

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038093**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.07.05

(51) Int. Cl. *A61K 31/69* (2006.01)
A61P 31/06 (2006.01)

(21) Номер заявки
201990934

(22) Дата подачи заявки
2014.08.08

(54) СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ, ВЫЗВАННОГО ИНФЕКЦИЕЙ КОМПЛЕКСА МЫСОВАСТЕРИУМ TUBERCULOSIS, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ (S)-(3-ХЛОР-7,8-ДИГИДРО-2Н-1,6,9-ТРИОКСА-9А-БОРАБЕНЗО[CD]АЗУЛЕН-2-ИЛ)МЕТАНАМИНА ИЛИ ЕГО ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИ ПРИЕМЛЕМОЙ СОЛИ

(31) 61/864,496; 61/918,976

(56) WO-A1-2013093615
US-A1-20120115813
US-A1-20090227541
US-A1-20130035501
WO-A1-2008157726

(32) 2013.08.09; 2013.12.20

(33) US

(43) 2020.01.31

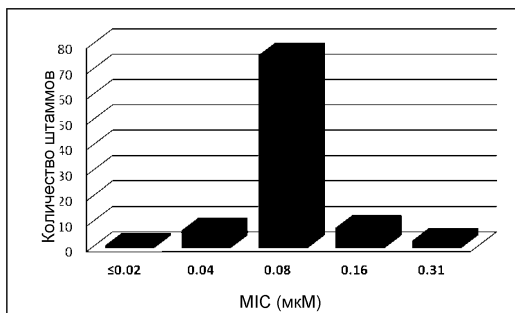
(62) 201690135; 2014.08.08

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГЛАКСОСМИТКЛАЙН
ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ПРОПЕРТИ
(№2) ЛИМИТЕД (GB); АНАКОР
ФАРМАСЬЮТИКАЛС, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:
**Элли М.Р.К. (Дикон), Эрнандес
Винсент С., Плэттнер Джейкоб Дж.,
Ли Сяньфэн (US), Баррос-Агирре
Давид, Джордано Илариа (ES)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Черкас Д.А.,
Игнатъев А.В., Путинцев А.И.,
Соколова М.В. (RU)**

(57) Предложен способ лечения заболевания, вызванного инфекцией комплекса Mycobacterium tuberculosis, у животного, включающий введение животному, нуждающемуся в таком лечении, эффективного количества соединения, представляющего собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемой соли

**B1****038093****038093****B1**

Приоритет

Эта заявка имеет приоритет предварительной заявки США № 61/864496, поданной 9 августа 2013 г., и предварительной заявки США № 61/918976, поданной 20 декабря 2013 г., полное содержание обеих заявок включено в данное описание посредством ссылки.

Область изобретения

Данное изобретение относится к способу лечения заболевания, вызванного инфекцией комплекса *Mycobacterium tuberculosis*, у животного, включающему введение животному, нуждающемуся в таком лечении, эффективного количества соединения, представляющего собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо-[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемой соли.

Предшествующий уровень техники

Микобактерии представляют собой род в классе бактерий, называемых *Actinobacteria*, и относятся к их собственному семейству, известному как *Mycobacteriaceae*. Микобактерии содержат различные облигатные и оппортунистические патогены животных, которые также могут передаваться людям и вызывать заболевание у людей, проявляя, таким образом, значительный зоонозный потенциал. На протяжении последних нескольких десятилетий члены комплекса *Mycobacterium avium-intracellulare* (MAIC) появлялись в качестве патогенов заболеваний человека, включая лимфаденит у детей, легочное туберкулезоподобное заболевание и диссеминированные инфекции (возникающие преимущественно у лиц с ослабленным иммунитетом, в частности у пациентов со СПИДом). Аналогично, важные болезни у животных являются результатом инфицирования животного членами этой группы, например птичий туберкулез и паратуберкулез у жвачных животных. MAIC включает *M. intracellulare* и 4 подвида *M. avium*, а именно *M. avium* subsp. *avium*, *M. avium* subsp. *hominissuis*, *M. avium* subsp. *silvaticum* и *M. avium* subsp. *paratuberculosis*. В то время как члены комплекса *M. tuberculosis* передаются при прямом контакте с хозяином, виды MAIC приобретаются преимущественно из источников окружающей среды, включая почву, воду, пыль и пищу.

Mycobacterium tuberculosis (MTB) представляет собой небольшую аэробную неподвижную палочку, имеющую высокое содержание гуанина и цитозина (high-GC), с "наружной мембраной", которая является необычно толстой, "воскообразной", гидрофобной, богатой миколовыми кислотами и крайне непроницаемой, что затрудняет лечение микобактериальных инфекций. Одна треть населения мира считается инфицированной (включая латентную MTB), но это число увеличивается до 80% населения во многих странах Азии и Африки. Без лечения смертность от активных MTB-инфекций составляет свыше 50%. Кроме того, смертельной является сочетание ВИЧ и MTB, и все увеличивающееся число штаммов MTB становятся устойчивыми к стандартным лекарственным средствам, каждый год регистрируется приблизительно 300000 новых случаев множественной лекарственной устойчивости (MDR) *M. tuberculosis*. *M. tuberculosis* с множественной лекарственной устойчивостью (MDR) устойчивы к изониазиду и рифампицину, и *M. tuberculosis* с широкой лекарственной устойчивостью (XDR) также устойчивы по меньшей мере к одному хинолону и одному аминогликозиду. Как можно видеть на фиг. 1, XDR *M. tuberculosis* зарегистрирована на большей части земного шара.

Если добавить к этим проблемам легкости передачи, как показано на фиг. 2, глобализацию путешествий и непрерывные перемещения и эмиграцию многих слоев населения в мире, то становится очевидным, что MTB становится глобальной критической ситуацией.

Синтетические лекарственные средства для лечения туберкулеза (TB) доступны свыше полувека, но число случаев этого заболевания по всему миру продолжает расти. Свыше 2 миллиардов людей в настоящее время инфицированы *M. tuberculosis*, причем в основном это латентные случаи, и по оценкам каждый год во всем мире возникает свыше 9 миллионов новых случаев, приводящих к от 1,7 до почти 2 миллионам смертей в год. Только в 2004 году ежедневно регистрировали приблизительно 24500 новых инфекций и почти 5500 смертей (смотри Zignol, Met al., *M. Surveillance of antituberculosis drug resistance in the world an updated analysis, 2007-2010. Bull World Health Organ* 2012, 90 (2), 111-119D). Коинфекция с ВИЧ способствует увеличению заболеваемости (Williams, B.G., Dye, C. *Science*, 2003, 301, 1535), и причину смерти у 31% пациентов со СПИДом в Африке можно отнести к TB (смотри Corbett, E.L. et al., *Arch. Intl. Med.*, 2003, 163, 1009, Septkowitz, A. et al., *Clin. Microbiol. Rev.* 1995, 8, 180).

Ограничения терапии и предупреждения туберкулеза общеизвестны. Имеющаяся в настоящее время вакцина BCG была выпущена в 1921 году, и она не в состоянии защитить большинство людей, вышедших из детского возраста. Согласно отчету 2006 года "Международные стандарты для лечения туберкулеза" ("International Standards for Tuberculosis Care"), документу, разработанному Коалицией по техническому содействию в борьбе с туберкулезом (Tuberculosis Coalition for Technical Assistance, TBC-ТА), партнерами которой являются Центры по контролю заболеваний, Американское торакальное общество, Фонд по борьбе с туберкулезом, KNCV, Всемирная организация здравоохранения и Международный союз против туберкулеза и легочных заболеваний, инфицированные пациенты с активным заболеванием в настоящее время проходят двухмесячную комбинированную терапию лекарственными средствами, введенными 50-60 лет назад, то есть изониазидом (1952), рифампином (1963), пипразинамидом (1954) и этамбутолом (1961), с последующими еще 4 месяцами терапии изониазидом и рифампином (также известным как рифампицин). Альтернативно, фаза продолжения лечения могла включать изониазид и этамбутол в течение шести месяцев, когда соблюдение режима лечения нельзя оценить, но соглас-

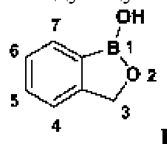
но этому отчету более длительная фаза продолжения связана с более высоким уровнем рецидива и неуспеха, особенно у пациентов с ВИЧ-инфекцией. Более того, как подробно изложено в этом отчете, дозы используемых противотуберкулезных лекарственных средств должны соответствовать международным рекомендациям, и настоятельно рекомендуются комбинации фиксированных доз двух (изониазид и рифампицин), трех (изониазид, рифампицин и пиразинамид) и четырех (изониазид, рифампицин, пиразинамид и этамбутол) лекарственных средств, особенно когда невозможно контролировать соблюдение пациентом режима лечения.

Ежесуточный прием доз требуется в эти фазы лечения, и плохое соблюдение режима лечения ведет к появлению и распространению штаммов с множественной лекарственной устойчивостью, которые являются проблемой для лечения. Срочно требуются более короткие курсы лечения более активными агентами, которые можно принимать реже и которые создают барьер для появления устойчивости, т.е. агентами, которые эффективны против штаммов ТБ с множественной лекарственной устойчивостью (MDR-TB). В сообщении от марта 2013 г. (<http://www.AIDSmap.com/Once-weekly-continuation-phase-TB-treatment-equals-standard-of-care/page/2589498/>) говорится, что комбинация двух лекарственных средств рифапентина (долгодействующего производного рифампицина) с моксифлоксацином (фторхинолоновым антибиотиком, который ранее не применяли в лечении ТБ) может обеспечивать лечение туберкулеза (ТБ) с приемом лекарственных средств один раз в неделю на протяжении четырехмесячной фазы продолжения лечения и достигать такого же стандарта лечения, как и продолжение лечения с ежесуточным приемом изониазида и рифампина. Такая фаза лечения может давать возможность контролировать лечение на всем протяжении фазы продолжения лечения, что повышает соблюдение режима лечения. Однако моксифлоксацин еще не получил разрешения для лечения ТБ, и протокол лечения с приемом один раз в неделю еще не индоссирован или не получил разрешения в качестве альтернативного стандарта лечения. Руководящим экспертным группам на международном и национальных уровнях потребуется рассмотреть опубликованные доказательства, чтобы определить, следует ли рекомендовать и принимать этот протокол продолжения лечения. Кроме того, рифапентин является дорогостоящим средством, и взаимодействия между рифапентином и противоретровирусными лекарственными средствами в классах ненуклеозидных ингибиторов обратной транскриптазы (NNRTI) и ингибиторов протеаз могут препятствовать его использованию у пациентов с ТБ, которые являются также ВИЧ-положительными и принимают противоретровирусные лекарственные средства. Таким образом, в настоящее время анализ цены/пользы продолжения лечения путем еженедельного приема рифапентина по сравнению с ежесуточным приемом рифампицина еще не полностью оценен.

Противотуберкулезное лекарственное средство Sirturo™ (бедаквилин) было одобрено и разрешено в Соединенных Штатах в конце декабря 2012 г., и еще одно средство, деламанид, пытается получить разрешение регулятора в ЕС. Однако оба они предназначены для лекарственно устойчивого туберкулеза, на который приходится только 5% новых случаев. В разделе Editorial and News Focus в Nature Medicine 2007 г. обсуждаются многие аспекты ТБ, такие как патогенез, эпидемиология, открытие лекарственных средств и разработка вакцин на данное время (Nature Medicine, 2007, Focus on Tuberculosis, Vol 13(3), pages 263-312), и отмечается, что через 125 лет после открытия *Mycobacterium tuberculosis* более одной трети людей в мире инфицированы *M. tuberculosis* и из них у более чем 1 из 10 в течение жизни разовьется заболевание, известное как туберкулез, ранее известный как чахотка.

В связи с появлением штаммов *Mycobacterium tuberculosis* с множественной лекарственной устойчивостью (MDR-TB) масштабы проблемы увеличиваются. Глобальный рост бактерий и других микроорганизмов, устойчивых к антибиотикам и антибактериальным средствам в целом, представляет собой серьезную угрозу. Внедрение огромного количества противомикробных агентов в экосферу за последние 60 лет создало мощные селективные предпосылки для появления и распространения устойчивых к противомикробным средствам патогенов. Следовательно, существует потребность в открытии и разработке новых химических веществ для лечения ТБ (недавние лидеры рассмотрены в Grosset J.H., Singer T.G., Bishai W.R. New Drugs for the Treatment of Tuberculosis Hope and Reality Int J Tuberc Lung Dis 2012 Aug, 16(8)1005-14).

В данном документе раскрыты трициклические соединения бензоксаборола, которые проявляют неожиданную селективность для ингибирования репликации *Mycobacterium tuberculosis* (*M. tuberculosis*) по отношению к ингибированию (токсическому действию) клеток человека по сравнению с другими соединениями бензоксаборола и демонстрируют субмикромольные значения МИС против видов микобактерий, в частности *Mycobacterium tuberculosis* и комплекса *Mycobacterium tuberculosis* (MTC), *Mycobacterium avium* и комплекса *Mycobacterium avium* (MAC) и комплекса *Mycobacterium avium* intracellulare (MAIC). Вообще говоря, бензоксаборол имеет следующую структуру и систему нумерации заместителей:



Некоторые бензоксаборолы, которые замещены в положении 7, образуют трициклическое соедине-

ние бензоксаборола. Когда результирующий трициклический бензоксаборол дополнительно замещен галогеновым заместителем в положении 4 и аминотильным заместителем в положении 3, тогда такие соединения неожиданно являются селективными в отношении микобактерий и эффективными против микобактерий, включая *M. tuberculosis*. Наблюдаемую селективность оценивают путем сравнения значений МИС (минимальная ингибирующая концентрация) для таких соединений относительно ингибирующего действия (токсического действия) этих соединений на клетки человека по сравнению с другими соединениями бензоксаборола.

Борсодержащие молекулы, такие как бензоксаборолы, которые полезны в качестве противомикробных средств, были описаны ранее (смотри, например, "Benzoxaboroles - Old compounds with new applications" Adamczyk-Wozniak, A. et al., Journal of Organometallic Chemistry Volume 694, Issue 22, 15 October 2009, Pages 3533-3541, и патентные публикации США US 20060234981, US 20070155699, US 20090227541, WO 2012033858 и US 2013165411).

В US 20090227541 описаны многочисленные соединения, включая два трициклических соединения бензоксаборола с отличающейся антибактериальной активностью против панели грамотрицательных бактерий (смотри, например, табл. 1 и 2), но не раскрыты трициклические соединения бензоксаборола с замещением галогенами на бензоксаборольном кольце. В WO 2012033858 раскрыты соединения бензоксаборола с активностью против *Mycobacterium tuberculosis*, включая некоторые соединения бензоксаборола (смотри, например, примеры 1.A-1.V), но опять же не раскрыты никакие трициклические соединения бензоксаборола с замещением галогенами на бензоксаборольном кольце. В US 2013165411 раскрыты трициклические соединения бензоксаборола, демонстрирующие активность против *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* и *Klebsiella pneumoniae* (смотри табл. 1), но конкретно указано, что исследованные замещенные галогенами трициклические соединения (примеры 17, 18 и 19) не обладают активностью против *A. Baumannii*, имея антибактериальную активность со значениями $\text{MIC} \geq 16$ мкг/мкл (смотри фиг. 1B).

Краткое изложение сущности изобретения

Согласно настоящему изобретению предложен способ лечения заболевания, вызванного инфекцией комплекса *Mycobacterium tuberculosis*, у животного, включающий введение животному, нуждающемуся в таком лечении, эффективного количества соединения, представляющего собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемой соли, где указанная соль предпочтительно представляет собой ((S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина дигидросульфат·H₂O).

В одном аспекте изобретения указанное соединение вводят в виде фармацевтической композиции по меньшей мере с одним фармацевтически приемлемым эксципиентом.

В еще одном аспекте изобретения указанное соединение вводят в комбинации со вторым терапевтическим агентом, который не является соединением или его фармацевтически приемлемой солью, как они определены выше.

Предпочтительно указанная комбинация включает фармацевтически приемлемые эксципиент, адъювант или разбавитель.

В предпочтительном воплощении способа по изобретению второй терапевтический агент независимо выбран из изониазида, рифампина, пиразинамида, этамбутола, моксифлоксацина, рифапентина, клофазимины, бедаквилина (TMC207), нитроимидазооксазина PA-824, деламанида (OPC-67683), оксазолидинона, аналога EMB (этамбутола) SQ109, бензотиазинона и динитробензамида.

Предпочтительно оксазолидинон представляет собой линезолид, тедизолид, радезолид, сутезолид (PNU-100480) или посизолид (AZD-5847).

В еще одном предпочтительном воплощении способа по изобретению второй терапевтический агент представляет собой противовирусный агент.

Предпочтительно указанный противовирусный агент представляет собой противоретровирусный агент.

Еще более предпочтительно противоретровирусным агентом является зидовудин, диданозин, ламивудин, залцитабин, абакавир, ставудин, адефовир, адефовира дипивоксил, фозивудин, тодоксил, эмтрицитабин, аловудин, амдоксовир, элвацитабин, невирапин, делавирдин, эфавиренз, лопинавир, имунокал, олтиспраз, капривирин, лерсивирин, GSK2248761, TMC-278, TMC-125, этравирин, саквинавир, ритонавир, индинавир, нелфинавир, ампренавир, фосампренавир, бреканавир, дарунавир, атазанавир, типранавир, палинавир, ласинавир, энфувиртид, T-20, T-1249, PRO-542, PRO-140, TNX-355, BMS-806, BMS-663068 и BMS-626529, 5-Helix, ралтегравир, элвитегравир, GSK1349572, GSK1265744, викривирок (Sch-C), Sch-D, TAK779, маравирок, TAK449, диданозин, тенофовир, лопинавир или дарунавир.

В еще одном предпочтительном воплощении способа по изобретению второй терапевтический агент представляет собой терапевтический агент, разрешенный или рекомендованный для лечения туберкулеза.

В еще одном аспекте изобретения указанное заболевание представляет собой туберкулез.

В еще одном аспекте изобретения указанное животное представляет собой человека.

Краткое описание графических материалов

Фиг. 1 представляет собой карту мира, на которой указано, где географически задокументирован XDR-TB.

На фиг. 2 показана передача туберкулеза.

Фиг. 3 представляет собой график значений MIC (из табл. 1A и 1B) для соединения примера 4 G4-C1 по отношению к клиническим изолятам *M. tuberculosis*.

Фиг. 4 представляет собой график MIC (из табл. 2A, 2B, 2C и 2D) для соединения примера 2 и соединения примера 4 (G2-Br и G4-C1 соответственно) по отношению к клиническим изолятам *M. tuberculosis*.

В табл. 1A и 1B приведены значения MIC для соединения примера 4 G4-C1, протестированного по отношению к 97 клиническим изолятам *M. tuberculosis*: чувствительные (A) и устойчивые (B). В табл. 1A приведены результаты по MIC для соединения примера 4 по отношению к штаммам *M. Tuberculosis*, чувствительным к известным агентам против TB, и в табл. 1B приведены результаты по MIC для соединения примера 4 по отношению к штаммам *M. Tuberculosis*, устойчивым к одному или более известным агентам против TB. Паттерн устойчивости клинических изолятов показан следующими аббревиатурами: H - изониазид, R - рифампицин, T - этионамид, S - стрептомицин, E - этамбутол, Z - пипразинамид, K - канамицин, A - амикацин и CP - капреомицин.

В табл. 2A и 2B приведены значения MIC для соединения примера 4 G4-C1, протестированного по отношению к 40 штаммам клинических изолятов *M. tuberculosis*: чувствительные (A) и устойчивые (B). В табл. 2A приведены результаты по MIC для соединения примера 4 по отношению к штаммам *M. Tuberculosis*, чувствительным к (Стандарт агентов для лечения TB), и в табл. 2B приведены результаты по MIC для соединения примера 4 по отношению к штаммам *M. tuberculosis*, устойчивым к одному или более известным агентам против TB.

В табл. 2C и 2D приведены значения MIC для соединения примера 2 G2-Br, протестированного по отношению к 40 штаммам *M. Tuberculosis*. Клинические изоляты: чувствительные (A) и устойчивые (B). В табл. 2C приведены результаты по MIC для соединения примера 2 по отношению к штаммам *M. Tuberculosis*, чувствительным к известным агентам против TB, и в табл. 2D приведены результаты по MIC для соединения примера 2 по отношению к штаммам *M. Tuberculosis*, устойчивым к одному или более известным агентам против TB. Паттерн устойчивости клинических изолятов показан следующими аббревиатурами: H - изониазид, R - рифампицин, T - этионамид, S - стрептомицин, E - этамбутол, Z - пипразинамид, K - канамицин, A - амикацин и CP - капреомицин.

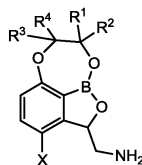
В табл. 3 приведены значения MIC по отношению к немикобактериальным штаммам для соединений формулы II или формулы IIa.

В табл. 4A представлены значения IC_{50} ингибирования LeuRS, значения MIC по отношению к стандартному штамму *M. tuberculosis* Mtb H37Rv, значения токсичности по отношению к клеткам HepG2 человека и значения селективности для некоторых сравнительных трициклических соединений бензоксаборола.

В табл. 4B представлена классификация данных, приведенных в табл. 4A, для соединений формулы II или формулы IIa.

Подробное описание конкретных воплощений

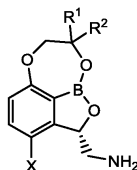
В данном документе раскрыто трициклическое соединение бензоксаборола или его соль, имеющее структуру формулы II



Формула II,

где X выбран из хлора, фтора, брома и йода, каждый из R^1 и R^2 независимо выбран из H, $-CH_3$, $-CH_2CH_3$, $-CH_2CH_2CH_3$ и $-CH(CH_3)_2$;

а также соединение формулы IIa



Формула IIa,

где X представляет собой фтор, хлор, бром или йод, и R^1 и R^2 независимо представляют собой H или $-CH_3$,

или его фармацевтически приемлемая соль.

Используемое в способе по изобретению соединение, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамин, имеет структуру, соответствующую указанным структурам формул II и IIa.

Авторы изобретения неожиданно обнаружили, что трициклические соединения бензоксаборола, описанные в данном документе, демонстрируют неожиданную селективность ингибирования репликации *Mycobacterium tuberculosis* (*M. tuberculosis*) относительно ингибирующего действия (токсического действия) на клетки человека по сравнению с другими соединениями бензоксаборола. Эти трициклические соединения бензоксаборола демонстрируют субмикромолекулярные значения МИС против *M. tuberculosis*, которые сравнимы с или лучше, чем значения МИС для современных терапевтических средств, доступных для ингибирования *M. tuberculosis*. Кроме того, в других воплощениях трициклические соединения бензоксаборола, описанные в данном документе, предназначены для применения в комбинации с современными противотуберкулезными соединениями и предусмотрены для достижения большей эффективности в лечении животных, включая людей, инфицированных *M. tuberculosis*.

Устойчивость остается проблемой в лечении туберкулеза (ТВ), и одна клиническая стратегия заключается в том, чтобы сосредоточиться на своевременной комбинации с другими лекарственными средствами против ТВ и ускорить своевременную оценку эффективности соединений у пациентов. Соединения формулы II или формулы IIa дают уникальную возможность для решения серьезных проблем, которые возникают во время лечения ТВ, таких как множественная лекарственная устойчивость, широкая лекарственная устойчивость, реактивность и/или вредное взаимодействие между терапевтическими агентами в мультилекарственной комбинации и длительность лечения, тем самым удовлетворяя потребности потенциальных пациентов.

"Животное" в данном документе означает любое из царства (*Animalia*) живых существ, включая многоклеточные организмы, включая домашний скот и домашних питомцев, включая крупный рогатый скот, овец, коз, собак и кошек, или человека, включая человека с ослабленной иммунной системой.

"Комбинация по изобретению" в данном документе относится к комбинациям соединений, рассматриваемых в данном документе, солей (например фармацевтически приемлемых солей), пролекарств, сольватов и гидратов этих соединений.

"Диастереомер" в данном документе относится к одному из пары стереоизомеров, который не является зеркальным отражением другого стереоизомера.

"Энантиомер" в данном документе относится к одному из пары не налагаемых друг на друга рацемических соединений (рацематов), который является зеркальным отражением другого энантиомера. Энантиомеры в чистой форме обладают свойством вращения плоскости поляризованного света в одном направлении или в другом направлении, но в виде рацемической смеси смесь не вращает плоскость поляризованного света.

"Эффективное" количество соединения, его комбинации или его композиции означает количество соединения, которое является активным агентом, включая его комбинацию или композицию, то есть количество, достаточное для обеспечения целевого местного или системного эффекта. "Терапевтически эффективное" или "фармацевтически эффективное" количество относится к количеству соединения, включая его комбинацию или композицию, достаточному для достижения целевого терапевтического или фармацевтического результата.

Термин "фармацевтически приемлемая соль" охватывает соль соединения, описанного в данном документе, которая получена с относительно нетоксичными кислотами или основаниями в зависимости от конкретных заместителей, находящихся на соединениях, описанных в данном документе. Когда соединения, описанные в данном документе, содержат относительно кислотные функциональные группы, тогда могут быть получены соли присоединения основания путем приведения в контакт нейтральной формы таких соединений с достаточным количеством желаемого основания, либо неразбавленного, либо в подходящем инертном растворителе. Примеры фармацевтически приемлемых солей присоединения основания включают натриевую, калиевую, кальциевую, аммониевую соль, соль присоединения органического амина (таких как холин или диэтиламин, или аминокислоты, такие как d-аргинин, l-аргинин, d-лизин или l-лизин) или магниевую соль или подобную соль. Когда соединения, описанные в данном документе, содержат относительно основные функциональные группы, тогда могут быть получены соли присоединения кислоты путем приведения в контакт нейтральной формы таких соединений с достаточным количеством желаемой кислоты, либо неразбавленной, либо в подходящем инертном растворителе. Примеры фармацевтически приемлемых солей присоединения кислоты включают соли, образуемые с неорганическими кислотами, такими как соляная, бромоводородная, азотная, угольная, моногидроугольная, фосфорная, моногидрофосфорная, дигидрофосфорная, серная, моногидросерная, йодоводородная или фосфористая кислота и т.п., а также соли, образуемые с относительно нетоксичными органическими кислотами, такими как уксусная, пропионовая, изомасляная, малеиновая, яблочная, бензойная, янтарная, пробковая, фумаровая, молочная, миндальная, фталевая, бензолсульфоновая, паратоллилсульфоновая, лимонная, винная, метансульфоновая и т.п. Также охвачены соли с аминокислотами, такие как аргинат и т.п., и соли с органическими кислотами, такими как глюкоуроновая или галактууроновая кислота и т.п. (смотри, например, Berge et al., "Pharmaceutical Salts", Journal of Pharmaceutical Science 66 1-19 (1977)).

Некоторые конкретные соединения, описанные в данном документе, содержат и основные, и кислотные функциональные группы, что дает возможность превращать соединения либо в соли присоединения основания, либо в соли присоединения кислоты.

Нейтральные формы соединений предпочтительно регенерируют путем приведения в контакт соли с основанием или кислотой и выделения родительских соединений обычным способом. Родительская форма соединения отличается от различных солевых форм некоторыми физическими свойствами, такими как растворимость в полярных растворителях.

Помимо солевых форм раскрытые соединения могут находиться в форме пролекарств. Пролекарства соединений, описанных в данном документе, легко подвергаются химическим превращениям в физиологических условиях с образованием соединений, описанных в данном документе. Дополнительно, пролекарства могут быть превращены в соединения по изобретению химическими или биохимическими способами *ex vivo*.

Некоторые соединения формулы II и формулы Ia могут образовывать соли присоединения кислоты с одним или более эквивалентами кислоты.

Соединения формулы II и формулы Ia могут быть получены в кристаллической или некристаллической форме и, если в кристаллической, то возможно могут быть сольватированы, например в виде гидрата. Они могут представлять собой стехиометрические сольваты (например, гидраты), а также соединения, содержащие переменные количества растворителя (например, воды). Рассматриваются также меченные изотопом соединения, которые идентичны соединениям формулы II и формулы Ia, но отличаются тем, что один или более атомов заменены атомом, имеющим атомную массу или массовое число, отличающиеся от атомной массы или массового числа, обычно встречающихся в природе. Примеры изотопов, которые могут быть введены в соединения, описанные в данном документе, включают изотопы водорода, углерода, азота, кислорода, фтора, йода и хлора, такие как ^3H , ^{11}C , ^{14}C , ^{18}F , ^{123}I или ^{125}I .

Раскрытые меченные изотопом соединения, например соединения, в которые введены радиоактивные изотопы, такие как ^3H или ^{14}C , полезны в анализах распределения лекарственных средств и/или субстратов в тканях. Тритиированный, т.е. ^3H , и углерод-14, т.е. ^{14}C , изотопы особенно предпочтительны ввиду легкости их получения и обнаружения. Изотопы ^{11}C и ^{18}F особенно полезны в PET (позитронно-эмиссионная томография).

Поскольку соединения формулы II и формулы Ia, описанные в данном документе, предназначены для использования в фармацевтических композициях, будет понятно, что каждое из них предпочтительно предоставлять, по существу, в чистой форме, например с чистотой по меньшей мере 60 мас.%, лучше с чистотой по меньшей мере 75 мас.% и предпочтительно с чистотой по меньшей мере 85 мас.%, особенно с чистотой по меньшей мере 98 мас.%. Препараты соединений с примесями могут быть использованы для получения более чистых форм, используемых в фармацевтических композициях.

В одном конкретном воплощении лечение микобактериальной инфекции или состояния происходит через ингибирование редактирующего домена аминоксил-тРНК-синтазы посредством связывания с редактирующим активным сайтом. В еще одном иллюстративном воплощении лечение микобактериальной инфекции или состояния происходит в результате блокирования редактирующего домена аминоксил-тРНК-синтазы.

Фармацевтические композиции.

Информацию относительно эксципиентов для использования в фармацевтической композиции для использования в способе в соответствии с изобретением можно найти в Remington The Science and Practice of Pharmacy, 21st Ed., Pharmaceutical Press (2011), который включен в данное описание посредством ссылки.

Комбинации.

В иллюстративном воплощении изобретения трициклическое соединение бензоксаборол, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемую соль, как описано в данном документе, вводят в комбинации со вторым терапевтическим агентом. В некоторых воплощениях вторым терапевтическим агентом является антибактериальный агент, более конкретно противотуберкулезный агент, более конкретно агент против *M. tuberculosis*.

В иллюстративном воплощении комбинация является частью фармацевтической композиции, описанной в данном документе. Такие обстоятельства известны специалисту в данной области, и конкретные обстоятельства изложены в примерах, приведенных в данном описании.

Лекарственные формы комбинации.

Индивидуальные компоненты комбинаций для использования в способе по изобретению, например комбинации, описанной в данном документе, можно вводить либо одновременно, либо последовательно в стандартной лекарственной форме. Стандартная лекарственная форма может представлять собой единичную или множественную стандартную лекарственную форму. В иллюстративном воплощении изобретения предложена комбинация в одинарной стандартной лекарственной форме. Примером одинарной стандартной лекарственной формы является капсула, где трициклическое соединение бензоксаборол, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метан-

амин, или его фармацевтически приемлемая соль и дополнительный терапевтический агент оба содержатся внутри одной и той же капсулы. В иллюстративном воплощении изобретения предложена комбинация в двойной стандартной лекарственной форме. Примером двойной стандартной лекарственной формы является первая капсула, которая содержит трициклическое соединение бензоксаборола, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемую соль, и вторая капсула, которая содержит дополнительный терапевтический агент. Таким образом, термин "одинарная единица", или "двойная единица", "множественная единица" относится к объекту, который проглатывает пациент, а не к внутренним компонентам объекта. Подходящие дозы указанного трициклического соединения бензоксаборола без труда определяют специалисты в данной области. Подходящие дозы дополнительного терапевтического агента, который не является соединением формулы II или формулы IIa, без труда определяют специалисты в данной области. В одном конкретном воплощении указанное трициклическое соединение бензоксаборола присутствует в комбинации в терапевтически эффективном количестве. В одном конкретном воплощении дополнительный терапевтический агент, который не является соединением формулы II или формулы IIa, присутствует в комбинации в количестве, достаточном для уничтожения или снижения присутствия, количества или скорости роста микобактерий, включая *M. tuberculosis*, под действием замещенного бензоксаборола.

Дополнительный(ые) терапевтический(ие) агент(ы) в комбинации.

Заявленный способ предусматривает в одном аспекте введение комбинации, содержащей трициклическое соединение бензоксаборола, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамин, описанное в данном документе, или его фармацевтически приемлемую соль и по меньшей мере один дополнительный терапевтический агент. В иллюстративном воплощении дополнительным терапевтическим агентом является антимикобактериальный агент.

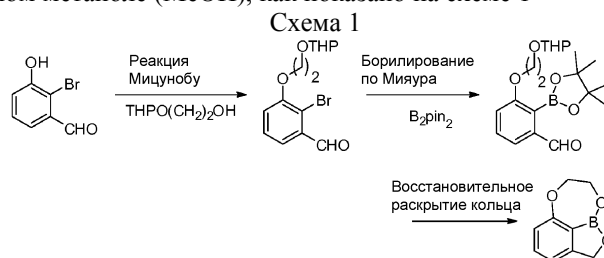
Комбинации для удобства могут быть представлены для применения в форме фармацевтической композиции. Индивидуальные компоненты таких комбинаций можно вводить либо одновременно, либо последовательно в отдельных фармацевтических композициях или в объединенной фармацевтической композиции удобным путем.

Когда дополнительный терапевтический агент используют с комбинацией, описанной в данном документе, против одного и того же болезненного состояния, тогда доза каждого соединения может отличаться от дозы, когда соединение используют одно. Подходящие дозы будут очевидны специалистам в данной области. Будет очевидно, что количество соединения, описанного в данном документе, необходимое для применения в лечении, будет варьировать в зависимости от природы состояния, которое лечат, и от возраста и состояния пациента и, в конечном счете, будет на усмотрении лечащего врача или ветеринара.

Получение борсодержащих соединений.

Соединения, раскрытые в данном документе, могут быть получены с использованием коммерчески доступных исходных веществ, известных промежуточных соединений или с использованием методов синтеза, описанных в данном документе или опубликованных в источниках информации, указанных и включенных в данное описание посредством ссылки, таких как US 7816344 и патентные публикации PCT WO 2010080558 и WO 2011127143. Общие методики, используемые для синтеза соединений формулы II и формулы IIa, изображены на реакционных схемах 1-5 и проиллюстрированы примерами.

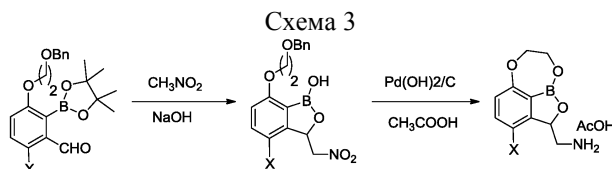
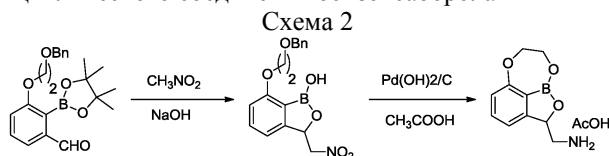
Некоторые трициклические соединения бензоксаборола могут быть получены по реакции Мицунобу до превращения гидроксильного заместителя 2-бром-3-гидрокси-бензальдегида в тетрагидропиранилоксиэтоксиэфир в результате взаимодействия с тетрагидропиранилоксиэтанолом в трифенилфосфине (PPh_3), тетрагидрофуране (THF) и диизопропилазодикарбоксилате (DIAD) с последующим борилированием по Мийяура заместителя, представляющего собой бром, с использованием бис-(пиноколато)дибора дибора (B_2pin_2) с палладиевым катализатором (PdCl_2) и ацетатом калия (KOAc), и последующей восстановительной циклизацией с образованием трициклического соединения с использованием боргидрида натрия (NaBH_4) в безводном метаноле (MeOH), как показано на схеме 1



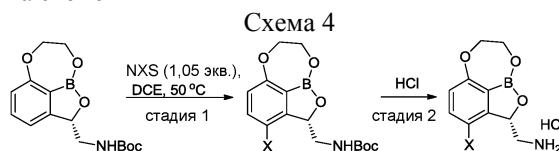
THP-защищенный алкилбромид также можно использовать для присоединения заместителя к гидроксibenзальдегиду посредством $\text{S}_{\text{N}}2$ реакции с получением трициклических соединений бензоксаборола. Примеры использования $\text{S}_{\text{N}}2$ реакции для получения трициклических соединений бензоксаборола приведены в примерах, описанных ниже, таких как пример 1, стадия (б), и пример 4, способ В, стадия (в).

Другие трициклические соединения бензоксаборола, описанные в данном документе, могут быть

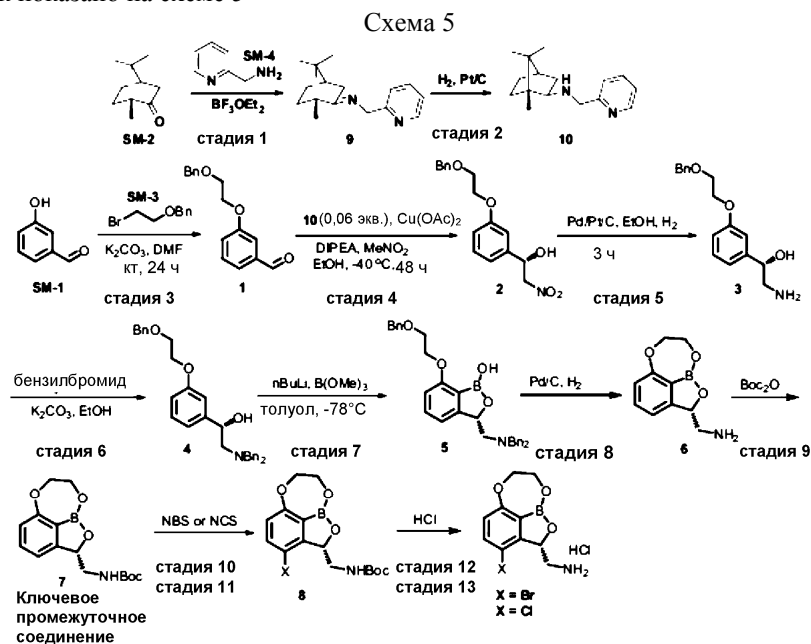
получены так, как показано на схемах 2 и 3, где нитроальдолдную реакцию осуществляют по замещителю альдегида, например 3-(2-бензилокси-этокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-[1,3,2]диоксаборолан-2-ил)-бензальдегида, с использованием нитрометана (MeNO_2) с основанием (NaOH) с получением нитрозамещенного бензилзамещенного бензосаборольного соединения, с последующей циклизацией и восстановлением нитрозаместителя до амина с использованием $\text{Pd}(\text{OH})_2/\text{C}$ в ледяной уксусной кислоте с образованием целевого трициклического соединения бензосаборола



Другие трициклические соединения бензоксаборола, описанные в данном документе, могут быть получены так, как показано на схеме 4



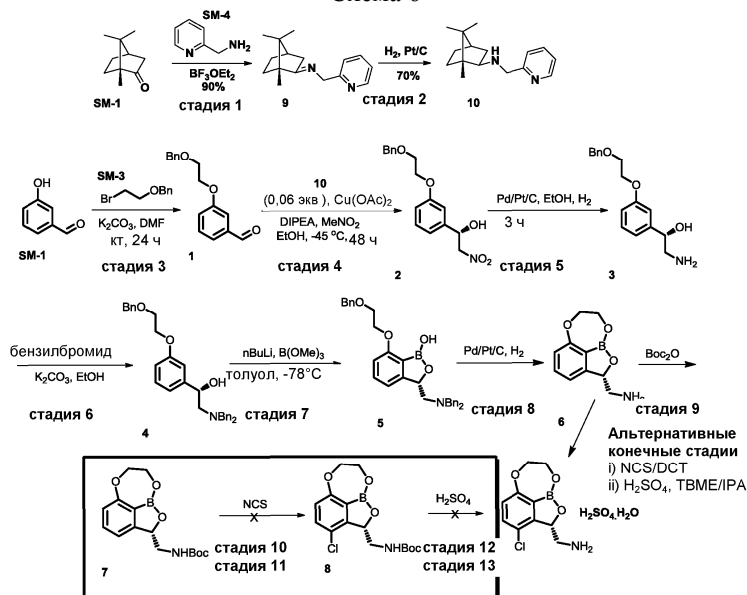
Другие трициклические соединения бензоксаборола, описанные в данном документе, могут быть получены так, как показано на схеме 5



Альтернативно, некоторые трициклические соединения бензоксаборола могут быть получены так, как показано на схеме 6.

Смесь (S)-трет-бутил-((7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (13,25 кг) и NCS (8,75 кг) в дихлорэтано (132,5 л) нагревали при 70°C до завершения реакции по результатам ВЭЖХ. Смесь концентрировали при пониженном давлении, охлаждали до 25°C и добавляли ацетон (106 л). Суспензию фильтровали, промывая ацетоном (26,5 л). Мокрый остаток на фильтре суспендировали в воде (13,25 л) и 1,4-диоксане (66,25 л), нагревали до 50°C в течение 20-30 мин, охлаждали до 15°C, фильтровали и остаток на фильтре промывали 1,4-диоксаном (26,5 л). Мокрый остаток на фильтре растворяли в метаноле (68,9 л), фильтровали и фильтрат концентрировали при пониженном давлении. К остатку добавляли метил-трет-бутиловый эфир (66,25 л) и смесь концентрировали при пониженном давлении. Добавляли метил-трет-бутиловый эфир (78,7 л), изопропанол (8,7 л) и серную кислоту (4,6 л), смесь нагревали до 50°C и перемешивали, пока содержание сульфата не достигло 24,32-29,72%. Смесь охлаждали до 25°C, перемешивали в течение 1 ч, фильтровали, остаток на фильтре промывали метил-трет-бутиловым эфиром (17,5 л) и сушили с получением целевого продукта (42%).

Схема 6



Как можно видеть на схеме 6, в этом пути синтеза конечные стадии 10/11 и 12/13 заменены альтернативными конечными стадиями, исключая стадии введения защитных групп/удаления защитных групп.

Композиция и препараты.

Соединения, описанные в данном документе, могут быть приготовлены для введения любым удобным путем для применения в медицине или ветеринарии по аналогии с приготовлением антимикобактериальных агентов или приготовлением других противотуберкулезных агентов.

Перед введением пациенту соединение, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемая соль, описанные в данном документе, в норме, но не обязательно, будут приготовлены в виде фармацевтических композиций, которые могут содержать также один или более фармацевтически приемлемых носителей, эксципиентов или разбавителей. Носитель, эксципиент или разбавитель должен быть "приемлемым" в смысле совместимости с другими ингредиентами композиции и неопасным для реципиента.

Фармацевтические композиции, описанные в данном документе, включают композиции в форме, пригодной для перорального или парентерального применения, и могут быть использованы для лечения микобактериальной инфекции у млекопитающего, включая человека.

Фармацевтические композиции, описанные в данном документе, включают композиции в форме, пригодной для перорального, местного или парентерального применения, и могут быть использованы для лечения микобактериальной инфекции у млекопитающего, включая человека.

Композиция может быть приготовлена для введения любым удобным путем. Для лечения туберкулеза композиции могут быть в форме таблеток, капсул, порошков, гранул, пастилок, аэрозолей или жидких препаратов, таких как пероральные или стерильные парентеральные растворы или суспензии.

Таблетки и капсулы для перорального введения могут быть представлены в форме стандартной дозы и могут содержать традиционные эксципиенты, такие как связывающие агенты, например сироп, аравийскую камедь, желатин, сорбит, трагакант или поливинилпирролидон, наполнители, например лактозу, сахар, маисовый крахмал, фосфат кальция, сорбит или глицин, смазывающие вещества для таблетирования, например стеарат магния, тальк, полиэтиленгликоль или диоксид кремния, разрыхлители, например картофельный крахмал, или приемлемые смачивающие агенты, такие как лаурилсульфат натрия. Таблетки могут быть покрыты оболочкой способами, известными в обычной фармацевтической практике. Пероральные жидкие препараты могут быть в форме, например, водных или масляных суспензий, растворов, эмульсий, сиропов или эликсиров или могут быть представлены в виде продукта для разведения водой или другим подходящим носителем перед использованием. Такие жидкие препараты могут содержать традиционные добавки, такие как суспендирующие агенты, например сорбит, метилцеллюлозу, сироп глюкозы, желатин, гидроксипропилцеллюлозу, карбоксиметилцеллюлозу, гель стеарата алюминия или гидрогенизированные пищевые жиры, эмульгаторы, например лецитин, моноолеат сорбитана или аравийскую камедь, неводные носители (которые могут включать пищевые масла), например миндальное масло, масляные эфиры, такие как глицерин, пропиленгликоль или этиловый спирт, консерванты, например метил- или пропилпарагидроксибензоат или сорбиновую кислоту, и, при желании, традиционные корригенты или красители.

Суппозитории будут содержать традиционные суппозиторные основы, например масло какао или другой глицерид.

Для парентерального введения жидкие стандартные лекарственные формы изготавливают, исполь-

зую соединение и стерильный носитель, причем вода является предпочтительной. Соединение в зависимости от используемого носителя и используемой концентрации может быть либо суспендировано, либо растворено в носителе. При получении растворов соединение может быть растворено в воде для инъекций и стерилизовано фильтрованием, затем заполнено в подходящий сосуд или ампулу и запаковано.

В одном аспекте изобретения агенты, такие как местные анестетики, консерванты и буферные агенты, могут быть растворены в носителе. Для усиления стабильности композиция может быть заморожена после заполнения в сосуд, и вода может быть удалена под вакуумом. Сухой лиофилизированный порошок затем герметично закупоривают в сосуде, и сопровождающий сосуд воды для инъекций может предоставляться для разведения порошка перед использованием. Парентеральные суспензии изготавливают, по существу, таким же способом, за исключением того, что соединение не растворяют, а суспендируют в носителе, и стерилизацию необязательно осуществляют фильтрованием. Соединение может быть стерилизовано под действием окиси этилена перед суспендированием в стерильном носителе. Преимущественно поверхностно-активное вещество или увлажняющий агент включают в состав композиции для облегчения равномерного распределения соединения.

Композиции могут содержать от 0,1 мас.%, предпочтительно от 10 до 60 мас.% активного вещества в зависимости от способа введения. Если композиции содержат дозировочные единицы, то каждая единица будет предпочтительно содержать от 20 до 1000 мг активного ингредиента. Дозировка, используемая для лечения взрослого человека, обычно будет находиться в диапазоне от 50 до 300 мг в сутки, например от 150 до 200 мг в сутки в зависимости от пути и частоты введения. Такая дозировка соответствует 0,5-5 мг/кг в сутки. Предпочтительная дозировка составляет от 0,5 до 2 мг/кг в сутки и более предпочтительная доза составляет менее 1 мг/кг в сутки.

Соединение формулы II или формулы Ia, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9a-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемая соль может представлять собой единственный терапевтический агент в композициях, описанных в данном документе, или может присутствовать в композиции в комбинации с одним или более дополнительными терапевтическими агентами.

Один или более чем один дополнительный терапевтический агент представляет собой, например, агент, полезный для лечения туберкулеза у млекопитающего. Примеры таких терапевтических агентов включают рифампин, пиразинамид, этамбутол, моксифлоксацин, рифапентин, клофазимин, бедаквилин (TMC207), нитроимидазооксазин PA-824, деламанид (OPC-67683), оксазолидинон, такой как линезолид, тедизолид, радезолид, сутезолид (PNU-100480) и посизолид (AZD-5847), аналог EMB SQ109, бензотиазинон, динитробензамид и противовирусный агент, включая противоретровирусный агент, или любой агент против ТВ, находящийся в разработке для лечения ТВ, с положительным ответом в фазе IIa EBA испытаний, или любой агент против ТВ, разрабатываемый Global Alliance против туберкулеза.

Когда соединение формулы II или формулы Ia, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9a-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемую соль используют в комбинации с одним или более дополнительными терапевтическими агентами, тогда доза соединения или агента может отличаться от дозы, когда используют только соединение или только агент. Подходящие дозы без труда определяют специалисты в данной области. Будет понятно, что количество соединения, описанного в данном документе, и одного или более дополнительных терапевтических агентов, необходимое для применения в лечении, будет варьировать в зависимости от природы состояния, которое лечат, и от возраста и состояния пациента и, в конечном счете, будет на усмотрении лечащего врача или ветеринара.

Комбинации для удобства могут быть представлены для применения в форме фармацевтической композиции. Комбинация может содержать соединение формулы II, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9a-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемую соль вместе с одним или более дополнительными терапевтическими агентами и один или более фармацевтически приемлемых носителей, эксципиентов или разбавителей. Индивидуальные компоненты таких комбинаций можно вводить либо последовательно, либо одновременно в отдельных фармацевтических композициях или объединенных фармацевтических композициях любым удобным путем.

Когда введение является последовательным, либо соединение, представляющее собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9a-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемую соль, либо один или более дополнительных терапевтических агентов можно вводить первым. Когда введение является одновременным, комбинацию можно вводить либо в одной и той же фармацевтической композиции, либо в разных фармацевтических композициях. Очевидно, что при объединении в одной и той же композиции соединение и агенты должны быть стабильными и совместимыми друг с другом и с другими компонентами композиции. При раздельном приготовлении они могут быть предоставлены в удобной композиции таким способом, который известен для таких соединений в данной области.

Сокращения.

В описании изобретения химические элементы идентифицированы в соответствии с Периодической таблицей элементов. Сокращения и символы, использованные в данном документе, соответствуют обще-

принятым сокращениям и символам, используемым специалистами в химических областях. Используются следующие сокращения:

AcOH	уксусная кислота
Ac ₂ O	уксусная ангидрид
AIBN	2-2'-азобутиронитрил
BOC	N- <i>трет</i> -бутоксикарбонил
BOC ангидрид	ди- <i>трет</i> -бутилдикарбонат
B ₂ pin ₂	бис(пинаcolato)дибор дибор, также известный как 4,4,4',5,5,5'-октаметил-2,2'-би(1,3,2-диоксаборолан)
Celite®	фильтрующий слой, состоящий из промытого кислотой диатомитового диоксида кремния (торговая марка корпорации Manville Corp, Denver, Colorado)
CTAB	бромид цетилтриметиламмония
DCM	дихлорметан
DIAD	диизопропилазодикарбоксилат
DIBAL-H	гидрид диизобутилалюминия
DME	диметоксиэтан
DCE	дихлорэтан
DMF	диметилформамид
DMSO-d ₆	дейтерированный диметилсульфоксид
DMSO	диметилсульфоксид
ЭРИ	электрораспылительная ионизация
ЭРИ MS	масс-спектрометрия с распылительной ионизацией
Et ₂ O	диэтиловый эфир
EtOH	этанол
EtOAc, EA	этилацетат
ч	часы
ВЭЖХ	высокоэффективная жидкостная хроматография
KOAc	ацетат калия
ЖХ/МС	жидкостная хроматография/масс-спектрометрия
mCPBA	мета-хлорпербензойная кислота
MeNO ₂	нитрометан
MeOH	метанол
NBS	N-бромсукцинимид
NCS	N-хлорсукцинимид
NIS	N-йодсукцинимид
NXS	N-галогенсукцинимид
NaBH(OAc) ₃	триацетоксидборгидрид натрия
ЯМР	спектроскопия ядерного магнитного резонанса
PE	петролейный эфир
PPh ₃	трифенилфосфин
кт или к т	комнатная температура
RT	время удерживания
SFC	суперкритическая флюидная хроматография
t-BuOMe	метил- <i>трет</i> -бутиловый эфир
TFA	трифторуксусная кислота
THF	тетрагидрофуран
УФ	ультрафиолетовое излучение

Примеры

Приведенные ниже примеры иллюстрируют изобретение. Эти примеры не предназначены для ограничения объема изобретения, но дают руководство специалистам по получению и использованию соединений, композиций и способов по изобретению. Несмотря на то, что описаны конкретные воплощения изобретения, специалисту будет понятно, что могут быть произведены различные изменения и модификации. Ссылки на получения, проведенные по аналогии с другими получениями или общим способом получения, могут охватывать вариации рутинных параметров, таких как время, температура, рабочие условия, незначительные изменения количеств реагентов и т.д.

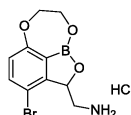
Регистрировали спектры протонного ядерного магнитного резонанса (¹H ЯМР), и химические сдви-

ги приведены в миллионных долях (δ) по нисходящей от внутреннего стандарта тетраметилсилана (TMS). Сокращения для ЯМР-данных следующие: s - синглет, d - дублет, t - триплет, q - квартет, m - мультиплет, dd - дублет дублетов, dt - дублет триплетов, app - видимый, br - уширенный. Масс-спектры получали с использованием методов электрораспылительной ионизации (ЭРИ). Все температуры приведены в градусах Цельсия.

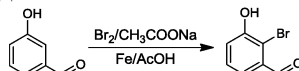
Реакции с участием гидридов металлов, включая гидрид лития, алюмогидрид лития, гидрид диизобутилалюминия, гидрид натрия, боргидрид натрия и триацетоксиборгидрид натрия, проводили в атмосфере аргона, если не указано иное.

Синтез.

Пример 1 (сравнительный). 3-Бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)-метанамина гидрохлорид (G1-Br)

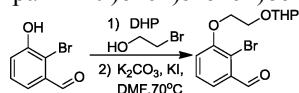


(a) 2-бром-3-гидроксibenзальдегид



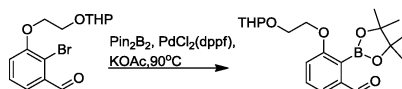
Суспензию 3-гидроксibenзальдегида (5 г, 40 ммоль), порошка железа (172 мг, 3 ммоль) и ацетата натрия (6,72 г, 80 ммоль) в уксусной кислоте (40 мл) нагревали до получения прозрачного раствора и затем охлаждали до комнатной температуры. В эту смесь по каплям добавляли раствор брома (7,2 г, 45 ммоль) в ледяной уксусной кислоте (10 мл) в течение 15 мин. После добавления реакционную смесь перемешивали в течение 2 ч и затем вливали в смесь лед-вода. Полученную смесь экстрагировали дихлорметаном (3×50 мл). Объединенные экстракты сушили над безводным Na_2SO_4 и концентрировали. Остаток подвергали перекристаллизации из дихлорметана с получением продукта (2,3 г, 28%). ^1H ЯМР (300 МГц, DMSO-d_6) δ 10.75 (s, 1H), 10.26 (s, 1H), 7.38-7.24 (m, 3H).

(b) 2-Бром-3-(2-((тетрагидро-2Н-пиран-2-ил)окси)этокси)бензальдегид



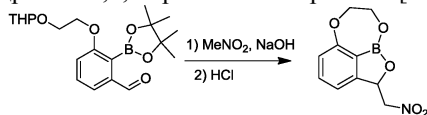
Дигидропиран (1,26 г, 15 ммоль) по каплям добавляли при 0°C к 2-бромэтанолу (1,875 г, 15 ммоль). Смесь перемешивали 30 мин при 0°C и затем 2 ч при кт. В эту смесь добавляли 2-бром-3-гидроксibenзальдегид (2 г, 10 ммоль), затем карбонат калия (1,518 г, 11 ммоль), йодид калия (332 мг, 2 ммоль) и сухой DMF (20 мл). Реакционную смесь перемешивали при 70°C в течение ночи. Раствор охлаждали до кт и разбавляли диэтиловым эфиром (100 мл). Неорганические соли удаляли фильтрованием и фильтрат разбавляли гексанами (100 мл). Органический слой промывали водой (50 мл×3) и затем концентрировали досуха при пониженном давлении. Остаток очищали колоночной хроматографией на силикагеле, используя этилацетат и петролейный эфир в качестве элюентов, с получением целевого соединения (3 г, 92%) в виде желтого масла. МС (ЭРИ) $m/z=351$ $[\text{M}+23]^+$, $\text{Rf}=0,7$ (PE:EA=3) ^1H ЯМР (300 МГц, DMSO-d_6) δ 10.29 (s, 1H), 7.50-7.41 (m, 3H), 4.75 (s, 1H), 4.31-4.28 (m, 2H), 4.00-3.94 (m, 1H), 3.82-3.75 (m, 2H), 3.47-3.43 (m, 1H), 1.73-1.50 (m, 6H).

(c) 3-(2-((Тетрагидро-2Н-пиран-2-ил)окси)этокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегид



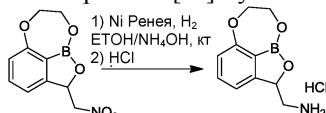
Раствор 2-бром-3-(2-(тетрагидро-2Н-пиран-2-илокси)этокси)бензальдегида (160 г, 0,49 моль), 4,4,4',4',5,5,5',5'-октаметил-2,2'-би-(1,3,2-диоксаборолана) (249 г, 0,98 моль), Pd(dppf)Cl_2 (20 г, 24,5 ммоль) и KOAc (144 г, 1,47 моль) в DMF (2,0 л) перемешивали при 90°C в течение ночи. Затем реакционную смесь обрабатывали водой (4 л) и затем экстрагировали EtOAc (3×1,5 л). Объединенные органические слои промывали рассолом (250 мл), сушили над безводным Na_2SO_4 и концентрировали досуха в вакууме. Остаток очищали колоночной хроматографией на силикагеле (петролейный эфир этилацетат=от 10:1 до 2:1) с получением целевого соединения в виде желтого масла (88 г, выход 48%) МС (ЭРИ) $m/z=317$ $[\text{M}+\text{H}]^+$, $\text{Rf}=0,4$ (PE:EA=3) ^1H ЯМР (300 МГц, DMSO-d_6) δ 9.88 (s, 1H), 7.60-7.51 (m, 2H), 7.31-7.28 (d, 1H), 4.64-4.63 (m, 1H), 4.16-4.13 (m, 2H), 4.00-3.94 (m, 1H), 3.82-3.75 (m, 2H), 3.47-3.43 (m, 1H), 1.73-1.50 (m, 6H), 1.29 (m, 12H).

(d) 2-(Нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен



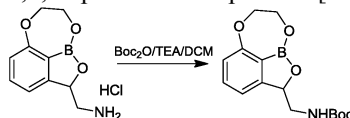
В раствор NaOH (4,8 г, 0,12 моль) в воде (100 мл) добавляли нитрометан (18,3 г, 0,3 моль) при 5-10°C. После перемешивания в течение 15 мин при 5-10°C в реакционную смесь добавляли бромид цетилтриметиламмония (СТАВ) (2,2 г, 6 ммоль) и затем добавляли 3-(2-(тетрагидро-2Н-пиран-2-илокси)этокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегид (45 г, 0,12 моль) при 5-10°C. Реакционную смесь перемешивали при кт в течение 5 ч. Реакционную смесь подкисляли до pH 1, используя разбавленную соляную кислоту, и перемешивали при кт в течение ночи. Реакционную смесь фильтровали с получением целевого соединения (14,5 г, 51%) в виде белого твердого вещества. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 7.50-7.45 (t, 1H), 7.16-7.13 (d, 1H), 6.91-6.88 (d, 1H), 5.91-5.88 (m, 1H), 5.37-5.31 (m, 1H), 4.69-4.61 (m, 2H), 4.41-4.14 (m, 3H).

(е) (7,8-Дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид



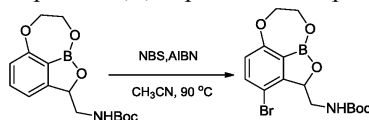
Раствор 2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулена (1,5 г, 6,4 ммоль), Ni Ренея (200 мг) и 2 М NH₃ в EtOH (5 мл) в этаноле (40 мл) встряхивали в атмосфере H₂ в течение 2 ч при кт. Смесь фильтровали через слой Celite, и фильтрат концентрировали в вакууме. Неочищенный амин растворяли в EtOH (20 мл) и сразу добавляли насыщенный раствор HCl (газ) в Et₂O (30 мл). Через 1 ч суспензию фильтровали и полученное твердое вещество промывали смесью ацетонитрил/гексаны (2:1, 2×20 мл) с получением соединения в виде белого твердого вещества (700 мг, 45%) МС (ЭРИ) m/z=206/224 [M+H]⁺.

(f) трет-Бутил-((7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамат



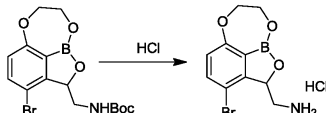
В смесь (7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорида (700 мг, 2,9 ммоль) и триэтиламина (878,7 мг, 8,7 ммоль) в дихлорметане (10 мл) при 0°C добавляли ди-трет-бутилдикарбонат (948 мг, 4,35 ммоль), и эту смесь перемешивали в течение 2 ч при комнатной температуре. Реакцию гасили насыщенным NaHCO₃ (15 мл) и полученную смесь экстрагировали EtOAc (3×20 мл). Объединенные органические слои сушили над безводным Na₂SO₄ и концентрировали в вакууме. Остаток очищали флэш-хроматографией, используя этилацетат и петролейный эфир в качестве элюентов с получением целевого продукта (500 мг, 56%) МС (ЭРИ) m/z=250 [M-56]⁺.

(g) трет-Бутил-((3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамат



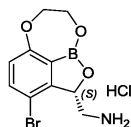
В раствор трет-бутил-((7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (0,5 мг, 1,64 ммоль) и NBS (354 мг, 2,0 ммоль) в ацетонитриле (15 мл) добавляли AIBN (27 мг) и эту смесь перемешивали в течение 1 ч при 90°C. Реакционную смесь затем концентрировали под вакуумом и остаток очищали препаративной ВЭЖХ с получением целевого продукта (300 мг, 50%). МС (ЭРИ) m/z=328/330 [M-56]⁺.

(h) Указанное в заголовке соединение



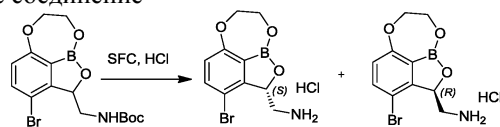
Смесь трет-бутил-((3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (0,2 г, 0,522 ммоль) в насыщенном растворе HCl (газ) в Et₂O (10 мл) перемешивали при кт в течение 1 ч и концентрировали досуха (температура водяной бани <30°C). Остаток растирали с ацетонитрилом (2×5 мл) и белое твердое вещество сушили под глубоким вакуумом с получением продукта (140 мг, 83%) в виде белого твердого вещества. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 8.36 (s, 3H), 7.64-7.61 (d, 1H), 6.93-6.90 (d, 1H), 5.51-5.49 (d, 1H), 4.69 (m, 1H), 4.36-4.23 (m, 3H), 3.62 (m, 1H), 3.05-3.01 (m, 1H). МС (ЭРИ) m/z=284/286 [M+H]⁺.

Пример 2 (сравнительный). (S)-(3-Бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G2-Br)



Способ А.

(а) Указанное в заголовке соединение



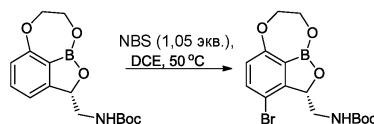
Рацемическое соединение трет-бутил-((3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]-азулен-2-ил)метил)карбамат (пример 1 (g)) разделяли суперкритической флюидной хроматографией (SFC) (хиральная колонка CHIRALCEL OJ-H, элюирование MeOH (15%) и CO₂ (85%)), и были получены два хиральных соединения (S)-трет-бутил-((3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат (изомер, элюирующийся вторым, RT=3,8 мин) и (R)-изомер трет-бутил-((3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат (изомер, элюирующийся первым, RT=3,3 мин). Каждое из этих хиральных соединений (1,2 г, 3,13 ммоль) в насыщенном растворе HCl (газ) в Et₂O (20 мл) перемешивали при комнатной температуре в течение 1 ч и концентрировали досуха (водяная баня <30°C). Остаток промывали ацетонитрилом (2×5 мл) и белое твердое вещество сушили под глубоким вакуумом с получением продукта (900 мг, 90%) в виде белого твердого вещества. МС (ЭРИ) m/z=284/286 [M+H]⁺.

(S)-(3-Бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 8.40 (s, 3H), 7.63-7.61 (d, 1H), 6.92-6.89 (d, 1H), 5.50-5.48 (d, 1H), 4.68 (m, 1H), 4.35-4.22 (m, 3H), 3.60 (m, 1H), 3.00 (m, 1H).

(R)-(3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 8.30 (s, 3H), 7.64-7.61 (d, 1H), 6.93-6.90 (d, 1H), 5.51-5.49 (d, 1H), 4.68 (m, 1H), 4.36-4.23 (m, 3H), 3.61 (m, 1H), 3.05-3.01 (m, 1H).

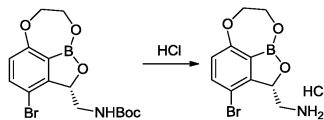
Способ В.

(а) (S)-трет-Бутил-((3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат



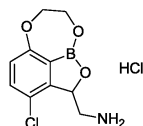
Смесь (S)-трет-бутил-((7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (110,0 г, 360,50 ммоль) (пример 4, способ В (ч)) и NBS (67,4 г, 378,53 ммоль) в DCE (1,1 л) нагревали при 50°C в течение 6 ч. Раствор промывали горячей водой (1 л) три раза и органический раствор концентрировали под вакуумом с получением целевого продукта (132,0 г, неочищенный) в виде желтой смолы (использовали на следующей стадии без очистки). ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) 7.57-7.55 (d, J=8 Гц, 1H), 6.96 (s, 1H), 6.85-6.83 (d, J=8 Гц, 1H), 5.25 (m, 1H), 4.71-4.69 (m, 1H), 4.34-4.07 (m, 3H), 3.76-3.69 (m, 1H), 3.17-3.16 (m, 1H), 1.33 (s, 9H). ЖХ/МС: [M-55]=327.8.

(b) Указанное в заголовке соединение

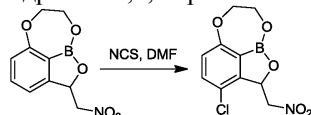


Раствор (S)-трет-бутил-((3-бром-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)-карбамата (130,0 г, неочищенный) и конц. HCl (100 мл) в 1,4-диоксане (500 мл) перемешивали при кт в течение 8 ч, выпавшее за это время в осадок бесцветное твердое вещество фильтровали и промывали 2-пропанолом (200 мл). Твердое вещество сушили под вакуумом при 50°C в течение 6 ч с получением гидрохлоридной соли целевого продукта (60,0 г, 51,9% суммарный выход за две стадии) в виде бесцветного твердого вещества. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) 8.45 (s, 3H), 7.64-7.62 (d, J=8, 1H), 6.92-6.90 (d, J=8, 1H), 5.52 (m, 1H), 4.69 (m, 1H), 4.37-4.15 (m, 3H), 3.74-3.50 (m, 1H), 3.05-2.95 (m, 1H). ¹³C ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) 161.80, 151.28, 137.57, 118.64, 107.18, 80.04, 73.86, 69.18, 41.88 ЖХ/МС: [M+1]⁺=283,9.

Пример 3. 3-Хлор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G3-Cl)



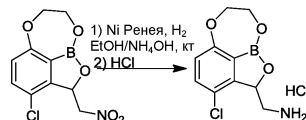
(а) 3-Хлор-2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен



В раствор 2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулена (29 г, 123,4

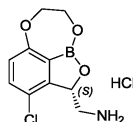
ммоль) (пример 1 (d)) в DMF (250 мл) при 80°C добавляли раствор NCS (16,5 г, 123,4 ммоль) в DMF (100 мл). Смесь перемешивали в течение 30 мин при 80°C. Реакционную смесь вливали в смесь лед-вода и экстрагировали EtOAc (200 мл×3). Объединенные органические слои промывали рассолом, сушили над Na₂SO₄, фильтровали и концентрировали при пониженном давлении. Остаток очищали перекристаллизацией из смеси петролейный эфир/этилацетат (10/1) с получением 24 г неочищенного продукта MC (ЭРИ) $m/z=270$ [M+H]⁺. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 7.52-7.49 (d, 1H), 6.99-6.96 (d, 1H), 5.96-5.93 (m, 1H), 5.42-5.30 (m, 1H), 4.80-4.61 (m, 2H), 4.43-4.17 (m, 3H).

(b) Указанное в заголовке соединение



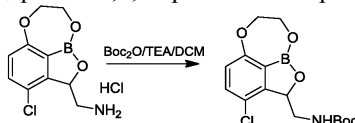
Раствор 3-хлор-2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулена (24 г, 89,22 ммоль), Ni Ренея (4,0 г) и 7М NH₃ в MeOH (20 мл) в метаноле (300 мл) встряхивали в атмосфере H₂ в течение 2 ч при кт. Смесь фильтровали через слой Celite и фильтрат концентрировали под вакуумом. Неочищенный амин растворяли в MeOH (20 мл) и добавляли концентрированную HCl (5 мл). Полученную смесь перемешивали при кт в течение 1 ч и затем концентрировали при пониженном давлении. Полученное твердое вещество промывали смесью ацетонитрил/гексаны (2/1, 2×200 мл) с получением целевого продукта (12 г, 50%) в виде белого твердого вещества. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 8.19 (s, 3H), 7.51-7.48 (d, 1H), 6.99-6.96 (d, 1H), 5.56-5.54 (d, 1H), 4.69 (m, 1H), 4.36-4.23 (m, 3H), 3.58 (m, 1H), 3.05-3.01 (m, 1H). MC (ЭРИ) $m/z=240$ [M+H]⁺.

Пример 4-I. (S)-(3-Хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G4-Cl)



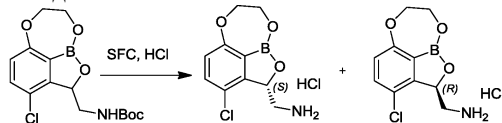
Способ А.

(a) трет-Бутил-((3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат



В смесь (3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорида (8,0 г, 33,7 ммоль) (пример 3 (b)) и триэтиламина (10,2 г, 101,2 ммоль) в дихлорметане (250 мл) при 0°C добавляли ди-трет-бутилдикarbonат (11 г, 50,6 ммоль) и эту смесь перемешивали в течение 2 ч при кт. Реакцию гасили насыщенным раствором NaHCO₃ (150 мл) и полученную смесь экстрагировали EtOAc (2×200 мл). Объединенные органические слои сушили над безводным Na₂SO₄ и концентрировали под вакуумом. Остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Daisogel 10μ C18 (250×50 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA), с получением целевого продукта (4,6 г, 47%). MC (ЭРИ) $m/z=284$ [M-56]⁺.

(b) Указанное в заголовке соединение



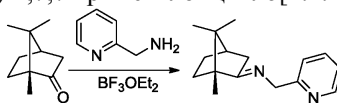
Рацемическое соединение трет-бутил-((3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат разделяли посредством SFC (хиральная колонка CHIRALCEL OJ-H), элюировали EtOH (15%) и CO₂ (85%) и получили два хиральных соединения (S)-трет-бутил-((3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат (изомер, элюирующийся вторым, RT=2,9 мин) и (R)-трет-бутил-((3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат (изомер, элюирующийся первым, RT=2,6 мин). Каждое из этих хиральных соединений (4,6 г, 13,6 ммоль) перемешивали при кт в 80 мл насыщенного раствора HCl (газ) в Et₂O в течение 1 ч и концентрировали досуха (температура водяной бани <30°C). Остаток растирали с ацетонитрилом (2×5 мл) и белое твердое вещество сушили под глубоким вакуумом с получением двух продуктов, (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорида (1,2 г) и (R)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорида (2,3 г) соответственно в виде белых твердых веществ. MC (ЭРИ) $m/z=240$ [M+H]⁺.

(S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 8.30 (s, 3H), 7.51-7.48 (d, 1H), 6.99-6.96 (d, 1H), 5.59-5.57 (d, 1H), 4.68 (m, 1H), 4.36-4.23 (m, 3H), 3.58 (s, 1H), 3.03-2.99 (m, 1H).

G4-CL-(R) (R)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид. ^1H ЯМР (300 МГц, DMSO-d_6) δ 8.28 (s, 3H), 7.51-7.48 (d, 1H), 6.99-6.96 (d, 1H), 5.58-5.56 (d, 1H), 4.69 (m, 1H), 4.36-4.23 (m, 3H), 3.59 (m, 1H), 3.05-3.01 (m, 1H).

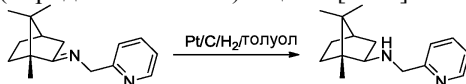
Способ В.

(a) (Z)-1-(Пиридин-2-ил)-N-((1R)-1,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гептан-2-илиден)метанамин



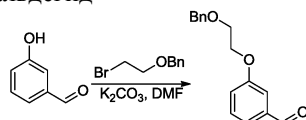
Смесь (+)-камфары (371 г, 2,44 моль), пиридин-2-илметанамина (277 г, 2,56 моль) и $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ (17 г, 0,12 моль) в толуоле (3,7 л) загружали в 5-литровую круглодонную колбу, оснащенную ловушкой Дина-Старка, дефлегматором, термометром и входом для азота. Смесь нагревали до образования флегмы с азеотропным удалением воды в течение 20 ч. Смесь охлаждали до 15°C и гасили 5%-ным водным раствором бикарбоната натрия (2,5 л), органическую фазу отделяли и промывали водой (1,25 л $\times$ 2), затем смесь концентрировали до 2 л под вакуумом. Остаток использовали на следующей стадии без очистки. ^1H ЯМР (400 МГц, DMSO-d_6) 8.47-8.48 (d, $J=4.4$ Гц, 1H), 8.77-8.74 (t, $J=7.6$ Гц, 1H), 7.43-7.41 (d, $J=8.0$ Гц, 1H), 7.25-7.22 (dd, $J=4.8$ Гц, 1H), 4.49-4.38 (dd, $J=16.4$ Гц, 2H), 2.46-2.42 (m, 1H), 1.97-1.93 (m, 2H), 1.84-1.79 (m, 1H), 1.71-1.64 (m, 1H), 1.33-1.22 (m, 2H), 0.93 (s, 3H), 0.92 (s, 3H), 0.73 (s, 3H) ЖХ/МС: $[\text{M}+\text{H}]^+=243$.

(b) (1R)-1,7,7-триметил-N-(пиридин-2-илметил)бицикло[2.2.1]гептан-2-амин



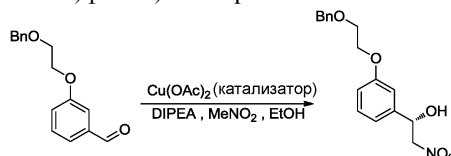
5% Pt/C (40 г) загружали в 5-литровый сосуд для работы под давлением, затем загружали раствор (Z)-1-(пиридин-2-ил)-N-((1R)-1,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гептан-2-илиден)метанамина (2,44 моль) в толуоле (2 л). В сосуд нагнетали водород под давлением 100 фунт/кв дюйм (690 кПа) в течение периода времени 12 ч. Твердое вещество отфильтровывали через Celite® и остаток на фильтре промывали толуолом (1 л). Фильтрат концентрировали под вакуумом с получением целевого продукта (получили 435 г, суммарный выход 73% за две стадии) в виде бледно-желтого масла. ^1H ЯМР (400 МГц, DMSO-d_6) 8.49-8.48 (d, $J=4.8$ Гц, 1H), 7.75-7.71 (t, $J=7.6$ Гц, 1H), 7.40-7.38 (d, $J=7.6$ Гц, 1H), 7.24-7.21 (dd, $J=5.2$ Гц, 1H), 3.79-3.64 (dd, $J=14.4$ Гц, 2H), 2.53-2.49 (m, 1H), 1.99 (s, 1H), 1.68-1.42 (m, 5H), 1.05 (s, 3H), 0.87 (s, 3H), 0.78 (s, 3H). ЖХ/МС: $[\text{M}+\text{H}]^+=245$.

(c) 3-(2-(Бензилокси)этокси)бензальдегид



В раствор 3-гидроксibenзальдегида (2,90 кг, 23,75 моль) и ((2-бромэтокси)метил)бензола (4,26 кг, 19,79 моль) в DMF (9,3 л) добавляли K_2CO_3 (3,83 кг, 27,70 моль). Реакционную смесь перемешивали при кт в течение 24 ч. В реакционную смесь добавляли воду (15 л) и трет-бутил-метилловый эфир (23 л). Органическую фазу отделяли и промывали последовательно 1 н NaOH (2 $\times$ 15 л) и водой (15 л), а затем концентрировали до минимума. Добавляли этанол (23 л) и раствор концентрировали под вакуумом с получением целевого продукта (4,7 кг, 93%) в виде бесцветного масла. ^1H ЯМР (400 МГц, DMSO-d_6) 9.98 (s, 1H), 7.55-7.52 (m, 2H), 7.46 (s, 1H), 7.36-7.34 (m, 4H), 7.32-7.26 (m, 2H), 4.57 (s, 2H), 4.25-4.22 (t, $J=4.4$ Гц, 2H), 3.80-3.78 (t, $J=4.4$ Гц, 2H). ЖХ/МС: $[\text{M}+\text{Na}]^+=279$.

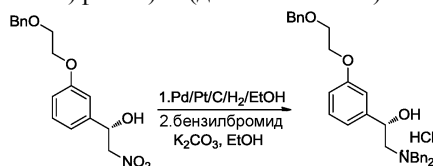
(d) (S)-1-(3-(2-(бензилокси)этокси)фенил)-2-нитроэтанол



Смесь ацетата меди(II) (167 г, 0,92 моль), (1R)-1,7,7-триметил-N-(пиридин-2-илметил)бицикло[2.2.1]гептан-2-амина (269 г, 1,10 моль) в этаноле (19 л) перемешивали при кт в течение 1 ч, затем добавляли раствор 3-(2-(бензилокси)этокси)бензальдегида (4,70 кг, 18,34 моль) в этаноле (5 л). Реакционную смесь охлаждали до температуры в диапазоне от -30 до -40°C и затем по каплям добавляли нитрометан (9,9 л, 183,40 моль), поддерживая температуру ниже -30°C , после чего добавляли диизопропилэтиламин (285 г, 2,20 моль). Реакционную смесь перемешивали при -30°C в течение 24 ч и затем гасили трифторуксусной кислотой (314 г, 2,75 моль). В полученный раствор добавляли 1 н HCl (24 л) и ТВМЕ (47 л). Выделенную органическую фазу промывали водой (24 л) и затем концентрировали под вакуумом. Остаток добавляли в смесь петролейный эфир/этилацетат=5:1 (10 л). Затем выпавшее в осадок желтое твердое вещество собирали фильтрованием с использованием воронки Бюхнера и сушили под вакуумом при 40°C в течение 6 ч с получением целевого продукта (5,00 кг, 86%) в виде белого твердого

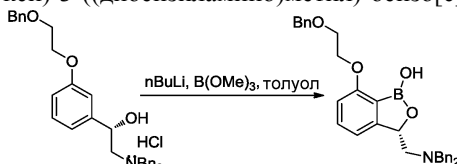
вещества. ^1H ЯМР (400 МГц, DMSO-d_6) 7.38-7.25 (m, 6H), 7.03 (s, 1H), 7.01-6.99 (d, $J=7.6$ Гц, 1H), 6.90-6.87 (dd, $J=8.0$ Гц, 1H), 6.09-6.08 (d, $J=5.2$ Гц, 1H), 5.26-5.22 (m, 1H), 4.86-4.82 (dd, $J=12.4$ Гц, 1H), 4.57-4.51 (m, 3H), 4.15-4.13 (m, 2H), 3.78-3.76 (t, $J=4.8$ Гц, 2H). ЖХ/МС: $[\text{M}+\text{Na}]^+=340$.

(е) (S)-1-(3-(2-(бензилокси)этокси)фенил)-2-(дибензиламино)этанол гидрохлорид



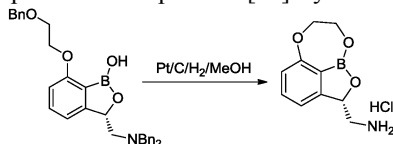
10% Pd/C (800 г) и 10% Pt/C (200 г) загружали в сосуд для работы под давлением, затем загружали раствор (S)-1-(3-(2-(бензилокси)этокси)фенил)-2-нитроэтанол (5,00 кг, 15,76 моль) в этаноле (50 л). В сосуд нагнетали водород под давлением 100 фунт/кв дюйм (690 кПа) в течение периода времени 12 ч при кт. Твердое вещество отфильтровывали через Celite® и остаток на фильтре промывали этанолом (5 л). В фильтрат последовательно добавляли K_2CO_3 (4,80 кг, 34,67 моль) и бензилбромид (5,93 кг, 34,67 моль). Реакционную смесь перемешивали при кт в течение 24 ч. Твердое вещество отфильтровывали и промывали этанолом (1 л). Фильтрат разбавляли водой (20 л) и затем нагревали до 50°C. Раствор перемешивали при 50°C в течение 30 мин и затем по каплям добавляли конц. HCl (1,5 л) в течение 1 ч. Смесь охлаждали до 0°C и выдерживали при 0°C в течение еще 30 мин. Продукт фильтровали и промывали 20%-ным водным раствором этанола (1 л) с получением гидрохлоридной соли целевого продукта (5,00 кг, 63% за две стадии) в виде бесцветного твердого вещества. ^1H ЯМР (400 МГц, DMSO-d_6) 10.67 (s, 1H), 7.72-7.68 (m, 4H), 7.47-7.45 (m, 6H), 7.38-7.26 (m, 5H), 7.25-7.21 (t, $J=7.6$ Гц, 1H), 6.86-6.84 (d, $J=8.0$ Гц, 1H), 6.77 (s, 1H), 6.77-6.75 (d, $J=7.2$ Гц, 1H), 6.36 (s, 1H), 5.04-5.02 (d, $J=9.2$ Гц, 1H), 4.58 (s, 2H), 4.51-4.38 (m, 4H), 4.09-4.07 (t, $J=4.0$ Гц, 2H), 3.77-3.75 (t, $J=3.2$ Гц, 2H), 3.13-2.96 (m, 2H). ЖХ/МС: $[\text{M}+\text{H}]^+=468$.

(f) (S)-7-(2-(бензилокси)этокси)-3-((дибензиламино)метил)-бензо[с][1,2]оксаборол-1(3H)-ол



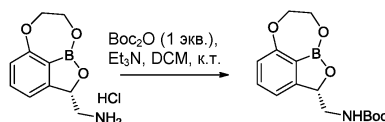
В раствор (S)-1-(3-(2-(бензилокси)этокси)фенил)-2-(дибензиламино)этанол гидрохлорида (3,85 кг, 7,64 моль) в сухом толуоле (39 л) при -30°C в атмосфере N_2 по каплям добавляли n-BuLi (15,3 л, 38,20 моль) в течение 6 ч. После добавления смесь перемешивали при -30°C в течение еще 1 ч и затем охлаждали до -70°C. По каплям добавляли триметилборат (3,97 кг, 38,20 моль), поддерживая температуру ниже -60°C. После добавления реакцию смесь оставляли нагреваться до кт и перемешивали в течение ночи. Реакционную смесь гасили 5%-ным водным раствором NaHCO_3 (20 л) и энергично перемешивали в течение 15 мин. Полученную суспензию фильтровали и фильтрат разделяли. Органический слой промывали водой (20 л×3) и концентрировали под вакуумом и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью петролейный эфир/этилацетат=5:1, с получением целевого продукта (1,80 кг, 48%) в виде желтого твердого вещества. ^1H ЯМР (400 МГц, DMSO-d_6) 8.81 (s, 1H), 7.39-7.22 (m, 16H), 6.82-6.80 (d, $J=7.6$ Гц, 1H), 6.72-6.70 (d, $J=7.6$ Гц, 1H), 5.34-5.31 (dd, $J=7.6$ Гц, 1H), 4.60 (s, 2H), 4.22-4.19 (t, $J=4.4$ Гц, 2H), 3.80-3.72 (m, 6H), 2.88-2.84 (dd, $J=13.6$ Гц, 1H), 2.47-2.45 (dd, $J=10$ Гц, 1H). ЖХ/МС: $[\text{M}+\text{H}]^+=494$.

(g) (S)-(7,8-Дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид



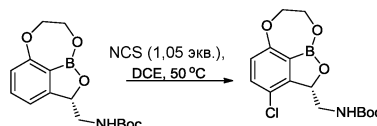
10% Pd/C (180 г) загружали в сосуд для работы под давлением, затем загружали раствор (S)-7-(2-(бензилокси)этокси)-3-((дибензиламино)метил)-бензо[с][1,2]-оксаборол-1(3H)-ола (1,80 кг, 3,65 моль) в метаноле (18 л), толуол (3,6 л) и 1 г HCl (4 л). В сосуд нагнетали водород под давлением 100 фунт/кв. дюйм в течение периода времени 12 ч при 50°C. Твердое вещество отфильтровывали через Celite и остаток на фильтре промывали метанолом (1 л). Фильтрат концентрировали под вакуумом, остаток обрабатывали 2-пропанолом (3,6 л) и перемешивали при кт в течение 30 мин. Полученное твердое вещество собирали фильтрованием, промывали 2-пропанолом (500 мл) и сушили под вакуумом при 50°C в течение 6 ч с получением целевого продукта (680 г, 77%) в виде бледно-желтого порошка. ^1H ЯМР (400 МГц, DMSO-d_6) 8.38 (s, 3H), 7.52-7.48 (t, $J=8.0$ Гц, 1H), 7.17-7.15 (d, $J=7.6$ Гц, 1H), 6.92-6.90 (d, $J=7.6$ Гц, 1H), 5.55 (m, 1H), 4.71-4.68 (m, 1H), 4.38-4.22 (m, 3H), 3.53-3.50 (m, 1H), 2.91-2.86 (m, 1H). ЖХ/МС: $[\text{M}+\text{H}]^+=206$.

(h) (S)-трет-бутил-((7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамат



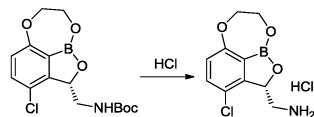
В раствор (S)-(7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорида (390 г, 1,62 моль) и Et₃N (163,4 г, 4,85 моль) в DCM (4 л) по каплям добавляли (Вос)₂O (353,0 г, 1,62 моль) в течение 2 ч при кт. После добавления реакционную смесь перемешивали при кт в течение еще 3 ч. Реакцию гасили 1 н HCl (4 л) и органическую фазу отделяли, промывали водой (4 л) и концентрировали под вакуумом с получением целевого продукта (460 г, 93%) в виде палево-белого твердого вещества. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) 7.46-7.42 (t, J=7.6 Гц, 1H), 7.07 (s, 1H), 7.02-7.00 (d, J=7.2 Гц, 1H), 6.87-6.85 (d, J=8.0 Гц, 1H), 5.27 (m, 1H), 4.68-4.65 (m, 1H), 4.34-4.18 (m, 3H), 3.41 (s, 1H), 3.14-3.08 (m, 1H), 1.38 (s, 9H). ЖХ/МС: [M-55]=250.

(i) (S)-трет-бутил-((3-хлор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамат



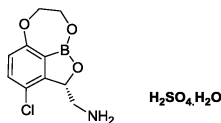
Смесь (S)-трет-бутил-((7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (315,0 г, 1,03 моль) и NCS (144,5 г, 1,08 моль) в дихлорэтане (3,5 л) нагревали при 50°C в течение 24 ч. Раствор промывали горячей водой (50°C, 4 лх3) и органическую фазу концентрировали под вакуумом с получением целевого продукта (400,0 г, неочищенный) в виде желтого твердого вещества, которое использовали на следующей стадии без дополнительной очистки. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) 7.44-7.42 (d, J=8.4 Гц, 1H), 6.99 (s, 1H), 6.91-6.89 (d, J=8.4 Гц, 1H), 5.33 (m, 1H), 4.72-4.69 (m, 1H), 4.35-4.19 (m, 3H), 3.73-3.71 (m, 1H), 3.17-3.15 (m, 1H), 1.33 (s, 9H). ЖХ/МС: [M-55]=284.

(j) Указанное в заголовке соединение



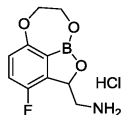
Раствор (S)-трет-бутил-((3-хлор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (400,0 г, неочищенный) и конц. HCl (500 мл) в 1,4-диоксане (2 л) перемешивали при кт в течение 8 ч, выпавшее за это время в осадок бесцветное твердое вещество собирали и промывали 2-пропанолом (200 мл). Твердое вещество подвергали перекристаллизации из H₂O и диоксана (400 мл/2000 мл) с получением гидрохлоридной соли целевого продукта (110,0 г, 39% за две стадии). ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) 8.48-8.35 (br, 3H), 7.52-7.50 (d, J=8.8 Гц, 1H), 7.00-6.97 (d, J=8.4 Гц, 1H), 5.60 (m, 1H), 4.71 (m, 1H), 4.38-4.21 (m, 3H), 3.64-3.55 (m, 1H), 3.04-2.99 (m, 1H). ¹³C ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) 161.22, 149.15, 134.61, 119.35, 118.31, 79.14, 73.92, 69.22, 41.88. ЖХ/МС: [M+H]⁺=240.

Пример 4-II. (S)-(3-Хлор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина дигидросульфат·H₂O (G4-CL)

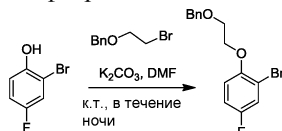


Смесь (S)-трет-бутил-((7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (13,25 кг) и NCS (8,75 кг) в дихлорэтане (132,5 л) нагревали при 70°C до завершения реакции по результатам ВЭЖХ. Смесь концентрировали при пониженном давлении, охлаждали до 25°C и добавляли ацетон (106 л). Суспензию фильтровали, промывая ацетоном (26,5 л). Мокрый остаток на фильтре суспендировали в воде (13,25 л) и 1,4-диоксане (66,25 л), нагревали до 50°C в течение 20-30 мин, охлаждали до 15°C, фильтровали и остаток на фильтре промывали 1,4-диоксаном (26,5 л). Мокрый остаток на фильтре растворяли в метаноле (68,9 л), фильтровали и фильтрат концентрировали при пониженном давлении. К остатку добавляли метил-трет-бутиловый эфир (66,25 л) и смесь концентрировали при пониженном давлении. Добавляли метил-трет-бутиловый эфир (78,7 л), изопропанол (8,7 л) и серную кислоту (4,6 л), смесь нагревали до 50°C и перемешивали до содержания сульфата 24,32-29,72%. Смесь охлаждали до 25°C, перемешивали в течение 1 ч, фильтровали и остаток на фильтре промывали метил-трет-бутиловым эфиром (17,5 л) и сушили с получением целевого продукта (42%).

Пример 5 (сравнительный). (3-Фтор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G5-F)

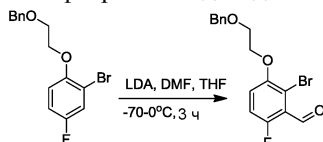


(a) 1-(2-(бензилокси)этокси)-2-бром-4-фторбензол



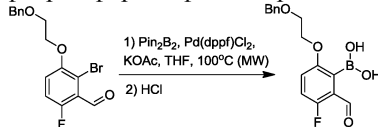
Раствор 2-бром-4-фторфенола (1,91 г, 10 ммоль), ((2-бромэтокси)метил)бензола (2,6 г, 12 ммоль) и K_2CO_3 (2,76 г, 20 ммоль) в 40 мл DMF перемешивали при 25°C в течение 16 ч. Затем смесь вливали в 300 мл воды, экстрагировали этилацетатом (200 мл), промывали водой (200 мл) и рассолом (100 мл) и сушили над безводным сульфатом натрия. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:5), с получением продукта (3,1 г, 95%) в виде бесцветного масла. 1H ЯМР (300 МГц, DMSO- d_6) δ 7.55 (dd, 1H), 7.36-7.15 (m, 7H), 4.60 (s, 2H), 4.22-4.19 (m, 2H), 3.80-3.77 (m, 2H).

(b) 3-(2-(бензилокси)этокси)-2-бром-6-фторбензальдегид



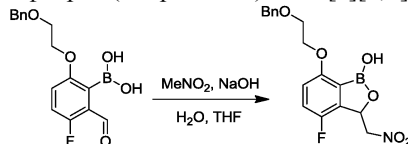
Раствор 1-(2-(бензилокси)этокси)-2-бром-4-фторбензола (1,6 г, 4,9 ммоль) в 30 мл THF охлаждали до -70°C и по каплям добавляли LDA (2,0 М в THF, 3,5 мл, 7 ммоль). Полученную смесь перемешивали в течение 2 ч при низкой температуре, после чего добавляли раствор DMF (1,1 г, 15 ммоль) в THF (3 мл). Смесь перемешивали в течение 1 ч и затем оставляли нагреваться до 0°C. Смесь гасили насыщенным водным раствором NH_4Cl и смесь экстрагировали этилацетатом (100 мл). Органический слой промывали водой (50 мл) и рассолом (50 мл) и сушили над безводным сульфатом натрия. Растворитель удаляли при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:3), с получением продукта (1,2 г, 69%) в виде бесцветного масла. 1H ЯМР (300 МГц, DMSO- d_6) δ 10.22 (s, 1H), 7.48-7.27 (m, 7H), 4.60 (s, 2H), 4.29-4.26 (m, 2H), 3.82-3.79 (m, 2H).

(c) 6-(2-(бензилокси)этокси)-3-фтор-2-формилфенилбороновая кислота



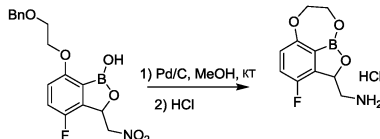
Раствор 3-(2-(бензилокси)этокси)-2-бром-6-фторбензальдегида (1 г, 2,8 ммоль), Pin_2B_2 (1 г, 4 ммоль), KOAc (0,56 г, 6 ммоль) и $Pd(dppf)Cl_2$ (0,05 г) в 30 мл THF дегазировали с использованием N_2 шесть раз. Затем смесь нагревали при 100°C (под действием микроволнового излучения) в течение 4 ч. Реакционную смесь охлаждали до комнатной температуры, фильтровали и концентрировали при пониженном давлении. Остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:5). Фракции объединяли и концентрировали при пониженном давлении. Остаток растворяли в THF (20 мл) и 6 н HCl (4 мл) и полученную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 1 ч. После экстрагирования этилацетатом (20 мл×3) объединенный органический слой концентрировали при пониженном давлении с получением неочищенного продукта (0,5 г, 56%). Его напрямую использовали на следующей стадии без дополнительной очистки. ЖХ/МС: 336,0 $[M+H_2O]^+$.

(d) 7-(2-(бензилокси)этокси)-4-фтор-3-(нитрометил)бензо[с][1,2]оксаборол-1(3H)-ол



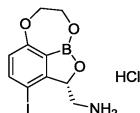
В перемешиваемый раствор 6-(2-(бензилокси)этокси)-3-фтор-2-формилфенилбороновой кислоты (0,5 г, 1,6 ммоль) и CH_3NO_2 (0,2 г, 3,5 ммоль) в 10 мл THF добавляли раствор NaOH (0,028 г, 0,7 ммоль) в 3 мл воды при комнатной температуре. Затем смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 16 ч и подкисляли конц. HCl до pH 1 при 0°C. Смесь экстрагировали этилацетатом (20 мл) и органический слой промывали водой (10 мл) и рассолом (10 мл), затем сушили над безводным сульфатом натрия. После удаления растворителя при пониженном давлении остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:10), с получением неочищенного продукта (0,5 г, 88%) в виде бесцветного масла. ЖХ/МС: 379,0 $[M+H_2O]^+$.

(e) Указанное в заголовке соединение

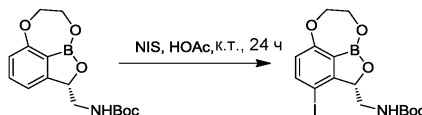


Раствор 7-(2-(бензилокси)этокси)-4-фтор-3-(нитрометил)бензо[с][1,2]-оксаборол-1(3H)-ола (0,5 г, 1,4 ммоль) и Pd/C (10%, 0,1 г) в 20 мл метанола гидрировали под давлением 1 атм H₂ при комнатной температуре в течение 48 ч. Затем его фильтровали через слой Celite и фильтрат концентрировали при пониженном давлении с получением масла. Неочищенный продукт очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Daisogel 10μ C18 (250×50 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA). Собранную фракцию концентрировали при пониженном давлении. Остаток растворяли в диэтиловом эфире (5 мл) и добавляли 2 н HCl (0,2 мл). Полученную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 1 ч. Твердое вещество собирали фильтрованием и промывали диэтиловым эфиром (10 мл) с получением указанного в заголовке соединения (0,035 г, 10%) в виде белого твердого вещества. ЖХ/МС: 223,9 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.22 (brs, 3H), 7.33 (t, 1H), 6.97 (dd, 1H), 5.68 (d, 1H), 4.69 (brs, 1H), 4.37-4.23 (m, 3H), 3.43-3.40 (m, 1H), 3.03 (t, 1H).

Пример 6 (сравнительный). (S)-(3-йод-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G6-I)

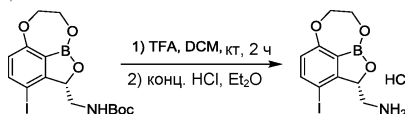


(a) (S)-трет-бутил-((3-йод-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)-карбамат



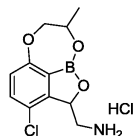
Раствор (S)-трет-бутил-((7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (300 мг, 0,98 ммоль) (пример 4, способ В (h)) и NIS (265 мг, 1,18 ммоль) в 6 мл AcOH перемешивали при комнатной температуре в течение 24 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении. Остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Daisogel 10μ C18 (250×50 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA), с получением продукта (200 мг, 47%) в виде светло-желтого масла. ЖХ/МС: 432 [M+H]⁺.

(b) Указанное в заголовке соединение

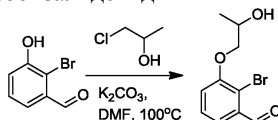


Раствор (S)-трет-бутил-((3-йод-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (140 мг, 0,32 ммоль) и TFA (0,5 мл) в 5 мл DCM перемешивали при комнатной температуре в течение 2 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении. Остаток растворяли в диэтиловом эфире (5 мл) и добавляли 2 н HCl в воде (0,2 мл). Полученную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 15 мин. Твердое вещество собирали фильтрованием и промывали диэтиловым эфиром (10 мл) с получением указанного в заголовке соединения (90 мг, 75%) в виде белого твердого вещества. ЖХ/МС: 332,0 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.47 (brs, 3H), 7.80 (d, 1H), 6.78 (d, 1H), 5.37 (m, 1H), 4.72-4.53 (m, 1H), 4.49-4.08 (m, 3H), 3.78-3.51 (m, 1H), 3.06-2.78 (m, 1H).

Пример 7 (сравнительный). (3-Хлор-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G7-Cl)

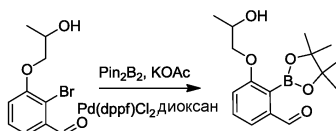


(a) 2-Бром-3-(2-гидроксипропокси)бензальдегид



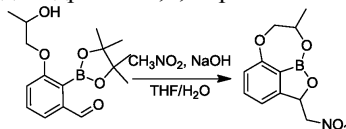
Раствор 2-бром-3-гидроксibenзальдегида (6,0 г, 29,85 ммоль), 1-хлорпропан-2-ола (8,46 г, 89,55 ммоль) и K₂CO₃ (8,24, 59,7 ммоль) в DMF (100 мл) перемешивали при 100°C в течение ночи. Затем реакционную смесь гасили добавлением воды (4 л) и затем экстрагировали EtOAc (3×1,5 л). Объединенные органические слои промывали рассолом (250 мл), сушили над безводным Na₂SO₄ и концентрировали досуха в вакууме. Остаток очищали колоночной хроматографией на силикагеле (петролейный эфир этилацетат=от 5:1 до 2:1) с получением целевого неочищенного соединения (8,77 г). МС (ЭРИ) m/z=259/261 [M+H]⁺.

(b) 3-(2-Гидроксипропокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегид



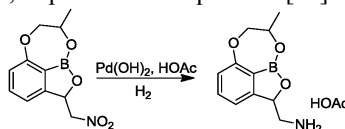
Раствор 2-бром-3-(2-гидроксипропокси)бензальдегида (8,77 г, 34 ммоль) 4,4,4',5,5,5'-октаметил-2,2'-би-(1,3,2-диоксаборолана) (17,27 г, 68 ммоль), Pd(dppf)Cl₂ (2,49 г, 3,4 ммоль) и KOAc (9,99 г, 102 ммоль) в диоксане (200 мл) перемешивали при 100°C в течение ночи. Затем реакционную смесь гасили добавлением воды (200 мл) и затем экстрагировали EtOAc (3×200 мл). Объединенные органические слои промывали рассолом (250 мл), сушили над безводным Na₂SO₄ и концентрировали досуха в вакууме. Остаток очищали колоночной хроматографией на силикагеле (петролейный эфир этилацетат=от 5:1 до 1:1) с получением целевого неочищенного соединения (6 г). МС (ЭРИ) m/z=307 [M+H]⁺.

(с) 8-Метил-2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен



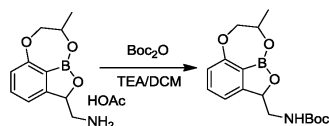
В раствор NaOH (261,4 мг, 6,54 ммоль) в воде (8 мл) добавляли нитрометан (1,2 г, 19,6 ммоль) при 5-10°C. После перемешивания в течение 15 мин при 5-10°C в реакционную смесь добавляли СТАВ (0,19 г, 0,52 ммоль) и затем добавляли 3-(2-гидроксипропокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегид (2,0 г, 6,54 ммоль) при 5-10°C. Реакционную смесь перемешивали при кт в течение 5 ч. Реакционную смесь подкисляли до pH 1, используя разбавленную соляную кислоту, и перемешивали при кт в течение ночи. Реакционную смесь фильтровали с получением целевого соединения (541 мг, 33%).

(d) (8-Метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина ацетат



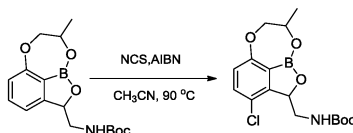
Раствор 8-метил-2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулена (541 мг, 2,173 ммоль) и гидроксида палладия (300 мг) в уксусной кислоте (10 мл) встряхивали в атмосфере H₂ в течение ночи при комнатной температуре. Смесь фильтровали через слой Celite и фильтрат концентрировали в вакууме с получением неочищенного соединения (350 мг). МС (ЭРИ) m/z=220 [M+H]⁺.

(е) трет-Бутил-((8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат



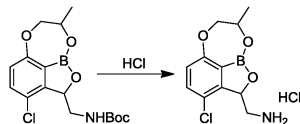
В смесь неочищенного соединения (8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина ацетата (3,0 г, 10,75 ммоль) и триэтиламина (6,5 г, 64,5 ммоль) в дихлорметане (100 мл) при 0°C добавляли ди-трет-бутидикарбонат (3,5 г, 16,13 ммоль) и смесь перемешивали в течение 2 ч при комнатной температуре. Реакцию гасили насыщенным NaHCO₃ (15 мл) и полученную смесь экстрагировали EtOAc (3×80 мл). Объединенные органические слои сушили над безводным Na₂SO₄ и концентрировали в вакууме. Остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Daisogel 10μ C18 (250×50 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05%TFA), с получением продукта (700 мг). МС (ЭРИ) m/z=264 [M-56]⁺. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 7.44-7.39 (m, 1H), 7.01-6.98 (m, 2H), 6.88-6.85 (m, 1H), 5.24 (m, 1H), 4.52-4.44 (m, 2H), 4.18-4.00 (m, 1H), 3.39-3.36 (m, 1H), 3.15-3.06 (m, 1H), 1.42-1.09 (m, 15H).

(f) трет-Бутил-((3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат



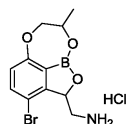
В раствор трет-бутил-((8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (300 мг, 0,94 ммоль) и 1-хлорпирролидин-2,5-диона (151,4 мг, 1,13 ммоль) в CH₃CN (20 мл) добавляли 2,2'-азобис-(2-метилпропионитрил) (15,4 мг, 0,094 ммоль) и смесь перемешивали в течение 2 ч при 90°C. Реакционную смесь затем концентрировали под глубоким вакуумом и остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Gemini® 5μ C18 (150×21,2 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA), с получением целевого продукта (150 мг, 45%). МС (ЭРИ) m/z=298 [M-56]⁺.

(g) Указанное в заголовке соединение

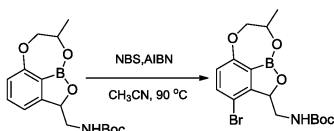


трет-Бутил-((3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)-карбамат (150 мг, 0,425 ммоль) в Et₂O/HCl и Et₂O (10 мл) перемешивали при комнатной температуре в течение 2 ч и концентрировали досуха (водяная баня <30°C). Остаток промывали ацетонитрилом (2×5 мл) и белое твердое вещество сушили в глубоком вакууме с получением продукта (120 мг, 97%) в виде белого твердого вещества. ¹H ЯМР (300 МГц, DMSO-d₆) δ 8.28 (s, 3H), 7.51-7.48 (d, 1H), 7.02-6.99 (d, 1H), 5.58-5.56 (d, 1H), 4.57 (m, 2H), 4.33-4.17 (m, 1H), 3.72-3.56 (m, 1H), 3.05-3.01 (m, 1H), 1.30-1.23 (m, 3H). МС (ЭРИ) m/z=254 [M+H]⁺.

Пример 8 (сравнительный). (3-Бром-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G8-Br)

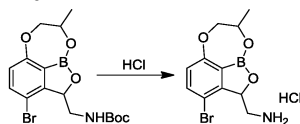


(a) трет-Бутил-((3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)-карбамат



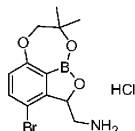
В раствор трет-бутил-((8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (180 мг, 0,564 ммоль) (пример 5 (e)) и 1-бромпиетролин-2,5-диона (120 мг, 0,677 ммоль) в CH₃CN (20 мл) добавляли 2,2'-азобис-(2-метилпропионитрил) (9,2 мг, 0,056 ммоль) и смесь перемешивали в течение 2 ч при 90°C. Реакционную смесь затем концентрировали в глубоком вакууме и остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Gemini® 5μ C18 (150×21,2 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA), с получением продукта (60 мг) МС (ЭРИ) m/z=342/344 [M-56]⁺.

(b) Указанное в заголовке соединение

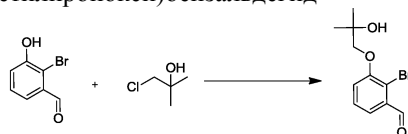


трет-Бутил-((3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо-[cd]азулен-2-ил)метил)-карбамат (60 мг, 0,15 ммоль) в насыщенном растворе HCl (газ) в Et₂O (10 мл) перемешивали при кт в течение 2 ч и концентрировали досуха (температура водяной бани <30°C). Остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Gemini® 5 μ C18 (150×21,2 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA), с получением продукта (20 мг) в виде белого твердого вещества. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.12 (br, 3H), 7.65 (m, 1H), 6.96 (m, 1H), 5.45 (m, 1H), 4.58 (m, 2H), 4.29-4.16 (m, 1H), 3.77-3.59 (m, 1H), 3.04 (m, 1H), 1.29-1.21 (d, 3H). МС (ЭРИ) m/z=298/300 [M+H]⁺.

Пример 9 (сравнительный). (3-Бром-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G9-Br)



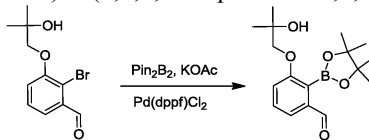
(a) 2-Бром-3-(2-гидрокси-2-метилпропокси)бензальдегид



Раствор 2-бром-3-гидроксибензальдегида (7,5 г, 37,3 ммоль), 1-хлор-2-метилпропан-2-ола (9,4 г, 85,6 ммоль) и Na₂CO₃ (6,7 г, 63,2 ммоль) в 70 мл DMSO перемешивали при 140°C в течение 3 ч. Затем смесь охлаждали до комнатной температуры, вливали в 300 мл воды, экстрагировали этилацетатом (600 мл), промывали водой (300 мл), рассолом (50 мл), сушили над безводным сульфатом натрия. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетата и петролейного эфира (1:3), с получением указанного в заголовке соедине-

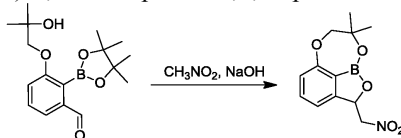
ния (9,2 г, 90,3%) в виде бесцветного масла. ^1H ЯМР (300 МГц, CDCl_3) δ 10.43 (s, 1H), 7.54 (dd, 1H, $J_1=3.0$, $J_2=7.5$), 7.40~7.34 (m, 1H), 7.54 (dd, 1H, $J_1=3$, $J_2=7.5$), 3.90 (s, 2H), 1.42 (s, 6H).

(b) 3-(2-Гидрокси-2-метилпропокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегид



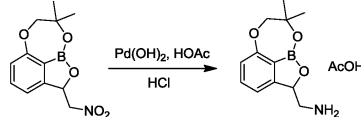
Раствор 2-бром-3-(2-гидрокси-2-метилпропокси)бензальдегида (9,2 г, 33,7 ммоль), Pin_2B_2 (17,1 г, 67,4 ммоль), KOAc (9,9 г, 101,1 ммоль) и $\text{Pd}(\text{dppf})\text{Cl}_2$ (2,5 г) в 240 мл 1,4-диоксана дегазировали N_2 шесть раз. Затем реакционную смесь перемешивали при 99°C в атмосфере азота в течение 16 ч. Реакционную смесь охлаждали, фильтровали, затем упаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетат и петролейный эфир (1:5), с получением указанного в заголовке соединения (10 г, неочищенный), содержащего де-Br побочный продукт (использовали напрямую на следующей стадии без дополнительной очистки).

(c) 8,8-Диметил-2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен



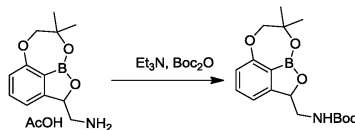
В перемешиваемый раствор 3-(2-гидрокси-2-метилпропокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегида (10 г, 31,3 ммоль) и CH_3NO_2 (5,7 г, 93,8 ммоль) в 100 мл THF добавляли раствор NaOH (1,25 г, 31,3 ммоль) в 60 мл воды при комнатной температуре. Затем реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 16 ч. Затем реакционную смесь подкисляли конц. HCl до pH 1 при 0°C и перемешивали при комнатной температуре в течение 1 ч. Смесь экстрагировали этилацетатом (100 мл), промывали водой (30 мл), затем рассолом (30 мл) и сушили над безводным сульфатом натрия. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетата и петролейного эфира (1:10), с получением указанного в заголовке соединения (3 г, 36,5%) в виде бесцветного масла.

(d) (8,8-Диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина ацетат



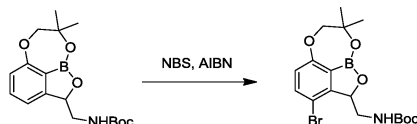
Раствор 8,8-диметил-2-(нитрометил)-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулена (1 г, 3,8 ммоль) и $\text{Pd}(\text{OH})_2$ (10%, 0,2 г) в 20 мл уксусной кислоты гидрировали при 1 атм H_2 при кт в течение 16 ч. Затем смесь фильтровали, и растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении с получением указанного в заголовке соединения (0,9 г, неочищенный) в виде масла (соль ацетат). ЖХ/МС: 234,1 $[\text{M}+\text{H}]^+$.

(e) трет-Бутил-((8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)-карбамат



В перемешиваемый раствор (8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина ацетата (0,7 г, 2,39 ммоль) в 70 мл CH_2Cl_2 , охлажденного до 0°C, добавляли Et_3N (0,61 г, 6,0 ммоль). Затем одной порцией добавляли Boc_2O (0,98 г, 4,5 ммоль) и реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 16 ч. Смесь промывали 0,3 н HCl (30 мл), водой (30 мл) и сушили над безводным сульфатом натрия. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетата и петролейного эфира (14), с получением указанного в заголовке соединения (0,63 г, 79%) в виде масла. ЖХ/МС: 234,1 $[\text{M}+\text{H}-100]^+$.

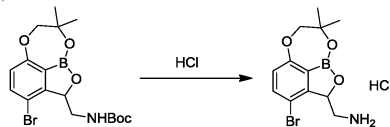
(f) трет-Бутил-((3-бром-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат



Раствор трет-бутил-((8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (232 г, 0,70 ммоль), NBS (143 мг, 0,80 ммоль) и AIBN (20 мг) в 30 мл ацетонитрила

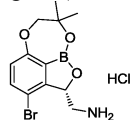
перемешивали при температуре дефлегмации в течение 1 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетата и петролейного эфира (1/4), с получением указанного в заголовке соединения (260 мг, 88,6%) в виде твердого вещества. ЖХ/МС: 312,0/314,0 [M+H-100]⁺.

(g) Указанное в заголовке соединение

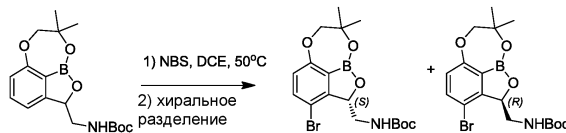


Раствор трет-бутил-((3-бром-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (260 мг, 0,63 ммоль) в насыщенном растворе HCl в 1,4-диоксане (20 мл) перемешивали при комнатной температуре в течение 3 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Gemini® 5μ C18 (150×21,2 мм), элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA) и обрабатывая 0,1 мл концентрированной HCl, с получением целевого продукта (20 мг, 9,1%) в виде белого твердого вещества. ЖХ/МС: 311,9 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, CD₃OD) δ 7.63 (d, 1H, J=8), 6.95 (d, 1H, J=8), 5.52-5.45 (m, 1H), 4.41 (d, 1H, J=12), 4.17 (d, 1H, J=16), 4.09~3.85 (m, 1H), 3.13-2.98 (m, 1H), 1.37-1.30 (m, 6H).

Пример 10 (сравнительный). (S)-(3-Бром-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G10-Br)



(a) (S)-трет-Бутил-((3-бром-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат



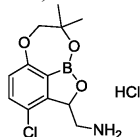
Раствор трет-бутил-((8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (5,5 г, 16,5 ммоль) (пример 9 (e)) и NBS (3,2 г, 18,2 ммоль) в 100 мл дихлорэтана перемешивали при 50°C в течение 18 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетата и петролейного эфира (1/10), с получением указанного в заголовке соединения (5,9 г, 86,5%) в виде масла. Рацемическое соединение разделяли посредством SFC (хиральная колонка CHIRALPAK AD-H, элюирование EtOH (20%) и CO₂ (80%)) с получением 2,2 г (S)-изомера (изомер, элюирующийся первым, RT=3,0 мин) и 2,2 г (R)-изомера (изомер, элюирующийся вторым, RT=4,1 мин). ЖХ/МС: 312,0/314,0 [M+H-100]⁺.

(b) Указанное в заголовке соединение



Сухой газ HCl барботировали через раствор (S)-трет-бутил-((3-бром-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (2,2 г, 5,34 ммоль) в диэтиловом эфире (150 мл) при комнатной температуре в течение 3 ч и смесь затем перемешивали в течение 18 ч. Раствор фильтровали и остаток на фильтре сушили в вакууме с получением (S)-изомера (1,4 г, 76%) в виде белого твердого вещества. ЖХ/МС 311,9 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.23 (brs, 3H), 7.64 (d, 1H, J=8), 6.96 (d, 1H, J=8), 5.48-5.46 (m, 1H), 4.43-4.40 (m, 1H), 4.21~4.10 (m, 1H), 3.75~3.55 (m, 1H), 3.05~2.95 (m, 1H), 1.36~1.27 (ds, 6H). Аналогично, в результате обработки кислотой (R)-трет-бутил-((3-бром-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата получили соответствующий (R)-изомер в виде белого твердого вещества (1,4 г, 76%). ЖХ/МС: 312,0 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.29 (brs, 3H), 7.65 (d, 1H, J=8), 6.96 (d, 1H, J=8), 5.48~5.46 (m, 1H), 4.42-4.39 (m, 1H), 4.22~4.10 (m, 1H), 3.75~3.50 (m, 1H), 3.03~2.93 (m, 1H), 1.36~1.27 (ds, 6H).

Пример 11 (сравнительный). (3-Хлор-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G11-Cl)



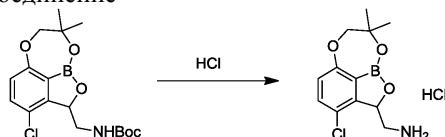
(a) трет-Бутил-((3-хлор-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-

ил)метил)карбамат



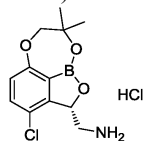
Раствор трет-бутил-((8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (519 мг, 1,56 ммоль) (пример 9 (е)), NCS (250 мг, 1,87 ммоль) и AIBN (30 мг) в 50 мл ацетонитрила перемешивали при температуре дефлегмации в течение 1 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетата и петролейного эфира (1:5), с получением целевого продукта (300 мг, 52,4%, содержащего 6-Cl изомер) в виде твердого вещества. ЖХ/МС: 268,1 [M+H-100]⁺.

(b) Указанное в заголовке соединение

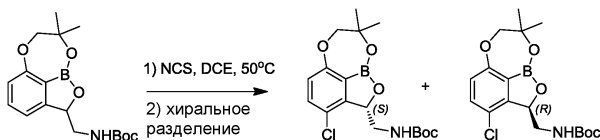


Раствор трет-бутил-((3-хлор-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (300 мг, 0,82 ммоль) в насыщенном растворе HCl в 1,4-диоксане (30 мл) перемешивали при комнатной температуре в течение 3 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Gemini® 5μ X18(150×21,2 мм), элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA), затем обрабатывали 0,1 мл конц. HCl с получением целевого продукта (94 мг, 37,9%) в виде белого твердого вещества. ЖХ/МС: 268,1 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.40 (brs, 3H), 7.52 (d, 1H, J=8), 7.02 (d, 1H, J=8), 5.60-5.58 (m, 1H), 4.42-4.38 (m, 1H), 4.23-4.07 (m, 1H), 3.67-3.57 (m, 1H), 3.02-2.92 (m, 1H), 1.36-1.27 (m, 6H).

Пример 12 (сравнительный). (S)-(3-Хлор-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина гидрохлорид (G12-Cl)



(a) (S)-трет-Бутил-((3-хлор-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат



Раствор трет-бутил-((8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (4,1 г, 12,3 ммоль) (пример 9 (е)) и NCS (1,73 г, 13 ммоль) в 100 мл дихлорэтана перемешивали при 50°C в течение 5 ч. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя смесью этилацетата и петролейного эфира (1:10), с получением указанного в заголовке соединения (2,6 г, 58%) в виде масла. Рацемическое соединение разделяли посредством SFC (хиральная колонка CHIRALPAK AD-H, элюирование EtOH (20%) и CO₂ (80%)) с получением 1,2 г (S)-изомера (изомер, элюирующийся первым, RT=2,6 мин) и 1,2 г (R)-изомера (изомер, элюирующийся вторым, RT=3,5 мин). ЖХ/МС: 268,0 [M+H-100]⁺.

(b) Указанное в заголовке соединение

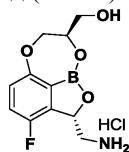


Сухой HCl барботировали через раствор (S)-трет-бутил-((3-хлор-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата (1,2 г, 3,27 ммоль) в диэтиловом эфире (150 мл) при комнатной температуре в течение 3 ч и смесь затем перемешивали в течение 18 ч. Растворитель фильтровали и остаток на фильтре сушили в вакууме с получением (S)-изомера (0,8 г, 80%) в виде белого твердого вещества. ЖХ/МС: 268 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.34 (brs, 3H), 7.52 (d, 1H, J=8), 7.02 (d, 1H, J=8), 5.58-5.56 (m, 1H), 4.42-4.39 (m, 1H), 4.22-4.07 (m, 1H), 3.67-3.53 (m, 1H), 3.03-2.95 (m, 1H), 1.36-1.27 (ds, 6H).

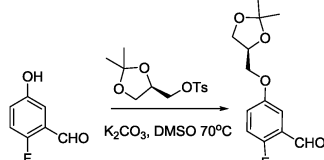
Аналогично, в результате обработки кислотой (R)-трет-бутил-((3-хлор-8,8-диметил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамата получили соответствующий (R)-изомер (G25-Cl(R)) в виде белого твердого вещества (1,2 г, 80%). ЖХ/МС: 268 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц,

DMSO- d_6) δ 8.33 (bs, 3H), 7.52 (d, 1H, $J=8$), 7.02 (d, 1H, $J=8$), 5.58 (m, 1H), 4.42-4.39 (m, 1H), 4.21-4.07 (m, 1H), 3.67-3.54 (m, 1H), 3.03-2.95 (m, 1H), 1.36-1.27 (ds, 6H).

Пример 13 (сравнительный). ((2S,8R)-2-(аминометил)-3-фтор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-8-ил)метанола гидрохлорид (C15-F)

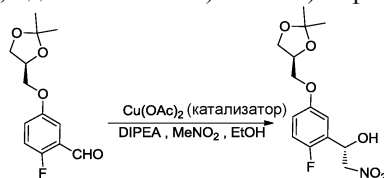


(a) (S)-5-((2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-фторбензальдегид



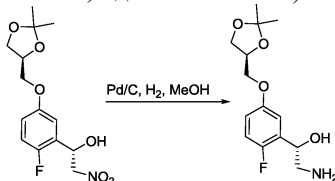
Раствор 2-фтор-5-гидроксibenзальдегида (1,9 г, 13,6 ммоль), (R)-(2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метил 4-метилбензолсульфоната (4,3 г, 15 ммоль) и K_2CO_3 (2,37 г, 17,2 ммоль) в 40 мл DMSO перемешивали при 70°C в течение 16 ч. Затем смесь вливали в 300 мл воды, экстрагировали этилацетатом (200 мл), промывали водой (200 мл) и рассолом (100 мл) и сушили над безводным сульфатом натрия. Растворитель выпаривали при 40°C при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:5), с получением продукта (2,9 г, 84%) в виде бесцветного масла. ЖХ/МС: 255,1 $[M+H]^+$. 1H ЯМР (300 МГц, CD_3OD) δ 10.30 (s, 1H), 7.31-7.28 (m, 1H), 7.16-7.05 (m, 2H), 4.49-4.45 (m, 1H), 4.18-3.85 (m, 4H), 1.45-1.40 (d, 6H).

(b) (S)-1-(5-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-фторфенил)-2-нитроэтанол



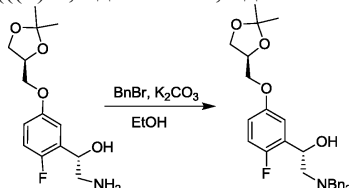
Смесь ацетата меди(II) (0,2 г, 1,1 ммоль), (1R)-1,7,7-триметил-N-(пиридин-2-илметил)бицикло[2.2.1]гептан-2-амин (0,3 г, 1,23 ммоль) (пример 4, способ В (b)) в этаноле (30 мл) перемешивали при кт в течение 1 ч, затем добавляли раствор (S)-5-((2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-фторбензальдегида (2,9 г, 11,4 ммоль) в этаноле (50 мл). Реакционную смесь охлаждали до температуры от -35 до -40°C и затем по каплям добавляли нитрометан (7 г, 115 ммоль), поддерживая температуру ниже -35°C, после чего добавляли диизопропилэтиламин (0,32 г, 2,50 ммоль). Реакционную смесь перемешивали при -35°C в течение 24 ч и затем гасили трифторуксусной кислотой (0,29 г, 2,5 ммоль). В полученный раствор добавляли EtOAc (200 мл). Выделенную органическую фазу промывали водой (200 мл) и затем концентрировали под вакуумом. Остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:10), с получением продукта (3,3 г, 92%) в виде бесцветного масла. ЖХ/МС: 316,1 $[M+H]^+$.

(c) (S)-2-Амино-1-(5-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-фторфенил)этанол



Раствор (S)-1-(5-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-фторфенил)-2-нитроэтанола (3,2 г, 10,2 ммоль) и Pd/C (10%, 0,5 г) в 70 мл метанола гидрировали под давлением H_2 1 атм при комнатной температуре в течение 48 ч. Затем его фильтровали через слой Celite и фильтрат концентрировали при пониженном давлении с получением неочищенного продукта (2,9 г, 100%) в виде бесцветного масла. Его напрямую использовали на следующей стадии без дополнительной очистки. ЖХ/МС: 286,2 $[M+H]^+$.

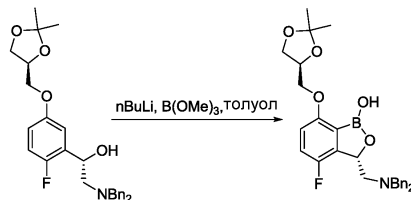
(d) (S)-2-(Дибензиламино)-1-(5-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-фторфенил)этанол



В перемешиваемый раствор (S)-2-амино-1-(5-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-

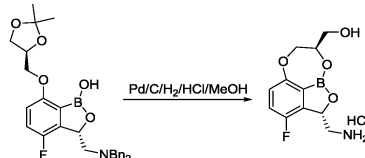
фторфенил)этанола (2,9 г, 10,2 ммоль) в 50 мл EtOH добавляли K_2CO_3 (2,8 г, 20,3 ммоль) и BnBr (3,6 г, 21 ммоль). Реакционную смесь перемешивали в течение ночи при комнатной температуре. Растворитель удаляли при пониженном давлении и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролевым эфиром (1:10), с получением продукта (3,8 г, 80%) в виде бесцветного масла. ЖХ/МС: 466,2 $[M+H]^+$.

(е) (S)-3-((Дибензиламино)метил)-7-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-4-фторбензо[с][1,2]оксаборол-1(3H)-ол



В раствор (S)-2-(дибензиламино)-1-(5-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-2-фторфенил)этанола (3,3 г, 7,1 ммоль) в сухом толуоле (40 мл) при -30°C в атмосфере N_2 по каплям добавляли $n\text{-BuLi}$ (2,5 М в гексане, 20 мл, 50 ммоль) в течение 30 мин. После добавления смесь перемешивали при 0°C в течение еще 2 ч и затем охлаждали до -70°C , по каплям добавляли триметилборат (5,2 г, 50 ммоль), поддерживая температуру ниже -50°C . После добавления реакционную смесь оставляли нагреваться до -40°C в течение 3 ч и затем нагревали до кт и перемешивали в течение ночи. Реакцию гасили 5%-ным водным раствором $NaHCO_3$ (20 мл) и энергично перемешивали в течение 15 мин. Полученную суспензию фильтровали и фильтрат разделяли. Органический слой промывали водой (20 мл $\times$ 3) и концентрировали в вакууме с получением неочищенного продукта (3 г, 86%) в виде желтого масла. ЖХ/МС: 492,2 $[M+1]^+$.

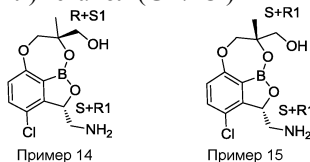
(f) Указанное в заголовке соединение



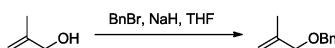
Раствор (S)-3-((дибензиламино)метил)-7-(((S)-2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил)метокси)-4-фторбензо[с][1,2]оксаборол-1(3H)-ола (3 г, 6,1 ммоль) и Pd/C (10%, 0,7 г) в 50 мл метанола с 2 мл конц. HCl гидрировали при 1 атм H_2 при комнатной температуре в течение 48 ч. Затем его фильтровали через слой Celite и фильтрат концентрировали при пониженном давлении с получением масла. Неочищенный продукт очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Daisogel 10 μ , C18 (250 $\times$ 50 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA). Собранную фракцию концентрировали при пониженном давлении. Остаток растворяли в диэтиловом эфире (30 мл) и насыщенном растворе HCl (г) в диэтиловом эфире (30 мл) и смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 1 ч. Твердое вещество собирали фильтрованием и промывали диэтиловым эфиром с получением указанного в заголовке соединения (0,4 г, 23%) в виде белого твердого вещества. ЖХ/МС: 254,2 $[M+H]^+$. 1H ЯМР (400 МГц, D_2O) δ 7.20-7.16 (m, 1H), 6.94-6.91 (m, 1H), 5.55-5.53 (m, 1H), 4.17-4.04 (m, 3H), 3.70-3.62 (m, 3H), 3.19-3.14 (m, 1H).

Пример 14 (сравнительный). ((2S, 8R или 2R, 8S)-2-(аминометил)-3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанол (C16-Cl).

Пример 15 (сравнительный). ((2S, 8S или 2R, 8R)-2-(аминометил)-3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанол (G17-Cl)



(a) ((2-Метилаллилокси)метил)бензол



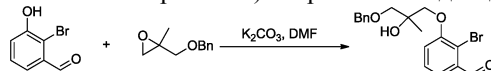
Раствор метилаллиспирта (80 г, 1,1 моль) в THF (100 мл) по каплям добавляли в суспензию NaH (66 г, 1,65 моль) в THF (800 мл) при 25°C в атмосфере аргона. Через 1 ч медленно добавляли раствор бензилбромид (207 г, 1,2 моль) в THF (100 мл) и реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 12 ч. Реакционную смесь гасили насыщенным раствором NH_4Cl (200 мл) и экстрагировали этилацетатом (3 $\times$ 200 мл). Объединенные органические слои промывали водой (100 мл) и рассолом (100 мл) и сушили над Na_2SO_4 . Растворитель удаляли при пониженном давлении. Остаток дистиллировали с получением целевого продукта (134 г, 74%) в виде бесцветного масла. 1H ЯМР (400 МГц, $CDCl_3$) δ 7.40-7.29 (m, 5H), 5.05 (s, 1H), 4.97 (s, 1H), 4.54 (s, 2H), 3.98 (s, 2H), 1.82 (s, 3H).

(2-(Бензилоксиметил)-2-метилоксиран



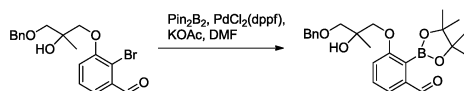
((2-Метилаллилокси)метил)бензол (41,5 г, 256 ммоль) растворяли в DCM (1200 мл) и охлаждали до 0°C. Добавляли m-CPBA (69,7 г, 384 ммоль) и смесь перемешивали в течение ночи при комнатной температуре в течение 12 ч. После отфильтровывания белого осадка фильтрат промывали насыщенным раствором Na₂CO₃ (200 мл), H₂O (200 мл) и рассолом. После удаления растворителя при пониженном давлении неочищенный остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:20), с получением чистого продукта (20 г, 44%) в виде бесцветного масла. ¹H ЯМР (400 МГц, CDCl₃) δ 7.40-7.29 (m, 5H), 4.60 (q, J=12.0 Гц, 2H), 3.61 (d, J=11.0 Гц, 1H), 3.48 (d, J=11.0 Гц, 1H), 2.78 (d, J=4.9 Гц, 1H), 2.66 (d, J=4.9 Гц, 1H), 1.43 (s, 3H).

3-(3-(Бензилокси)-2-гидрокси-2-метилпропокси)-2-бромбензальдегид



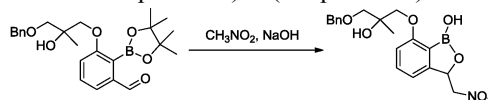
В раствор (2-(бензилоксиметил)-2-метилоксирана (26 г, 145,9 ммоль) в DMF (700 мл) добавляли K₂CO₃ (42 г, 304,3 ммоль), затем добавляли 2-бром-3-гидроксибензальдегид (30 г, 149,3 ммоль). Суспензию перемешивали при 90°C в течение 6 ч. Смесь, охлажденную до комнатной температуры, разбавляли рассолом и экстрагировали этилацетатом (200 мл×3). Органический растворитель удаляли под вакуумом, и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:20), с получением чистого продукта (27 г, 49%) в виде светло-желтого масла. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 10.29 (s, 1H), 7.512-7.41 (m, 3H), 7.31-7.23 (m, 5H), 4.91 (s, 1H), 4.53 (dd, J₁=12.4 Гц, J₂=17.2 Гц, 2H), 4.06 (d, J=9.2 Гц, 1H), 3.91 (d, J=9.2 Гц, 1H), 3.54 (d, J=9.3 Гц, 1H), 3.47 (d, J=9.3 Гц, 1H), 1.27 (s, 3H).

3-(3-(Бензилокси)-2-гидрокси-2-метилпропокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегид



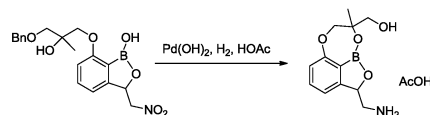
Раствор 3-(3-(бензилокси)-2-гидрокси-2-метилпропокси)-2-бромбензальдегида (21,3 г, 56,2 ммоль), Pin₂B₂ (28,6 г, 112,4 ммоль), KOAc (6,1 г, 61,9 ммоль), PdCl₂(dppf) DCM (1,23 г, 1,7 ммоль) в DMF (150 мл) дегазировали 3 раза азотом. Смесь нагревали при 90°C в течение 16 ч. После обработки реакционной смеси этилацетатом и рассолом остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:20), с получением целевого продукта (15,3 г, 64%) в виде светло-желтого масла. ЖХ/МС: 367,1 [344+Na]⁺.

(3-(Бензилокси)-2-гидрокси-2-метилпропокси)-3-(нитрометил)-бензо[с][1,2]оксаборол-1(3Н)-ол



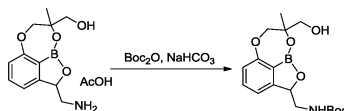
В охлажденный на льду раствор 3-(3-(бензилокси)-2-гидрокси-2-метилпропокси)-2-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)бензальдегида (18,8 г, 44,1 ммоль) в THF добавляли раствор NaOH (1,76 г, 44,1 ммоль) в воде (100 мл). После перемешивания в течение 15 мин добавляли CH₃NO₂ (3,3 г, 53 ммоль) и смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 15 ч. Реакционный раствор подкисляли AcOH до pH 3-5. Суспензию экстрагировали этилацетатом (50 мл×3). Объединенный органический слой выпаривали под вакуумом, и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:10), с получением чистого продукта (6,8 г, 40%) в виде бесцветного масла. ЖХ/МС: 386,0 [M-1]⁻.

(2-(Аминометил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанола ацетат



Pd(OH)₂/C (200 мг) добавляли в раствор 7-(3-(бензилокси)-2-гидрокси-2-метилпропокси)-3-(нитрометил)бензо[с][1,2]оксаборол-1(3Н)-ола (1 г, неочищенный) в AcOH (20 мл). Раствор дегазировали 3 раза H₂ и перемешивали при комнатной температуре в течение 12 ч. Реакционную смесь фильтровали через Celite и фильтрат концентрировали под вакуумом с получением неочищенного продукта (1 г, неочищенный) в виде желтого твердого вещества.

трет-Бутил-((8-(гидроксиметил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамат



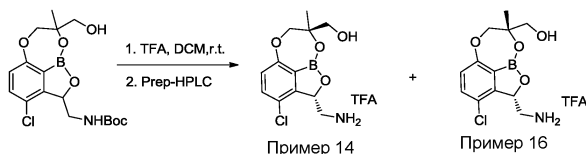
NaHCO₃ (437 мг, 5,2 ммоль) добавляли в раствор (2-(аминометил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанола ацетата (650 мг, 2,1 ммоль) в t-BuOH (10 мл) и H₂O (10 мл) при комнатной температуре. После перемешивания в течение 15 мин добавляли (Boc)₂O (854 мг, 3,9 ммоль), и реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 2 ч. Смесь подкисляли AcOH до pH 6-7 и экстрагировали DCM (30 мл×3). Объединенные органические слои упаривали под вакуумом и остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:3), с получением целевого продукта (400 мг, 55%) в виде (courses) масла. ЖХ/МС: 294,1 [M-55]⁺.

трет-Бутил-((3-хлор-8-(гидроксиметил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]-азулен-2-ил)метил)карбамат



В раствор трет-бутил-((8-(гидроксиметил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (200 мг, 0,57 ммоль) в ACN (10 мл) добавляли NCS (77 мг, 0,57 ммоль) и раствор перемешивали при 90°C в течение 16 ч. Реакционную смесь гасили раствором NH₄Cl и экстрагировали этилацетатом (20 мл×3). Органический слой промывали рассолом, сушили над Na₂SO₄ и концентрировали в вакууме. Неочищенный остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:3), с получением неочищенного продукта (240 мг, неочищенный) в виде желтого масла. ЖХ/МС: 284,1 [283+H]⁺.

Указанные в заголовке соединения

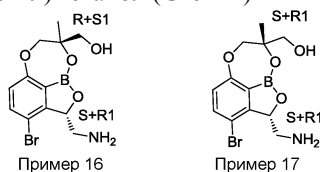


трет-Бутил-((3-хлор-8-(гидроксиметил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]-азулен-2-ил)метил)карбамат (240 мг, неочищенный) растворяли в растворе TFA (1 мл) в DCM (10 мл). Раствор перемешивали при комнатной температуре в течение 1 ч и затем концентрировали в вакууме. Неочищенный продукт очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Daisogel 10μ C18 (250×50 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA). Собранную фракцию концентрировали при пониженном давлении с получением указанных в заголовке соединений. ((2S, 8R или 2R, 8S)-2-(аминометил)-3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанол.

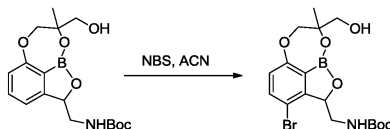
ЖХ/МС: 284,0 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.23 (s, 3H), 7.52 (d, J=8.6 Гц, 1H), 7.03 (d, J=8.5 Гц, 1H), 5.56 (dd, J=8.5, 2.1 Гц, 1H), 4.55 (s, 1H), 4.15 (s, 1H), 3.59 (s, 1H), 3.45 (s, 2H), 3.04 (s, 1H), 1.21 (s, 3H). ((2S, 8S или 2R, 8R)-2-(аминометил)-3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанол. ЖХ/МС: 284,1 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.12 (s, 2H), 7.51 (s, 1H), 7.02 (s, 1H), 5.55 (s, 1H), 4.54 (s, 1H), 4.24-3.92 (m, 1H), 3.78-3.29 (m, 3H), 3.02 (s, 1H), 1.25 (s, 3H).

Пример 16 (сравнительный). ((2S, 8R, или 2R, 8S)-2-(аминометил)-3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанол (C18-Br).

Пример 17 (сравнительный). ((2S, 8S, или 2R, 8R)-2-(аминометил)-3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-8-ил)метанол (G19-Br)

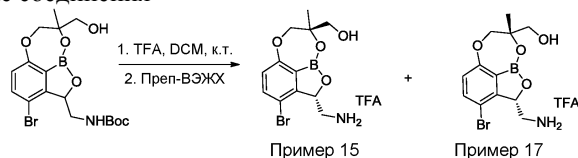


трет-Бутил-((3-бром-8-(гидроксиметил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]-азулен-2-ил)метил)карбамат



В раствор трет-бутил-((8-(гидроксиметил)-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-борабензо[сd]азулен-2-ил)метил)карбамата (200 мг, 0,57 ммоль) в ACN (10 мл) добавляли NBS (102 мг, 0,57 ммоль), и раствор перемешивали при 90°C в течение 1 ч. Реакционную смесь гасили раствором NH₄Cl и экстрагировали этилацетатом (20 мл×3). Органический слой промывали рассолом, сушили над Na₂SO₄ и концентрировали в вакууме. Неочищенный остаток очищали хроматографией на силикагеле, элюируя этилацетатом и петролейным эфиром (1:3), с получением продукта (230 мг, неочищенный) в виде палевого твердого вещества. ЖХ/МС: 328,1 [M-Boc+H]⁺.

Указанные в заголовке соединения



трет-Бутил-((3-бром-8-(гидроксиметил)-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метил)карбамат (230 мг, неочищенный) растворяли в растворе TFA (1 мл) в DCM (10 мл). Раствор перемешивали при комнатной температуре в течение 1 ч и затем концентрировали в вакууме. Неочищенный продукт очищали препаративной ВЭЖХ, используя колонку Daisogel 10μ C18 (250×50 мм) и элюируя градиентно смесью вода/ацетонитрил (0,05% TFA). Собранную фракцию концентрировали при пониженном давлении с получением указанных в заголовке соединений ((2S, 8R или 2R, 8S)-2-(аминометил)-3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-8-ил)метанол ЖХ/МС 328,0 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.10 (s, 3H), 7.65 (d, J= 8.3 Гц, 1H), 7.07-6.88 (m, 1H), 5.56-5.39 (m, 1H), 5.36-5.17 (m, 1H), 4.61-4.52 (m, 1H), 4.19-4.07 (m, 1H), 3.62 (d, J=11.9 Гц, 1H), 3.51-3.39 (m, 2H), 3.04 (s, 1H), 1.18 (s, 3H). ((2S, 8S, или 2R, 8R)-2-(аминометил)-3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-8-ил)метанол ЖХ/МС 328,0 [M+H]⁺. ¹H ЯМР (400 МГц, DMSO-d₆) δ 8.13 (s, 2H), 7.65 (s, 1H), 6.98 (s, 1H), 5.47 (s, 1H), 5.26-5.06 (m, 1H), 4.53 (s, 1H), 4.19-3.97 (m, 1H), 3.83-3.56 (m, 1H), 3.51-3.26 (m, 2H), 3.01-2.93 (m, 1H), 1.25 (s, 3H).

Анализы in vitro.

Пример 18. Определение MIC против микобактерий.

Измерение минимальной ингибирующей концентрации (MIC) против штаммов *M. tuberculosis* для каждого протестированного соединения осуществляли в 96-луночных полистирольных микротитровальных планшетах с плоским дном в конечном объеме 100 мкл. Выполняли десять двукратных разведений в неразбавленном DMSO, начиная при 50 мМ. Растворы лекарственных средств добавляли к среде Middlebrook 7H9 (Difco) и изониазид (INH) (Sigma Aldrich) использовали в качестве положительного контроля с 2-кратными разведениями INH, начиная при 160 мкг/мл. Инокулят стандартизировали до приблизительно 1×10^7 КОЕ/мл и разводили 1 к 100 в бульоне Middlebrook 7H9 (Difco). Этот инокулят (100 мкл) добавляли во все лунки планшета, но лунки G-12 и H-12 использовали в качестве слепых контролей. Все планшеты помещали в герметично закрытый бокс для предотвращения высыхания периферических лунок и инкубировали при 37°C без встряхивания в течение шести суток. Раствор резазурина подготавливали путем растворения одной таблетки резазурина (таблетки резазурина для тестирования молока, Ref 330884Y' VWR International Ltd) в 30 мл стерильного PBS (забуференный фосфатами физиологический раствор). По 25 мкл этого раствора добавляли в каждую лунку. Флуоресценцию измеряли (Spectramax M5 Molecular Devices, длина волны возбуждения 530 нм, длина волны эмиссии 590 нм) через 48 ч для определения значения MIC.

Пример 19. MIC против клинических штаммов.

Систему BACTEC MGIT 960 (Becton Dickinson) использовали для проведения определения MIC в клинических изолятах (Institute Carlos III), следуя инструкциям производителя. Паттерн устойчивости клинических изолятов указан следующими сокращениями: Н - изониазид, R - рифампицин, Т - этионамид, S - стрептомицин, Е - этамбутол, Z - пиразинамид, К - канамицин, А - амикацин и СР - капреомицин. Результаты для соединения примера 4 G4-Cl показаны в табл. 1А, 1В, 2А и 2В и на фиг. 3 и 4. Результаты для соединения примера 2 G2-Br показаны в табл. 2С и 2D и на фиг. 4.

Таблица 1

Значения MIC для соединения примера 4 G4-Cl, протестированного против чувствительных (А) и устойчивых (В) клинических изолятов *M. tuberculosis*

А														
Штамм	362	457	3	356	357	370	137	169	192	199	206	207	208	223
MIC (мкМ)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	231	237	247	248	249	250	253	255	256	257	261	265	269	281
MIC (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	292	296	311	314	316	317	322	323	324	326	327	328	329	332
MIC (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	333	337	358	361	371	385	391	424	440	442	460	481	716	729
MIC (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	730	731	733	734	736	737	52	267	374	274	325	705	161	
MIC (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16	0,16	0,16	0,31	

В

Штамм	1819	670	330	198	242	409	141	415	330
Устойчивость	HSRZ	HRZ	RSR	H	H	HR	HRT	HRT	HS
МИС (мкМ)	≤0,02	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	175	709	732	201	202	277	605	123	106
Устойчивость	S	S	S	HRE	S	H	HSERZ	HSERZ	HR
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16	0,16	0,16
Штамм	562	139	514	1672	167	254	297	192	CR
Устойчивость	HSERZ	HSERZK	HSRT	HSRZ	HSRZ	H	HSR	HS	HSERZ
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16	0,16	0,31	0,31

На фиг. 3 представлено графическое изображение МИС-данных, приведенных в табл. 1А и 1В для соединения примера 4 G4-Cl, выраженных в виде количества штаммов с конкретным значением МИС (у) против конкретного полученного значения МИС (х) в мкМ. Как можно видеть на фиг. 3, G4-Cl (соединение примера 4) продемонстрировало значение МИС менее 1 мкМ против более чем 85 клинических изолятов штаммов из 97 протестированных (чувствительных и устойчивых), что свидетельствует о хорошей активности этого соединения против значительного количества клинических изолятов штаммов *M. tuberculosis*. Анализ показал измеренную МИС ≤0,2 мкМ против 1 штамма, измеренную МИС 0,04 мкМ против 8 штаммов, измеренную МИС 0,08 мкМ против 76 штаммов, измеренную МИС 0,16 мкМ против 8 штаммов и измеренную МИС 0,31 мкМ против 3 штаммов.

Таблицы 2А и 2В

Значения МИС для соединения примера 4 G4-Cl, протестированного против чувствительных (А) и устойчивых (В) клинических изолятов *M. tuberculosis*

А

Штамм	137	169	192	199	206	207	208	223	231	237	247	248
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	249	255	261	265	269	281	292	314	316	317	322	323
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	324	326	327	328	329	332	333	358				
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08				

В

Штамм	175	198	242	330	141
Устойчивость	S	H	H	HSR	HRT
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	1819	1672	167	139	123
Устойчивость	HSRZ	HSRZ	HSRZ	HSERZKTACp	HSERZKTACp
МИС (мкМ)	0,02	0,08	0,08	0,08	0,16

Таблицы 2С и 2D

Значения МИС для соединения примера 2 G2-Br, протестированного против чувствительных (А) и устойчивых (В) клинических изолятов *M. tuberculosis*

С

Штамм	137	169	192	199	206	207	208	223	231	237	247	248
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	249	255	261	265	269	281	292	314	316	317	322	323
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	324	326	327	328	329	332	333	358				
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08				

D

Штамм	175	198	242	330	141
Устойчивость	S	H	H	HSR	HRT
МИС (мкМ)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Штамм	1819	1672	167	139	123
Устойчивость	HSRZ	HSRZ	HSRZ	HSERZKTACp	HSERZKTACp
МИС (мкМ)	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08

На фиг. 4 представлено графическое изображение MIC-данных, приведенных в табл. 2А-2D для соединения G2-Br (соединение примера 2, светлый столбик) и соединения G4-Cl (соединения примера 4, темный столбик), выраженных в виде количества штаммов с конкретным значением MIC (у) против конкретного полученного значения MIC (х) в мкМ. Как можно видеть на фиг. 4, G4-Cl (соединение примера 4) и G2-Br (соединение примера 2) продемонстрировали значение MIC менее 1 мкМ против всех, кроме 1, из 40 клинических изолятов штаммов *M. tuberculosis*, протестированных в этом эксперименте. Анализ показал измеренную MIC $\leq 0,2$ мкМ против 1 штамма (соединение примера 4), измеренную MIC 0,04 мкМ против 1 штамма (соединение примера 2), измеренную MIC 0,08 мкМ против 40 штаммов (соединение примера 2 и соединение примера 4), измеренную MIC 0,16 мкМ против 1 штамма (соединение примера 2 и соединение примера 4), и MIC 0,31 мкМ, не измеренную ни для соединения примера 2, ни для соединения примера 4 против любого штамма.

Пример 20. Анализ общей антибактериальной активности.

Антибактериальную активность на цельных клетках определяли путем микроразведения в бульоне с использованием методики, рекомендованной Институтом клинических и лабораторных стандартов (CLSI), Документ M7-A7, "Methods for Dilution Susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically" ("Методы испытаний чувствительности разведений для бактерий, которые растут аэробно").

В табл. 3 приведены значения MIC против бактериальных штаммов K12, *E. coli* K12 tolC/Tn10, *A. baumannii* ATCC 17978, и *P. aeruginosa* PA01 для соединений, раскрытых в примерах. Как можно видеть, соединения из примеров в большинстве случаев не обладают значительной активностью против нескольких патогенных грамотрицательных бактерий, а также дефицитных по эффлюксному насосу *E. coli*. Но, как показано в табл. 4 ниже, соединения, раскрытые в примерах, обладают значительной активностью против *M. tuberculosis*. Более того, как можно видеть, сравнительные трициклические бензоксаборолы, не имеющие 4-галогена (например C2-H, C5-H и C12-H), обладают более высокой активностью против этих бактериальных штаммов, а трициклические соединения бензоксаборола с третьим кольцом, представляющим собой семичленное кольцо между 1 и 7 положениями бензоксаборола, дополнительно имеющие замещение 4-галогеном, 3-аминометилем с (S) стереохимией по 3 положению (например G2-Br и G4-Cl), имеют очень плохую активность против этих бактерий. Это заметно контрастирует с их соответственными активностями против *M. tuberculosis*, где 4-галоген-соединения обычно проявляют очень хорошую активность, но трициклические бензоксаборолы без 4-галогена хуже (сравните *M. tuberculosis* MIC значения для такого комплекта соединений в табл. 4А и 4В).

Таблица 3

Значения MIC против немикобактериальных штаммов для соединений формулы II или Ia

Соединение	MIC: <i>E. coli</i> K12 [мкг/мл]	MIC: <i>E. coli</i> K12 tolC::Tn10 [мкг/мл]	MIC: <i>A. baumannii</i> ATCC 17978 [мкг/мл]	MIC: <i>P. aeruginosa</i> PA01 [мкг/мл]
Пример 1 G1-Br	>64	>64	>64	>64
Пример 2 G2-Br	64	64	64	64
Пример 3 G3-Cl	>64	>64	>64	>64
Пример 4 G4-Cl	64	64	64	64
Пример 5 G5-F	32	64	>64	4
Пример 6 G6-I	-	-	-	-
Пример 7 G7-Cl	>64	>64	>64	>64
Пример 8 G8-Br	>64	>64	>64	>64
Пример 9 G9-Br	>64	>64	>64	>64
Пример 10 G10-Br	>64	>64	>64	>64
Пример 11 G11-Cl	>64	>64	>64	>64
Пример 12 G12-Cl	>64	>64	>64	>64
C1-H	-	-	-	-
C2-H	2	4	2	2

C3-H	-	-	-	-
C4-Br	64	64	64	64
C5-H	-	-	-	-
C6-Cl	64	64	64	64
C7-Cl2	-	-	-	-
C8-Cl	-	-	-	-
C9-Cl	-	-	-	-
C10-H	-	-	-	-
C11-H	2	2	4	2
C12-H	4	2	4	16
C13-Cl	-	-	-	-
C14-Cl2	-	-	-	-
C15-F	-	-	-	-
C16-Cl GSK3309930A AN12471 01	-	-	-	-
C17-Cl GSK3309934A AN12470,01	-	-	-	-
C18-Br GSK3337512A AN12344 01	-	-	-	-
C19-Br GSK3309932A AN12343 01	-	-	-	-

Для биохимических анализов LeuRS с N-концевой шесть-гистидиновой меткой сверхэкспрессировали в *Eschenchia coli*, которые были кодон-оптимизированными *E. coli* (GenScript, Piscataway NJ, USA), из человеческих митохондрий и цитоплазмы, и *M. tuberculosis*. Белки LeuRS с N-концевой шесть-гистидиновой меткой сверхэкспрессировали и очищали согласно Novagen (Madison, WI, USA), используя обеспечивающий сверхэкспрессию штамм *E. coli* BL21(DE3), несущий ген T7 РНК-полимеразы.

Пример 22. Анализ аминокислотирования.

Эксперименты выполняли в 96-луночных микротитровальных планшетах, используя 80 мкл реакционных смесей, содержащих 50 mM HEPES-KOH (pH 8,0), 30 mM MgCl₂, 30 mM KCl, 13 мкМ L-[¹⁴C]лейцина (306 мКи/ммоль, Perkin-Elmer), 15 мкМ общей *E. coli* тРНК (транспортная РНК, tRNA) (Roche, Switzerland), 0,02% (мас./об.) BSA (бычий сывороточный альбумин), 1 mM DTT, 0,2 пМ LeuRS и 4 mM ATP (аденозинтрифосфат) при 30°C. Реакции запускали добавлением 4 mM ATP. Через 7 мин реакции гасили, и тРНК осаждали добавлением 50 мкл 10% (мас./об.). TCA (трихлоруксусная кислота) и переносили в 96-луночные нитроцеллюлозные мембранные фильтр-планшеты (Millipore Multiscreen HTS, MSHAN4B50). Каждую лунку затем промывали три раза 100 мкл 5% TCA. Фильтр-планшеты затем сушили под нагревательной лампой и выпавший в осадок L-[¹⁴C]лейцин tRNA^{Leu} количественно определяли путем подсчета жидкостных сцинтилляций, используя жидкостной сцинтилляционный счетчик Wallac MicroBeta Trilux, модель 1450 (PerkinElmer, Waltham, MA, USA). Различие было лишь с цитоплазматическим LeuRS человека, когда использовали tRNA, выделенную из пивных дрожжей (Roche Diagnostics GmbH).

Пример 23. Определение IC₅₀.

Для определения ингибирующей концентрации, которая снижает активность фермента на 50% (IC₅₀), увеличивающиеся концентрации соединения (Anacor Pharmaceuticals Inc, Palo Alto, CA, USA) инкубировали с ферментом LeuRS, tRNA и L-лейцином в течение 20 мин. Реакции инициировали добавлением 4 mM ATP. Реакции останавливали через 7 мин, затем осаждали и подсчитывали радиоактивность. Значения IC₅₀ определяли с использованием пакета программ Graphpad Prism (Graphpad Software Inc (La Jolla, CA, USA)).

Пример 24. Анализ цитотоксичности в отношении HepG2.

Клетки HepG2 (HB-8065) помещали в свежую среду (минимальную эссенциальную среду Игла (EMEM), дополненную 5%-ной фетальной телячьей сывороткой и 2 mM L-глутамином) за сутки до субкультивирования планшетов. В день засева планшетов подготавливали клеточную суспензию 100000 клеток/мл в культуральной среде. Клеточную суспензию (100 мкл) добавляли в каждую лунку черного 96-луночного микропланшета с прозрачным дном, покрытого коллагеном (Becton Dickinson), за исключением лунок столбца 11, в которые вносили 100 мкл только культуральной среды. Планшеты инкубировали в течение 24 ч. Был создан диапазон 10 доз тестируемых веществ путем приготовления последовательных разведений 1:2 из исходного раствора в 100% DMSO и приготовлено разведение 1:200 каждой дозы в среде до достижения конечной концентрации 0,5% DMSO. Через 24 ч культуральную среду удаляли из планшета, и по 150 мкл разведений тестируемых соединений добавляли в двух повторях и по 150

мкл 0,5% DMSO в культуральной среде в лунки столбцов 11 и 12 (слепой контроль). Планшеты инкубировали в течение 48 ч при 37°C, 5% CO₂, при относительной влажности 95%. Среду затем удаляли и добавляли по 200 мкл свежей культуральной среды и по 50 мкл раствора резазурина в каждую лунку и инкубировали в течение 1,5 ч. Планшеты извлекали из инкубатора и обеспечивали стабилизацию флуоресценции при комнатной температуре в темноте в течение 15 мин. Для определения жизнеспособности клеток использовали резазурин (BDH). Резазурин использовали в качестве окислительно-восстановительного индикатора, который дает колориметрическое изменение и флуоресцентный сигнал в ответ на метаболическую активность. По мере роста клеток метаболическая активность вызывает химическое восстановление резазурина, показываемое изменением цвета от нефлуоресцентного синего до восстановленной флуоресцентной розовой формы. Степень флуоресценции резазурина является, следовательно, показателем количества жизнеспособных клеток в культуральной системе. Флуоресценцию измеряли при длине волны возбуждения 515 нм и длине волны эмиссии 590 нм в микропланшете-ридере 1420 Multilabel HTS, Victor 2, (Wallac).

Значение флуоресценции каждой лунки корректировали путем вычитания фонового значения (среднее значение для лунок столбца 11) из абсолютного значения. Проценты ингибирования вычисляли относительно контрольных лунок с DMSO (среднее значение для лунок столбца 12). Для каждого соединения вычисляли среднее значение образцов в двух повторах и строили сигмоидальную кривую доза-ответ (вариабельный наклон), которую выравнивали методом нелинейной регрессии (GraphPad), чтобы вычислить IC₅₀ (Tox50).

Пример 25. Эффект соединений, описанных в данном документе, против *Mycobacterium tuberculosis*.

Соединения по настоящему изобретению были протестированы на антибактериальную активность против вида *Mycobacterium tuberculosis*, а также были протестированы на токсичность для клеток печени человека HepG2. Иллюстративные соединения по изобретению сравнивали со сравнительными соединениями C1-H по C19-Br, как показано в табл. 4А и 4В.

Таблица 4А
Значения IC₅₀ ингибирования LeuRS, значения MIC против стандартного штамма *M. tuberculosis* Mtb H37Rv, значения токсичности по отношению к клеткам HepG2 человека и значения селективности для некоторых сравнительных трициклических соединений бензоксаборола

Обозначение соединения	Структура соединения	Mtb LeuRS IC ₅₀ (мкМ)	цитотоксичность LeuRS человека IC ₅₀ (мкМ)	митотоксичность LeuRS человека IC ₅₀ (мкМ)	Mtb H37Rv MIC (мкМ) (B)	Клетки HepG2 48 ч Tox50 (мкМ) (A)	Индекс селективности (A/B)
C1-H		12,2	101	-	31	-	-
C2-H (рацемическое)		0,506	272	>300	1,88	>50	>26
C3-H		17,6	35,7	-	62	>50	>0,8
C4-Br		0,07	31, (73, 67)	>300	0,1	32	320
C5-H		0,111	25,6	>300	0,6	1,8	3
C6-Cl		0,05	38,8	>300	0,1	36,3	363
C7-Cl ₂		7,97	-	-	2,5	>50	>20
C8-Cl		6,05	-	-	>5,0	>50	10

C9-Cl		37,59	-	-	5,0	>50	>10
C10-H		>300	-	-	>5,0	>50	10
C11-H		0,51	-	-	1,56	>50 (40%)	>32
C12-H		1,33	-	-	>5,0	24,5	>4,9
C13-Cl		2,16			5,0	>50	>10
C14-Cl ₂		4,67			>5,0	>50	>10
ПРИМЕР 13							
C15-F							
((2 <i>S</i> ,8 <i>R</i>)-2-(амино-метил)-3-фтор-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-бора-бензо[сd]-азулен-8-ил)-метанол							
		0,48	-	-	0,55	>50	>10
ПРИМЕР 14							
C16-Cl							
((8 <i>R</i>)-2-(амино-метил)-3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-бора-бензо[сd]-азулен-8-ил)-метанол							
		4,17	-	-	1,25	>50	>4
ПРИМЕР 15							
C17-Cl							
((8 <i>S</i>)-2-(амино-метил)-3-хлор-8-метил-7,8-дигидро-2Н-1,6,9-триокса-9а-бора-бензо[сd]-азулен-8-ил)-метанол							
		3,13	-	-	0,93	>50	>50

ПРИМЕР 16 C18-Br ((8R)-2-(амино-метил)-3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-бора-бензо[cd]-азулен-8-ил)-метанол		2,69	-	-	1,25	>50	>40
ПРИМЕР 17 C19-Br ((8S)-2-(амино-метил)-3-бром-8-метил-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-бора-бензо[cd]-азулен-8-ил)-метанол		1,97	-	-	0,925	>50	>50

Таблица 4В
 Значения IC₅₀ ингибирования LeuRS, значения MIC против стандартного штамма *M. tuberculosis* Mtb H37Rv, значения токсичности по отношению к клеткам HepG2 человека и значения селективности для соединений формулы II или формулы Ia

Обозначение соединения	Структура соединения	Mtb LeuRS IC ₅₀ (мкМ)	цито LeuRS человека IC ₅₀ (мкМ)	мито LeuRS человека IC ₅₀ (мкМ)	Mtb H37Rv MIC (мкМ) (B)	Клетки HepG2 48 h Tox50 (мкМ) (A)	Индекс селективности (A/B)
ПРИМЕР 1 G1-Br		0,154			0,18	>50	>277
ПРИМЕР 2 G2-Br		0,115	118	>300	0,07	292,4	4177
ПРИМЕР 3 G3-Br		0,244			0,47	>50	>106
ПРИМЕР 4 G4-Cl		0,148	94,7	>300	0,08	>1000	>12500
ПРИМЕР 5 G5-F		0,46			0,6	49,1	164

ПРИМЕР 6 G6-I		0,33			0,3	36,4	121
ПРИМЕР 7 G7-Cl		1,08	>300	-	0,20	>50	>250
ПРИМЕР 8 G8-Br		1,43	>300	-	0,30	>50	>167
ПРИМЕР 9 G9-Br		1,25	>300	-	0,30	>50	>167
ПРИМЕР 10 G10-Br		1,13	>300		0,16	460	2875
ПРИМЕР 11 G11-Cl		0,68	>300	-	0,27	>50	>185
ПРИМЕР 12 G25-Cl		0,78	>300		0,08	322	4025

Как видно из табл. 4В, соединения примеров 2, 4, 10 и 12 (G2-Br, G4-Cl, G10-Br и G12-Cl) проявляют повышенную селективность для ингибирования роста *M. tuberculosis* по сравнению с токсичностью для клеток НерG2 человека для трициклического соединения бензоксаборола в третьем кольце, представляющем собой семичленное кольцо между положениями 1 и 7 бензоксаборола, дополнительно имеющем заместители 4-галоген и 3-аминометил с (S) стереохимией по положению 3.

В табл. 4А и 4В показано сравнение некоторых трициклических соединений бензоксаборола с галогеновым заместителем и без галогенового заместителя, некоторых трициклических соединений бензоксаборола с галогеновым заместителем и без галогенового заместителя в положении 4 бензоксаборольной кольцевой структуры и некоторых бициклических соединений. Из значений MIC для *Mtb* H37Rv (В) и значений Tox_{50} для клеток НерG2 48 ч (А) можно определить селективность для ингибирования *M. tuberculosis* относительно ингибирующего действия (токсического действия) на клетки человека для этих соединений (смотри крайнюю правую графу в табл. 4А и 4В).

Было установлено, что соединения примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl имеют индексы селективности по отношению к *M. tuberculosis* 4177 и >12500 соответственно (смотри табл. 4В). Далее, как видно из табл. 4В, было установлено, что значения IC_{50} для этих соединений против *M. tuberculosis* являются субмикромольными, 0,3 и 0,1 соответственно. Как можно видеть, индекс селективности (SI) соединений примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl по отношению к *M. tuberculosis* неожиданно является повышенным по сравнению с другими соединениями бензоксаборола. Соединения примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl, которые являются трициклическими соединениями бензоксаборола, имеющими галогеновый заместитель в положении С-4 бензоксаборольного кольца и аминометильный заместитель в положении С3 бензоксаборольного кольца, имеющего "(S)" относительную стереохимию в этом стереоцентре, к удивлению являются более селективными в отношении активности против *M. Tuberculosis*, чем другие соединения бензоксаборола, не имеющие некоторых из этих признаков, относительно ингибирующего действия (токсического действия) на клетки человека для этих соединений. Кроме того, значения MIC против штамма *M. tuberculosis* H37Rv для соединений примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl составляют <0,1 мкМ в отличие от других соединений бензоксаборола в этом исследовании.

Таким образом, как видно из табл. 4В, соединения примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl имеют SI по отношению к *Mycobacterium tuberculosis* 4177 (пример 2 G2-Br) и >12500 (пример 4 G4-Cl) соответственно. Эти значения SI неожиданно являются лучшими, чем у любого из сравнительных соединений, протестированных на данный момент.

Добавление хлор- или бромзаместителя в положение С4 бензоксаборольного кольца придает неожиданное увеличение индекса селективности. С2-Н (рацемическое соединение, галогеновый заместитель отсутствует в положении С4 бензоксаборольного кольца) имеет индекс селективности >26, тогда как соединение примера 1 G1-Br (рацемическое, бром-заместитель в положении С-4 бензоксаборольного

кольца) имеет $SI > 277$. Аналогично, соединение примера 3 G3-Cl (рацемическое, хлор-заместитель в положении C-4 бензоксаборольного кольца) имеет $SI > 106$ по сравнению с C2-H с $SI > 26$.

Образование третьего кольца с вовлечением положения 1 и 7 бензоксаборольного кольца придает неожиданное увеличение индекса селективности. C4-Br, (S) энантиомер сравнительного нетрициклического соединения бензоксаборола с Br в положении C4 бензоксаборольного кольца, имеет SI 320, тогда как соединение примера 2 G2-Br, (S) энантиомер трициклического бензоксаборола с Br в положении C-4, имеет SI 4177. Аналогично, C6-Cl, (S) энантиомер нетрициклического сравнительного соединения бензоксаборола с Cl в положении C4 бензоксаборольного кольца, имеет SI 363, тогда как соединение примера 4a G4-Cl, (S) энантиомер трициклического бензоксаборола с Cl в положении C-4, имеет $SI > 12500$.

Если сравнивать SI соединения примера 2 G2-Br и соединения примера 4 G4-Cl с SI соединения C5-H, (S) энантиомера нетрициклического сравнительного соединения бензоксаборола с H в положении C4 бензоксаборольного кольца, то можно видеть, что SI такого соединения без галогенового заместителя в положении C4 составляет только 3, что указывает на то, что такое соединение имеет весьма незначительную селективность для ингибирования *M. tuberculosis* относительно уничтожения клеток человека.

Некоторые замещения 7-членного трициклического кольца придают неожиданное увеличение индекса селективности. В табл. 4B показано соединение примера 9 G9-Br и соединение примера 11 G11-Cl с индексами $SI > 167$ и > 185 соответственно, тогда как сравнительные соединения C9-Cl (трициклический бензоксаборол с хлор-заместителем в положении C4 и $-CH_3$ на R^3 и R^4 7-членного кольца) и C10-H (трициклический бензоксаборол с водородом в положении C4 и $-CH_3$ на R^3 и R^4 7-членного кольца) имеют индексы SI 10. Это вероятней всего указывает на то, что это замещение в положениях R^3 и R^4 не способствует селективности в отношении *M. tuberculosis* по сравнению с ингибирующим действием (токсическим действием) на клетки человека для этих соединений. Это также свидетельствует о том, что наличие замещения галогеном в положении C4 бензоксаборольного кольца (смотри C9-Cl) недостаточно для ослабления негативного эффекта замещения метилом как в положении R^3 , так и в положении R 7-членного трициклического кольца в положении R^3/R^4 .

В других отношениях соединения примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl также имеют значения SI неожиданно выше, чем родственные бензоксаборолы с раскрытым кольцом (замещенные бензоксаборолы), не имеющие галогенового заместителя в положении C4 бензоксаборольного кольца. Сравните SI для C5-H (5) со значениями SI для соединений примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl. Бензоксаборолы, которые не являются трициклическими бензоксаборолами, но которые имеют галоген в положении C4 бензоксаборольного кольца, демонстрируют повышенные значения SI по сравнению с отсутствием галогена, но все еще демонстрируют значения SI значительно ниже, чем значения SI для соединений примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl (сравните C5-H с C3-Br и C6-Cl, но затем сравните все три соединения C5-H, C3-Br и C6-Cl со значениями SI соединений примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl).

Таким образом, трициклические бензоксаборолы по изобретению, в частности соединения примера 2 G2-Br и примера 4 G4-Cl, демонстрируют неожиданно более высокие значения SI по сравнению со значениями SI родственных бензоксаборолов для *M. tuberculosis* относительно клеток человека.

Следует иметь в виду, что изобретение охватывает все комбинации аспектов со всеми другими подходящими аспектами и/или иллюстративными воплощениями, описанными в данном документе. Следует иметь в виду, что изобретение охватывает все комбинации иллюстративных воплощений со всеми другими подходящими аспектами и/или иллюстративными воплощениями, описанными в данном документе.

Понятно, что примеры и воплощения, описанные в данном документе, представлены только в иллюстративных целях, и предполагается, что различные модификации или изменения в их свете, которые будут предложены специалистами в данной области, находятся в пределах замысла и сферы охвата данной заявки и входят в объем притязаний согласно прилагаемой формуле изобретения. Все публикации, патенты и патентные заявки, процитированные в данном описании, включены в него посредством ссылки во всей их полноте для всех целей.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ лечения заболевания, вызванного инфекцией комплекса *Mycobacterium tuberculosis*, у животного, включающий введение животному, нуждающемуся в таком лечении, эффективного количества соединения, представляющего собой (S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамин, или его фармацевтически приемлемой соли.

2. Способ по п.1, где фармацевтически приемлемая соль представляет собой ((S)-(3-хлор-7,8-дигидро-2H-1,6,9-триокса-9а-борабензо[cd]азулен-2-ил)метанамина дигидросульфат- H_2O).

3. Способ по п.1, где соединение вводят в виде фармацевтической композиции по меньшей мере с одним фармацевтически приемлемым эксципиентом.

4. Способ по п.1, где соединение вводят в комбинации с вторым терапевтическим агентом, который не является соединением или его фармацевтически приемлемой солью по п.1.

5. Способ по п.4, где второй терапевтический агент независимо выбран из изониазида, рифампина,

пиразинамида, этамбутола, моксифлоксацина, рифапентина, клофазимины, бедаквилина (TMC207), нитроимидазооксазина PA-824, деламанида (OPC-67683), оксазолидинона, аналога EMB (этамбутола) SQ109, бензотиазинона и динитробензамида.

6. Способ по п.5, где оксазолидинон представляет собой линезолид, тедизолид, радезолид, сутезолид (PNU-100480) или посизолид (AZD-5847).

7. Способ по п.4, где второй терапевтический агент представляет собой противовирусный агент.

8. Способ по п.7, где противовирусный агент представляет собой противоретровирусный агент.

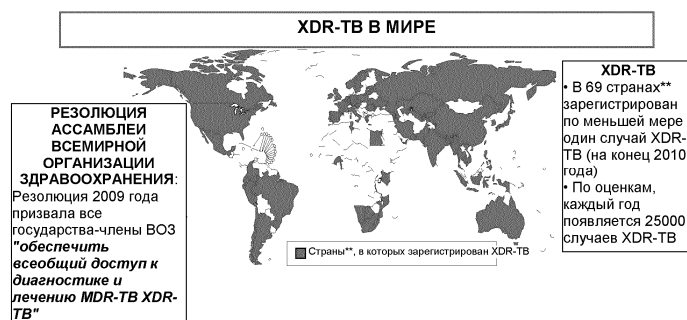
9. Способ по п.8, где противоретровирусным агентом является зидовудин, диданозин, ламивудин, залцитабин, абакавир, ставудин, адефовир, адефовира дипивоксил, фозивудин, тодоксил, эмтрицитабин, аловудин, амдоксовир, элвудитабин, невирапин, делавирдин, эфавиренз, ловирид, иммунокал, олтипраз, капривирин, лерсивирин, GSK2248761, TMC-278, TMC-125, этравирин, саквинавир, ритонавир, индинавир, нелфинавир, ампренавир, фосампренавир, брекканавир, дарунавир, атазанавир, типранавир, палинавир, ласинавир, энфувиритид, T-20, T-1249, PRO-542, PRO-140, TNX-355, BMS-806, BMS-663068 и BMS-626529, 5-Helix, ралтегравир, элвитегравир, GSK1349572, GSK1265744, викривирок (Sch-C), Sch-D, TAK779, маравирок, TAK449, диданозин, тенофовир, лопинавир или дарунавир.

10. Способ по п.4, где второй терапевтический агент представляет собой терапевтический агент, разрешенный или рекомендованный для лечения туберкулеза.

11. Способ по п.4, где комбинация включает фармацевтически приемлемые эксципиент, адъювант или разбавитель.

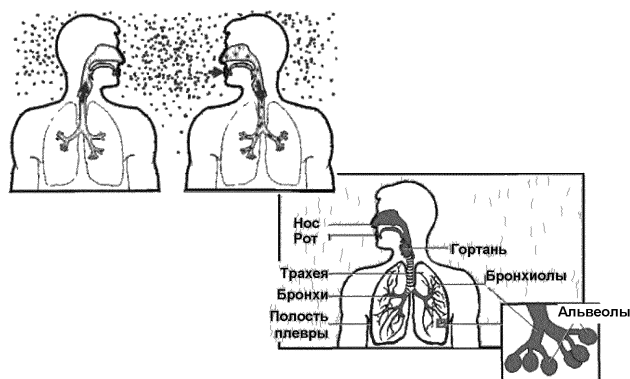
12. Способ по п.1, где заболевание представляет собой туберкулез.

13. Способ по п.1, где животное представляет собой человека.

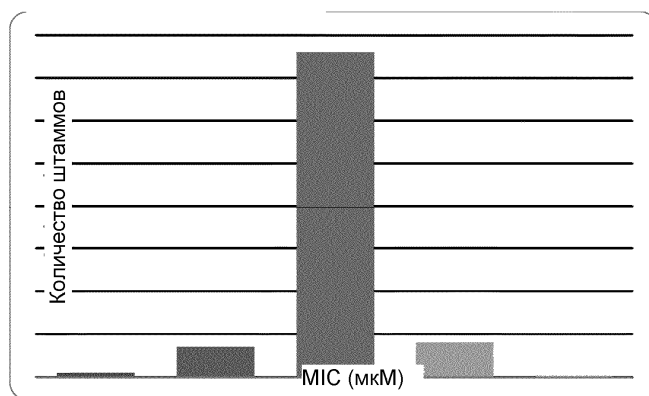


Фиг. 1

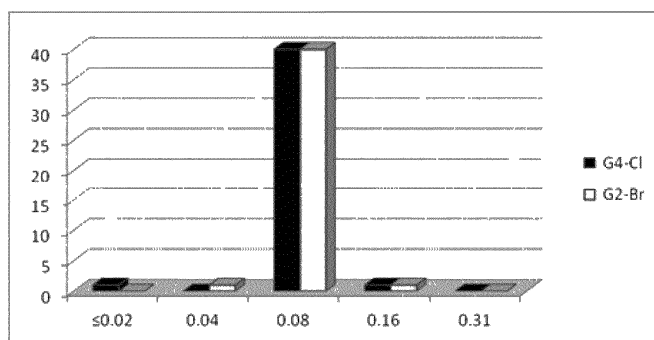
Передача *M. tuberculosis*



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

