 обеспечили более значительное усиление, чем комбинация антител к PD-1 и антител к LAG-3.

Пример 9. Фармакокинетика биспецифических молекул PD-1 \times LAG-3

Фармакокинетику типичной биспецифической молекулы PD-1 \times LAG-3, DART I и типичного антитела к PD-1, МАТ к PD-1 А исследовали у яванских макаков. В общих чертах двум яванским макакам (одному самцу и одной самке) вводили путем инфузии однократную дозу DART I (5 мг/кг) или МАТ к PD-1 А (10 мг/кг) и концентрацию молекул в сыворотке крови контролировали с течением времени, используя ИФА в формате "сэндвич". В общих чертах, 96-луночные планшеты для количественного исследования Maxi-Sorb™ покрывали растворимым PD-1 человека (shPD-1), блокировали бычьим сывороточным альбумином, промывали и инкубировали с калибровочными стандартами, стандартами для контроля качества и разбавленными образцами сыворотки. Количество захваченного DART I и МАТ к PD-1 А оценивали путем последовательного добавления вторичного козьего биотинилированного антитела к IgG Fc человека и конъюгата стрептавидин-пероксидаза хрена (СА-ПХ). Активность ПХ определяли с использованием субстрата ТМВ. Все образцы анализировали с помощью считывателя для микропланшетов (SpectraMax M2e, Molecular Device, Саннивейл, Калифорния, США) и сигналы OD, испускаемыми стандартами для калибровки использовали в четырехпараметрической логистической модели с использованием программного обеспечения SoftMax Pro (версия 5.4, Molecular Devices). Концентрации МАТ к PD-1 А или DART I определяли на основании интерполяции данных сигнала OD с помощью уравнения, описывающего стандартную кривую. По оценкам, нижний предел количественного определения (LLOQ) для данного исследования составил 9,775 нг/мл. На фиг. 22 представлена зависимость концентрации в сыворотке от времени, линии представляют среднее значение для самцов (заполненные символы) и самок (открытые символы) обезьян, которым путем инфузии вводили DART I (сплошная линия, треугольники) или МАТ к PD-1 А (пунктирная линия, круги). Полученные данные свидетельствуют о том, что фармакокинетика биспецифической молекулы PD-1 \times LAG-3 сравнима с фармакокинетикой антитела к PD-1 у яванских макаков.

Пример 10. Токсикологическое исследование антител к PD-1 и биспецифических молекул PD-1 \times LAG-3

Профиль безопасности типичного антитела к PD1, МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), и типичной биспецифической молекулы PD1 \times LAG-3, DART I, оценивали в исследовании по подбору дозы у яванских макаков, проведенном не в рамках НЛП (Надлежащая лабораторная практика).

В данном исследовании оценивали потенциальную токсичность и токсикокинетику антитела к PD-1 (МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)) при введении с использованием нескольких внутривенных инфузий. Помимо этого оценивали потенциальную токсичность и фармакокинетику молекулы DART PD-1 \times LAG-3 (DART I) при введении путем однократной внутривенной инфузии. Дизайн исследования представлен в табл. 20.

Таблица 20

№ группы	Исследуемый материал	Уровень дозы (мг/кг)	Дни дозирования	Объем дозы	Доза (мг/мл)	Кол-во животных	
						Самцы	Самки
1	Контроль	0	1, 8, 15	5	0	1 ^a	1 ^a
2A	МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)	1	1, 8, 15	5	0,2	1 ^a	1 ^a
2B	МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)	1	1, 8, 15	5	0,2	1 ^b	1 ^b
3A	МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)	100	1, 8, 15	5	20	1 ^a	1 ^a
3B	МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)	100	1, 8, 15	5	20	1 ^b	1 ^b
4	DART I	5	1	5	1	1 ^c	1 ^c

^aВ группах 1, 2A и 3A дозы вводили, начиная с 1 дня, и вскрытие проводили через 72 часа после введения последней (третьей) дозы на 18 день.

^bВ группах 2B и 3B дозы вводили, начиная с 1 дня, и вскрытие проводили через 7 дней после введения последней (третьей) дозы на 22 день.

^cВ группе 4 дозу вводили на 1 день и затем наблюдали за животными в течение 28 дней после введения однократной дозы (до 29 дня); животных затем возвращали в колонию.

В данном исследовании оценивали следующие параметры и конечные точки: клинические признаки, массу тела, потребление пищи, температуру тела, параметры клинической патологии (показатели гематологии, свертывания крови и клинической химии), биоаналитические и токсикокинетические параметры, уровни антител к лекарственному препарату, данные проточной цитометрии, уровни цитокинов, результаты макроскопического вскрытия, массу органов и результаты гистопатологических исследований.

Все животные выжили до запланированной эвтаназии на 18 или 22 день или выбыли из исследования на 29 день. Для МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) отсутствовали связанные с исследуемым изделием изменения клинических признаков, потребления пищи, массы тела, температуры тела, показателей гематологии, свертывания крови или клинической химии или результатов макроскопического вскрытия. На 18 и 22 дни у животных, получавших МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) в дозе 1 или 100 мг/кг, наблюдали увеличение массы селезенки и зависимую от дозы лимфогистиоцитарную инфильтрацию красной пульпы легкой и умеренной степени тяжести. По сравнению с окружающими лимфоцитами лимфогистиоцитарные клетки имели светлую цитоплазму и нерегулярные ядра. Редкие митотические фигуры были очевидны. На микроскопическом уровне инфильтрат коррелировал с увеличением массы селезенки.

Профили зависимости концентрации в сыворотке крови от времени для животных, получавших МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), проявляют профиль, ожидаемый для антитела у этого вида, за некоторыми исключениями. Наклон кривых после введения третьей дозы снижался более резко, чем после первой дозы для двух животных в группе дозы 1 мг/кг и у двух животных в группе дозы 100 мг/кг, что указывает на возможное появление антител к лекарственному препарату (ADA) на более поздних циклах. Анализ показал, что у 2/4 животных ADA развивались в группе 1 мг/кг, и у 1/4 животных ADA развивались в группе 100 мг/кг.

В заключение, следует отметить, что введение МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) путем внутривенной инфузии один раз в неделю в течение 3 недель (1, 8 и 15 дни) хорошо переносилось у яванских макак при уровнях дозы 1 и 100 мг/кг. Дозозависимый лимфогистиоцитарный клеточный инфильтрат красной пульпы селезенки легкой и умеренной степени тяжести присутствовал при введении доз 1 и 100 мг/кг МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4(P).

Для DART I отсутствовали изменения клинических признаков, потребления пищи, массы тела, температуры тела, показателей гематологии или параметров свертывания крови. Изменения, связанные с DART I, параметров клинической химии, включали незначительное, кратковременное повышение активности аспартатаминотрансферазы (АСТ) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) на 2 день. Среднее изменение активности АСТ было в 3,2 раза выше, чем активность у контрольных животных, получавших носитель, и в 7,8 раза выше уровней до начала исследования, при этом уровни были выше контрольного эта-

лонного диапазона. Среднее изменение активности ЛДГ было в 2,5 раза выше, чем активность у контрольных животных, получавших носитель, и в 6,9 раза выше уровней до начала исследования. Оба параметра вернулись к исходным уровням на 8 день. В заключение, следует отметить, что однократное введение DART-I путем внутривенной инфузии хорошо переносилось у яванских макак при уровне дозы 5 мг/кг.

Пример 11. Исследование фармакокинетики антител к PD-1 при введении однократной дозы

Исследование фармакокинетики (ФК) при введении однократной дозы с выбранными токсикологическими конечными точками проводили у яванских макак. В данном исследовании МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) сравнивали с двумя другими антителами к PD1 IgG4 (P): МАТ к PD-1 А IgG4 (P) и МАТ к PD-1 В IgG4 (P). Каждое антитело вводили двум обезьянам (1 самцу, 1 самке) в дозе 10 мг/кг путем внутривенной инфузии в течение 1 ч, и животные находились под наблюдением в течение 65 дней. Отсутствовали связанные с исследуемым изделием изменения клинических признаков, изменения массы тела, потребления пищи, высвобождения цитокинов или иммунофенотипирования, связанные с введением МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) или МАТ к PD-1 А IgG4 (P). Полученные данные были сходны с данными для МАТ к PD-1 В IgG4 (P), за исключением того, что при введении МАТ к PD-1 В IgG4 (P) наблюдали повышение уровней ИЛ-5.

Связывание антитела к PD-1 с PD-1 на поверхности Т-клеток определяли методом проточной цитометрии с использованием способа конкурентного связывания, в котором оценивали среднюю интенсивность флуоресценции (MFI) флуоресцентномеченого МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), связывающегося с Т-клетками в отсутствие (контроль, ФСБ) или в присутствии избытка конкурента (немеченого МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)), для образцов крови, собранных во всех временных точках у яванских макак, получавших МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), МАТ к PD-1 А IgG4 (P) или МАТ к PD-1 В IgG4 (P). Как показано на фиг. 23А-23С, МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) и МАТ к PD-1 В IgG4 (P) продемонстрировали длительное связывание с PD-1 на поверхности CD4⁺ и CD8⁺Т-клеток (связывание с PD-1 поддерживалось на уровне ≥80% в течение 28 дней или более) (фиг. 23А и 23С, соответственно) по сравнению с МАТ к PD-1 А IgG4 (P) (связывание с PD-1 поддерживалось на уровне >80% в течение 21 дня или менее) (фиг. 23В). Для каждого из антител к PD-1 данные по связыванию с PD-1 на Т-клетках коррелируют с их концентрацией в сыворотке крови.

Пример 12. Исследование токсичности при повторном введении

Для оценки безопасности токсикокинетического и фармакодинамического профиля терапевтических молекул согласно настоящему изобретению примерную молекулу (МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)) вводили яванским макакам и выполняли исследование по подбору дозы не в рамках НЛП. В данном исследовании четыре группы животных (по 10 на группу, 5 самцов и 5 самок) получали МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) или контрольный препарат один раз в неделю путем инфузии при 3 уровнях дозы. Животных оценивали для выявления любой потенциальной токсичности в течение 4-недельного периода дозирования лекарственного препарата и затем в течение дополнительного 10-недельного периода без введения лекарственного препарата. Экспериментальный дизайн данного исследования представлен в табл. 21. Животным вводили дозы один раз в неделю путем внутривенной инфузии в течение 1 ч с помощью откалиброванного инфузионного насоса на 1, 8, 15 и 22 день исследования. Одного самца и одну самку из каждой группы умерщвляли на 25 день, остальных животных умерщвляли на 95 день исследования. Оценивали влияние введения МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) на субпопуляции лейкоцитов в кровотоке, включая занятие рецепторов PD-1 на Т-лимфоцитах. Также определяли профили антител к лекарственному препарату (ADA).

Таблица 21

№ группы	Исследуемый материал ^a	Уровень дозы (мг/кг)	Объем дозы (мл/кг)	Доза (мг/мл)	Кол-во животных ^b			
					Основное исследование		Исследование восстановления	
					М	Ф	М	Ф
1	Контроль	0	5,88	0	3	3	2	2
2	МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)	10	5,88	1,7	3	3	2	2
3	МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)	40	5,88	6,8	3	3	2	2
4	МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P)	150	5,88	25,5	3	3	2	2

^aКонтроль и МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) вводили еженедельно путем внутривенной инфузии.

^bШесть обезьян (3 самца/3 самки) на группу вскрывали на 25 день и оставшихся обезьян в группе восстановления (2 самца/2 самки) вскрывали на 95 день.

Яванские макаки хорошо переносили еженедельные внутривенные (в/в) инфузии МАТ к hPD-1 7

(1.2) IgG4 (P) в дозах 0, 10, 40 и 150 мг/кг и все животные выжили до запланированной эвтаназии на 25 или 95 день. Не было обнаружено связанных с МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) изменений клинических признаков, потребления пищи, массы тела, показателей физических, офтальмологических и неврологических обследований, электрокардиологических параметров, температуры тела, частоты дыхания, артериального давления и пульса, параметров свертывания крови, клинической химии и анализа мочи, массы органов или результатов макроскопического вскрытия. Изменения гематологических параметров, связанные с МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), включали кратковременное снижение титров лимфоцитов. Титры лимфоцитов умеренно уменьшались по сравнению с исходными уровнями (1 день до введения дозы) на 2 день (23 ч после инфузии) у самцов и самок при дозе ≥ 10 мг/кг, статистически достоверно для самцов при дозе 10 и 40 мг/кг и у самок при дозе 40 и 150 мг/кг по сравнению с контролями. Титры лимфоцитов возвращались практически к исходным уровням на 8 день до начала дозирования, но умеренно снижались у некоторых самцов и самок при всех уровнях дозы (в 0,47-0,68 раза относительно исходных уровней) на 9 день (23 ч после инфузии). Титры лимфоцитов увеличивались до введения дозы на 15 и 22 день, но уменьшались у некоторых самцов и самок (в 0,36-0,54 раза относительно исходных уровней) на 16 и 23 день (23 ч после инфузии).

Дозозависимое кратковременное снижение популяций циркулирующих иммунных клеток, включая общую популяцию лейкоцитов, Т-клетки, В-клетки и NK-клетки, наблюдали через 23 ч после окончания инфузии у животных, получавших МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), по сравнению с контрольной группой. Наибольшую величину изменений наблюдали после введения первой дозы в 1 день; изменения меньшей величины кратковременно наблюдали после введения последующих доз на 8, 15 или 22 дни. Популяции иммунных клеток обычно восстанавливались до исходных значений или близких к исходным, к 72 ч после окончания инфузии и на протяжении фазы восстановления. У животных, получавших МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), не наблюдали изменений, касающихся циркулирующих моноцитов, по сравнению с контрольной группой.

Максимальное связывание МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) с PD-1⁺/CD4⁺ и PD-1⁺/CD8⁺ клетками наблюдали в течение фазы лечения МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) исследования при всех проверенных дозах (10, 40 или 150 мг/кг). Во время периода восстановления у животных, у которых не вырабатывались антитела к лекарственному препарату (ADA), концентрации МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) в сыворотке крови оставались выше 29 мкг/мл, и максимальное связывание PD-1⁺/CD4⁺ и PD-1⁺/CD8⁺ Т-клетками поддерживалось в течение всего 10-недельного периода восстановления. У указанных животных отсутствовали доказательства модуляции PD-1 на Т-клетках. Во время периода восстановления у животных, у которых развивались ADA-ответы, частота MGD012-связанных PD-1⁺ Т-клеток снижалась до исходного уровня. Снижение от максимального связывания МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) с PD-1⁺/CD4⁺ и PD-1⁺/CD8⁺ клетками ADA-положительных животных обычно имело место, когда кажущаяся концентрация МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) в сыворотке крови уменьшалась ниже приблизительно 25 мкг/мл. Однако неизвестно, относилось ли данное кажущееся пороговое соотношение к ADA-отрицательным животным, поскольку присутствие ADA у ADA-положительных животных может способствовать блокированию связывания антител к PD-1 с PD-1.

Различия фармакокинетических ответов МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), связанные с полом животных, были минимальными и линейными в пределах исследованного диапазона доз (10-150 мг/кг). Для МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) в дозе 10, 40 и 150 мг/кг комбинированное среднее значение C_{max} для обоих полов составило 240 мкг/мл (0,240 мг/мл), 1078 мкг/мл (1,08 мг/мл) и 3938 мкг/мл (3,94 мг/мл), и значения AUC составили 47310 ч·мкг/мл (47,3 ч·мкг/мл), 205723 ч·мкг/мл (206 ч·мкг/мл) и 745681 ч·мкг/мл (746 ч·мкг/мл), соответственно. Средний клиренс согласно результатам некомпартментного анализа (NCA) первого цикла МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) до появления ADA составил 0,21 мл/ч/кг, что значительно ниже, чем скорость клубочковой фильтрации яванских макаков, как и ожидалось для высокомолекулярного белка. Средний стационарный объем распределения согласно результатам NCA первого цикла МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) составил 68 мл/кг, что приблизительно в 1,5 раза больше объема сыворотки, но меньше, чем внеклеточное водное пространство. Это свидетельствует о том, что МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) вытекает из сосудов во внеклеточное пространство ткани, но не все внеклеточное пространство было доступно для указанной молекулы. Среднее значение среднего времени удержания (MRT) согласно результатам NCA первого цикла МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) составило 335 ч или приблизительно 14 дней. Появление ADA уменьшало концентрации МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) в циклах 2-4. Доказательства снижения концентраций МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) в сыворотке крови после введения повторных доз МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) наблюдали у 7/10, 4/10 и 3/10 животных в группах доз 10, 40 и 150 мг/кг соответственно. Присутствие ADA к МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) было подтверждено у 4, 2 и 1 из указанных животных в группах доз 10, 40 и 150 мг/кг соответственно; все животные, у которых ADA не были подтверждены, были в группе терминального вскрытия, в которой концентрации МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) в сыворотке крови, вероятно, препятствовали детектированию ADA. Соответственно, в последующих исследованиях токсикокинетики, если остаточная концентрация была ниже, чем предыдущая остаточная концентрация, данные, начиная с этого момента времени, подвергали пересмот-

ру. На основании результатов двухкомпарментного моделирования данных по всем циклам для 3 групп дозирования, за исключением временных точек, которые подверглись влиянию ADA, средние значения для первичных параметров ТК для двухкомпарментной модели составили 0,22 мл/ч/кг для клиренса, 38,5 мл/кг для первоначального объема распределения (V_1) и 33,8 мл/кг для V_2 , что дало средний равновесный объем распределения (V_{ss}) 72,3 мл/кг и MRT 329 ч. Полученные значения согласуются с параметрами, полученными из NCA первой дозы. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что, в отсутствие ADA, при еженедельном дозировании устойчивое состояние у яванских макак будет достигнуто после 5 дозы, и индекс накопления будет равен 2,4.

На 25 день минимальные мультифокальные периваскулярные инфильтраты мононуклеарных клеток, связанные с МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), присутствовали в поверхностных слоях дермы в сайте в/в инъекции у самцов при дозе ≥ 40 мг/кг и у самок при дозе ≥ 10 мг/кг и были ожидаемой реакцией на повторную инъекцию чужеродного белка (моноклонального антитела). На 95 день не было отмечено каких-либо микроскопических изменений, связанных с МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P), это указывает на восстановление изменения, связанного с исследуемым изделием, наблюдаемого на 25 день.

В заключение, следует отметить, что результаты данного исследования указывают на то, что введение МАТ к hPD-1 7 (1.2) IgG4 (P) путем внутривенной инфузии один раз в неделю (1, 8, 15 и 22 дни) клинически хорошо переносилось у яванских макак при уровнях дозы 10, 40 или 150 мг/кг. Наблюдаемые эффекты были ограничены кратковременным снижением количества циркулирующих лимфоцитов и минимальными изменениями в месте инъекции, связанными с инъекцией чужеродного белка. На основании этих результатов уровень без наблюдаемых побочных эффектов (NOAEL) считали равным 150 мг/кг (комбинированное среднее Cmax для обоих полов 3,94 мг/мл и AUC 746 ч·мг/мл).

Все публикации и патенты, упомянутые в данном описании, включены в настоящую заявку посредством ссылки в той же степени, как если бы каждая отдельная публикация или патентная заявка была конкретно и индивидуально указана для полного включения посредством ссылки. Несмотря на то, что настоящее изобретение было описано применительно к конкретными вариантами реализации, следует понимать, что оно может быть дополнительно модифицировано, и предусмотрено, что настоящая заявка включает любые варианты, способы применения или адаптированные варианты согласно настоящему изобретению, следуя в общем принципам настоящего изобретения и включая такие отклонения от настоящего изобретения, которые входят в известную или обычную практику в области, к которой относится настоящее изобретение, и которые могут быть применены к основным признакам, изложенным выше.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Моноспецифичное моноклональное антитело для связывания PD-1 человека, которое содержит вариабельный домен тяжелой цепи (H) и вариабельный домен легкой цепи (L), причем

указанный вариабельный домен тяжелой цепи содержит домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, и указанный вариабельный домен легкой цепи содержит домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, при этом:

(A) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 119, SEQ ID NO: 120 и SEQ ID NO: 121 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 124, SEQ ID NO: 125 и SEQ ID NO: 126; или

(B) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 144, SEQ ID NO: 145 и SEQ ID NO: 146; или

(C) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 157, SEQ ID NO: 145 и SEQ ID NO: 146; или

(D) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 157, SEQ ID NO: 158 и SEQ ID NO: 146.

2. Моноспецифичное моноклональное антитело для связывания PD-1 человека, характеризующееся тем, что указанное антитело представляет собой химерное антитело или гуманизированное антитело, которое содержит вариабельный домен тяжелой цепи и вариабельный домен легкой цепи, причем

указанный вариабельный домен тяжелой цепи содержит домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} и указанный вариабельный домен легкой цепи содержит домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, при этом:

(A) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные по-

следовательности SEQ ID NO: 119, SEQ ID NO: 120 и SEQ ID NO: 121 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 124, SEQ ID NO: 125 и SEQ ID NO: 126; или

(B) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 144, SEQ ID NO: 145 и SEQ ID NO: 146; или

(C) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 157, SEQ ID NO: 145 и SEQ ID NO: 146; или

(D) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 157, SEQ ID NO: 158 и SEQ ID NO: 146.

3. Моноспецифичное моноклональное антитело по п.1 или 2, характеризующееся тем, что указанное антитело содержит вариабельный домен тяжелой цепи, содержащий аминокислотную последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 147 или SEQ ID NO: 149.

4. Моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.1-3, характеризующееся тем, что указанное антитело содержит вариабельный домен легкой цепи, содержащий аминокислотную последовательность, приведенную в SEQ ID NO: 151, SEQ ID NO: 153 или SEQ ID NO: 155.

5. Моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.1-4, характеризующееся тем, что указанное антитело содержит область Fc.

6. Моноспецифичное моноклональное антитело по п.5, характеризующееся тем, что указанная область Fc относится к изотипу IgG1, IgG2, IgG3 или IgG4.

7. Моноспецифичное моноклональное антитело по п.6, характеризующееся тем, что указанное антитело дополнительно содержит шарнирный домен.

8. Моноспецифичное моноклональное антитело по п.7, характеризующееся тем, что указанная область Fc и указанный шарнирный домен принадлежат к изотипу IgG4 и при этом указанный шарнирный домен содержит стабилизирующую мутацию S228P.

9. Моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.5-7, характеризующееся тем, что указанное антитело содержит SEQ ID NO: 264 и 265.

10. Моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.5-7, характеризующееся тем, что указанное антитело содержит SEQ ID NO: 264 и 266.

11. Моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.1-9, характеризующееся тем, что указанная область Fc представляет собой вариант области Fc, который содержит одну или более модификаций аминокислот, которые снижают аффинность варианта области Fc в отношении FcγR, причем указанные модификации, которые снижают аффинность варианта области Fc в отношении FcγR, содержат замену L234A; L235A или L234A и L235A, при этом указанная нумерация соответствует индексу ЕС по Кабату.

12. Моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.1-8, характеризующееся тем, что указанная область Fc представляет собой вариант области Fc, который содержит одну или более модификаций аминокислот, которые увеличивают период полувыведения из сыворотки крови варианта области Fc; причем указанные модификации, которые увеличивают период полувыведения из сыворотки крови варианта области Fc, содержат замену M252Y; M252Y и S254T; M252Y и T256E; M252Y, S254T и T256E или K288D и H435K, при этом указанная нумерация соответствует индексу ЕС по Кабату.

13. Применение моноспецифического моноклонального антитела в способе детектирования PD-1, причем указанное моноспецифическое антитело содержит вариабельный домен тяжелой цепи и вариабельный домен легкой цепи, где

указанный вариабельный домен тяжелой цепи содержит домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3} и указанный вариабельный домен легкой цепи содержит домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, при этом:

(A) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 119, SEQ ID NO: 120 и SEQ ID NO: ID NO: 121 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 124, SEQ ID NO: 125 и SEQ ID NO: 126; или

(B) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 144, SEQ ID NO: 145 и SEQ ID NO: 146; или

(C) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные по-

следовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140 и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 157, SEQ ID NO: 145 и SEQ ID NO: 146; или

(D) (1) домен CDR_{H1}, домен CDR_{H2} и домен CDR_{H3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 139, SEQ ID NO: 140, и SEQ ID NO: 141 и

(2) домен CDR_{L1}, домен CDR_{L2} и домен CDR_{L3}, соответственно, содержат аминокислотные последовательности SEQ ID NO: 157, SEQ ID NO: 158 и SEQ ID NO: 146;

и при этом указанное антитело помечено детектируемой меткой.

14. Фармацевтическая композиция для блокирования взаимодействия PD-1 и PD-L1 у субъекта-человека, содержащая моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.1-13 и фармацевтически приемлемый носитель.

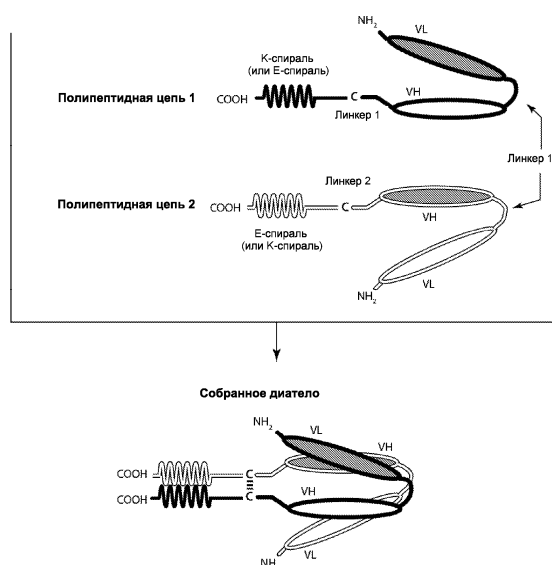
15. Композиция по п.14, характеризующаяся тем, что указанную композицию применяют для стимуляции опосредуемого Т-клетками иммунного ответа у субъекта, нуждающегося в этом.

16. Композиция по п.14, характеризующаяся тем, что указанную композицию применяют в лечении заболевания или состояния, связанного с подавленной иммунной системой.

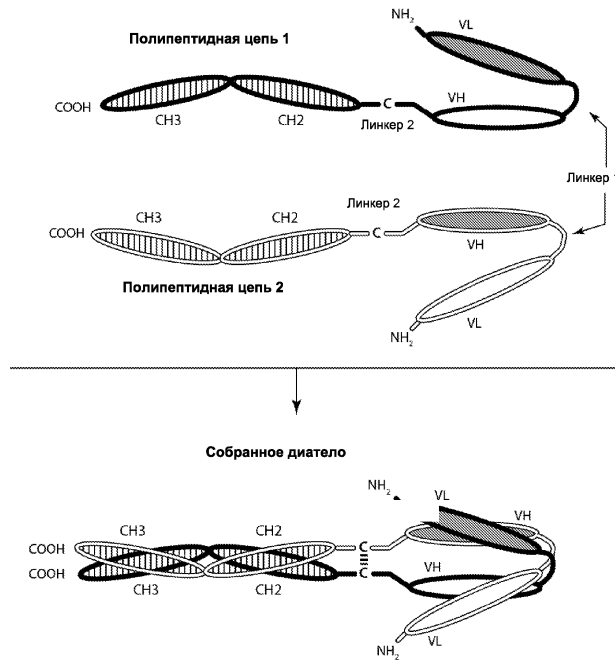
17. Композиция по п.16, характеризующаяся тем, что указанное заболевание или состояние представляет собой рак или инфекцию.

18. Композиция по п.17, характеризующаяся тем, что указанный рак характеризуется наличием раковой клетки, выбранной из группы, состоящей из клетки опухоли надпочечников, ассоциированного со СПИДом рака, альвеолярной саркомы мягких тканей, астроцитарной опухоли, рака мочевого пузыря, рака костей, рака головного и спинного мозга, метастатической опухоли головного мозга, рака молочной железы, опухолей сонной артерии, рака шейки матки, хондросаркомы, хордомы, хромофобной карциномы клеток почек, светлоклеточной карциномы, рака толстой кишки, колоректального рака, кожной доброкачественной фиброзной гистиоцитомы, десмопластической мелкокруглоклеточной опухоли, эпендимомы, опухоли Юинга, экстраклеточной миксоидной хондросаркомы, несовершенного костного фиброгенеза, фиброзной дисплазии кости, рака желчного пузыря или желчного протока, рака желудка, гестационного трофобластного заболевания, герминогенной опухоли, рака головы и шеи, гепатоцеллюлярной карциномы, опухоли островковых клеток, саркомы Капоши, рака почек, лейкоза, липомы/доброкачественной липоматозной опухоли, липосаркомы/злокачественной липоматозной опухоли, рака печени, лимфомы, рака легких, медуллобластомы, меланомы, менингиомы, множественной эндокринной неоплазии, множественной миеломы, миелодиспластического синдрома, нейробластомы, нейроэндокринных опухолей, рака яичников, рака поджелудочной железы, папиллярной карциномы щитовидной железы, опухоли паращитовидной железы, педиатрического рака, опухоли оболочек периферических нервов, феохромоцитомы, опухоли гипофиза, рака предстательной железы, постеральной увеальной меланомы, редкого гематологического расстройства, метастатического рака почек, рабдоидной опухоли, рабдомиосаркомы, саркомы, рака кожи, саркомы мягких тканей, плоскоклеточного рака, рака желудка, синовиальной саркомы, рака яичка, карциномы тимуса, тимомы, метастатического рака щитовидной железы и рака матки.

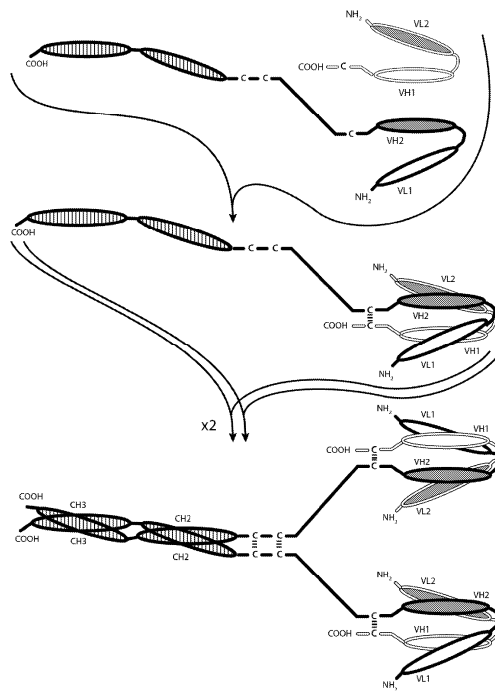
19. Вектор экспрессии, содержащий нуклеиновую кислоту, кодирующую моноспецифичное моноклональное антитело по любому из пп.1-13.



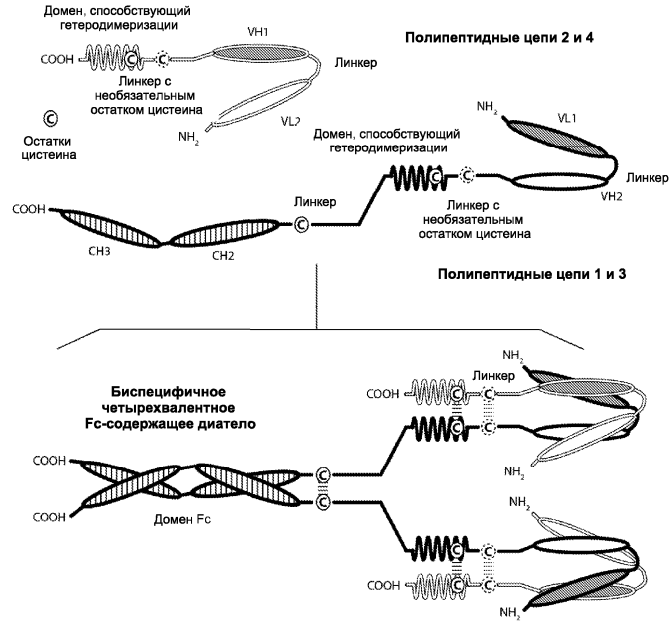
Фиг. 1



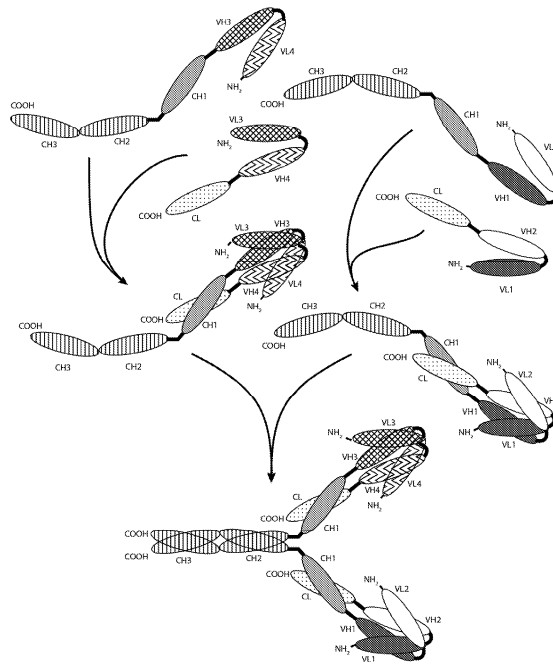
Фиг. 2



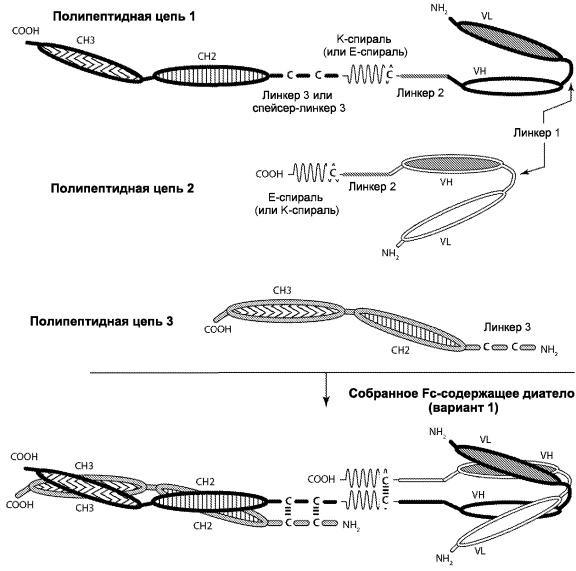
Фиг. 3А



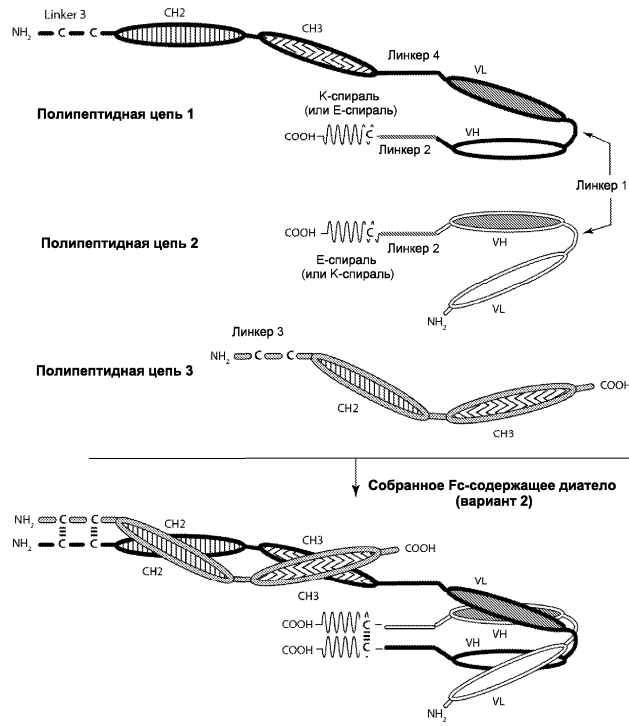
Фиг. 3В



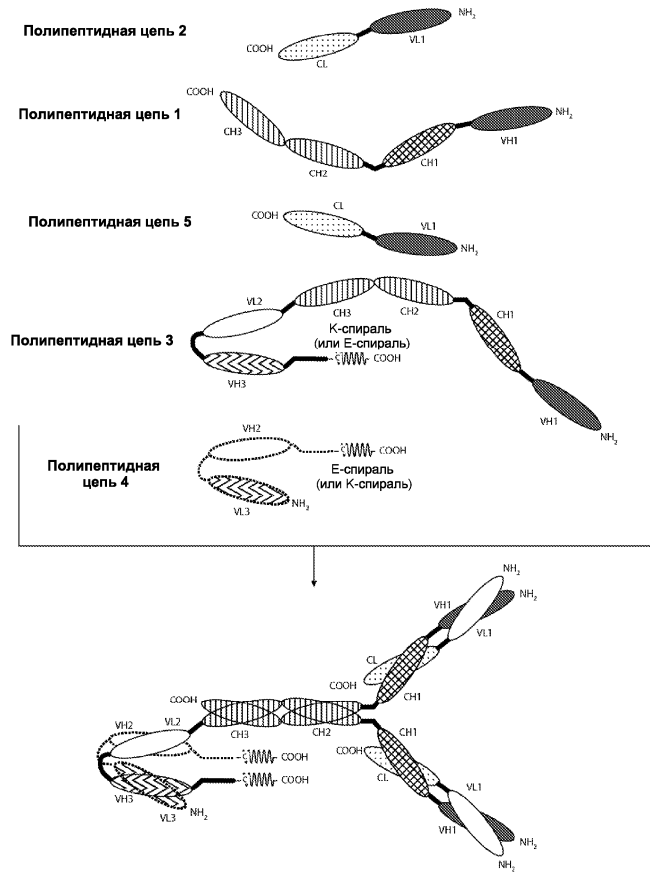
Фиг. 3С



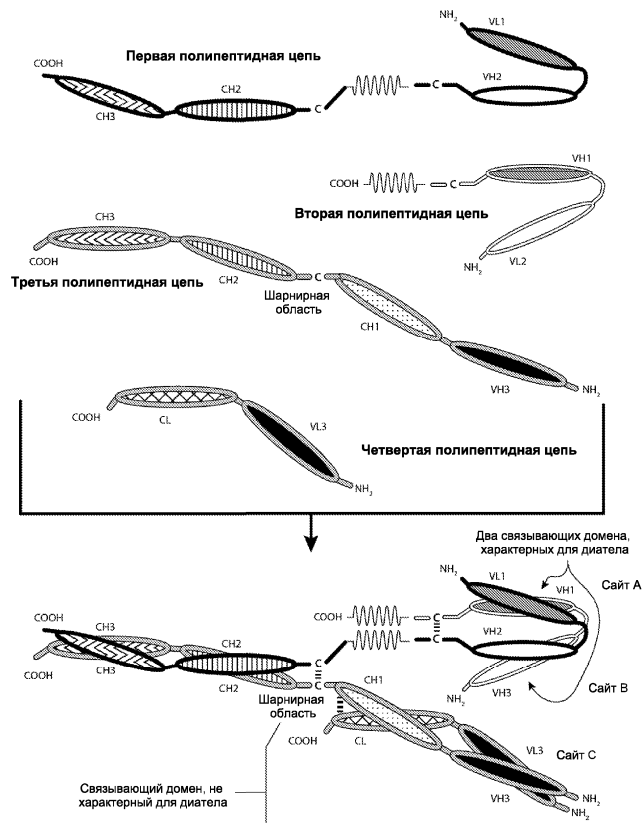
Фиг. 4А



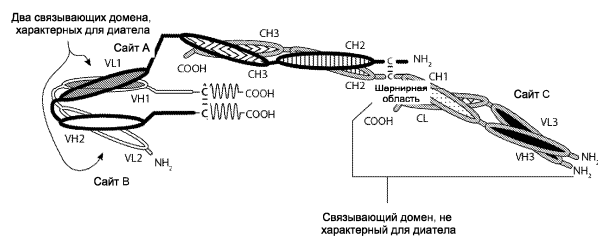
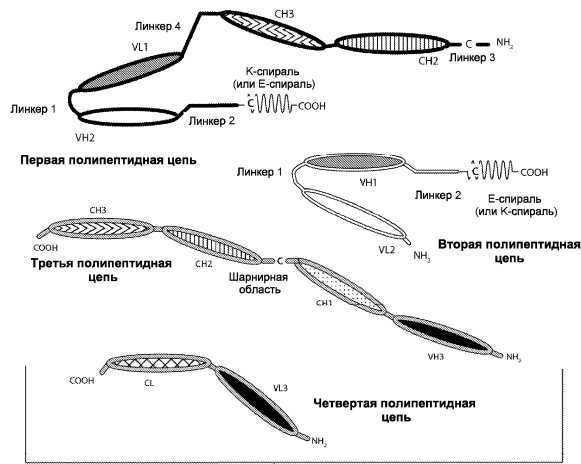
Фиг. 4В



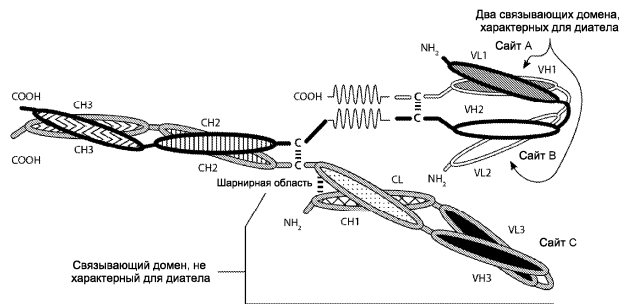
Фиг. 5



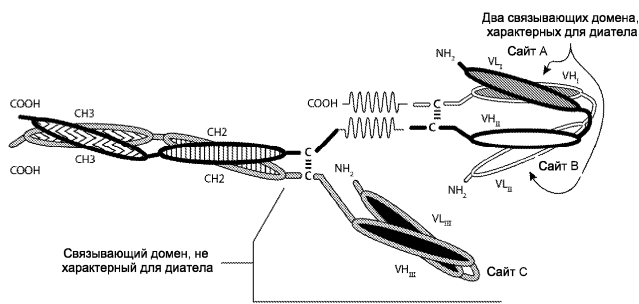
Фиг. 6А



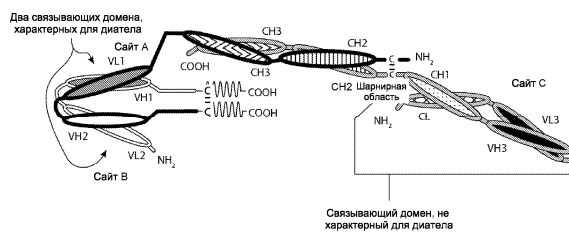
Фиг. 6В



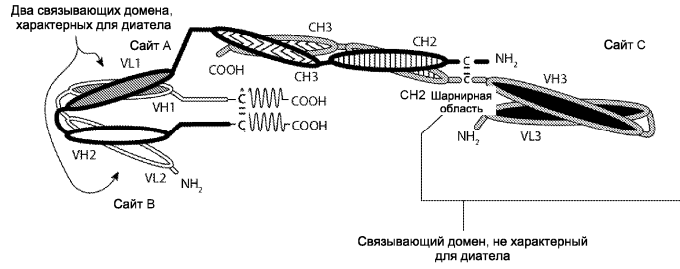
Фиг. 6С



Фиг. 6D

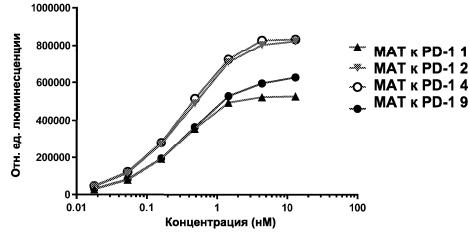


Фиг. 6E



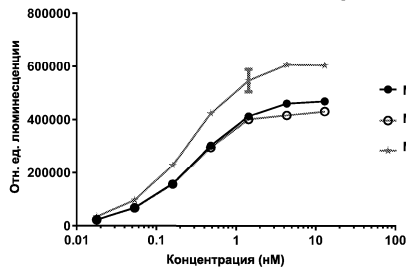
Фиг. 6F

Покрывали shPD-1 His (1 мкг/мл) и детектировали конъюгированное с ПХ козье антитело к IgG мыши H + L



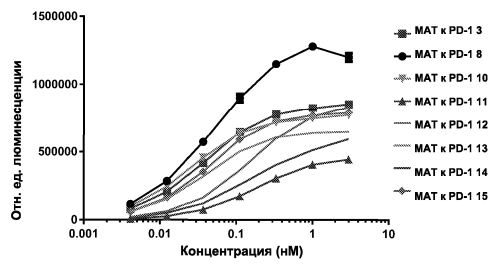
Фиг. 7A

Покрывали shPD-1 His (0,5 мкг/мл) и детектировали конъюгированное с ПХ козье антитело к IgG мыши H + L



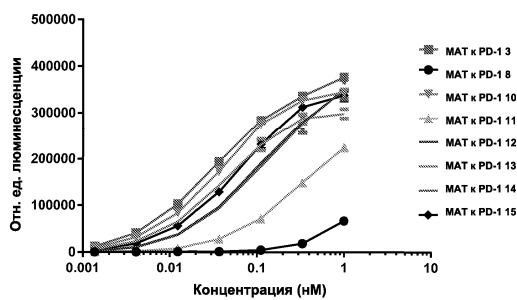
Фиг. 7B

Покрывали shPD-1 His (0,5 мкг/мл) и детектировали козье антитело к IgG мыши (H + L)



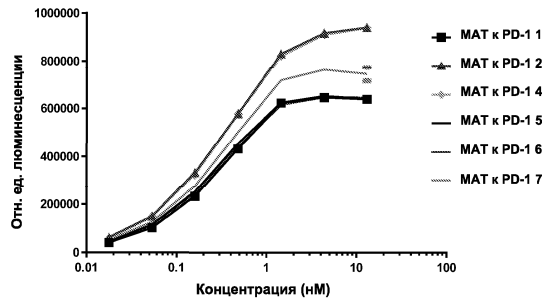
Фиг. 7C

Покрывали shPD-1 hFc (0,5 мкг/мл) и детектировали козье антитело к IgG мыши (H + L)



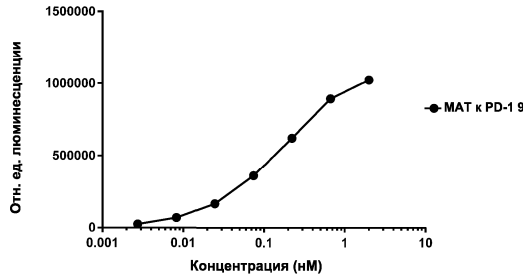
Фиг. 7D

Покрывали ссупо-PD-1-TEV-Fc (0,5 мкг/мл) и детектировали конъюгированное с ПХ козьё антитело к IgG мыши H + L



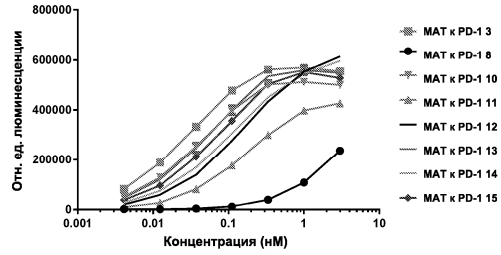
Фиг. 8А

Покрывали ссупо-PD-1-TEV-hFc (1 мкг/мл) и детектировали козьё антитело к IgG мыши H + L



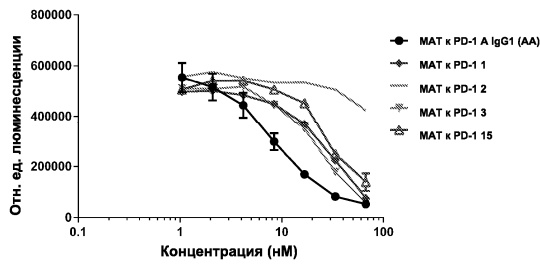
Фиг. 8В

Покрывали ссупо-PD-1-TEV-Fc (1 мкг/мл) и детектировали козьё антитело к IgG мыши (H + L)



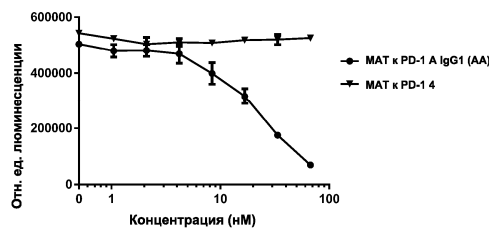
Фиг. 8С

Захватывали PD-L1 Fc-биотин (1 мкг/мл) и детектировали shPD-1-His



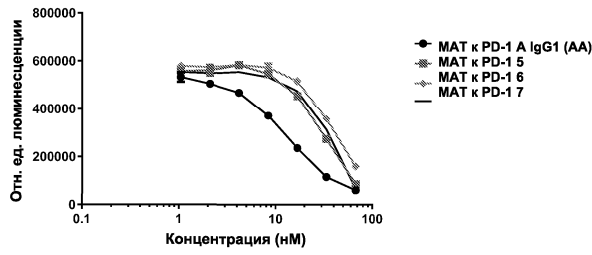
Фиг. 9А

Захватывали PD-L1 Fc-биотин (1 мкг/мл) и детектировали shPD-1-His



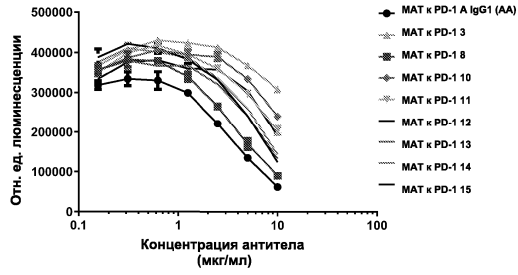
Фиг. 9В

Захватывали PD-L1 Fc-биотин (1 мкг/мл) и детектировали shPD-1-His



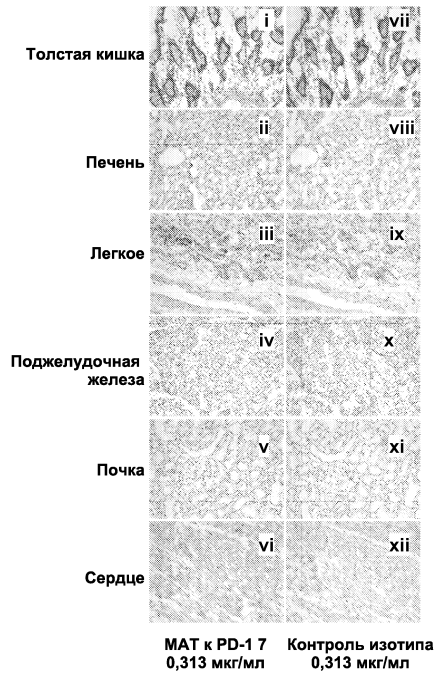
Фиг. 9С

Захватывали PD-L1 Fc-биотин (1 мкг/мл) и детектировали shPD-1-His

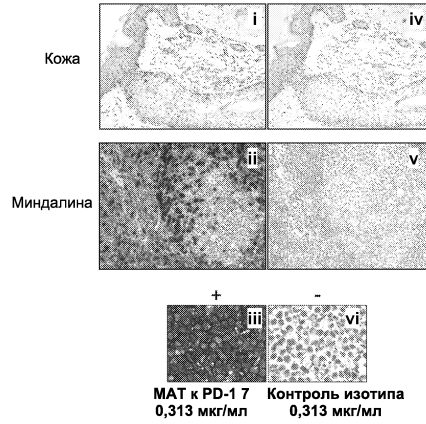


Фиг. 9D

Нормальная ткань

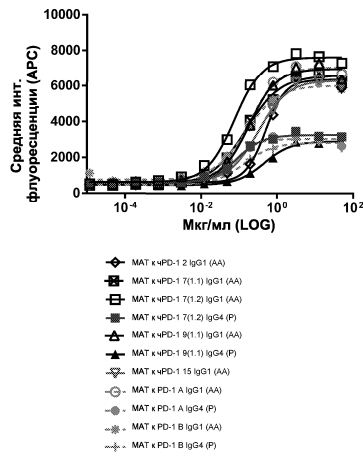


Фиг. 10A



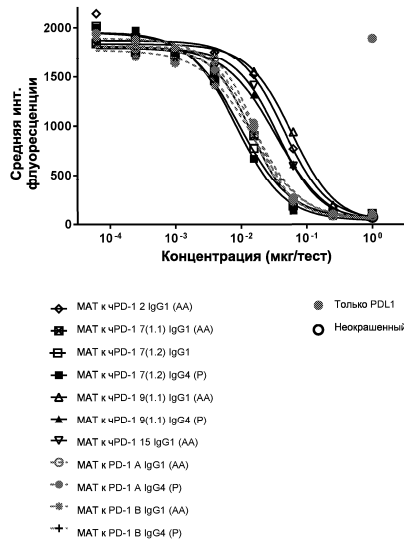
Фиг. 10B

Кривые насыщения
(разведение 1:4)

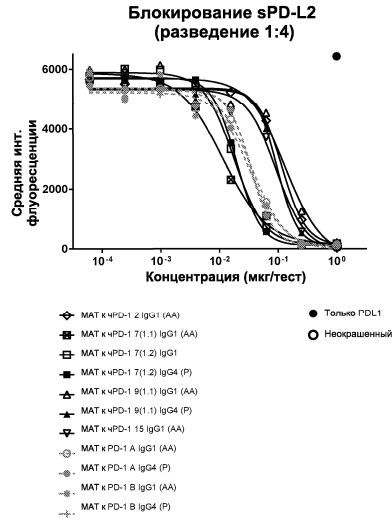


Фиг. 11

Блокирование sPD-L1
(разведение 1:4)

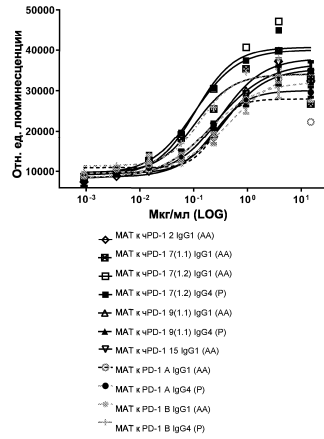


Фиг. 12A

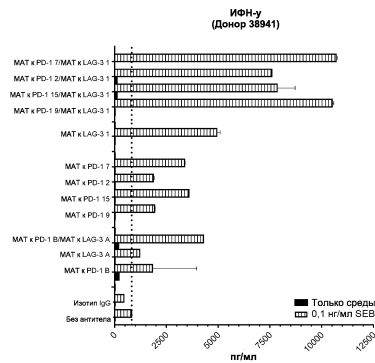


Фиг. 12В

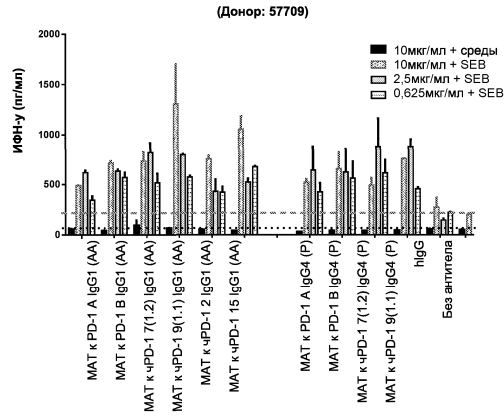
CHO/PD-L1 (40 тыс.) + NFAT-luc2/PD1 Jukart (50 тыс.), 6 ч, гуманизированное МАТ (разведение 1:4)



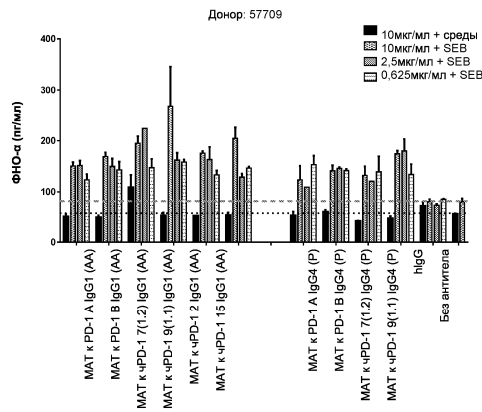
Фиг. 13



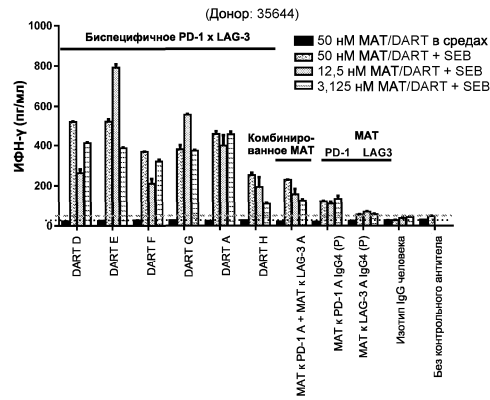
Фиг. 14



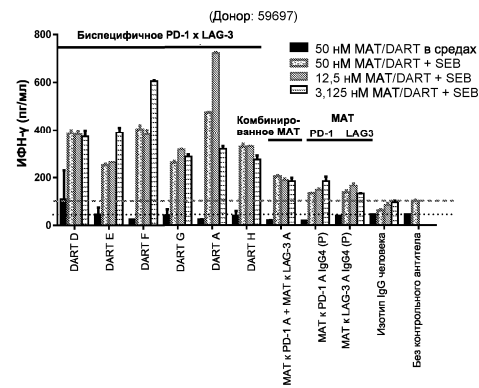
Фиг. 15А



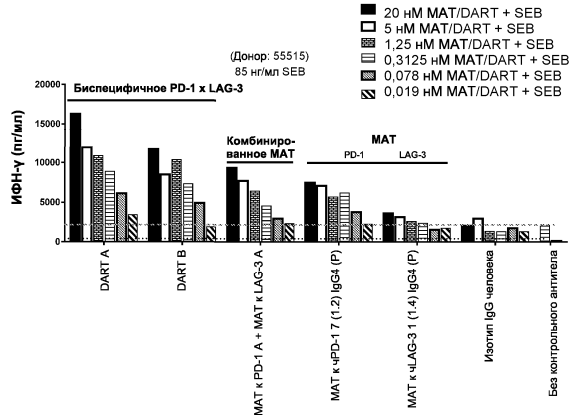
Фиг. 15В



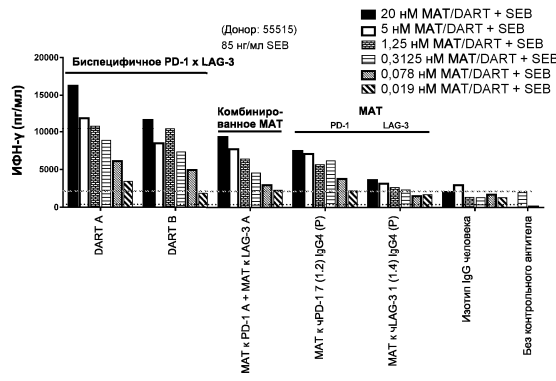
Фиг. 16А



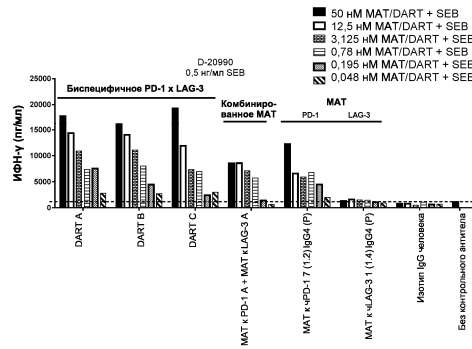
Фиг. 16В



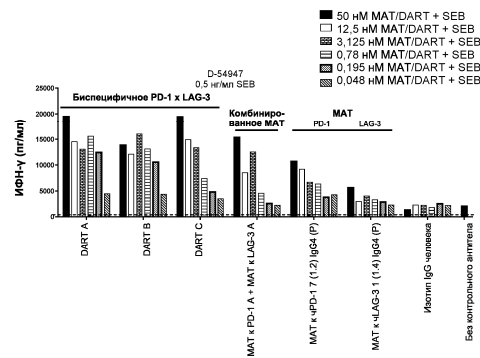
Фиг. 17А



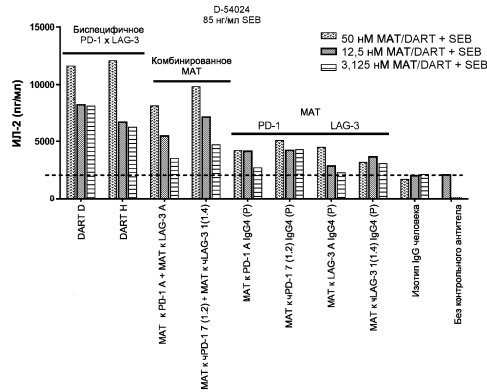
Фиг. 17В



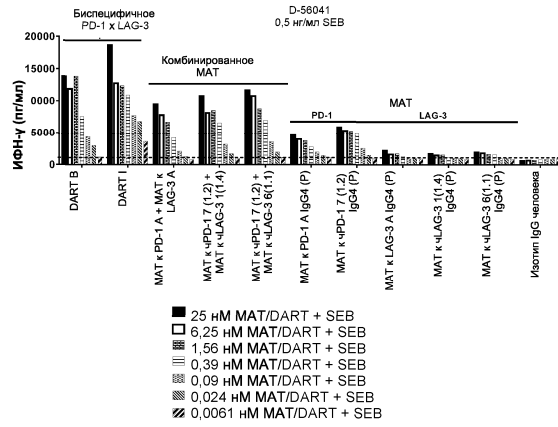
Фиг. 18А



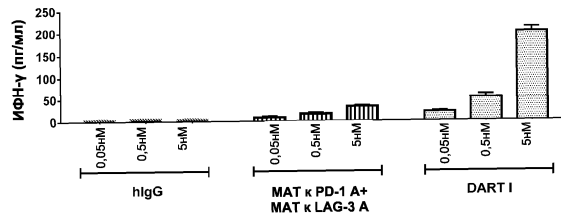
Фиг. 18В



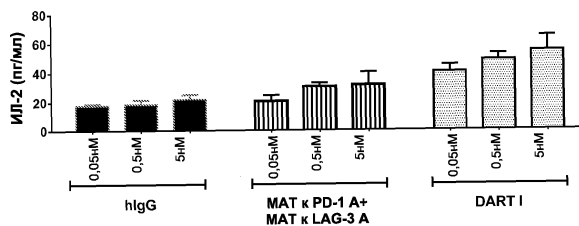
Фиг. 19



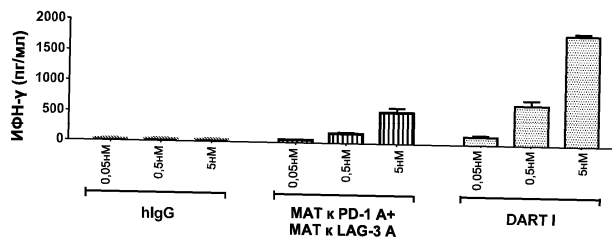
Фиг. 20



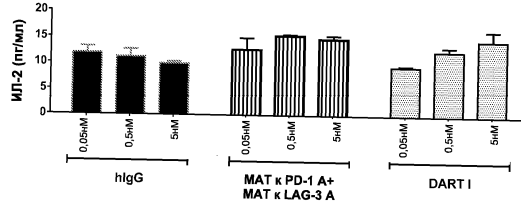
Фиг. 21А



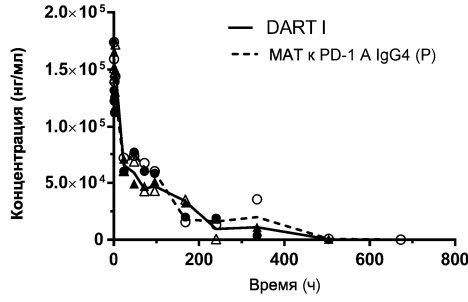
Фиг. 21В



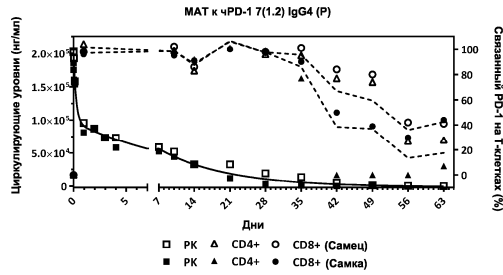
Фиг. 21С



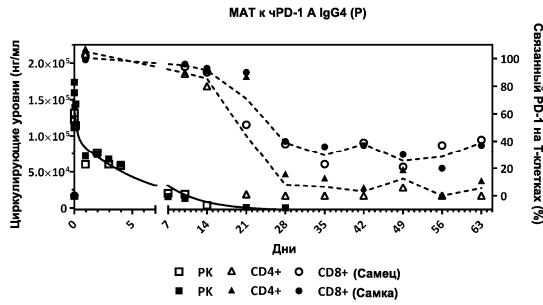
Фиг. 21D



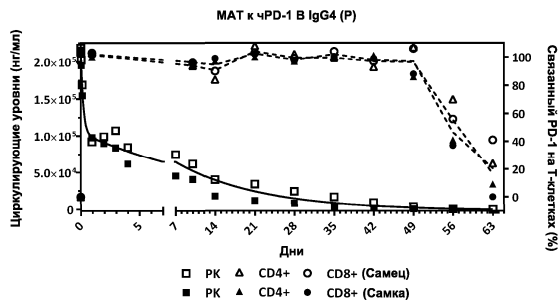
Фиг. 22



Фиг. 23А



Фиг. 23В



Фиг. 23С

