

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044153**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.07.27

(21) Номер заявки
202090833

(22) Дата подачи заявки
2018.09.28

(51) Int. Cl. **C12N 15/74** (2006.01)
C12P 7/24 (2006.01)
C12P 7/40 (2006.01)

(54) **НОКАУТЫ В ГЕНАХ МИКРООРГАНИЗМОВ ВУДА-ЛЬЮНГДАЛЯ**

(31) **62/565,000**

(32) **2017.09.28**

(33) **US**

(43) **2020.07.16**

(86) **PCT/US2018/053587**

(87) **WO 2019/068011 2019.04.04**

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

(72) Изобретатель:
Даниэль Джеймс (US)

(74) Представитель:
**Хмара М.В., Пантелеев А.С., Ильмер
Е.Г., Осипов К.В., Липатова И.И.,
Новоселова С.В., Дощечкина В.В.
(RU)**

(56) **WO-A1-2017066498
WO-A1-2016191625
WO-A1-2017117309
US-A1-20130323809
US-A1-20110223637**

(57) В изобретении предложены генетически сконструированные микроорганизмы Вуда-Льюнгдаля, содержащие один или более нарушенных генов для стратегического отвода потока углерода от несущественных или нежелательных продуктов к интересующим продуктам. Стратегии экспрессии согласно настоящему изобретению позволяют получать полезные виды топлива и химические вещества из газообразных субстратов, например, монооксида углерода, диоксида углерода и/или водорода.

B1

044153

044153

B1

Перекрестная ссылка на родственную заявку

Данная заявка испрашивает приоритет согласно предварительной заявке на патент США № 62/565000, поданной 28 сентября 2017 г., которая полностью включена в настоящий документ посредством ссылки.

Уровень техники

Уже давно обнаружено, что каталитические процессы, например, процесс Фишера-Тропша, можно использовать для преобразования газов, содержащих диоксид углерода (CO₂), монооксид углерода (CO) и/или водород (H₂), например, отходящий промышленный газ или синтез-газ, в разнообразные топлива и химические вещества. Однако в последнее время ферментация газа стала альтернативной платформой для биологической фиксации таких газов. В частности, продемонстрировано, что C1-фиксирующие микроорганизмы преобразуют газы, содержащие CO₂, CO и/или H₂, в такие продукты, как этанол и 2,3-бутандиол. Однако эффективное производство таких продуктов может быть ограничено медленным ростом микроорганизмов, ограниченным поглощением газа, чувствительностью к токсинам или утечкой углеродных субстратов в нежелательные побочные продукты. Соответственно, остается потребность в рекомбинантных микроорганизмах с улучшенными характеристиками.

Описание фигур

Фигура представляет собой диаграмму, на которой показаны основные пути продукции и ключевые метаболические узлы (обозначены прямоугольниками) у микроорганизмов Вуда-Льонгдала. Улучшение потока углерода через эти узлы, например, путем нарушения экспрессии определенных генов, улучшает выработку продуктов, получаемых на следующих стадиях.

Описание изобретения

В настоящем изобретении предложены не встречающиеся в природе микроорганизмы, содержащие по меньшей мере один нарушенный ген. В микроорганизмах согласно настоящему изобретению поток углерода стратегически отводят от несущественных или нежелательных продуктов к продуктам, представляющим интерес. В некоторых вариантах реализации эти нарушенные гены отводят поток углерода от несущественных или нежелательных метаболических узлов через целевые метаболические узлы для улучшенной выработки продуктов, располагающихся на следующих стадиях после этих целевых метаболических узлов.

Микроорганизмы согласно настоящему изобретению происходят от родительских бактерий, например,

Acetobacterium woodii, *Alkalibaculum bacchii*, *Blautia producta*,
Butyribacterium methylotrophicum, *Clostridium aceticum*, *Clostridium autoethanogenum*,
Clostridium carboxidivorans, *Clostridium coskatii*, *Clostridium drakei*, *Clostridium formicoaceticum*,
Clostridium ljungdahlii, *Clostridium magnum*, *Clostridium ragsdalei*,
Clostridium scatologenes, *Eubacterium limosum*, *Moorella thermautotrophica*, *Moorella thermoacetica*,
Oxobacter pfennigii, *Sporomusa ovata*, *Sporomusa silvacetica*, *Sporomusa sphaeroides* или *Thermoanaerobacter kiuvi*.

В предпочтительном варианте реализации родительская бактерия представляет собой *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei*.

В особенно предпочтительном варианте реализации родительская бактерия представляет собой *Clostridium autoethanogenum*.

В одном варианте реализации изобретение относится к не встречающейся в природе бактерии Вуда-Льонгдала, содержащей гетерологичную тиолазу и мутацию, приводящую к нарушениям, в одном или более генах, кодирующих, например, одну или более из НАД-зависимой электрон-бифуркационной [FeFe]-гидрогеназы, глутаматсинтазы, цитрамалатсинтазы, ацетолактатдекарбоксилазы, лактатдегидрогеназы, ацетаткиназы, фосфаттрансацетилазы и альдегиддегидрогеназы, причем указанная не встречающаяся в природе бактерия характеризуется усиленным потоком углерода через ацетоацетил-КоА по сравнению с родительской бактерией. В частности, снижена или устранена экспрессия одного или более генов по сравнению с родительской бактерией.

В таком варианте реализации не встречающаяся в природе бактерия может продуцировать продукт, например, ацетон, изопропанол, 3-гидроксиизовалерил-КоА, 3-гидроксиизовалерат, изобутилен, изопентилпирофосфат, диметилаллилпирофосфат, изопрен, фарнезен, 3-гидроксибутирил-КоА, кротонил-КоА, 3-гидроксибутират, 3-гидроксибутиральдегид, 1,3-бутандиол, 2-гидроксиизобутирил-КоА, 2-гидроксиизобутират, бутирил-КоА, бутират, бутанол, капроат, гексанол, октаноат, октанол, 1,3-гександиол, 2-бутен-1-ол, изовалерил-КоА, изовалерат или изоамиловый спирт.

Например, если родительской бактерией является *Clostridium autoethanogenum*, (a) НАД-зависимую электрон-бифуркационную [FeFe]-гидрогеназу можно выбрать из группы, состоящей из CAETHG_1576, CAETHG_1578, CAETHG_3569, CAETHG_3570 и CAETHG_3571, (b); глутаматсинтазу можно выбрать

из группы, состоящей из CAETHG_0477, CAETHG_1580, CAETHG_3850 и CAETHG_3851, (c) цитрамалатсинтаза может представлять собой CAETHG_2751, (d) ацетолактатдекарбоксилаза может представлять собой CAETHG_2932, (e) лактатдегидрогеназа может представлять собой CAETHG_1147, (f) ацетаткиназа может представлять собой CAETHG_3359, (g) фосфаттрансацилаза может представлять собой CAETHG_3358 или (h) альдегиддегидрогеназу можно выбрать из группы, состоящей из CAETHG_1819, CAETHG_3287 и CAETHG_1830.

В еще одном варианте реализации изобретение относится к не встречающейся в природе бактерии Вуда-Льюнгаля, содержащей мутацию, приводящую к нарушениям, в одном или более генах, причем указанная не встречающаяся в природе бактерия характеризуется усиленным потоком углерода через хоризмат по сравнению с родительской бактерией.

Указанные один или более генов кодируют, например, один или более из пуриноклеозидфосфоорилазы, лактатпермеазы, цистатионин-гамма-лиазы, аденинфосфорибозилтрансферазы, 5'-нуклеотидазы/3'-нуклеотидазы/экзополифосфатазы, механочувствительного канала с малой проводимостью, аргининдезминазы, апофермента LL-диаминопимелатаминотрансферазы и фосфопентомутаза. В частности, снижена или устранена экспрессия одного или более генов по сравнению с родительской бактерией.

В таком варианте реализации не встречающаяся в природе бактерия может продуцировать такой продукт, как хоризмат, пара-гидроксибензойная кислота, салицилат, 2-аминобензоат, дигидроксибензоат, 4-гидроксициклогексанкарбоновая кислота и их соли и ионы.

Например, если родительская бактерия представляет собой *Clostridium autoethanogenum*, указанные один или более генов могут кодировать один или более из CAETHG_0160, CAETHG_0248, CAETHG_0498, CAETHG_1270, CAETHG_1371, CAETHG_2107, CAETHG_3021, CAETHG_3510 и CAETHG_3924; если родительской бактерией является *Clostridium ljungdahlii*, указанные один или более генов могут кодировать один или более из CLJU_c20750, CLJU_c21610, CLJU_c24380, CLJU_c33720, CLJU_c34740, CLJU_c42810, CLJU_c09270, CLJU_c14280 и CLJU_c18150; а если родительской бактерией является *Clostridium ragsdalei*, указанные один или более генов могут кодировать один или более из CLRAG_19250, CLRAG_31200, CLRAG_25120, CLRAG_24560, CLRAG_14800, CLRAG_25620, CLRAG_09600 или CLRAG_00520.

В настоящем изобретении также предложен способ получения продуктов путем культивирования микроорганизма согласно настоящему изобретению в присутствии субстрата, например, газообразного субстрата, содержащего один или более CO, CO₂ и/или H₂.

Подразумевается, что термин "не встречающийся в природе" при применении в отношении микроорганизма означает, что указанный микроорганизм несет по меньшей мере одну генетическую модификацию, не встречающуюся в природном штамме указанных видов, в том числе в штаммах дикого типа указанных видов микроорганизмов. Микроорганизмы, не встречающиеся в природе, обычно разрабатывают в лаборатории или исследовательском центре.

Термины "генетическая модификация", "генетическое изменение" или "генная инженерия" в широком смысле относятся к манипулированию геномом или нуклеиновыми кислотами микроорганизма руками человека. Аналогичным образом, термины "генетически модифицированный", "генетически измененный" или "генно-инженерный" относятся к микроорганизму, содержащему такие генетические модификации, генетические изменения или генно-инженерные элементы. Эти термины можно использовать для дифференциации полученного в лаборатории микроорганизма от микроорганизма, встречающегося в природе. Способы генетической модификации включают, например, экспрессию гетерологичного гена, вставку или делецию гена или промотора, мутацию нуклеиновой кислоты, экспрессию или инактивацию измененного гена, ферментную инженерию, направленную эволюцию, проектирование на основе базы знаний, методики случайного мутагенеза, генную перетасовку и оптимизацию кодонов.

"Рекомбинантный" означает, что нуклеиновая кислота, белок или микроорганизм является продуктом генетической модификации, инженерии или рекомбинации. В общем случае термин "рекомбинантный" относится к нуклеиновой кислоте, белку или микроорганизму, который содержит или кодируется генетическим материалом, полученным из нескольких источников, например, двух или более разных штаммов или видов микроорганизмов.

"Дикий тип" относится к типичной форме организма, штамма, гена или характеристики в том виде, как они встречаются в природе, в отличие от мутантных или вариантных форм.

"Эндогенный" относится к нуклеиновой кислоте или белку, который присутствует или подвергается экспрессии в микроорганизме дикого типа или родительском микроорганизме, от которого происходит микроорганизм согласно настоящему изобретению. Например, эндогенный ген представляет собой ген, нативно присутствующий в микроорганизме дикого типа или родительском микроорганизме, от которого происходит микроорганизм согласно настоящему изобретению. В одном варианте реализации экспрессию эндогенного гена можно контролировать с помощью экзогенного регуляторного элемента, например, экзогенного промотора.

"Экзогенный" относится к нуклеиновой кислоте или белку, происхождение которого не связано с микроорганизмом согласно настоящему изобретению. Например, экзогенный ген или фермент можно создать искусственно или рекомбинантно и ввести в микроорганизм согласно настоящему изобретению

или экспрессировать в нем. Экзогенный ген или фермент также можно выделить из гетерологичного микроорганизма и ввести в микроорганизм согласно настоящему изобретению или экспрессировать в нем. Экзогенные нуклеиновые кислоты можно адаптировать для интеграции в геном микроорганизма согласно настоящему изобретению или нахождения вне хромосомы микроорганизма согласно настоящему изобретению, например, в плазмиде. "Гетерологичный" относится к нуклеиновой кислоте или белку, полученным из другого штамма или вида и введенным в микроорганизм согласно настоящему изобретению или экспрессируемым в нем.

Термины "полинуклеотид", "нуклеотид", "нуклеотидная последовательность", "нуклеиновая кислота" и "олигонуклеотид" используются взаимозаменяемо. Они относятся к полимерной форме нуклеотидов любой длины, как дезоксирибонуклеотидов, так и рибонуклеотидов либо их аналогов. Полинуклеотиды могут иметь любую трехмерную структуру и могут любую функцию, известную или неизвестную. Ниже приведены неограничивающие примеры полинуклеотидов: кодирующие или не кодирующие области гена или фрагмента гена, локусы (локус), определенные при анализе сцепления, экзоны, интроны, матричная РНК (мРНК), транспортная РНК, рибосомальная РНК, короткая интерферирующая РНК (киРНК), короткая шпилечная РНК (кшРНК), микро-РНК (миРНК), рибозимы, кДНК, рекомбинантные полинуклеотиды, разветвленные полинуклеотиды, плазмиды, векторы, выделенная ДНК с любой последовательностью, выделенная РНК с любой последовательностью, нуклеотидные зонды и праймеры. Полинуклеотид может содержать один или более из модифицированных нуклеотидов, например, метилированных нуклеотидов или аналогов нуклеотидов. Модификации нуклеотидной структуры (при их наличии) можно внедрить до или после сборки полимера. Нуклеотидную последовательность можно прерывать ненуклеотидными компонентами. Полинуклеотид можно дополнительно модифицировать после полимеризации, например, путем конъюгирования с метящим компонентом.

В настоящем документе термин "экспрессия" относится к процессу, посредством которого полинуклеотид транскрибируется с ДНК-матрицы (например, в мРНК или другой РНК-транскрипт) и/или процессу, посредством которого транскрибированная мРНК впоследствии транслируется в пептиды, полипептиды, или белки. Транскрипты и закодированные полипептиды можно в совокупности называть "генными продуктами".

Термины "полипептид", "пептид" и "белок" используются в настоящем документе взаимозаменяемо для обозначения аминокислотных полимеров любой длины. Полимер может быть линейным или разветвленным, он может содержать модифицированные аминокислоты, и он может прерываться соединениями, не являющимися аминокислотами. Эти термины также включают модифицированный аминокислотный полимер; например, образование дисульфидной связи, гликозилирование, липидирование, ацетилирование, фосфорилирование или любые другие манипуляции, например, конъюгирование с метящим компонентом. В настоящем документе термин "аминокислота" включает природные и/или не встречающиеся в природе или синтетические аминокислоты, в том числе глицин и D- или L-оптические изомеры, а также аналоги аминокислот и пептидомиметики.

"Ферментативная активность" или просто "активность" в широком смысле относится к ферментативной активности, включая активность фермента, количество фермента или доступность фермента, необходимого для катализа реакции, но не ограничиваясь ими. Соответственно, "увеличение" ферментативной активности включает увеличение активности фермента, увеличение количества фермента или повышение доступности фермента, необходимого для катализа реакции. Аналогичным образом, "уменьшение" ферментативной активности включает в себя уменьшение активности фермента, уменьшение количества фермента или уменьшение доступности фермента, необходимого для катализа реакции.

"Мутированный" относится к нуклеиновой кислоте или белку, модифицированным в микроорганизме согласно настоящему изобретению по сравнению с микроорганизмом дикого типа или родительским микроорганизмом, от которого происходит микроорганизм согласно настоящему изобретению. В одном варианте реализации мутация может представлять собой делецию, инсерцию или замену в гене, кодирующем фермент. В еще одном варианте реализации мутация может представлять собой делецию, инсерцию или замену одной или более аминокислот в ферменте.

"Нарушенный ген" относится к гену, модифицированному некоторым образом с целью снижения или исключения экспрессии гена, регуляторной активности гена или активности кодируемого белка или фермента. Нарушение может частично инактивировать, полностью инактивировать или удалить ген или фермент. Нарушение может представлять собой мутацию, вызывающую нокаут (КО), которая полностью устраняет экспрессию или активность гена, белка или фермента. Нарушение также может представлять собой нокдаун, снижающий, но не полностью устраняющий экспрессию или активность гена, белка или фермента. Нарушение может представлять собой любую модификацию, которая снижает, предотвращает или блокирует биосинтез продукта, полученного с помощью фермента. Нарушение может включать, например, мутации в гене, кодирующем белок или фермент, мутации в генетическом регуляторном элементе, участвующем в экспрессии гена, кодирующего фермент, введение нуклеиновой кислоты, продуцирующей белок, который снижает или ингибирует активность фермента, или введение нуклеиновой кислоты (например, антисмысловой РНК, RNAi, TALEN, киРНК, CRISPR или CRISPRi) или белка, ингибирующих экспрессию белка или фермента. Нарушение можно внедрить с использованием любого спосо-

ба, известного в данной области техники. Для целей настоящего изобретения нарушения выполняются в лаборатории, а не происходят естественным путем.

"Оптимизация кодонов" относится к мутации нуклеиновой кислоты, например, гена, с целью оптимизированной или улучшенной трансляции нуклеиновой кислоты в конкретном штамме или видах микроорганизмов. Оптимизация кодонов может привести к увеличению скорости трансляции или повышению точности трансляции. В предпочтительном варианте реализации гены согласно настоящему изобретению подвергают оптимизации кодонов для экспрессии в *Clostridium*, в частности, *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei*. В дополнительном предпочтительном варианте реализации гены согласно настоящему изобретению подвергают оптимизации кодонов для экспрессии в *Clostridium autoethanogenum* LZ1561, депонированном в DSMZ под регистрационным номером DSM23693.

"Сверхэкспрессируемый" относится к увеличению экспрессии нуклеиновой кислоты или белка в микроорганизме согласно настоящему изобретению по сравнению с микроорганизмом дикого типа или родительским микроорганизмом, от которого происходит микроорганизм согласно настоящему изобретению. Сверхэкспрессии можно достичь любыми способами, известными в данной области техники, включая изменение количества копий гена, скорости транскрипции гена, скорости трансляции гена или скорости разрушения фермента.

Термин "варианты" включает нуклеиновые кислоты и белки, последовательность которых отличается от последовательности эталонной нуклеиновой кислоты и белка, например, последовательности эталонной нуклеиновой кислоты и белка, описанных в литературе или приведенных в качестве примера в настоящем документе. Настоящее изобретение можно осуществить с использованием вариантных нуклеиновых кислот или белков, выполняющих по существу ту же функцию, что и эталонная нуклеиновая кислота или белок. Например, вариантный белок может выполнять по существу ту же функцию или катализировать по существу ту же реакцию, что и эталонный белок. Вариантный ген может кодировать тот же или по существу тот же белок, что и эталонный ген. Вариантный промотор может обладать практически такой же способностью стимулировать экспрессию одного или более генов, что и эталонный промотор.

Такие нуклеиновые кислоты или белки в настоящем документе могут называться "функционально эквивалентными вариантами". Например, функционально эквивалентные варианты нуклеиновой кислоты могут включать аллельные варианты, фрагменты гена, мутированные гены, полиморфизмы и т.п. Гомологичные гены других микроорганизмов также являются примерами функционально эквивалентных вариантов. К ним относятся гомологичные гены у таких видов, как *Clostridium acetobutylicum*, *Clostridium beijerinckii* или *Clostridium ljungdahlii*, подробная информация о которых общедоступна на таких веб-сайтах, как Genbank или NCBI. Функционально эквивалентные варианты также включают нуклеиновые кислоты, последовательность которых изменена в результате оптимизации кодонов для конкретного микроорганизма. Функционально эквивалентный вариант нуклеиновой кислоты предпочтительно обладает по меньшей мере приблизительно 70%, приблизительно 80%, приблизительно 85%, приблизительно 90%, приблизительно 95%, приблизительно 98% или большей идентичностью нуклеотидной последовательности (процентом гомологии) по отношению к эталонной нуклеиновой кислоте. Функционально эквивалентный вариант белка предпочтительно обладает по меньшей мере приблизительно 70%, приблизительно 80%, приблизительно 85%, приблизительно 90%, приблизительно 95%, приблизительно 98% или большей идентичностью аминокислотной последовательности (процентом гомологии) по отношению к эталонному белку. Функциональную эквивалентность вариантной нуклеиновой кислоты или белка можно оценить с использованием любого способа, известного в данной области техники.

"Комплементарность" относится к способности нуклеиновой кислоты образовывать водородную(ые) связь(и) с другой последовательностью нуклеиновой кислоты по традиционному типу Уотсона-Крика либо по другим нетрадиционным типам. Процент комплементарности указывает процент остатков в молекуле нуклеиновой кислоты, которые могут образовывать водородные связи (например, спаривание оснований по Уотсону-Крику) со второй последовательностью нуклеиновой кислоты (например, 5, 6, 7, 8, 9, 10 из 10 означает 50, 60, 70, 80, 90 и 100% комплементарность). "Совершенно комплементарный" означает, что все смежные остатки нуклеотидной последовательности образуют водородную связь с таким же количеством смежных остатков во второй нуклеотидной последовательности. "По существу комплементарный" в настоящем документе относится к степени комплементарности, составляющей по меньшей мере 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 или 100% в области из 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 35, 40, 45, 50 или более нуклеотидов, или относится к двум нуклеиновым кислотам, гибридизующимся в жестких условиях.

"Гибридизация" относится к реакции, при которой один или более полинуклеотидов образуют комплекс, который стабилизируется посредством водородных связей между основаниями нуклеотидных остатков. Водородная связь может образоваться посредством спаривания оснований по Уотсону-Крику, хугстиновского связывания или любым другим способом, специфичным по отношению к последовательности. Комплекс может содержать две цепи, образующие двуцепочечную структуру, три или более цепей, образующих многоцепочечный комплекс, одну самогибридирующуюся цепь или любую их

комбинацию. Реакция гибридизации может представлять собой этап в более обширном процессе, например, при инициации ПЦР или расщеплении полинуклеотида ферментом. Последовательность, способная гибридизоваться с данной последовательностью, называется "комплементарной цепью" данной последовательности.

Нуклеиновые кислоты можно доставить в микроорганизм согласно настоящему изобретению с использованием любого способа, известного в данной области техники. Например, нуклеиновые кислоты можно доставить в виде нуклеиновых кислот без оболочки или включить в состав с одним или более агентами, например, липосомами. Нуклеиновые кислоты могут представлять собой ДНК, РНК, кДНК или их комбинации, в зависимости от ситуации. В определенных вариантах реализации можно использовать ингибиторы рестрикции. Дополнительные векторы могут включать плазмиды, вирусы, бактериофаги, космиды и искусственные хромосомы. В предпочтительном варианте реализации нуклеиновые кислоты доставляют в микроорганизм согласно настоящему изобретению с помощью плазмиды. В качестве примера, трансформацию (включая трансдукцию или трансфекцию) можно осуществить посредством электропорации, обработки ультразвуком, трансформации, опосредованной полиэтиленгликолем, химической или природной компетентности, трансформации протопласта, индукции профага или конъюгации. В некоторых вариантах реализации, где присутствуют активные системы ферментов рестрикции, перед введением нуклеиновой кислоты в микроорганизм может быть необходимо метилировать нуклеиновую кислоту.

Кроме того, можно сконструировать нуклеиновые кислоты, содержащие регуляторный элемент, например, промотор, для усиления или иного контроля экспрессии конкретной нуклеиновой кислоты. Промотор может являться конститутивным промотором или индуцибельным промотором. В идеале промотор представляет собой промотор пути Вуда-Льюнгаля, промотор ферредоксина, промотор пируват:ферредоксиноксидоредуктазы, промотор оперона комплекса Rnf, промотор оперона АТФ-синтазы или промотор оперона фосфотрансацетилазы/ацетаткиназы.

"Микроорганизм" представляет собой микроскопический организм, в частности, бактерию, архею, вирус или грибок. Микроорганизм согласно настоящему изобретению, как правило, представляет собой бактерию. В контексте данного изобретения следует считать, что термин "микроорганизм" охватывает термин "бактерия".

"Родительский микроорганизм" представляет собой микроорганизм, используемый для получения микроорганизма согласно настоящему изобретению. Родительский микроорганизм может являться природным микроорганизмом (т.е. микроорганизмом дикого типа) или предварительно модифицированным микроорганизмом (т.е. мутантным или рекомбинантным микроорганизмом). Микроорганизм согласно настоящему изобретению можно модифицировать с целью экспрессии или сверхэкспрессии одного или более ферментов, не экспрессируемых или сверхэкспрессируемых в родительском микроорганизме. Аналогичным образом, микроорганизм согласно настоящему изобретению можно модифицировать так, чтобы он содержал один или более генов, не содержащихся в родительском микроорганизме. Микроорганизм согласно настоящему изобретению также можно модифицировать так, чтобы он не экспрессировал один или более ферментов, экспрессируемых в родительском микроорганизме, или экспрессировал их в меньшем количестве. В одном варианте реализации родительский микроорганизм представляет собой *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei*. В предпочтительном варианте реализации родительским микроорганизмом является *Clostridium autoethanogenum* LZ1561, депонированный 7 июня 2010 г. в Немецком банке микроорганизмов и клеточных культур (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, DSMZ), расположенном по адресу: Иноффенштрассе 7B, D-38124 Брауншвейг, Германия, в соответствии с условиями Будапештского договора и с присвоением учетного номера DSM23693. Этот штамм описан в международной заявке на патент № PCT/NZ2011/000144, опубликованной как WO 2012/015317.

Термин "происходящий от" означает, что нуклеиновая кислота, белок или микроорганизм модифицирована или адаптирована по сравнению с другой (например, родительской или дикого типа) нуклеиновой кислоты, белка или микроорганизма с целью получения новой нуклеиновой кислоты, белка или микроорганизма. Такие модификации или адаптации обычно включают инсерцию, делецию, мутацию или замену нуклеиновых кислот или генов. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от родительского микроорганизма. В одном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei*. В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от *Clostridium autoethanogenum* LZ1561, депонированного в DSMZ под учетным номером DSM23693.

Микроорганизм согласно настоящему изобретению можно дополнительно классифицировать на основе функциональных характеристик. Например, микроорганизм согласно настоящему изобретению может представлять собой или может происходить от С1-фиксирующего микроорганизма, анаэроба, ацетогена, этанологена, карбоксидотрофа и/или метанотрофа. В табл. 1 приведен типичный перечень микроорганизмов и указаны их функциональные характеристики.

Таблица 1

	Путь Вуда-Льонгдаля	C1-фиксирующий микроорганизм	Анаэроб	Ацетоген	Этанологен	Автотроф	Карбоксидотроф
<i>Acetobacterium woodii</i>	+	+	+	+	+/- ¹	-	-
<i>Alkalibaculum bacchii</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Blautia producta</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Butyribacterium methylotrophicum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Clostridium acetivum</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Clostridium autoethanogenum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Clostridium carboxidivorans</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Clostridium coskatii</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Clostridium drakei</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Clostridium formicoaceticum</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Clostridium ljungdahlii</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Clostridium magnum</i>	+	+	+	+	-	+	+/- ²
<i>Clostridium ragsdalei</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Clostridium scatologenes</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Eubacterium limosum</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Moorella thermoautotrophica</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Moorella thermoacetica</i> (ранее <i>Clostridium thermoaceticum</i>)	+	+	+	+	- ³	+	+
<i>Oxobacter pfennigii</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Sporomusa ovata</i>	+	+	+	+	-	+	+/- ⁴
<i>Sporomusa silvacetica</i>	+	+	+	+	-	+	+/- ⁵
<i>Sporomusa sphaeroides</i>	+	+	+	+	-	+	+/- ⁶
<i>Thermoanaerobacter kiuvi</i>	+	+	+	+	-	+	-

¹ *Acetobacterium woodii* может продуцировать этанол из фруктозы, но не из газа.

² Способность *Clostridium magnum* к росту на CO не исследовали.

³ Согласно сообщениям, один штамм *Moorella thermoacetica*, *Moorella* sp. HUC22-1, продуцирует этанол из газа.

⁴ Способность *Sporomusa ovata* к росту на CO не исследовали.

⁵ Способность *Sporomusa silvacetica* к росту на CO не исследовали.

⁶ Способность *Sporomusa sphaeroides* к росту на CO не исследовали.

"Путь Вуда-Льонгдаля" относится к пути углеродной фиксации Вуда-Льонгдаля, описанному, например, в статье Ragsdale, *Biochim Biophys Acta*, 1784: 1873-1898, 2008. "Микроорганизм Вуда-Льонгдаля", как и ожидалось, относится к микроорганизму, содержащему путь Вуда-Льонгдаля. Микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой микроорганизм Вуда-Льонгдаля, обычно бактерию Вуда-Льонгдаля. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению содержит нативный путь Вуда-Льонгдаля. В настоящем документе путь Вуда-Льонгдаля может представлять собой нативный, немодифицированный путь Вуда-Льонгдаля или путь Вуда-Льонгдаля с некоторой степенью генетической модификации (например, сверхэкспрессией, гетерологичной экспрессией, нокаутом и т.д.), при условии, что он может преобразовывать CO, CO₂ и/или H₂ в ацетил-КоА.

"C1" относится к молекуле, содержащей один атом углерода, например, CO, CO₂, CH₄ или CH₃OH. "C1-оксигенат" относится к молекуле, содержащей один атом углерода, которая также содержит по меньшей мере один атом кислорода, например, CO, CO₂ или CH₃OH. "Источник C1-углерода" относится к молекуле, содержащей один атом углерода, которая является частичным или единственным источником углерода для микроорганизма согласно настоящему изобретению. Например, источник C1-углерода может содержать одно или более соединений, выбранных из CO, CO₂, CH₄, CH₃OH или CH₂O₂. Источник C1-углерода предпочтительно содержит одно или более соединений, выбранных из CO и CO₂. "C1-фиксирующий микроорганизм" представляет собой микроорганизм, способный продуцировать один или более продуктов из источника C1-углерода. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой C1-фиксирующую бактерию. В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению получают из C1-фиксирующего микроорганизма, приведенного в табл. 1.

"Анаэроб" представляет собой микроорганизм, не требующий кислорода для роста. Анаэроб может отрицательно реагировать или даже гибнуть в присутствии кислорода выше определенного порогового значения. Однако некоторые анаэробы способны переносить низкие уровни кислорода (например, 0,00001-5% кислорода). Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет

собой анаэроб. В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от анаэроба, приведенного в табл. 1.

"Ацетоген" представляет собой микроорганизм, продуцирующий или способный продуцировать ацетат (или уксусную кислоту) в качестве продукта анаэробного дыхания. Как правило, ацетогены представляют собой облигатно-анаэробные бактерии, использующие путь Вуда-Льонгдалля в качестве основного механизма сохранения энергии и синтеза ацетил-КоА и продуктов, полученных из ацетил-КоА, например, ацетата (Ragsdale, *Biochim Biophys Acta*, 1784: 1873- 1898, 2008). Ацетогены используют путь ацетил-КоА в качестве (1) механизма для восстановительного синтеза ацетил-КоА из CO₂, (2) терминального электрон-акцепторного энергосберегающего процесса, (3) механизма фиксации (ассимиляции) CO₂ при синтезе клеточного углерода (Drake, *Acetogenic Prokaryotes*, In: *The Prokaryotes*, 3rd edition, p. 354, New York, NY, 2006). Все встречающиеся в природе ацетогены являются C1-фиксирующими, анаэробными, автотрофными и неметанотрофными организмами. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой ацетоген. В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от ацетогена, приведенного в табл. 1.

"Этанологен" представляет собой микроорганизм, продуцирующий или способный продуцировать этанол. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой этанологен. В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от этанологена, приведенного в табл. 1.

"Автотроф" представляет собой микроорганизм, способный расти в отсутствие органического углерода. Вместо этого автотрофы используют неорганические источники углерода, например, СО и/или СО₂. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой автотроф. В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от автотрофа, приведенного в табл. 1.

"Карбоксидотроф" представляет собой микроорганизм, способный использовать СО в качестве единственного источника углерода и энергии. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой карбоксидотроф. В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от карбоксидотрофа, приведенного в табл. 1.

"Метанотроф" представляет собой микроорганизм, способный использовать метан в качестве единственного источника углерода и энергии. В определенных вариантах реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой метанотроф или происходит от метанотрофа. В других вариантах реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению не является метанотрофом или не происходит от метанотрофа.

В более широком смысле микроорганизм согласно настоящему изобретению может происходить от микроорганизма любого рода или вида, приведенного в табл. 1. Например, микроорганизм может быть членом рода, выбранного из группы, состоящей из *Acetobacterium*, *Alkalibaculum*, *Blautia*, *Butyrivacterium*, *Clostridium*, *Eubacterium*, *Moorella*, *Oxobacter*, *Sporomusa* и *Thermoanaerobacter*. В частности, микроорганизм может происходить от родительской бактерии, выбранной из группы, состоящей из:

Acetobacterium woodii, *Alkalibaculum bacchii*, *Blautia producta*, *Butyrivacterium methylotrophicum*, *Clostridium aceticum*, *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium carboxidivorans*, *Clostridium coskatii*, *Clostridium drakei*, *Clostridium formicoaceticum*, *Clostridium ljungdahlii*, *Clostridium magnum*, *Clostridium ragsdalei*, *Clostridium scatologenes*, *Eubacterium limosum*, *Moorella thermautotrophica*, *Moorella thermoacetica*, *Oxobacter pfennigii*, *Sporomusa ovata*, *Sporomusa silvacetica*, *Sporomusa sphaeroides* и *Thermoanaerobacter kiuvi*.

В предпочтительном варианте реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению получают из кластера кластридий, включающего виды *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* и *Clostridium ragsdalei*. Такие виды были впервые описаны и исследованы в работах Abrini, *Arch Microbiol*, 161: 345-351, 1994 (*Clostridium autoethanogenum*), Tanner, *Int J System Bacteriol*, 43: 232-236, 1993 (*Clostridium ljungdahlii*) и Huhnke, WO 2008/028055 (*Clostridium ragsdalei*).

Указанные три вида характеризуются значительным сходством. В частности, все эти виды являются C1-фиксирующими, анаэробными, ацетогенными, этанологенными и карбоксидотрофными представителями рода *Clostridium*. Такие виды обладают аналогичными генотипами и фенотипами, способами сохранения энергии и ферментативным метаболизмом. Кроме того, эти виды объединены в кластер в I группе гомологии кластридиальной рРНК, причем их ДНК 16S рРНК идентична более чем на 99%, содержание G+C в ДНК составляет около 22-30 мол.%, они грамположительны, характеризуются аналогичной морфологией и размером (размер логарифмически растущих клеток находится в интервале между 0,5-0,7×3-5 мкм), являются мезофильными (оптимальный рост наблюдается при температуре 30-37°C), характеризуются аналогичными диапазонами pH приблизительно 4-7,5 (при оптимальном значении pH

приблизительно 5,5-6), не содержат цитохромов и сохраняют энергию посредством комплекса Rnf. Кроме того, показано, что у этих видов происходит восстановление карбоновых кислот с образованием соответствующих спиртов (Perez, Biotechnol Bioeng, 110:1066-1077, 2012). Важно отметить, что все такие виды также демонстрируют сильный автотрофный рост на СО-содержащих газах, продуцируют этанол и ацетат (или уксусную кислоту) в качестве основных продуктов ферментации и при определенных условиях образуют небольшие количества 2,3-бутандиола и молочной кислоты.

Однако указанные три вида также обладают целым рядом различий. Эти виды были выделены из разных источников: *Clostridium autoethanogenum* - из кишечника кролика, *Clostridium ljungdahlii* - из отходов птицеферм и *Clostridium ragsdalei* - из осадочных отложений пресных водоемов. Эти виды отличаются по утилизации различных углеводов (например, рамнозы, арабинозы), кислот (например, глюконата, цитрата), аминокислот (например, аргинина, гистидина) и других субстратов (например, бетаина, бутанола). Кроме того, эти виды отличаются по ауксотрофии к определенным витаминам (например, тиамину, биотину). Указанные виды отличаются по нуклеотидным и аминокислотным последовательностям генов и белков пути Вуда-Льюнгаля, хотя обнаружено, что общая организация и количество таких генов и белков одинаковы у всех видов (Körke, Curr Opin Biotechnol, 22: 320-325, 2011).

Таким образом, в заключение можно отметить, что многие из характеристик *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei* не являются специфическими для этого вида, но представляют собой достаточно общие характеристики для такого кластера С1-фиксирующих, анаэробных, ацетогенных, этанологенных и карбоксидотрофных представителей рода *Clostridium*. Однако поскольку в действительности эти виды отличаются, генетическая модификация или манипулирование одним из этих видов может не оказывать идентичного эффекта при использовании другого из этих видов. Например, могут наблюдаться различия в росте, производительности или продуцировании продукта.

Микроорганизм согласно настоящему изобретению также может происходить от изолята или мутанта *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei*. Изоляты и мутанты *Clostridium autoethanogenum* включают JA1-1 (DSM10061) (Abrini, Arch Microbiol, 161: 345-351, 1994), LBS1560 (DSM19630) (WO 2009/064200) и LZ1561 (DSM23693) (WO 2012/015317). Изоляты и мутанты *Clostridium ljungdahlii* включают ATCC 49587 (Tanner, Int J Syst Bacteriol, 43: 232-236, 1993), PETCT (DSM13528, ATCC 55383), ERI-2 (ATCC 55380) (US 5593886), C-01 (ATCC 55988) (US 6368819), 0-52 (ATCC 55989) (US 6368819) и ОТА-1 (Tirado-Acevedo, Production of bioethanol from synthesis gas using *Clostridium ljungdahlii*, PhD thesis, North Carolina State University, 2010). Изоляты и мутанты *Clostridium ragsdalei* включают PI 1 (ATCC BAA-622, ATCC PTA-7826) (WO 2008/028055).

"Субстрат" относится к источнику углерода и/или энергии для микроорганизма согласно настоящему изобретению. Обычно субстрат является газообразным и содержит источник С1-углерода, например, СО, СО₂ и/или СН₄. Субстрат предпочтительно содержит источник С1-углерода в виде СО или СО+СО₂. Субстрат может дополнительно содержать другие неуглеродные компоненты, например, Н₂, N₂ или электроны.

В целом, субстрат содержит по меньшей мере некоторое количество СО, например, приблизительно 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 или 100 мол.% СО. Субстрат может содержать СО в диапазоне, например, приблизительно 20-80, 30-70 или 40-60 мол.% СО. Предпочтительно, субстрат содержит приблизительно 40-70 мол.% СО (например, газ сталелитейных заводов или доменный газ), приблизительно 20-30 мол.% СО (например, газ конвертерной печи) или приблизительно 15-45 мол.% СО (например, синтез-газ). В некоторых вариантах реализации субстрат может содержать относительно низкое количество СО, например, приблизительно 1-10 или 1-20 мол.% СО. Микроорганизм согласно настоящему изобретению обычно преобразует по меньшей мере часть СО в субстрате в продукт. В некоторых вариантах реализации субстрат не содержит или по существу не содержит (<1 мол.% СО).

Субстрат может содержать некоторое количество Н₂. Например, субстрат может содержать приблизительно 1, 2, 5, 10, 15, 20 или 30 мол.% Н₂. В некоторых вариантах реализации субстрат может содержать относительно высокое количество Н₂, например, приблизительно 60, 70, 80 или 90 мол.% Н₂. В дополнительных вариантах реализации субстрат не содержит или по существу не содержит (<1 мол.% Н₂).

Субстрат может содержать некоторое количество СО₂. Например, субстрат может содержать приблизительно 1-80 или 1-30 мол.% СО₂. В некоторых вариантах реализации субстрат может содержать менее чем приблизительно 20, 15, 10 или 5 мол.% СО₂. В еще одном варианте реализации субстрат не содержит или практически не содержит (<1 мол.% СО₂).

Хотя обычно субстрат является газообразным, он также может быть представлен в альтернативных формах. Например, субстрат можно растворить в жидкости, насыщенной СО-содержащим газом, с помощью генератора дисперсии микропузырьков. В качестве дополнительного примера, субстрат можно адсорбировать на твердой подложке.

Субстрат и/или источник С1-углерода может представлять собой отработанный газ, полученный в виде побочного продукта промышленного процесса или из какого-либо другого источника, например, из выхлопных газов автомобилей или при газификации биомассы. В определенных вариантах реализации промышленный процесс выбран из группы, состоящей из: черной металлургии, например, сталелитейного производства, цветной металлургии, нефтепереработки, газификации угля, производства электроэнер-

гии, производства чистого углерода, производства аммиака, производства метанола и производства кокса. Согласно таким вариантам реализации субстрат и/или источник C1-углерода можно собрать в ходе промышленного процесса перед его выбросом в атмосферу с применением любого удобного способа.

Субстрат и/или источник C1-углерода может представлять собой синтез-газ, например, синтез-газ, полученный при газификации угля или из остатков нефтепереработки, газификации биомассы или лигноцеллюлозного материала или при риформинге природного газа. В еще одном варианте реализации синтез-газ можно получить в результате газификации твердых бытовых отходов или твердых промышленных отходов.

Состав субстрата может оказывать значительное влияние на эффективность и/или стоимость реакции. Например, присутствие кислорода (O_2) может понизить эффективность процесса анаэробной ферментации. В зависимости от состава субстрата может быть желательной обработка, очистка или фильтрование субстрата для удаления нежелательных примесей, например, токсинов, нежелательных компонентов или частиц пыли, и/или для увеличения концентрации желательных компонентов.

В некоторых вариантах реализации ферментации выполняют в отсутствие углеводных субстратов, например, сахара, крахмала, лигнина, целлюлозы или гемицеллюлозы.

Микроорганизм согласно настоящему изобретению можно культивировать для получения одного или нескольких продуктов. Так, например, микроорганизм согласно настоящему изобретению может продуцировать или может быть генетически сконструирован для продукции этанола (WO 2007/117157), ацетата (WO 2007/117157), бутанола (WO 2008/115080 и WO 2012/053905), бутирата (WO 2008/115080), 2,3-бутандиола (WO 2009/151342 и WO 2016/094334), лактата (WO 2011/112103), бутена (WO 2012/024522), бутадиена (WO 2012/024522), метилэтилкетона (2-бутанона) (WO 2012/024522 и WO 2013/185123), этилена (WO 2012/026833), ацетона (WO 2012/115527), изопропанола (WO 2012/115527), липидов (WO 2013/036147), 3-гидроксипропионата (3-HP) (WO 2013/180581), изопрена (WO 2013/180584), жирных кислот (WO 2013/191567), 2-бутанола (WO 2013/185123), 1,2-пропандиола (WO 2014/0369152), 1-пропанола (WO 2014/0369152), продуктов, полученных из хоризмата (WO 2016/191625), 3-гидроксibuтирата (WO 2017/066498) и 1,3-бутандиола (WO 2017/0066498). В дополнение к одному или более целевых продуктов микроорганизм согласно настоящему изобретению также может продуцировать этанол, ацетат и/или 2,3-бутандиол. В определенных вариантах реализации саму микробную биомассу можно рассматривать как продукт.

"Нативный продукт" представляет собой продукт, вырабатываемый генетически немодифицированным микроорганизмом. Например, этанол, ацетат и 2,3-бутандиол являются нативными продуктами *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* и *Clostridium ragsdalei*. "Ненативный продукт" представляет собой продукт, продуцируемый генетически модифицированным микроорганизмом, но не продуцируемый генетически немодифицированным микроорганизмом, от которого происходит генетически модифицированный микроорганизм.

В настоящем документе ссылка на кислоту (например, уксусную кислоту или 2-гидроксизомаляновую кислоту) также должна включать соответствующую соль (например, ацетат или 2-гидроксизобутират).

"Селективность" относится к отношению выработки целевого продукта к выработке всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом. Микроорганизм согласно настоящему изобретению можно сконструировать для получения продуктов с определенной селективностью или с минимальной селективностью. В одном варианте реализации целевой продукт составляет по меньшей мере приблизительно 5, 10, 15, 20, 30, 50 или 75% всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом согласно настоящему изобретению. В другом варианте реализации целевой продукт составляет по меньшей мере 10% от всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом согласно настоящему изобретению, так что микроорганизм согласно настоящему изобретению обладает по меньшей мере 10% селективностью по отношению к целевому продукту. В еще одном варианте реализации целевой продукт составляет по меньшей мере 30% от всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом согласно настоящему изобретению, так что микроорганизм согласно настоящему изобретению обладает по меньшей мере 30% селективностью по отношению к целевому продукту.

"Повышение эффективности", "повышенная эффективность" и т.п. термины включают увеличение скорости роста, скорости или объема получения, объема продукта на объем потребляемого субстрата или селективности продукта, но не ограничиваются ими. Эффективность можно измерить относительно производительности родительского микроорганизма, от которого происходит микроорганизм согласно настоящему изобретению.

Как правило, культивирование выполняют в биореакторе. Термин "биореактор" включает устройство для культивирования/ферментации, состоящее из одного или более сосудов, колонн или трубопроводных обвязок, например, реактор непрерывного действия с механическим перемешиванием (CSTR), реактор на основе иммобилизованных клеток (ICR), реактор с орошаемым слоем (TBR), барботажную колонну, газлифтный ферментер, статический смеситель или другой сосуд или другое устройство, подходящее для приведения газа в контакт с жидкостью. В некоторых вариантах реализации биореактор может содержать первый реактор для роста и второй реактор для культивирования/ферментации. Субстрат можно

вводить в один или оба из таких реакторов. В настоящем документе термины "культивирование" и "ферментация" используют взаимозаменяемо. Указанные термины включают как фазу роста, так и фазу биосинтеза продукта в процессе культивирования/ферментации.

Культивирование обычно поддерживают в водной культуральной среде, содержащей питательные вещества, витамины и/или минералы, достаточные для обеспечения роста микроорганизма. Водная культуральная среда предпочтительно представляет собой среду для роста анаэробных микроорганизмов, например, минимальную среду для роста анаэробных микроорганизмов. Подходящие среды хорошо известны в данной области техники.

Для получения целевого продукта культивирование/ферментацию желательно выполнять в соответствующих условиях. Как правило, культивирование/ферментацию выполняют в анаэробных условиях. Условия реакции, которые следует учитывать, включают давление (или парциальное давление), температуру, скорость потока газа, скорость потока жидкости, pH среды, редокс-потенциал среды, скорость перемешивания (при использовании реактора непрерывного действия с механическим перемешиванием), уровень инокулята, максимальные концентрации газообразного субстрата, чтобы содержание газа в жидкой фазе не стало лимитирующим, и максимальные концентрации продукта во избежание ингибирования продукции. В частности, можно контролировать скорость введения субстрата для обеспечения того, что концентрация газа в жидкой фазе не станет лимитирующим фактором, поскольку в условиях лимитирования по газу культура может потреблять продукты.

Эксплуатация биореактора при повышенных давлениях позволяет повысить скорость массопереноса газа из газовой фазы в жидкую фазу. Соответственно, обычно предпочтительно выполнять выращивание/ферментацию при давлении, превышающем атмосферное давление. Кроме того, поскольку данная скорость преобразования газа отчасти зависит от времени удерживания субстрата, а время удерживания определяет требуемый объем биореактора, то применение систем под давлением может значительно уменьшить требуемый объем биореактора и, следовательно, капитальные затраты на оборудование для культивирования/ферментации. Это, в свою очередь, означает, что поддержание биореакторов при повышенном давлении, а не при атмосферном давлении, может уменьшить время удерживания, определяемое как объем жидкости в биореакторе, разделенный на скорость входящего потока газа. Оптимальные условия реакции частично зависят от конкретного используемого микроорганизма. Однако в общем случае предпочтительно выполнять ферментацию при давлении, превышающем атмосферное давление. Кроме того, поскольку данная скорость преобразования газа отчасти зависит от времени удерживания субстрата, а достижение требуемого времени удерживания, в свою очередь, определяет требуемый объем биореактора, то применение систем под давлением может значительно уменьшить требуемый объем биореактора и, следовательно, капитальные затраты на оборудование для ферментации.

В некоторых вариантах реализации ферментацию выполняют в отсутствие света или в присутствии некоторого количества света, недостаточного для удовлетворения энергетических потребностей фотосинтезирующих микроорганизмов. В некоторых вариантах реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой нефотосинтезирующий микроорганизм.

Целевые продукты можно выделять или очищать от ферментационной среды любым способом или комбинацией способов, известных в данной области техники, включая, например, фракционную перегонку, выпаривание, испарение через полупроницаемую мембрану, отдувку газом, разделение фаз и экстракционную ферментацию, включая, например, жидкость-жидкостную экстракцию. В некоторых вариантах реализации целевые продукты выделяют из ферментационной среды путем непрерывного частичного удаления среды из биореактора, отделения клеток микроорганизмов от среды (обычно фильтрованием) и выделения одного или более целевых продуктов из среды. Спирты и/или ацетон можно выделять, например, перегонкой. Кислоты можно выделять, например, адсорбцией на активированном древесном угле. Отделенные клетки микроорганизмов предпочтительно возвращают в биореактор. Фильтрат, не содержащий клеток, остающийся после удаления целевых продуктов, также предпочтительно возвращают в биореактор. В фильтрат, не содержащий клеток, можно добавлять дополнительные питательные вещества (такие как витамины В) для пополнения среды перед ее возвратом в биореактор.

Микроорганизм согласно настоящему изобретению содержит по меньшей мере один нарушенный ген. В некоторых вариантах реализации микроорганизм согласно настоящему изобретению содержит более одного нарушенного гена, например, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100 или 200 нарушенных генов. Например, нарушенный ген можно выбрать из табл.2. Хотя для *S. autoethanogenum*, *S. ljungdahlii* и *S. ragsdalei* приведены типичные учетные номера, специалист в данной области техники может идентифицировать гомологи в других микроорганизмах Вуда-Льонгдаля.

Таблица 2

#	Название	№ ЕС	Gen(ы) <i>Clostridium autoethanogenum</i>	Gen(ы) <i>Clostridium ijungdahlii</i>	Gen(ы) <i>Clostridium ragsdalei</i>
1	Изопропилмалатсинтаза/гомоцитратсинтаза/цитрамалатсинтаза	2.3.1.182	CAETHG_2751	CLJU_c06610	CLRAG_18420
2	Апопротеин [NiFe]-гидрогеназы I, большая субъединица		CAETHG_0861	CLJU_c28660	CLRAG_34740
3	Апопротеин [NiFe]-гидрогеназы I, малая субъединица		CAETHG_0862	CLJU_c28670	CLRAG_34750
4	рибопротеин-аланин-N-ацетилтрансфераза		CAETHG_1676	CLJU_c38200	CLRAG_20660
5	1-(5-фосфорибозил)-5-[(5-фосфорибозиламин)метилиденамин]имидазол-4-карбоксамидизомераза	5.3.1.16	CAETHG_3262	CLJU_c11710	CLRAG_11830
6	1-ацил-sn-глицеро-3-фосфатацилтрансфераза	2.3.1.51	CAETHG_1773	CLJU_c39280	CLRAG_21490
7	1-ацил-sn-глицеро-3-фосфатацилтрансфераза	2.3.1.51	CAETHG_2750	CLJU_c06600	CLRAG_18410
8	1-дезоксид-Д-ксилозулозо-5-фосфатредуктоизомераза	1.1.1.267	CAETHG_3391	CLJU_c13080	CLRAG_10710
9	1-дезоксид-Д-ксилозулозо-5-фосфатсинтаза	2.2.1.7, 2.2.1.1	CAETHG_3205	CLJU_c11160	CLRAG_12300
10	1,2-диацилглицерин-3-альфа-глюкозилтрансфераза		CAETHG_0046	CLJU_c19690	CLRAG_39450
11	Алкогольдегидрогеназа IV класса	1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.2	CAETHG_1078	CLJU_c30740	CLRAG_16180
12	алкогольдегидрогеназа	1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.2	CAETHG_1500	CLJU_c35930	CLRAG_06430
13	Алкогольдегидрогеназа IV класса	1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.2	CAETHG_3604	CLJU_c15000	CLRAG_24350
14	шаперонин GroES		CAETHG_1573	CLJU_c37200	CLRAG_36640
15	16S рРНК(гуанин527-N7)-метилтрансфераза		CAETHG_2116	CLJU_c42900	CLRAG_25710
16	Белок семейства HSP20		CAETHG_2094, CAETHG_2095	CLJU_c42700, CLJU_c42690	CLRAG_25500
17	2-С-метил-Д-эритрит-2,4-циклодифосфатсинтаза	4.6.1.12	CAETHG_2263	CLJU_c01570	CLRAG_27230

18	2-С-метил-D-эритрит-4-фосфатцитидилтрансфераза	2.7.7.60	CAETHG_1969	CLJU_c41280	CLRAG_23470
19	2-изопротилмалатсинтаза	2.3.3.13, 4.1.3.12	CAETHG_2999	CLJU_c09050	CLRAG_13980
20	2-кето-3-дезоксифосфоглюконатальдолаза	4.1.2.14, 4.1.3.16, 4.1.1.3	CAETHG_3254	CLJU_c11630	CLRAG_25070
21	2-фосфосульофактатфосфатаза		CAETHG_2017	CLJU_c41880	CLRAG_04990
22	2,3,4,5-тетрагидропиридин-2,6-дикарбоксилат-N-ацетилтрансфераза	2.3.1.89	CAETHG_1357	CLJU_c34610	CLRAG_14690
23	23S-pPHK-m(2)A-2503-метилтрансфераза		CAETHG_3342	CLJU_c12600	CLRAG_11200
24	3-дегидрохинатдегидратаза	4.2.1.10	CAETHG_0871	CLJU_c28760	CLRAG_34840
25	3-дегидрохинатсинтаза	4.2.3.4, 4.6.1.3	CAETHG_0908	CLJU_c29160	CLRAG_35160
26	3-дезоксид-арабиногептулозонат-7-фосфатсинтаза	2.5.1.54, 4.1.2.15	CAETHG_0910	CLJU_c29180	CLRAG_35180
27	3-дезоксид-арабиногептулозонат-7-фосфатсинтаза	2.5.1.54, 4.1.2.15	CAETHG_3578	CLJU_c14780	CLRAG_20330
28	3-гидроксиацил-[белок-переносчик ацильных групп]-дегидратаза	4.2.1.61, 4.2.1.58, 2.3.1.86, 4.2.1.59, 4.2.1.60, 2.3.1.85, 4.2.1.0	CAETHG_2043	CLJU_c42130	CLRAG_05240
29	3-гидроксиацил-КоА-дегидрогеназа	1.1.1.157	CAETHG_0420, CAETHG_1586	CLJU_c37300, CLJU_c23560	CLRAG_17610
30	3-изопротилмалатдегидратаза, большая субъединица	4.2.1.33	CAETHG_3000	CLJU_c09060	CLRAG_13970
31	3-изопротилмалат/(R)-2-метилмалатдегидратаза, малая субъединица	4.2.1.33	CAETHG_3001	CLJU_c09070	CLRAG_13960
32	3-изопротилмалатдегидрогеназа	1.1.1.85,	CAETHG_1795, CAETHG_3002	CLJU_c39500, CLJU_c09080	CLRAG_13950
33	3-оксоацил-[белок-переносчик ацильных групп]-редуктаза	2.3.1.85, 2.3.1.86, 1.1.1.100, 1.1.1.0,	CAETHG_1392, CAETHG_2046	CLJU_c42160, CLJU_c34940	CLRAG_26180
34	3-оксоацил-[белок-переносчик ацильных групп]-синтаза II	2.3.1.0, 2.3.1.41, 2.3.1.180, 2.3.1.86, 2.3.1.38, 2.3.1.85, 2.3.1.179	CAETHG_2045	CLJU_c42150	CLRAG_05260
35	3-оксоацил-[белок-переносчик ацильных групп]-синтаза-3	2.3.1.0, 2.3.1.41, 2.3.1.180, 2.3.1.86, 2.3.1.38, 2.3.1.85, 2.3.1.179	CAETHG_2050	CLJU_c42190	CLRAG_05300
36	3-фосфошкима-1-карбоксивинилтрансфераза	2.5.1.19	CAETHG_0907	CLJU_c29150	CLRAG_35150
37	5'-нуклеотидаза / 3'-нуклеотидаза / экзополифосфатаза	3.1.3.5	CAETHG_1371	CLJU_c34740	CLRAG_14800
38	Белок S10P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1948	CLJU_c41050	CLRAG_23240
39	Белок S12P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1952	CLJU_c41090	CLRAG_23280
40	белок S13 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1923	CLJU_c40800	CLRAG_22990
41	белок S19 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1943	CLJU_c41000	CLRAG_23190
42	белок S3 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1941	CLJU_c40980	CLRAG_23170
43	белок S4 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1921	CLJU_c40780	CLRAG_22970

44	белок S5 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1930	CLJU_c40870	CLRAG_23060
45	Белок S6P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_2105	CLJU_c42790	CLRAG_25600
46	белок S7 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1951	CLJU_c41080	CLRAG_23270
47	белок S8 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1933	CLJU_c40900	CLRAG_23090
48	4-амино-4-дезоксихоризматлиаза	4.1.3.38	CAETHG_1508	CLJU_c36000	CLRAG_06500
49	4-аминобутиратаминотрансфераза / (S)-3-амино-2-метилпропионаттрансаминаза	2.6.1.19	CAETHG_0129	CLJU_c20470	CLRAG_19550
50	4-дифосфотидил-2-С-метил-D-эритриткиназа	2.7.1.148	CAETHG_2316	CLJU_c02110	CLRAG_27710
51	4-гидрокси-3-метилбут-2-ен-1-илдифосфатсинтаза		CAETHG_3393	CLJU_c13100	CLRAG_10690
52	4-гидрокси-3-метилбут-2-енилдифосфатредуктаза	1.17.1.2	CAETHG_0218	CLJU_c21320	CLRAG_30880
53	4-гидрокситреонин-4-фосфатдегидрогеназа	1.1.1.262	CAETHG_2447	CLJU_c03850	CLRAG_28920
54	5-(карбоксамин)имидазолрибонуклеотидмутаза	4.1.1.21	CAETHG_2948	CLJU_c08540	CLRAG_07950
55	5-формилтетрагидрофолатциклолигаза	6.3.3.2	CAETHG_0286	CLJU_c21900	CLRAG_31440
56	Область активации витамин B12-зависимой метионинсинтазы		CAETHG_2959	CLJU_c08650	CLRAG_07840
57	белок L1 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1958	CLJU_c41150	CLRAG_23340
58	белок L18 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1931	CLJU_c40880	CLRAG_23070
59	белок L2 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1944	CLJU_c41010	CLRAG_23200
60	белок L23 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1945	CLJU_c41020	CLRAG_23210
61	белок L3 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1947	CLJU_c41040	CLRAG_23230
62	белок L31 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_2328	CLJU_c02230	CLRAG_27830
63	белок L35 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1345	CLJU_c34450	CLRAG_14530
64	белок L5 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1935	CLJU_c40920	CLRAG_23110
65	белок L6 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1932	CLJU_c40890	CLRAG_23080
66	белок L7/L12 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1956	CLJU_c41130	CLRAG_23320
67	6-фосфофруктокиназа	2.7.1.11, 2.7.1.145, 2.7.1.144, 2.7.1.56	CAETHG_0648, CAETHG_2439	CLJU_c03250, CLJU_c25790	CLRAG_18670
68	6,7-диметил-8-рибитиллумазинсинтаза	2.5.1.9	CAETHG_0304	CLJU_c22060	CLRAG_31580
69	шаперонин GroEL		CAETHG_1572	CLJU_c37190	CLRAG_36630
70	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_3619	CLJU_c15170	CLRAG_24180
71	ацетальдегиддегидрогеназа	1.2.1.10	CAETHG_1819, CAETHG_3287	CLJU_c39730, CLJU_c11960	CLRAG_21980
72	ацетальдегиддегидрогеназа / алкогольдегидрогеназа	1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.2	CAETHG_3747, CAETHG_3748	CLJU_c16520, CLJU_c16510	CLRAG_33310
73	ацетаткиназа	2.7.2.1, 2.7.2.15	CAETHG_3359	CLJU_c12780	CLRAG_11030
74	ацетолактатсинтаза-1/2/3, большая субъединица	2.2.1.6, 4.1.3.18	CAETHG_1740	CLJU_c38920	CLRAG_21100
75	ацетолактатсинтаза, большая субъединица	2.2.1.6, 4.1.1.1, 4.1.3.18, 1.2.4.1	CAETHG_0124	CLJU_c20420	CLRAG_25870
76	ацетолактатсинтаза, большая субъединица	2.2.1.6, 4.1.1.1, 4.1.3.18, 1.2.4.1	CAETHG_0406	CLJU_c23420	CLRAG_01330
77	ацетолактатсинтаза, малая субъединица	2.2.1.6, 4.1.1.1, 4.1.3.18,	CAETHG_0125	CLJU_c20430	CLRAG_25860

		1.2.4.1			
78	ацетил-КоА-карбоксилаза-карбоксилтрансфераза, альфа-субъединица	6.4.1.2	CAETHG_2040	CLJU_c42100	CLRAG_05210
79	ацетил-КоА-карбоксилаза-карбоксилтрансфераза, бета-субъединица	6.4.1.2	CAETHG_2041	CLJU_c42110	CLRAG_05220
80	ацетилорнитин/N-сукцинилдиаминопимелатаминотрансфераза	2.6.1.11	CAETHG_0238	CLJU_c21510	CLRAG_31070
81	аконитатгидратаза		CAETHG_0478	CLJU_c24200	CLRAG_24890
82	белок, содержащий домен АСТ		CAETHG_0917	CLJU_c29240	CLRAG_35250
83	ФМН-зависимая НАДН-азоредуктаза		CAETHG_0583	CLJU_c25150	CLRAG_03490
84	Адениндеаминаза		CAETHG_0460	CLJU_c23940	CLRAG_17220
85	Адениндеаминаза	3.5.4.2	CAETHG_0681	CLJU_c26120	CLRAG_04200
86	Адениндеаминаза	3.5.4.2	CAETHG_0989	CLJU_c29900	CLRAG_35900
87	аденинфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.7, 2.4.2.8	CAETHG_1270	CLJU_c33720	CLRAG_24560
88	аденозиндеаминаза	3.5.4.4	CAETHG_0825	CLJU_c28280	CLRAG_34360
89	альфа-рибозолфосфатаза		CAETHG_1462	CLJU_c35540	CLRAG_06070
90	аденозилкобинамидкиназа / аденозилкобинамидфосфатгуанилилтрансфераза	2.7.7.62, 2.7.1.156	CAETHG_1460	CLJU_c35520	CLRAG_06050
91	синтаза аденозилкобирной кислоты (глутамин-гидролизующая)		CAETHG_1130	CLJU_c32020	CLRAG_02650
92	S-аденозилметиониндекарбоксилаза	4.1.1.50	CAETHG_0217	CLJU_c21310	CLRAG_30870
93	Аденилаткиназа	2.7.4.11, 2.7.4.3	CAETHG_1926	CLJU_c40830	CLRAG_23020
94	аденилсукцинатлиаза	4.3.2.2	CAETHG_3420	CLJU_c13370	CLRAG_10420
95	Аденилсукцинатсинтететаза	6.3.4.4	CAETHG_2059	CLJU_c42350	CLRAG_05460
96	АДФ-рибозопирофосфатаза	3.6.1.13	CAETHG_3214	CLJU_c11240	CLRAG_12220
97	карбонмонооксиддегидрогеназа, малая субъединица	1.1.1.204, 1.17.1.4	CAETHG_0424	CLJU_c23600	CLRAG_17570
98	карбонмонооксиддегидрогеназа, средняя субъединица	1.1.1.204, 1.17.1.4	CAETHG_0425	CLJU_c23610	CLRAG_17560
99	агматиндезиминая	3.5.3.12	CAETHG_2074	CLJU_c42490	CLRAG_09010
100	регулятор В вспомогательного гена		CAETHG_0843	CLJU_c28480, CLJU_c27530	CLRAG_34560
101	аланинрацемаза	5.1.1.1	CAETHG_1140	CLJU_c32120, CLJU_c12010, CLJU_c40390	CLRAG_02750
102	аланил-тРНК-синтететаза		CAETHG_3297	CLJU_c12150	CLRAG_11650
103	Белок, содержащий домен, богатый цистеином		CAETHG_0470	CLJU_c24120, CLJU_c24040	CLRAG_17130
104	альдегидоксидоредуктаза	2.3.1.169	CAETHG_0471	CLJU_c24050, CLJU_c24130	CLRAG_17120
105	альдозо-1-эпимераза	5.1.3.3	CAETHG_2227	CLJU_c01190	CLRAG_30230
106	Аллофанатгидролаза, субъединица 1		CAETHG_0130	CLJU_c20480	CLRAG_19540
107	белок, содержащий нехарактеризованный домен биотин-зависимой карбоксилазы	3.5.1.54	CAETHG_0131	CLJU_c20490	CLRAG_19530
108	ацетолактатдекарбоксилаза	4.1.1.5	CAETHG_2932	CLJU_c08380	CLRAG_08070
109	альфа-N-арабинофуранозидаза	3.2.1.55	CAETHG_2233	CLJU_c01240	CLRAG_30180
110	амидофосфорибозилтрансфераза	2.4.2.14	CAETHG_2950	CLJU_c08560	CLRAG_07930
111	АТФ-связывающий белок системы транспорта полярных аминокислот		CAETHG_2759	CLJU_c06690	CLRAG_18490
112	мембранный белок-ABC-переносчик аминокислот семейства РААТ		CAETHG_1212, CAETHG_2758	CLJU_c06680, CLJU_c33140	CLRAG_15160
113	субстрат-связывающий белок-ABC-переносчик аминокислот, семейство РААТ		CAETHG_0569, CAETHG_2757	CLJU_c06670, CLJU_c25010	CLRAG_17770

114	субстрат-связывающий белок-ABC-переносчик аминокислот, семейство PAAT		CAETHG_1211	CLJU_c33130	CLRAG_15170
115	Переносчик аминокислот		CAETHG_0009, CAETHG_3736	CLJU_c19320, CLJU_c16420	CLRAG_33220
116	антипортер основных аминокислот/полиаминов, семейство APA		CAETHG_0058	CLJU_c19780	CLRAG_39360
117	переносчик аминокислот/полиаминов/органических катионов суперсемейства APC		CAETHG_0165	CLJU_c20800	CLRAG_19200
118	переносчик аминокислот/полиаминов/органических катионов суперсемейства APC		CAETHG_0231, CAETHG_3020	CLJU_c21450, CLJU_c09260	CLRAG_31010
119	антипортер основных аминокислот/полиаминов, семейство APA		CAETHG_0407, CAETHG_0408	CLJU_c23440, CLJU_c23430	CLRAG_01320
120	Переносчик аминокислот		CAETHG_0483, CAETHG_2967	CLJU_c08730, CLJU_c24250	CLRAG_24920
121	переносчик аминокислот/полиаминов/органических катионов суперсемейства APC		CAETHG_0491	CLJU_c24320	CLRAG_24990
122	переносчик аминокислот/полиаминов/органических катионов суперсемейства APC		CAETHG_1802, CAETHG_2803	CLJU_c07120, CLJU_c39570	CLRAG_21780
123	переносчик аминокислот/полиаминов/органических катионов суперсемейства APC		CAETHG_2547, CAETHG_2548	CLJU_c04760, CLJU_c04750	CLRAG_38130
124	переносчик аминокислот/полиаминов/органических катионов суперсемейства APC		CAETHG_3898	CLJU_c17900	CLRAG_00730
125	парааминобензоатсинтаза, компонент 1	2.6.1.85	CAETHG_1509	CLJU_c36010	CLRAG_06510
126	аминометилтрансфераза		CAETHG_0476	CLJU_c24180	CLRAG_24850
127	аминопептидаза		CAETHG_3684	CLJU_c15760	CLRAG_32920
128	переносчик аммония		CAETHG_2467	CLJU_c04040	CLRAG_29120
129	анаэробная сульфитредуктаза, субъединица А		CAETHG_0442	CLJU_c23770	CLRAG_17400
130	Диссимильаторная сульфитредуктаза (десульфовиридин), альфа- и бета-субъединицы	1.8.7.1	CAETHG_1629	CLJU_c37920	CLRAG_37310
131	анаэробная сульфитредуктаза, субъединица В		CAETHG_0441	CLJU_c23760	CLRAG_17410
132	анаэробная сульфитредуктаза, субъединица С		CAETHG_0440	CLJU_c23750	CLRAG_17420
133	карбонмонооксиддегидрогеназа, каталитическая субъединица	1.2.7.4	CAETHG_3005	CLJU_c09110	CLRAG_13910
134	карбонмонооксиддегидрогеназа, железосерная субъединица		CAETHG_3004	CLJU_c09100	CLRAG_13920
135	Пиридиннуклеотиддисульфидоксидоредуктаза		CAETHG_3003	CLJU_c09090	CLRAG_13930
136	антранилатфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.18	CAETHG_3703	CLJU_c16090	CLRAG_33060
137	антранилатсинтаза, компонент 1	4.1.3.27	CAETHG_3701	CLJU_c16070	CLRAG_33040
138	парааминобензоатсинтаза, компонент 2	2.6.1.85, 4.1.3.27	CAETHG_1510, CAETHG_3702	CLJU_c16080, CLJU_c36020	CLRAG_06520
139	регуляторный анти-анти-сигма-фактор, SpoIIAA		CAETHG_1295	CLJU_c33970	CLRAG_14120
140	анти-сигма-28-фактор, семейство FlgM		CAETHG_3044	CLJU_c09490	CLRAG_13610
141	аргиназа	3.5.3.1	CAETHG_0290	CLJU_c21930	CLRAG_31480
142	Аргинин/лизин/орнитиндекарбоксилаза	4.1.1.18, 4.1.1.19	CAETHG_2244	CLJU_c01380	CLRAG_27040
143	аргининосукцинатлиаза	4.3.2.1	CAETHG_2762	CLJU_c06710	CLRAG_18510
144	аргининосукцинатсинтаза	6.3.4.5	CAETHG_2761	CLJU_c06700	CLRAG_18500
145	аргинил-тРНК-синтаза		CAETHG_0257	CLJU_c21700	CLRAG_31290
146	арсенит-транспортная АТФаза		CAETHG_3665	CLJU_c15660	CLRAG_32720
147	аспарагинсинтаза (глутамин-гидролизующая)	6.3.5.4	CAETHG_0753	CLJU_c26720	CLRAG_08590
148	аспарагинсинтаза (глутамин-гидролизующая)	6.3.5.4	CAETHG_3879	CLJU_c17710	CLRAG_01020
149	аспарагинил-тРНК-синтаза		CAETHG_2033	CLJU_c42030	CLRAG_05140

150	аспартатаминотрансфераза	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_0215	CLJU_c21290	CLRAG_30850
151	аспартатаминотрансфераза	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_3417	CLJU_c13340	CLRAG_10450
152	аспартат-аммиакиаза	4.2.1.2, 4.3.1.1, 3.5.1.38	CAETHG_2062	CLJU_c42370	CLRAG_05490
153	аспартат-аммиакиаза	4.2.1.2, 4.3.1.1, 3.5.1.38	CAETHG_2479	CLJU_c04170	CLRAG_26890
154	аспартаткарбамоилтрансфераза	2.1.3.2	CAETHG_1481	CLJU_c35730	CLRAG_06260
155	аспартаткарбамоилтрансфераза, регуляторная субъединица	2.1.3.2	CAETHG_1480	CLJU_c35720	CLRAG_06250
156	аспартаткиназа		CAETHG_1187	CLJU_c32890	CLRAG_15440
157	аспартаткиназа		CAETHG_1690	CLJU_c38320	CLRAG_20790
158	аспартатрацемаза		CAETHG_0938	CLJU_c29440	CLRAG_35430
159	аспартатполуальдегиддегидрогеназа		CAETHG_1353	CLJU_c34570	CLRAG_14650
160	аспарагинил-тРНК-синтетаза		CAETHG_2765	CLJU_c06740	CLRAG_18540
161	аспартиламинопептидаза		CAETHG_2066	CLJU_c42410	CLRAG_05550
162	аспартил-тРНК-синтетаза		CAETHG_1264	CLJU_c33660	CLRAG_24620
163	аспартил/глутамил-тРНК-амидтрансфераза, субъединица А (Asn/Gln)-		CAETHG_1553	CLJU_c36920	CLRAG_36450
164	аспартил/глутамил-тРНК-амидтрансфераза, субъединица В (Asn/Gln)-		CAETHG_1552	CLJU_c36910	CLRAG_36440
165	аспартил/глутамил-тРНК-амидтрансфераза, субъединица С (Asn/Gln)-		CAETHG_1554	CLJU_c36930	CLRAG_36460
166	АТФ-фосфорибозилтрансфераза	2.4.2.17	CAETHG_3258	CLJU_c11670	CLRAG_11870
167	АТФ-фосфорибозилтрансфераза, регуляторная субъединица	2.4.2.17	CAETHG_3257	CLJU_c11660	CLRAG_11880
168	Н ⁺ -транспортирующая АТФаза F-типа, субъединица а	3.6.3.14	CAETHG_2343	CLJU_c02370	CLRAG_27980
169	F0-субкомплекс АТФ-синтазы, субъединица В	3.6.3.14	CAETHG_2345	CLJU_c02390	CLRAG_28000
170	F0-субкомплекс АТФ-синтазы, субъединица С	3.6.3.14	CAETHG_2344	CLJU_c02380	CLRAG_27990
171	F1-субкомплекс АТФ-синтазы, альфа-субъединица	3.6.3.14	CAETHG_2347	CLJU_c02410	CLRAG_28020
172	F1-субкомплекс АТФ-синтазы, бета-субъединица	3.6.3.14	CAETHG_2349	CLJU_c02430	CLRAG_28040
173	F1-субкомплекс АТФ-синтазы, дельта-субъединица	3.6.3.14	CAETHG_2346	CLJU_c02400	CLRAG_28010
174	АТФ-зависимая протеаза Clp, АТФ-связывающая субъединица ClpX		CAETHG_1471	CLJU_c35630	CLRAG_06160
175	АТФ-зависимая протеаза Clp, АТФ-связывающая субъединица ClpA		CAETHG_0538	CLJU_c24730	CLRAG_18090
176	АТФ-зависимая протеаза Clp, протеазная субъединица		CAETHG_1192, CAETHG_1472	CLJU_c35640, CLJU_c32940	CLRAG_15390
177	ДНК-хеликаза-2 / АТФ-зависимая ДНК-хеликаза PcrA		CAETHG_1559	CLJU_c36980	CLRAG_36520
178	АТФ-зависимая ДНК-хеликаза RecG		CAETHG_3351	CLJU_c12700	CLRAG_11110
179	АТФ-зависимая ДНК-хеликаза RecQ		CAETHG_0594	CLJU_c25260	CLRAG_03610
180	протеаза деления клеток FtsH		CAETHG_1987	CLJU_c41530	CLRAG_04660
181	АТФ-зависимая протеаза Clp, адапторный белок ClpS		CAETHG_0539	CLJU_c24740	CLRAG_18080
182	АТФ-зависимая протеаза Lon		CAETHG_2097	CLJU_c42720	CLRAG_25530
183	Прогнозируемая АТФ-зависимая протеаза		CAETHG_3140	CLJU_c10500	CLRAG_12870
184	АТФ-зависимая РНК-хеликаза DbrA		CAETHG_2474	CLJU_c04110	CLRAG_26940
185	ДНК-связывающий белок HU-бета		CAETHG_1996	CLJU_c41670	CLRAG_04800
186	фактор высвобождения пептидной цепи 2		CAETHG_2365	CLJU_c02640	CLRAG_28240

187	фактор инициации трансляции IF-2		CAETHG_3398	CLJU_c13150	CLRAG_10640
188	Пептидаза группы CubicO, семейство бета-лактамаз класса С		CAETHG_1431, CAETHG_2979	CLJU_c08840, CLJU_c35230	CLRAG_05740
189	фосфорибозиламиноимидазолкарбоксамидформилтрансфераза / ИМФ-циклолидроллаза	3.5.4.10, 2.1.2.3	CAETHG_0319	CLJU_c22210	CLRAG_31790
190	Регулятор транскрипции семейства BirA, репрессор биотинового оперона / биотин-[ацетил-КоА-карбоксилаза]-лигаза	6.3.4.14	CAETHG_0747	CLJU_c26660	CLRAG_08530
191	рибофлавинкиназа / ФМН-аденилилтрансфераза	2.7.7.2, 2.7.1.26	CAETHG_3402	CLJU_c13190	CLRAG_10600
192	маннозо-1-фосфатгуанилилтрансфераза / маннозо-6-фосфатизомераза	2.7.7.22	CAETHG_2615, CAETHG_2637	CLJU_c05540, CLJU_c05310	CLRAG_38830
193	белок биосинтеза жгутиков FliR/FliH		CAETHG_3126	CLJU_c10360	CLRAG_13010
194	дигидронеоптеринальдолоза / 2-амино-4-гидрокси-6-гидроксиметилдигидроптеридиндифосфокиназа	4.1.2.25, 2.7.6.3	CAETHG_2732	CLJU_c06370	CLRAG_30460
195	бифункциональная UDP-N-ацетилглюкозаминпирофосфориллаза / глюкозамин-1-фосфат-N-ацетилтрансфераза	2.3.1.4, 2.7.7.23, 2.3.1.157	CAETHG_2007	CLJU_c41780	CLRAG_04910
196	фосфорибозиламиноимидазолкарбоксамидформилтрансфераза / ИМФ-циклолидроллаза	3.5.4.10, 2.1.2.3	CAETHG_2953	CLJU_c08590	CLRAG_07900
197	тРНК-нуклеотидилтрансфераза (фермент, добавляющий CCA)		CAETHG_3219	CLJU_c11280	CLRAG_12170
198	Белок, содержащий С-концевой домен биотинкарбоксилазы		CAETHG_0127	CLJU_c20450	CLRAG_19570
199	ацетил-КоА-карбоксилаза, субъединица биотинкарбоксилазы	6.3.4.14	CAETHG_2042	CLJU_c42120	CLRAG_05230
200	переносчик аминокислот с разветвленной цепью:катионов семейства LIVCS		CAETHG_3882	CLJU_c17740	CLRAG_00980
201	аминотрансфераза аминокислот с разветвленной цепью	2.6.1.67, 2.6.1.42, 2.6.1.6	CAETHG_3032	CLJU_c09370	CLRAG_13730
202	карбаматкиназа	1.3.99.1, 2.7.2.2	CAETHG_0445, CAETHG_3025	CLJU_c23800, CLJU_c09300	CLRAG_17370
203	карбаматкиназа	2.7.2.2	CAETHG_2081	CLJU_c42550	CLRAG_09000
204	карбамоилфосфатсинтаза, большая субъединица	6.3.5.5	CAETHG_0589, CAETHG_2510	CLJU_c04410, CLJU_c25210	CLRAG_03560
205	карбамоилфосфатсинтаза, малая субъединица	6.3.5.5	CAETHG_0590, CAETHG_2508	CLJU_c04400, CLJU_c25220	CLRAG_03570
206	АВС-переносчик углеводов семейства CUT1, субстратсвязывающий белок		CAETHG_1309	CLJU_c34110	CLRAG_14260
207	АВС-переносчик углеводов семейства CUT1, субстратсвязывающий белок		CAETHG_1464	CLJU_c35560	CLRAG_06090
208	транспортная система множественных углеводов, субстрат-связывающий белок		CAETHG_2301	CLJU_c01980	CLRAG_27580
209	карбонмонооксиддегидрогеназа, каталитическая субъединица	1.2.7.4	CAETHG_3899	CLJU_c17910	CLRAG_00720
210	белок углеродного голодания		CAETHG_1590, CAETHG_1591	CLJU_c37350, CLJU_c37340	CLRAG_36780
211	регулятор накопления углерода, CsrA		CAETHG_3064	CLJU_c09690	CLRAG_13480
212	4-карбоксимуконлактондекарбоксилаза	4.1.1.44	CAETHG_0634	CLJU_c25650	CLRAG_03850
213	CDP-диацилглицеринглицеро-3-фосфат-3-фосфатидилтрансфераза	2.7.8.5	CAETHG_3410	CLJU_c13270	CLRAG_10520
214	белок деления клеток FtsA		CAETHG_3311	CLJU_c12290	CLRAG_11510
215	белок деления клеток FtsA		CAETHG_3846	CLJU_c17330	CLRAG_29250
216	белок деления клеток FtsQ		CAETHG_3151	CLJU_c10610	CLRAG_12730
217	белок пермеазы транспортной системы деления клеток		CAETHG_2423	CLJU_c03080	CLRAG_28690
218	белок деления клеток FtsZ		CAETHG_3312	CLJU_c12300	CLRAG_11500

219	АТФ-зависимая протеаза Clp, АТФ-связывающая субъединица ClpВ		CAETHG_2717	CLJU_c06170	CLRAG_07450
220	сенсорная киназа CheA, двухкомпонентная система, семейство белков хемотаксиса		CAETHG_3038	CLJU_c09430	CLRAG_13670
221	белок хемотаксиса MotA		CAETHG_2251	CLJU_c01450	CLRAG_27110
222	пурин-связывающий белок хемотаксиса CheW		CAETHG_3034	CLJU_c09390	CLRAG_13710
223	белок хемотаксиса CheD		CAETHG_3035	CLJU_c09400	CLRAG_13700
224	пурин-связывающий белок хемотаксиса CheW		CAETHG_3041	CLJU_c09460	CLRAG_13640
225	белок хемотаксиса CheC		CAETHG_3039	CLJU_c09440	CLRAG_13660
226	метилтрансфераза - белок хемотаксиса CheR		CAETHG_3037	CLJU_c09420	CLRAG_13680
227	регулятор ответа CheВ, двухкомпонентная система, семейство белков хемотаксиса		CAETHG_3036	CLJU_c09410	CLRAG_13690
228	хлорамфеникол-О-ацетилтрансфераза типа А		CAETHG_0663	CLJU_c25940	CLRAG_04080
229	хоризматмутаза	4.2.1.91, 4.2.1.51	CAETHG_0905	CLJU_c29130	CLRAG_35130
230	хоризматсинтаза	4.2.3.5	CAETHG_0906	CLJU_c29140	CLRAG_35140
231	белок-инициатор репликации хромосомы DnaA		CAETHG_2124	CLJU_c00010	CLRAG_25790
232	[цитрат(про-3S)-лиаза]-лигаза	2.3.3.1	CAETHG_1898	CLJU_c40550	CLRAG_22740
233	цитратлиаза, гамма-субъединица (белок-переносчик ацильных групп)	2.3.3.1	CAETHG_1901, CAETHG_2481	CLJU_c40580	CLRAG_22770
234	цитрат-лиаза, альфа-субъединица / цитрат-КоА-трансфераза	2.3.3.1	CAETHG_1899, CAETHG_2483	CLJU_c40560	CLRAG_22750
235	цитрат-лиаза, бета-субъединица / цитрил-КоА-лиаза	2.3.3.1	CAETHG_1900, CAETHG_2482	CLJU_c40570	CLRAG_22760
236	СО-метилирующая ацетил-СоА-синтаза, корриноидсодержащий железо-серный белок, предшественник большой субъединицы	2.3.1.169	CAETHG_1610	CLJU_c37570	CLRAG_36980
237	СО-метилирующая ацетил-КоА-синтаза, корриноидсодержащий железо-серный белок, предшественник малой субъединицы / ацетил-КоА-декарбонилаза / дельта-субъединица синтазы	2.3.1.169	CAETHG_1611	CLJU_c37580	CLRAG_36990
238	Предшественник СО-метилирующей ацетил-КоА-синтазы / ацетил-КоА-декарбонилаза / бета-субъединица синтазы	2.3.1.169	CAETHG_1608	CLJU_c37550	CLRAG_36960
239	аденозилтрансфераза а,с-диамида коб(II)ириновой кислоты	2.5.1.17	CAETHG_1110	CLJU_c31820	CLRAG_02450
240	аденозилкобинамидфосфатсинтаза		CAETHG_1129	CLJU_c32010	CLRAG_02640
241	кобаламин-5'-фосфатсинтаза	2.7.8.26	CAETHG_1461	CLJU_c35530	CLRAG_06060
242	кобальт-прекоррин-3-С17-метилтрансфераза	2.1.1.131	CAETHG_1114	CLJU_c31860	CLRAG_02490
243	кобальт-прекоррин-4-С11-метилтрансфераза	2.1.1.133	CAETHG_1116	CLJU_c31880	CLRAG_02510
244	кобальт-прекоррин-5А-ацетальдегидлиаза		CAETHG_1115	CLJU_c31870	CLRAG_02500
245	кобальт-прекоррин-5В-С1-метилтрансфераза		CAETHG_1120	CLJU_c31920	CLRAG_02550
246	кобальт-прекоррин-6В-(С15)-метилтрансфераза	2.1.1.132	CAETHG_1118	CLJU_c31900	CLRAG_02530
247	прекоррин-8Х-метилмутаза / кобальт-прекоррин-8-метилмутаза	5.4.1.2	CAETHG_1121	CLJU_c31930	CLRAG_02560
248	прекоррин-6А / кобальт-прекоррин-6А-редуктаза	1.3.1.54	CAETHG_1112	CLJU_c31840	CLRAG_02470
249	СobW / NurВ / UreG, нуклеотидсвязывающий домен		CAETHG_0147	CLJU_c20640	CLRAG_19340
250	семейство ДНК-связывающих белков холодового шока		CAETHG_0027, CAETHG_0035	CLJU_c19580, CLJU_c19500	CLRAG_39610
251	белок cinA, индуцирующий компетентность/повреждение		CAETHG_1770	CLJU_c39260	CLRAG_21470
252	конденсин, субъединица ScrA		CAETHG_3220	CLJU_c11290	CLRAG_12160
253	белок сегрегации и конденсации В		CAETHG_3221	CLJU_c11300	CLRAG_12150
254	конденсин, субъединица Smc		CAETHG_3367	CLJU_c12850	CLRAG_10950

255	Су+-экспортирующая АТФаза		CAETHG_0557	CLJU_c24900	CLRAG_17880
256	16S рРНК(цитидин1402-2'-О)-метилтрансфераза		CAETHG_2254	CLJU_c01480	CLRAG_27140
257	ЦТФ-синтаза	6.3.4.2	CAETHG_2325	CLJU_c02200	CLRAG_27800
258	супероксиддисмутаза семейства Cu-Zn	1.15.1.1	CAETHG_0977	CLJU_c29780	CLRAG_35780
259	цианофизинсинтетаза		CAETHG_2315	CLJU_c02100	CLRAG_27700
260	цианофизиназа		CAETHG_2314	CLJU_c02090	CLRAG_27690
261	Целлобиозофосфорилаза		CAETHG_1687	CLJU_c38300	CLRAG_20770
262	синтаза фосфолипидов циклопропан-жирных кислот		CAETHG_0840	CLJU_c28420	CLRAG_34500
263	цистатинин-гамма-лиаза		CAETHG_0498	CLJU_c24380	CLRAG_25120
264	цистеиндесульфураза		CAETHG_0833	CLJU_c28360	CLRAG_34440
265	Селенцистеинлиаза / цистеиндесульфураза		CAETHG_1227	CLJU_c33280	CLRAG_14980
266	белок семейства цистеиндесульфуразы		CAETHG_1218	CLJU_c33190	CLRAG_15070
267	цистеинсинтаза А		CAETHG_0497	CLJU_c24370	CLRAG_25110
268	цистеинсинтаза А	2.5.1.47, 2.5.1.65, 4.2.99.8	CAETHG_1776	CLJU_c39310	CLRAG_21520
269	Цистеинсинтаза		CAETHG_2922	CLJU_c08270	CLRAG_08120
270	цистеинил-тРНК-синтетаза		CAETHG_0170	CLJU_c20850	CLRAG_19150
271	цистеинил-тРНК-синтетаза		CAETHG_1968	CLJU_c41270	CLRAG_23460
272	дЦМФ-дезаминаза	3.5.4.12	CAETHG_2339	CLJU_c02330	CLRAG_27940
273	цитидиндезаминаза		CAETHG_3921	CLJU_c18120	CLRAG_00540
274	цитидилаткиназа	2.7.4.14, 2.7.1.48	CAETHG_0219	CLJU_c21330	CLRAG_30890
275	цитозиндезаминаза	3.5.4.1	CAETHG_4058	CLJU_c19230	CLRAG_39840
276	D-3-фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_2211	CLJU_c00970	CLRAG_19610
277	D-аланин-D-аланинлигаза	6.3.2.4	CAETHG_1139	CLJU_c32110	CLRAG_02740
278	D-аланил-D-аланинкарбоксипептидаза		CAETHG_2836	CLJU_c07440	CLRAG_32250
279	D-аланил-D-аланинкарбоксипептидаза (пенициллинсвязывающий белок 5/6)		CAETHG_3218	CLJU_c11270	CLRAG_12180
280	D-аланил-D-аланинкарбоксипептидаза		CAETHG_3425	CLJU_c13410	CLRAG_10380
281	D-аланил-D-аланинкарбоксипептидаза		CAETHG_3680	CLJU_c15720	CLRAG_32880
282	D-аланил-D-аланинкарбоксипептидаза		CAETHG_3224	CLJU_c11330	CLRAG_12120
283	D-глюкокаратдегидратаза	4.2.1.40	CAETHG_0817	CLJU_c28130, CLJU_c28170	CLRAG_09100
284	gD-глутамил-мезо-диаминопимелатпептидаза		CAETHG_2777	CLJU_c06860	CLRAG_18700
285	дигидропиримидиназа		CAETHG_0444	CLJU_c23790	CLRAG_17380
286	D-серин/D-аланин/глицин:протонный симпортер семейства AAT		CAETHG_2928	CLJU_c08330	CLRAG_08080
287	ксилоизомераза	5.3.1.5	CAETHG_3932	CLJU_c18240	CLRAG_00370
288	белок, содержащий домен EDD, семейства DegV		CAETHG_3256	CLJU_c11650	CLRAG_11890
289	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_3906	CLJU_c17970	CLRAG_00660
290	дезоксирибозофосфатальдолаза		CAETHG_3922	CLJU_c18130	CLRAG_00530
291	дУТФ-пирофосфатаза	3.6.1.19, 3.6.1.23	CAETHG_3104	CLJU_c10140	CLRAG_13230
292	дефосфо-КоА-киназа	2.7.1.24	CAETHG_1258	CLJU_c33600	CLRAG_24680
293	диацилглицеринкиназа (АТФ)	2.7.1.107	CAETHG_2904	CLJU_c08090	CLRAG_08260
294	диаминогидроксифосфорибозиламинопиримидиндезаминаза / 5-амино-6-(5-фосфорибозиламино)урацилредуктаза	3.5.4.26, 1.1.1.193	CAETHG_0307	CLJU_c22090	CLRAG_31610
295	диаминопимелатдекарбоксилаза	4.1.1.20	CAETHG_1688	CLJU_c38310	CLRAG_20780
296	диаминопимелатэпимераза	5.1.1.7	CAETHG_3166	CLJU_c10760	CLRAG_12580

297	диаминопропионат-аммиак-лиаза		CAETHG_0451	CLJU_c23860	CLRAG_17310
298	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_1216	CLJU_c33170	CLRAG_15120
299	дигидродипиколинатредуктаза	1.3.1.26	CAETHG_1351	CLJU_c34550	CLRAG_14630
300	дигидродипиколинатредуктаза	1.3.1.26	CAETHG_3914	CLJU_c18050	CLRAG_00600
301	4-гидрокситетрагидродипиколинатсинтаза	4.2.1.52	CAETHG_0823	CLJU_c28230	CLRAG_09180
302	4-гидрокситетрагидродипиколинатсинтаза	4.2.1.52	CAETHG_1352, CAETHG_2498	CLJU_c04300, CLJU_c34560	CLRAG_14640
303	дигидрофолатредуктаза		CAETHG_0509	CLJU_c24490	CLRAG_30080
304	дигидролипоамиддегидрогеназа	1.8.1.4	CAETHG_1613	CLJU_c37600	CLRAG_37010
305	дигидрооротаза	3.5.2.3	CAETHG_1585	CLJU_c37290	CLRAG_36730
306	дигидрооротатдегидрогеназа (НАД+), каталитическая субъединица	1.3.3.1, 1.3.99.11	CAETHG_1477	CLJU_c35690	CLRAG_06220
307	дигидрооротатдегидрогеназа, электрон-транспортная субъединица	1.3.3.1, 1.3.99.11	CAETHG_1478	CLJU_c35700	CLRAG_06230
308	дигидроптеротатсинтаза	2.5.1.15	CAETHG_2729	CLJU_c06340	CLRAG_30490
309	дигидропиримидиназа	3.5.2.2	CAETHG_1496	CLJU_c35890	CLRAG_06390
310	дигидропиримидиндегидрогеназа (НАД+), субъединица PreA	1.3.1.2	CAETHG_1494	CLJU_c35870	CLRAG_06370
311	дегидратаза дигидроксикислот	4.2.1.9	CAETHG_0123	CLJU_c20410	CLRAG_25880
312	16S рРНК(аденин1518-N6/аденин1519-N6)-диметилтрансфераза		CAETHG_2279	CLJU_c01770	CLRAG_27370
313	ДНК-гираза, субъединица А		CAETHG_2130	CLJU_c00070	CLRAG_25850
314	топоизомераза-4, субъединица А		CAETHG_3014	CLJU_c09200	CLRAG_13830
315	ДНК-гираза, субъединица В		CAETHG_2129	CLJU_c00060	CLRAG_25840
316	ДНК-хеликаза / экзодезоксирибонуклеаза V, субъединица А		CAETHG_1215	CLJU_c33160	CLRAG_15130
317	ДНК-хеликаза / экзодезоксирибонуклеаза V, субъединица В		CAETHG_2788	CLJU_c06980	CLRAG_18820
318	ДНК-лигаза (НАД+)		CAETHG_1558	CLJU_c36970	CLRAG_36510
319	белок репарации несоответствий в ДНК MutS2		CAETHG_1338	CLJU_c34380	CLRAG_14460
320	белок репарации несоответствий в ДНК MutL		CAETHG_0209	CLJU_c21230	CLRAG_30810
321	белок репарации несоответствий в ДНК MutS		CAETHG_0210	CLJU_c21240	CLRAG_30820
322	ДНК-полимераза I		CAETHG_1259	CLJU_c33610	CLRAG_24670
323	ДНК-полимераза 3, альфа-субъединица		CAETHG_2438	CLJU_c03240	CLRAG_28840
324	ДНК-полимераза 3, альфа-субъединица		CAETHG_1073	CLJU_c30690	CLRAG_16120
325	ДНК-полимераза 3, бета-субъединица		CAETHG_2125	CLJU_c00020	CLRAG_25800
326	ДНК-полимераза 3, гамма/тау субъединица		CAETHG_2199	CLJU_c00850	CLRAG_19730
327	ДНК-полимераза III, дельта-субъединица		CAETHG_2882	CLJU_c07890	CLRAG_25370
328	ДНК-полимераза 4		CAETHG_0189	CLJU_c21040	CLRAG_18980
329	ДНК-полимераза 3, дельта'-субъединица		CAETHG_2247	CLJU_c01410	CLRAG_27070
330	ДНК-примаза		CAETHG_2916	CLJU_c08210	CLRAG_08180
331	Белок репарации ДНК RadA/Sms		CAETHG_1973	CLJU_c41320	CLRAG_23510
332	Белок репликации и репарации ДНК RadC		CAETHG_2813	CLJU_c07210	CLRAG_26630
333	Белок репликации и репарации ДНК RecF		CAETHG_2127	CLJU_c00040	CLRAG_25820
334	Белок репликации и репарации ДНК RecN		CAETHG_3209	CLJU_c11200	CLRAG_12260
335	Белок репликации и репарации ДНК RecO		CAETHG_2906	CLJU_c08110	CLRAG_08240
336	Белок репликации и репарации ДНК RecR		CAETHG_2201	CLJU_c00870	CLRAG_19710
337	ДНК-топоизомераза-3		CAETHG_0360	CLJU_c22980	CLRAG_01800
338	ДНК-топоизомераза-3		CAETHG_0411	CLJU_c23470	CLRAG_17640
339	ДНК-топоизомераза-1		CAETHG_3383	CLJU_c13000	CLRAG_10790

340	топоизомераза-4, субъединица B		CAETHG_3013	CLJU_c09190	CLRAG_13840
341	АТФаза ДНК-сегрегации FtsK/SpoIIIE, семейства S-DNA-T		CAETHG_3408	CLJU_c13250	CLRAG_10540
342	эндонуклеаза-3		CAETHG_1771	CLJU_c39270	CLRAG_21480
343	ДНК-зависимая РНК-полимераза, альфа-субъединица		CAETHG_1920	CLJU_c40770	CLRAG_22960
344	ДНК-зависимая РНК-полимераза, бета-субъединица		CAETHG_1955	CLJU_c41120	CLRAG_23310
345	ДНК-зависимая РНК-полимераза, бета'-субъединица		CAETHG_1954	CLJU_c41110	CLRAG_23300
346	ДНК-зависимая РНК-полимераза, омега-субъединица		CAETHG_3335	CLJU_c12530	CLRAG_11270
347	dTDP-4-дегидрорамнозо-3,5-эпимераза	5.1.3.13	CAETHG_2619, CAETHG_2641	CLJU_c05350, CLJU_c05580	CLRAG_06720
348	dTDP-4-дегидрорамнозоредуктаза	1.1.1.133,	CAETHG_2618, CAETHG_2640	CLJU_c05570, CLJU_c05340	CLRAG_06710
349	dTDP-глюкозо-4,6-дегидратаза	4.2.1.46	CAETHG_2616, CAETHG_2638	CLJU_c05550, CLJU_c05320	CLRAG_06690
350	глюкозо-1-фосфатимидилтрансфераза	2.7.7.33, 2.7.7.24	CAETHG_2617, CAETHG_2639	CLJU_c05330, CLJU_c05560	CLRAG_06700
351	электрон-транспортный флавопротеин, апопротеин альфа-субъединицы		CAETHG_0116, CAETHG_3472	CLJU_c13890, CLJU_c20340	CLRAG_25950
352	электрон-транспортный флавопротеин, апопротеин альфа-субъединицы		CAETHG_0245	CLJU_c21580	CLRAG_31170
353	электрон-транспортный флавопротеин, апопротеин альфа-субъединицы		CAETHG_1785	CLJU_c39400	CLRAG_21610
354	электрон-транспортный флавопротеин, бета-субъединица		CAETHG_0115, CAETHG_3471	CLJU_c13880, CLJU_c20330	CLRAG_25960
355	электрон-транспортный флавопротеин, бета-субъединица		CAETHG_0246	CLJU_c21590	CLRAG_31180
356	электрон-транспортный флавопротеин, бета-субъединица		CAETHG_1786	CLJU_c39410	CLRAG_21620
357	белок RnfA электрон-транспортного комплекса	1.18.1.3	CAETHG_3231	CLJU_c11400	CLRAG_12050
358	белок RnfD электрон-транспортного комплекса	1.18.1.3	CAETHG_3228	CLJU_c11370	CLRAG_12080
359	белок RnfE электрон-транспортного комплекса	1.18.1.3	CAETHG_3230	CLJU_c11390	CLRAG_12060
360	фактор элонгации P		CAETHG_3190	CLJU_c11010	CLRAG_12450
361	фактор элонгации Ts		CAETHG_3386	CLJU_c13030	CLRAG_10760
362	фактор элонгации Tu		CAETHG_1949, CAETHG_1963	CLJU_c41200, CLJU_c41060	CLRAG_23390
363	Эндонуклеаза IV		CAETHG_0108	CLJU_c20270	CLRAG_26020
364	2-еноатредуктаза		CAETHG_0983	CLJU_c29840	CLRAG_35850
365	2,4-диеноил-КоА-редуктаза		CAETHG_1079	CLJU_c30750	CLRAG_16190
366	2-еноатредуктаза		CAETHG_1247	CLJU_c33480	CLRAG_32290
367	енолаза	4.2.1.11	CAETHG_1756	CLJU_c39110	CLRAG_21260
368	еноил-[белок-переносчик ацильных групп]-редуктаза II		CAETHG_2049	CLJU_c42180	CLRAG_05290
369	Алкогольдегидрогеназа IV класса	1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.2	CAETHG_1813	CLJU_c39670	CLRAG_21920
370	Алкогольдегидрогеназа IV класса	1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.2	CAETHG_3279	CLJU_c11880	CLRAG_03030
371	эксинуклеаза ABC, субъединица A		CAETHG_2427	CLJU_c03120	CLRAG_28730
372	Эксинуклеаза ABC, субъединица B		CAETHG_2426	CLJU_c03110	CLRAG_28720
373	Эксинуклеаза ABC, субъединица C		CAETHG_2432	CLJU_c03170	CLRAG_28780
374	Экзодезоксирибонуклеаза I, субъединица D		CAETHG_0112	CLJU_c20310	CLRAG_25980

375	экзодезоксирибонуклеаза V, альфа-субъединица		CAETHG_2359	CLJU_c02590	CLRAG_28190
376	Экзодезоксирибонуклеаза VII, большая субъединица		CAETHG_3202	CLJU_c11130	CLRAG_12330
377	Экзодезоксирибонуклеаза VII, малая субъединица		CAETHG_3203	CLJU_c11140	CLRAG_12320
378	Эксонуклеаза, специфичная по отношению к одноцепочечной ДНК		CAETHG_3018	CLJU_c09240	CLRAG_13790
379	H+-транспортирующая АТФаза F-типа, эpsilon-субъединица	3.6.3.14	CAETHG_2350	CLJU_c02440	CLRAG_28050
380	H+-транспортирующая АТФаза F-типа, гамма-субъединица	3.6.3.14	CAETHG_2348	CLJU_c02420	CLRAG_28030
381	АТФ-синтаза, белок I	3.6.3.14	CAETHG_2342	CLJU_c02360	CLRAG_27970
382	[FeFe]-гидрогеназа, группа A	1.12.1.4, 1.1.99.33	CAETHG_2798, CAETHG_3841	CLJU_c17280, CLJU_c07070	CLRAG_18920
383	электрон-транспортный белок HsdN		CAETHG_0083, CAETHG_3840	CLJU_c20030, CLJU_c17270	CLRAG_32510
384	белок А-переносчик двухвалентного железа		CAETHG_3480	CLJU_c13970	CLRAG_09280
385	белок, содержащий домен с дикластером 4Fe-4S		CAETHG_2250	CLJU_c01440	CLRAG_27100
386	ферредоксин		CAETHG_2285	CLJU_c01820	CLRAG_27420
387	Регулятор транскрипции семейства Fur, регулятор поглощения трехвалентного железа		CAETHG_3301	CLJU_c12190	CLRAG_11610
388	ферритин		CAETHG_0026	CLJU_c19490	CLRAG_39620
389	белок В-переносчик двухвалентного железа		CAETHG_3481	CLJU_c13980	CLRAG_09290
390	белок А-переносчик двухвалентного железа		CAETHG_3479	CLJU_c13960	CLRAG_09270
391	белок FliH сборки жгутиков		CAETHG_3114	CLJU_c10240	CLRAG_13130
392	белок FlgB стержня кинетосомы жгутика		CAETHG_3109	CLJU_c10190	CLRAG_13180
393	белок FlgG стержня кинетосомы жгутика		CAETHG_3134	CLJU_c10440	CLRAG_12930
394	белок FlgG стержня кинетосомы жгутика		CAETHG_3135	CLJU_c10450	CLRAG_12920
395	белок FlgC стержня кинетосомы жгутика		CAETHG_3110	CLJU_c10200	CLRAG_13170
396	белок жгутика FliJ		CAETHG_3116	CLJU_c10260	CLRAG_13110
397	белок FliA биосинтеза жгутика		CAETHG_3127	CLJU_c10370	CLRAG_13000
398	белок FliH биосинтеза жгутика		CAETHG_3128	CLJU_c10380	CLRAG_12990
399	белок жгутика FliI		CAETHG_3122	CLJU_c10320	CLRAG_13050
400	белок FliP биосинтеза жгутика		CAETHG_3124	CLJU_c10340	CLRAG_13030
401	белок FliQ биосинтеза жгутика		CAETHG_3125	CLJU_c10350	CLRAG_13020
402	белок 1 FlgK, ассоциированный с крюком жгутика		CAETHG_3046	CLJU_c09510	CLRAG_13590
403	белок 2, ассоциированный с крюком жгутика		CAETHG_3056	CLJU_c09610	CLRAG_13530
404	белок FliE комплекса "крюк-кинетосома" жгутика		CAETHG_3111	CLJU_c10210	CLRAG_13160
405	белок FliF M-кольца жгутика		CAETHG_3112	CLJU_c10220	CLRAG_13150
406	белок FliM-переключатель мотора жгутика		CAETHG_3042	CLJU_c09470	CLRAG_13630
407	белок Flig-переключатель мотора жгутика		CAETHG_3113	CLJU_c10230	CLRAG_13140
408	белок жгутика FliS		CAETHG_3052	CLJU_c09570	CLRAG_13540
409	флагеллин		CAETHG_3108	CLJU_c10180	CLRAG_13190
410	белок фолдазы PrsA		CAETHG_2000	CLJU_c41710	CLRAG_04840
411	дигидрофолатсинтаза / фолилполиглутаматсинтаза	6.3.2.12, 6.3.2.17	CAETHG_1365	CLJU_c34680	CLRAG_14760
412	формиатдегидрогеназа, большая субъединица	1.2.1.43, 1.1.99.33	CAETHG_2790, CAETHG_2988	CLJU_c08930, CLJU_c06990	CLRAG_18840
413	Формиат-тетрагидрофолат-лигаза	3.5.4.9, 6.3.4.3	CAETHG_1618	CLJU_c37650	CLRAG_37060
414	формиминотетрагидрофолатциклодезаминаза	4.3.1.4	CAETHG_1728	CLJU_c38800	CLRAG_21060

415	формиминоглутамаза	3.5.3.8	CAETHG_0228	CLJU_c21420	CLRAG_30980
416	Формиминотетрагидрофолатциклодезаминаза	4.3.1.4	CAETHG_0230	CLJU_c21440	CLRAG_31000
417	формилметанофурандегидрогеназа, субъединица E		CAETHG_2994	CLJU_c38060, CLJU_c09000	CLRAG_07510
418	Формиминотетрагидрофолатциклодезаминаза	3.5.4.9, 4.3.1.4, 6.3.4.3	CAETHG_1617	CLJU_c37640	CLRAG_37050
419	формилтетрагидрофолат-зависимая фосфорибозилглицинамидформилтрансфераза	2.1.2.2	CAETHG_2952	CLJU_c08580	CLRAG_07910
420	1-фосфофруктокиназа	2.7.1.11, 2.7.1.145, 2.7.1.144, 2.7.1.56	CAETHG_0143	CLJU_c20600	CLRAG_19380
421	фруктозо-1,6-бисфосфатаза-3	3.1.3.11	CAETHG_0897	CLJU_c29050	CLRAG_35050
422	вероятная фосфоглицератмутаза		CAETHG_0464	CLJU_c23980	CLRAG_17180
423	фруктозобисфосфатальдолаза II класса	4.1.2.13	CAETHG_2184	CLJU_c00660	CLRAG_19910
424	фруктозобисфосфатальдолаза	4.1.2.13	CAETHG_2382	CLJU_c02810	CLRAG_28410
425	фумараза I класса, альфа-субъединица	4.2.1.81, 4.2.1.2, 4.2.1.32	CAETHG_1903	CLJU_c40600	CLRAG_22790
426	фумаратгидратаза, бета-субъединица	4.2.1.81, 4.2.1.2, 4.2.1.32	CAETHG_1902	CLJU_c40590	CLRAG_22780
427	2-кето-4-пентеноатгидратаза / гидратаза 2-оксогепта-3-ен-1,7-диойной кислоты (путь катехола)		CAETHG_0592	CLJU_c25240	CLRAG_03590
428	гамма-глутамилтрансфераза 2. Треонинпептидаза. MEROPS, семейство T03	2.3.2.2, 3.4.11.4	CAETHG_4037	CLJU_c19030	CLRAG_40010
429	геранилгеранилдифосфатсинтаза II типа	4.2.1.29, 2.5.1.1, 2.5.1.10	CAETHG_3204	CLJU_c11150	CLRAG_12310
430	протеаза спор		CAETHG_2884	CLJU_c07910	CLRAG_25390
431	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_0847	CLJU_c28520	CLRAG_34600
432	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_0678	CLJU_c26090	CLRAG_04180
433	глюконатпермеаза GntP		CAETHG_2180, CAETHG_3251	CLJU_c11600, CLJU_c00620	CLRAG_19960
434	фермент модификации уридин-5-карбоксиметиламинометил-тРНК		CAETHG_2117	CLJU_c42910	CLRAG_25720
435	глюкозо-6-фосфатизомераза	5.3.1.9, 5.1.3.15	CAETHG_1568	CLJU_c37130	CLRAG_36590
436	глутамат-5-киназа	2.7.2.11	CAETHG_2697	CLJU_c05990	CLRAG_07220
437	глутаматформиминотрансфераза	2.1.2.5	CAETHG_0237	CLJU_c21500	CLRAG_31060
438	консервативный гипотетический белок		CAETHG_1906	CLJU_c40630	CLRAG_22820
439	Глутаматмутаза, субъединица E		CAETHG_1905	CLJU_c40620	CLRAG_22810
440	глутаматмутаза, субъединица S		CAETHG_1907	CLJU_c40640	CLRAG_22830
441	глутамат-N-ацетилтрансфераза	2.3.1.1, 2.3.1.35	CAETHG_0240	CLJU_c21530	CLRAG_31090
442	глутаматрацемаза	5.1.1.3	CAETHG_2023	CLJU_c41940	CLRAG_05050
443	глутаматсинтаза (НАДФН/НАДН), малая цепь	1.4.1.13, 1.6.99.3	CAETHG_1580	CLJU_c37240	CLRAG_36680
444	глутаматсинтаза (НАДФН/НАДН), большая цепь	1.4.1.13	CAETHG_3850	CLJU_c17370	CLRAG_29210
445	глутаматсинтаза (НАДН), малая субъединица	1.4.1.13	CAETHG_3851	CLJU_c17380	CLRAG_29200
446	глутамат-1-полуальдегид-2,1-аминомутаза	5.4.3.8	CAETHG_2521	CLJU_c04490	CLRAG_37850
447	глутамат-5-полуальдегиддегидрогеназа	1.2.1.41	CAETHG_2698	CLJU_c06000	CLRAG_07230
448	глутаминсинтетаза	6.3.1.2	CAETHG_2024	CLJU_c41950	CLRAG_05060

449	глюкозаминфруктозо-6-фосфатаминотрансфераза (изомеризирующая)	2.6.1.16	CAETHG_1885	CLJU_c40420	CLRAG_22610
450	НАД ⁺ -синтаза (глутамин-гидролизующая)	6.3.1.5, 6.3.5.1	CAETHG_2782	CLJU_c06920	CLRAG_18760
451	глутаминил-тРНК-синтетаза		CAETHG_0755	CLJU_c26740	CLRAG_08610
452	глутамил-тРНК-редуктаза	1.2.1.70	CAETHG_2520	CLJU_c04480	CLRAG_37840
453	глутамил-тРНК-синтетаза	6.1.1.17, 6.1.1.24	CAETHG_3423	CLJU_c13390	CLRAG_10400
454	Глутатионилспермидинсинтаза		CAETHG_3949	CLJU_c18420	CLRAG_00260
455	глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа (НАД ⁺)	1.2.1.59, 1.2.1.12, 1.2.1.72	CAETHG_1760, CAETHG_3424	CLJU_c13400, CLJU_c39150	CLRAG_21300
456	глицерин-3-фосфатдегидрогеназа (НАД(Ф) ⁺)	1.1.1.94, 1.1.1.261, 1.1.1.8	CAETHG_3330	CLJU_c12480	CLRAG_11320
457	глицеро-3-фосфатдегидрогеназа		CAETHG_1600	CLJU_c37480	CLRAG_36890
458	Белок семейства глицерофосфорилдиэфирфосфодиэстеразы		CAETHG_0269	CLJU_c21800	CLRAG_31340
459	глициндегидрогеназа (декарбоксилирующая), альфа-субъединица		CAETHG_0474	CLJU_c24160	CLRAG_24830
460	глициндегидрогеназа, субъединица 2		CAETHG_0473	CLJU_c24150	CLRAG_24820
461	глицил-тРНК-синтетаза		CAETHG_1981	CLJU_c41460	CLRAG_04590
462	ГМФ-синтаза (глутамин-гидролизующая)	6.3.5.2	CAETHG_1570	CLJU_c37170	CLRAG_36610
463	ГТФ-циклогидролаза I	3.5.4.16	CAETHG_2730	CLJU_c06350	CLRAG_30480
464	ГТФ-пирофосфокиназа	2.7.6.5	CAETHG_1269	CLJU_c33710	CLRAG_24570
465	гуаниндезаминаза		CAETHG_0462	CLJU_c23960	CLRAG_17200
466	гуанилаткиназа	2.7.4.8, 2.7.4.12	CAETHG_3334	CLJU_c12520	CLRAG_11280
467	молекулярный шаперон HtpG		CAETHG_0057	CLJU_c19770	CLRAG_39370
468	термоиндуцируемый репрессор транскрипции HgcA		CAETHG_2889	CLJU_c07960	CLRAG_25440
469	гемэритрин		CAETHG_0273	CLJU_c21830	CLRAG_31370
470	гемэритрин-подобный белок с металл-связывающим доменом		CAETHG_1518	CLJU_c36090	CLRAG_06600
471	гемолизин III		CAETHG_1262	CLJU_c33640	CLRAG_24640
472	гептапренилдиэфирфосфатсинтаза	2.5.1.29, 2.5.1.30, 2.5.1.33	CAETHG_3233	CLJU_c11420	CLRAG_12030
473	гистидин-аммиак-лиаза	4.3.1.3	CAETHG_1182	CLJU_c32840	CLRAG_15490
474	гистидин-аммиак-лиаза	4.3.1.3	CAETHG_0232	CLJU_c21460	CLRAG_31020
475	гистидинолдегидрогеназа	1.1.1.23	CAETHG_3259	CLJU_c11680	CLRAG_11860
476	гистидинолфосфатаза (семейство PNP)	3.1.3.15	CAETHG_3272	CLJU_c11810	CLRAG_11730
477	гистидинолфосфатаминотрансфераза	2.6.1.9, 2.6.1.58, 2.6.1.57, 2.6.1.5, 2.6.1.1	CAETHG_3263	CLJU_c11720	CLRAG_11820
478	гистидил-тРНК-синтетаза		CAETHG_1265	CLJU_c33670	CLRAG_24610
479	ДНК-хеликаза структуры Холлидея, субъединица RuvA		CAETHG_1281	CLJU_c33830	CLRAG_24450
480	ДНК-хеликаза структуры Холлидея, субъединица RuvB		CAETHG_1280	CLJU_c33820	CLRAG_24460
481	голо-[белок-переносчик ацильных групп]-синтаза	2.7.8.7	CAETHG_2415	CLJU_c03000	CLRAG_28610
482	гомоцитратсинтаза NifV	4.1.3.21, 2.3.3.14	CAETHG_2575	CLJU_c04980	CLRAG_38370
483	гомоцитратсинтаза NifV		CAETHG_2574	CLJU_c04970	CLRAG_38360

484	цистеиндесульфураза	4.1.99.1, 4.4.1.8, 4.4.1.1	CAETHG_0403, CAETHG_3293	CLJU_c12110, CLJU_c23390	CLRAG_01360
485	гомосериндегидрогеназа	1.1.1.3	CAETHG_2807	CLJU_c07150	CLRAG_26690
486	гомосериндегидрогеназа	1.1.1.3	CAETHG_3099	CLJU_c10090	CLRAG_13280
487	гомосеринкиназа	2.7.1.39	CAETHG_2808	CLJU_c07160	CLRAG_26680
488	гомосерин-О-сукцинилтрансфераза		CAETHG_0492	CLJU_c24330	CLRAG_25000
489	Hpr(Ser)-киназа/фосфатаза		CAETHG_0287	CLJU_c21910	CLRAG_31450
490	Белок созревания гидрогеназ HprC		CAETHG_0371	CLJU_c23080	CLRAG_01730
491	Белок созревания гидрогеназ HprD		CAETHG_0370	CLJU_c23070	CLRAG_01740
492	Белок созревания гидрогеназ, карбамоилдегидратаза HprE		CAETHG_0369	CLJU_c23060	CLRAG_01750
493	белок экспрессии/образования гидрогеназ HprE	2.7.4.16	CAETHG_1548	CLJU_c36870	CLRAG_36400
494	Белок созревания гидрогеназ, карбамоилтрансфераза HprF		CAETHG_0372	CLJU_c23090	CLRAG_01720
495	синтаза а,с-диамида кобириновой кислоты	6.3.1.-	CAETHG_1123	CLJU_c31950	CLRAG_02580
496	гипотетический белок		CAETHG_1730	CLJU_c38820	CLRAG_08740
497	Неохарактеризованный консервативный белок YgbK семейства DUF1537		CAETHG_2185	CLJU_c00670	CLRAG_19900
498	гидроксизетилтиазолкиназа	2.7.1.50	CAETHG_1203	CLJU_c33050	CLRAG_15280
499	гидроксизетилтиазолкиназа	2.7.1.50	CAETHG_1415	CLJU_c35060	CLRAG_26320
500	гидроксиметилбилансинтаза	2.5.1.61, 4.3.1.8	CAETHG_1126	CLJU_c31980	CLRAG_02610
501	глицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_0004, CAETHG_1243	CLJU_c19280, CLJU_c33430	CLRAG_39780
502	белок с неизвестной функцией (DUF4163)		CAETHG_0010	CLJU_c19330	CLRAG_39760
503	НАДФН-зависимая ФМН-редуктаза		CAETHG_0012	CLJU_c19350	CLRAG_39740
504	гипотетический белок		CAETHG_0013	CLJU_c19360	CLRAG_39730
505	ДНК-связывающий регулятор транскрипции, содержащий домен НТН семейства XRE		CAETHG_0015	CLJU_c19380	CLRAG_39710
506	гипотетический белок		CAETHG_0016	CLJU_c19390	CLRAG_39700
507	белок garD		CAETHG_0020	CLJU_c19430	CLRAG_39680
508	белок с неизвестной функцией (DUF1848)		CAETHG_0021	CLJU_c19440	CLRAG_39670
509	гипотетический белок		CAETHG_0024	CLJU_c19470	CLRAG_39640
510	гипотетический белок		CAETHG_0045	CLJU_c19680	CLRAG_39460
511	Гипотетический белок		CAETHG_0050	CLJU_c19730	CLRAG_39410
512	Неохарактеризованный консервативный белок, содержащий домен FIST_N		CAETHG_0054	CLJU_c19750	CLRAG_39390
513	гипотетический белок		CAETHG_0060	CLJU_c19800	CLRAG_39280
514	Ала-тРНК(Pro)-деацилаза		CAETHG_0063	CLJU_c19830	CLRAG_39250
515	L-цистеиндесульфидаза		CAETHG_0067	CLJU_c19870	CLRAG_39210
516	гипотетический белок		CAETHG_0074	CLJU_c19940	CLRAG_39120
517	гипотетический белок		CAETHG_0075, CAETHG_2375	CLJU_c02730, CLJU_c19950	CLRAG_39090
518	предполагаемая ГТФ-пирофосфокиназа	2.7.6.5	CAETHG_0076, CAETHG_1066	CLJU_c30620, CLJU_c19960	CLRAG_39080
519	гипотетический белок		CAETHG_0081, CAETHG_3842	CLJU_c20010, CLJU_c17290	CLRAG_29290
520	Белок, содержащий домен MOSC		CAETHG_0100, CAETHG_0572	CLJU_c20190, CLJU_c25040	CLRAG_29730
521	белок семейства эксцизионаз, содержащий ДНК-связывающий домен		CAETHG_0106	CLJU_c20250	CLRAG_26040
522	белок семейства переносчиков		CAETHG_0107	CLJU_c20260	CLRAG_26030
523	гипотетический белок (DUF2334)		CAETHG_0111	CLJU_c20300	CLRAG_25990

524	гипотетический белок		CAETHG_0126, CAETHG_0858	CLJU_c28630, CLJU_c20440	CLRAG_19580
525	Белок UPF0271		CAETHG_0133	CLJU_c20510	CLRAG_19510
526	Белок с неизвестной функцией (DUF1097)		CAETHG_0134	CLJU_c20520	CLRAG_19500
527	Предсказанный металл-связывающий белок		CAETHG_0136	CLJU_c20540	CLRAG_19460
528	Белок с неизвестной функцией (DUF1638)		CAETHG_0146	CLJU_c20630	CLRAG_19350
529	гипотетический белок		CAETHG_0148	CLJU_c20650	CLRAG_19330
530	Предсказанный металл-связывающий белок		CAETHG_0149	CLJU_c20660	CLRAG_19320
531	белок с неизвестной функцией (DUF4445)		CAETHG_0156	CLJU_c20720	CLRAG_19280
532	гипотетический белок		CAETHG_0167	CLJU_c20820	CLRAG_19180
533	гипотетический белок		CAETHG_0168	CLJU_c20830	CLRAG_19170
534	Ионный канал		CAETHG_0171	CLJU_c20860	CLRAG_19140
535	Белок HutD		CAETHG_0172	CLJU_c20870	CLRAG_19130
536	Белок с неизвестной функцией (DUF1657)		CAETHG_0174	CLJU_c20890	CLRAG_19120
537	Неохарактеризованный мембранный белок YsaP семейства DUF421		CAETHG_0175	CLJU_c20900	CLRAG_19110
538	Белок с неизвестной функцией (DUF1657)		CAETHG_0179	CLJU_c20950	CLRAG_19070
539	Белок с неизвестной функцией (DUF3006)		CAETHG_0181	CLJU_c20970	CLRAG_19050
540	гипотетический белок		CAETHG_0187	CLJU_c21020	CLRAG_19000
541	Цис-тРНК(Pro)-деацилаза		CAETHG_0201	CLJU_c21150	CLRAG_30710
542	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_0204	CLJU_c21180	CLRAG_19410
543	Белок, содержащий геметрин-подобный домен		CAETHG_0243	CLJU_c21560	CLRAG_31140
544	Никель-зависимая лактатрацемаза		CAETHG_0247, CAETHG_2534	CLJU_c04620, CLJU_c21600	CLRAG_31190
545	Белок суперсемейства РНКазы_H		CAETHG_0250	CLJU_c21630	CLRAG_31220
546	Гидролаза TIGR01490 суперсемейства HAD подсемейства IB	3.1.3.3	CAETHG_0251	CLJU_c21640	CLRAG_31230
547	Белок присоединения вирусов, белок семейства p12		CAETHG_0254	CLJU_c21670	CLRAG_31260
548	Белок, содержащий домен CBS		CAETHG_0255	CLJU_c21680	CLRAG_31270
549	гипотетический белок		CAETHG_0256	CLJU_c21690	CLRAG_31280
550	предполагаемый мембранный белок		CAETHG_0265	CLJU_c21770	CLRAG_31310
551	гипотетический белок		CAETHG_0266	CLJU_c21780	CLRAG_31320
552	Неохарактеризованный мембранный белок YviD семейства DUF360		CAETHG_0274	CLJU_c21840	CLRAG_31380
553	гипотетический белок		CAETHG_0275	CLJU_c21850	CLRAG_31390
554	белок с неизвестной функцией (DUF896)		CAETHG_0288	CLJU_c21920	CLRAG_31460
555	гипотетический белок		CAETHG_0297	CLJU_c21990	CLRAG_31520
556	гипотетический белок		CAETHG_0299	CLJU_c22010	CLRAG_31540
557	гипотетический белок		CAETHG_0301	CLJU_c22030	CLRAG_31560
558	Растворимая АТФаза Р-типа		CAETHG_0317	CLJU_c22190	CLRAG_31770
559	белок-переносчик кобальта/никеля		CAETHG_0320	CLJU_c22220	CLRAG_31800
560	Ксилоизомеразоподобный белок, содержащий домен TIM barrel		CAETHG_0322	CLJU_c22240	CLRAG_31820
561	Эффлюксный переносчик семейства RND, MFP- субъединица		CAETHG_0324, CAETHG_2692	CLJU_c05950, CLJU_c22260	CLRAG_31840
562	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_0338	CLJU_c22760	CLRAG_02030
563	Гидролаза L-2-аминоазаолин-4-карбоновой кислоты		CAETHG_0343	CLJU_c22810	CLRAG_01980
564	сукцинатдегидрогеназа/фумаратредуктаза, железо-серная субъединица	1.3.99.1	CAETHG_0344	CLJU_c22820	CLRAG_01970
565	Неохарактеризованный SAM-связывающий		CAETHG_0346	CLJU_c22840	CLRAG_01950

	белок YcdF семейства DUF218				
566	гипотетический белок		CAETHG_0347	CLJU_c22850	CLRAG_01940
567	3',5'-цАМФ-фосфодиэстераза CpdA		CAETHG_0348	CLJU_c22860	CLRAG_01930
568	белок с неизвестной функцией (DUF326)		CAETHG_0349	CLJU_c22870	CLRAG_01920
569	CRISPR-ассоциированный белок Csh1		CAETHG_0359	CLJU_c22970	CLRAG_01810
570	Компонент нитрогеназы 1 типа, оксидоредуктаза		CAETHG_0366	CLJU_c23030	CLRAG_01780
571	Компонент нитрогеназы 1 типа, оксидоредуктаза		CAETHG_0367	CLJU_c23040	CLRAG_01770
572	Компонент нитрогеназы 1 типа, оксидоредуктаза		CAETHG_0373	CLJU_c23100	CLRAG_01710
573	Предполагаемый эффлюксный переносчик множественной лекарственной устойчивости		CAETHG_0376	CLJU_c23130	CLRAG_01680
574	гипотетический белок		CAETHG_0380	CLJU_c23170	CLRAG_01650
575	белок, содержащий домен 3D (Asp-Asp-Asp)		CAETHG_0383	CLJU_c23200	CLRAG_01530
576	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_0389	CLJU_c23260	CLRAG_01470
577	белок семейства Са-активируемых хлоридных каналов		CAETHG_0395	CLJU_c23310	CLRAG_01430
578	гипотетический белок	2.1.1.45	CAETHG_0396	CLJU_c23320	CLRAG_01420
579	гипотетический белок		CAETHG_0404	CLJU_c23400	CLRAG_01350
580	S компонент ECF переносчика семейства фолата		CAETHG_0405	CLJU_c23410	CLRAG_01340
581	Область активации витамин B12-зависимой метионинсинтазы		CAETHG_0409	CLJU_c23450	CLRAG_17660
582	гипотетический белок		CAETHG_0428	CLJU_c23640	CLRAG_17530
583	Белок с неизвестной функцией (DUF1116)		CAETHG_0430	CLJU_c23660	CLRAG_17510
584	Белок с неизвестной функцией (DUF2877)		CAETHG_0432	CLJU_c23680	CLRAG_17490
585	Неохарактеризованный белок семейства пиридоксамин-5'-фосфатоксидазы (PNPOх-подобный)		CAETHG_0434, CAETHG_0487	CLJU_c24290, CLJU_c23700	CLRAG_17470
586	вероятный окислительно-восстановительный белок семейства C_GCAxxG_C_C		CAETHG_0468	CLJU_c24090, CLJU_c24020	CLRAG_30590
587	гипотетический белок		CAETHG_0469	CLJU_c24110, CLJU_c24030	CLRAG_17140
588	гипотетический белок	2.3.1.0, 2.3.1.86, 2.3.1.39, 2.3.1.3, 2.3.1.2, 2.3.1.1, 2.3.1.85	CAETHG_0488	CLJU_c24300	CLRAG_24970
589	Регулятор протеазной активности HflC суперсемейства стоматина/прогибитина		CAETHG_0490	CLJU_c24310	CLRAG_24980
590	эпоксиквеуозинредуктаза		CAETHG_0495	CLJU_c24350	CLRAG_25090
591	гипотетический белок		CAETHG_0500	CLJU_c24400	CLRAG_25130
592	гипотетический белок		CAETHG_0508	CLJU_c24480	CLRAG_30090
593	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_0510	CLJU_c24500	CLRAG_30070
594	N-концевой анти-сигма-фактор		CAETHG_0512	CLJU_c24520	CLRAG_30050
595	Сигма-фактор РНК-полимеразы		CAETHG_0513	CLJU_c24530	CLRAG_30040
596	Пермеаза суперсемейства переносчиков лекарственных средств/метаболитов (DMT)		CAETHG_0533	CLJU_c24680	CLRAG_18150
597	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_0535	CLJU_c24700	CLRAG_35650
598	гипотетический белок		CAETHG_0536	CLJU_c24710	CLRAG_18110
599	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_0537	CLJU_c24720	CLRAG_18100
600	Белок с неизвестной функцией (DUF2975)		CAETHG_0546	CLJU_c24810	CLRAG_17970

601	гипотетический белок		CAETHG_0550	CLJU_c24830	CLRAG_17950
602	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства FrmR		CAETHG_0558	CLJU_c24910	CLRAG_17870
603	Белок, содержащий повтор, содержащий WG		CAETHG_0560	CLJU_c24930	CLRAG_17850
604	интегральный мембранный белок семейства YjbE		CAETHG_0561	CLJU_c24940	CLRAG_17840
605	белок, содержащий домен EDD, семейства DegV		CAETHG_0563	CLJU_c24960	CLRAG_17820
606	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_0568	CLJU_c25000	CLRAG_17780
607	гипотетический белок		CAETHG_0570	CLJU_c25020	CLRAG_17760
608	гипотетический белок		CAETHG_0575	CLJU_c25070	CLRAG_17710
609	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_0579	CLJU_c25110	CLRAG_03450
610	гипотетический белок		CAETHG_0582	CLJU_c25140	CLRAG_03480
611	регуляторный белок blaR1		CAETHG_0585	CLJU_c25170	CLRAG_03510
612	Предполагаемый белок, содержащий амидазный домен		CAETHG_0586	CLJU_c25180	CLRAG_03520
613	D-аланил-D-аланинкарбоксипептидаза		CAETHG_0587	CLJU_c25190	CLRAG_03530
614	гипотетический белок		CAETHG_0596	CLJU_c25270	CLRAG_03620
615	гипотетический белок		CAETHG_0597	CLJU_c25280	CLRAG_03630
616	Неохарактеризованный мембранный белок YczE		CAETHG_0621	CLJU_c25520	CLRAG_03730
617	гипотетический белок		CAETHG_0622	CLJU_c25530	CLRAG_03740
618	Белок суперсемейства PAP2		CAETHG_0625	CLJU_c25550	CLRAG_03750
619	С-концевая D-глюкуронил-C5-эпимераза		CAETHG_0628, CAETHG_0762	CLJU_c25590, CLJU_c26810	CLRAG_03790
620	Белок семейства альфа/бета гидролаз		CAETHG_0630	CLJU_c25610	CLRAG_03810
621	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_0638	CLJU_c25690	CLRAG_03890
622	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_0639	CLJU_c25700	CLRAG_03900
623	гипотетический белок		CAETHG_0643	CLJU_c25740	CLRAG_03970
624	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_0657	CLJU_c25880	CLRAG_04020
625	Предполагаемый белок с доменом цинкового пальца		CAETHG_0659	CLJU_c25900	CLRAG_04040
626	Неохарактеризованный консервативный белок семейства DUF2164		CAETHG_0661	CLJU_c25920	CLRAG_04060
627	Нехарактеризованный белок Yjbl, содержащий пентапептидные повторы		CAETHG_0662	CLJU_c25930	CLRAG_04070
628	Белок с неизвестной функцией (DUF4003)		CAETHG_0702	CLJU_c26250	CLRAG_04370
629	гипотетический белок		CAETHG_0714	CLJU_c26330	CLRAG_04420
630	Консервативный белок, содержащий Zn-ленточноподобный мотив, возможно, РНК-связывающий		CAETHG_0715	CLJU_c26340	CLRAG_04430
631	Экспортер сульфита TauE/SafE		CAETHG_0723	CLJU_c26420	CLRAG_04510
632	Белок, содержащий 4Fe-4S-связывающий домен		CAETHG_0724	CLJU_c26430	CLRAG_04520
633	гипотетический белок		CAETHG_0725	CLJU_c26440	CLRAG_04530
634	гипотетический белок		CAETHG_0726	CLJU_c26450	CLRAG_04540
635	гипотетический белок		CAETHG_0731	CLJU_c26500	CLRAG_08380
636	гипотетический белок		CAETHG_0737	CLJU_c26560	CLRAG_08440
637	лиаза фотопродуктов спор	4.1.99.-	CAETHG_0740	CLJU_c26590	CLRAG_08460
638	Нуклеозидфосфорилаза	3.2.2.16, 3.2.2.9	CAETHG_0741	CLJU_c26600	CLRAG_08470
639	Предсказанная нуклеаза суперсемейства белков, подобных эндонуклеазам рестрикции (RecB) семейства DUF1016		CAETHG_0744	CLJU_c26630	CLRAG_08500

640	белок, содержащий домен с дикластером 4Fe-4S		CAETHG_0749	CLJU_c26680	CLRAG_08550
641	гипотетический белок		CAETHG_0751	CLJU_c26700	CLRAG_08570
642	неохарактеризованный белок		CAETHG_0752	CLJU_c26710	CLRAG_08580
643	инсртаза мембранных белков семейства YidC/Oxa1, белок, содержащий C-концевой домен		CAETHG_0756	CLJU_c26750	CLRAG_08620
644	гипотетический белок		CAETHG_0757	CLJU_c26760	CLRAG_08630
645	гипотетический белок		CAETHG_0761	CLJU_c26800	CLRAG_08670
646	Белок семейства ацетилтрансфераз (GNAT)		CAETHG_0768	CLJU_c26840	CLRAG_08720
647	Неохарактеризованный металл-связывающий белок		CAETHG_0773	CLJU_c37970, CLJU_c26890	CLRAG_37360
648	Неохарактеризованный белок семейства (UPF0051)		CAETHG_0774, CAETHG_1630	CLJU_c37930, CLJU_c26900	CLRAG_37320
649	Предсказанная пермеаза		CAETHG_0776	CLJU_c26920	CLRAG_08770
650	Предсказанная пермеаза		CAETHG_0777	CLJU_c26930	CLRAG_08780
651	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_0789	CLJU_c27060	CLRAG_08820
652	Протопорфириноген IX-оксидаза, менахинон-зависимая (флаводоксиновый домен)		CAETHG_0795	CLJU_c27100	CLRAG_08880
653	гипотетический белок		CAETHG_0800	CLJU_c27140	CLRAG_20090
654	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_0801	CLJU_c27150	CLRAG_20080
655	гипотетический белок		CAETHG_0802, CAETHG_2198	CLJU_c00830, CLJU_c27160	CLRAG_20070
656	гипотетический белок		CAETHG_0811, CAETHG_3994	CLJU_c27250, CLJU_c18750	CLRAG_16540
657	SpoOE-подобный регуляторный белок споруляции		CAETHG_0824	CLJU_c28270	CLRAG_34350
658	Серинфосфатаза RsbU, регулятор сигма-субъединицы		CAETHG_0827	CLJU_c28300	CLRAG_34380
659	белок с неизвестной функцией (DUF1987)		CAETHG_0828	CLJU_c28310	CLRAG_34390
660	гипотетический белок		CAETHG_0829	CLJU_c28320	CLRAG_34400
661	белок с неизвестной функцией (DUF4317)		CAETHG_0830	CLJU_c28330	CLRAG_34410
662	HesB-подобный селенопротеин		CAETHG_0831	CLJU_c28340	CLRAG_34420
663	Белок, содержащий домен IDEAL		CAETHG_0835	CLJU_c28380	CLRAG_34460
664	Белок суперсемейства нуклеаз PD-(D/E)XK		CAETHG_0836	CLJU_c28390	CLRAG_34470
665	гипотетический белок		CAETHG_0839	CLJU_c28410	CLRAG_34490
666	предполагаемый гемолизин		CAETHG_0841	CLJU_c28430	CLRAG_34510
667	SpoOE-подобный регуляторный белок споруляции		CAETHG_0842	CLJU_c28470	CLRAG_34550
668	гипотетический белок		CAETHG_0846	CLJU_c28510	CLRAG_34590
669	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_0850, CAETHG_4038	CLJU_c28560, CLJU_c19040	CLRAG_34630
670	гипотетический белок		CAETHG_0852	CLJU_c28570	CLRAG_34640
671	гипотетический белок		CAETHG_0857	CLJU_c28620	CLRAG_34700
672	гипотетический белок		CAETHG_0873	CLJU_c28780	CLRAG_34860
673	Предполагаемый TadE/G-подобный белок сборки пилей Flp		CAETHG_0880	CLJU_c28840	CLRAG_34920
674	белок сборки пилей Flp/PilA		CAETHG_0882	CLJU_c28860	CLRAG_34940
675	гипотетический белок		CAETHG_0886	CLJU_c28900	CLRAG_34980
676	Переносчик триптофана TrpP		CAETHG_0892	CLJU_c29000	CLRAG_35000
677	Белок, содержащий домен CBS	1.1.1.205	CAETHG_0893	CLJU_c29010	CLRAG_35010
678	гипотетический белок		CAETHG_0894	CLJU_c29020	CLRAG_35020
679	HNH-эндонуклеаза		CAETHG_0895	CLJU_c29030	CLRAG_35030
680	Белок размером 40 остатков, содержащий		CAETHG_0900	CLJU_c29080	CLRAG_35080

	повтор "бета-пропеллер" семейства YVTN				
681	L,D-транспептидаза, каталитический домен		CAETHG_0901	CLJU_c29090	CLRAG_35090
682	Неохарактеризованный консервативный белок Yuke		CAETHG_0902	CLJU_c29100	CLRAG_35100
683	гипотетический белок		CAETHG_0911	CLJU_c29190	CLRAG_35190
684	Неохарактеризованный консервативный белок YgiM, содержащий N-концевой домен SH3, семейства DUF1202	3.5.1.28	CAETHG_0912	CLJU_c29200	CLRAG_35200
685	гипотетический белок		CAETHG_0918	CLJU_c29250	CLRAG_35260
686	c-ди-ГМФ-фосфодиэстераза II класса (или ее инактивированный вариант), HD-GYP домен		CAETHG_0919	CLJU_c29260	CLRAG_35270
687	2'-5'-РНК-лигаза		CAETHG_0921	CLJU_c29280	CLRAG_35290
688	гипотетический белок		CAETHG_0922	CLJU_c29290	CLRAG_35300
689	Белок с неизвестной функцией (DUF2000)		CAETHG_0925	CLJU_c29320	CLRAG_35330
690	белок с неизвестной функцией (DUF3787)		CAETHG_0929	CLJU_c29350	CLRAG_35370
691	Белок, содержащий мотив SEC-C		CAETHG_0941	CLJU_c29470	CLRAG_35460
692	гипотетический белок		CAETHG_0942	CLJU_c29480	CLRAG_35470
693	вероятный окислительно-восстановительный белок семейства C_GCAxxG_C_C		CAETHG_0946	CLJU_c29520	CLRAG_35510
694	гипотетический белок		CAETHG_0965	CLJU_c29670	CLRAG_35670
695	гипотетический белок		CAETHG_0967	CLJU_c29690	CLRAG_35690
696	гипотетический белок		CAETHG_0973	CLJU_c29740	CLRAG_35740
697	GDSL-подобная липаза/ацилгидролаза		CAETHG_0975	CLJU_c29760	CLRAG_35760
698	Белок с неизвестной функцией (DUF3189)		CAETHG_0976	CLJU_c29770	CLRAG_35770
699	гипотетический белок		CAETHG_0979	CLJU_c29800	CLRAG_35810
700	гипотетический белок		CAETHG_0981	CLJU_c29820	CLRAG_35830
701	C-концевой домен PrcB		CAETHG_0985	CLJU_c29860	CLRAG_35870
702	белок с неизвестной функцией (DUF4367)		CAETHG_0986	CLJU_c29870	CLRAG_35880
703	Предсказанный регулятор транскрипции YheO, содержащий PAS- и ДНК-связывающий HTH-домены		CAETHG_1000	CLJU_c30010	CLRAG_15650
704	вероятный белок метаболизма ДНК		CAETHG_1035, CAETHG_1044	CLJU_c30390, CLJU_c30280	CLRAG_15920
705	YoaP-подобный белок		CAETHG_1063	CLJU_c30590	CLRAG_16000
706	гипотетический белок		CAETHG_1075	CLJU_c30710	CLRAG_16150
707	гипотетический белок		CAETHG_1076	CLJU_c30720	CLRAG_16160
708	гипотетический белок		CAETHG_1083	CLJU_c30790	CLRAG_16230
709	гипотетический белок		CAETHG_1084	CLJU_c30800	CLRAG_16240
710	Предполагаемый белок, содержащий амидазный домен		CAETHG_1091, CAETHG_1144	CLJU_c32160, CLJU_c30880	CLRAG_16290
711	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства FrmR		CAETHG_1142	CLJU_c32140	CLRAG_02770
712	гипотетический белок		CAETHG_1145	CLJU_c32170	CLRAG_02800
713	Белок с неизвестной функцией (DUF3892)		CAETHG_1148	CLJU_c32200	CLRAG_02830
714	Пептидаза суперсемейства MA		CAETHG_1149	CLJU_c32210	CLRAG_02840
715	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_1150	CLJU_c32220	CLRAG_03040
716	Белок семейства YvrJ		CAETHG_1166, CAETHG_1657	CLJU_c32550, CLJU_c32360	CLRAG_37650
717	Белок с неизвестной функцией (DUF1659)		CAETHG_1167, CAETHG_1656	CLJU_c32560, CLJU_c32370	CLRAG_29820
718	Белок с неизвестной функцией (DUF2922)		CAETHG_1168, CAETHG_1655	CLJU_c32380, CLJU_c32570	CLRAG_29830
719	белок с неизвестной функцией (DUF3786)		CAETHG_1174, CAETHG_1517	CLJU_c32760, CLJU_c36080	CLRAG_06590

720	Белок с неизвестной функцией (DUF2992)		CAETHG_1180	CLJU_c32820	CLRAG_15510
721	гипотетический белок		CAETHG_1183	CLJU_c32850	CLRAG_15480
722	гипотетический белок		CAETHG_1184	CLJU_c32860	CLRAG_15470
723	Фосфолипидметилтрансфераза		CAETHG_1188	CLJU_c32900	CLRAG_15430
724	белок LiaG оперона lia		CAETHG_1189	CLJU_c32910	CLRAG_15420
725	гипотетический белок		CAETHG_1190	CLJU_c32920	CLRAG_15410
726	Долихилфосфатманноза-белок-маннозилтрансфераза		CAETHG_1196, CAETHG_3415	CLJU_c32980, CLJU_c13320	CLRAG_15350
727	гипотетический белок		CAETHG_1197	CLJU_c32990	CLRAG_15340
728	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_1198	CLJU_c33000	CLRAG_15330
729	Белок суперсемейства дегалогеназ галогенкислот класса (подсемейства) IIА/вариант 1 суперсемейства дегалогеназ галогенкислот подсемейства IA, содержащий Dx(3-4)D или Dx(3-4)E в третьем мотиве		CAETHG_1205	CLJU_c33070	CLRAG_15260
730	Белок семейства TIGR00659		CAETHG_1206	CLJU_c33080	CLRAG_15250
731	холин-подобный белок		CAETHG_1207	CLJU_c33090	CLRAG_15240
732	гипотетический белок		CAETHG_1222	CLJU_c33230	CLRAG_15030
733	гипотетический белок		CAETHG_1228	CLJU_c33290	CLRAG_14970
734	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_1231	CLJU_c33320	CLRAG_14940
735	Неохарактеризованный белок спор YtfJ		CAETHG_1234	CLJU_c33340	CLRAG_14910
736	Белок с неизвестной функцией (DUF2953)		CAETHG_1235	CLJU_c33350	CLRAG_14900
737	гипотетический белок		CAETHG_1236	CLJU_c33360	CLRAG_14890
738	Лецитинретинилацилтрансфераза		CAETHG_1237	CLJU_c33370	CLRAG_14880
739	Белок оболочки спор CotF		CAETHG_1239	CLJU_c33390	CLRAG_14860
740	Белок JA (CotJA), ассоциированный с оболочкой спор		CAETHG_1240	CLJU_c33400	CLRAG_14850
741	гипотетический белок		CAETHG_1244	CLJU_c33440	CLRAG_32320
742	Белок с неизвестной функцией (DUF3100)		CAETHG_1245	CLJU_c33450	CLRAG_32310
743	гипотетический белок		CAETHG_1254	CLJU_c33550	CLRAG_24730
744	гипотетический белок		CAETHG_1260	CLJU_c33620	CLRAG_24660
745	MEDS: метаноген/метилотроф, сенсорный домен DcmR		CAETHG_1261	CLJU_c33630	CLRAG_24650
746	гипотетический белок		CAETHG_1263	CLJU_c33650	CLRAG_24630
747	кислород-независимая копропорфириноген-3-оксидаза		CAETHG_1266	CLJU_c33680	CLRAG_24600
748	пептид SCIFF, содержащий шесть остатков цистеина		CAETHG_1275	CLJU_c33770	CLRAG_24510
749	предполагаемый мембранный белок семейства TIGR04086		CAETHG_1276	CLJU_c33780	CLRAG_24500
750	препротеин транслоказной субъединицы YajC		CAETHG_1277	CLJU_c33790	CLRAG_24490
751	гипотетический белок		CAETHG_1282	CLJU_c33840	CLRAG_24440
752	Белок UPF0755		CAETHG_1284	CLJU_c33860	CLRAG_24420
753	ДНК-связывающий регуляторный белок семейства YebC/PmpR		CAETHG_1285	CLJU_c33870	CLRAG_14020
754	неохарактеризованный белок семейства YigZ		CAETHG_1286	CLJU_c33880	CLRAG_14030
755	гипотетический белок		CAETHG_1288	CLJU_c33900	CLRAG_14050
756	белок споруляции YupB		CAETHG_1291	CLJU_c33930	CLRAG_14080
757	лигаза O-антигена		CAETHG_1304	CLJU_c34060	CLRAG_14210
758	полимераза олигосахаридных повторяющихся единиц		CAETHG_1312	CLJU_c34140	CLRAG_14290
759	гипотетический белок		CAETHG_1324, CAETHG_1332	CLJU_c34320, CLJU_c34250	CLRAG_14380

760	Неохарактеризованный консервативный белок YbbK семейства DUF523		CAETHG_1337	CLJU_c34370	CLRAG_14450
761	белок клеточного деления ZарА		CAETHG_1340	CLJU_c34400	CLRAG_14480
762	предполагаемый белок споруляции YtxC		CAETHG_1348	CLJU_c34480	CLRAG_14560
763	Предполагаемый белок, содержащий пептидогликансвязывающий домен		CAETHG_1349	CLJU_c34530	CLRAG_14610
764	гипотетический белок		CAETHG_1359	CLJU_c34630	CLRAG_14710
765	белок с неизвестной функцией (DUF4364)		CAETHG_1361	CLJU_c34650	CLRAG_14730
766	Белок размером 40 остатков, содержащий повтор "бета-пропеллер" семейства YVTN		CAETHG_1363	CLJU_c34660	CLRAG_14740
767	неохарактеризованный белок TIGR03905		CAETHG_1364	CLJU_c34670	CLRAG_14750
768	гипотетический белок		CAETHG_1367	CLJU_c34700	CLRAG_14780
769	субстрат-связывающий белок транспортной системы семейства NitT/TauT		CAETHG_1368	CLJU_c34710	CLRAG_14790
770	Белок с неизвестной функцией (DUF2812)		CAETHG_1381	CLJU_c34830	CLRAG_26070
771	белок CstA семейства бактофилинов		CAETHG_1389	CLJU_c34910	CLRAG_26150
772	Белок с неизвестной функцией (DUF4004)		CAETHG_1390	CLJU_c34920	CLRAG_26160
773	Поликетидциклаза/дегидраза		CAETHG_1407	CLJU_c34980	CLRAG_26250
774	белок, содержащий AAA-домен		CAETHG_1408	CLJU_c34990	CLRAG_26260
775	Переносчик S фактора сопряжения энергетического метаболизма, компонент ThiW		CAETHG_1414	CLJU_c35050	CLRAG_26310
776	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_1421	CLJU_c35120	CLRAG_26370
777	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_1428	CLJU_c35200	CLRAG_05710
778	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_1429	CLJU_c35210	CLRAG_05720
779	Неохарактеризованный консервативный белок YurZ семейства алкилгидропероксидазы/декарбоксилазы карбоксимуконолактона		CAETHG_1430	CLJU_c35220	CLRAG_05730
780	предполагаемый мембранный белок		CAETHG_1433	CLJU_c35250	CLRAG_05760
781	субстрат-связывающий белок транспортной системы семейства NitT/TauT		CAETHG_1441	CLJU_c35320	CLRAG_05850
782	Белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		CAETHG_1446	CLJU_c35380	CLRAG_05920
783	Неохарактеризованный мембраносвязанный белок YitT, содержащий домены DUF161 и DUF2179		CAETHG_1454	CLJU_c35460	CLRAG_05990
784	белок, содержащий редокс-дисульфидный домен, ассоциированный с гибридными кластерными белками		CAETHG_1457, CAETHG_3809, CAETHG_1458	CLJU_c35500, CLJU_c35490, CLJU_c16990	CLRAG_06020
785	белок, содержащий домен с повтором		CAETHG_1465	CLJU_c35570	CLRAG_06100
786	гипотетический белок		CAETHG_1467	CLJU_c35590	CLRAG_06120
787	СААХ-протеаза аутоиммунитета		CAETHG_1468	CLJU_c35600	CLRAG_06130
788	гипотетический белок		CAETHG_1475	CLJU_c35670	CLRAG_06200
789	Белок с неизвестной функцией (DUF3343)		CAETHG_1483	CLJU_c35750	CLRAG_06280
790	Неохарактеризованный мембраносвязанный белок YitT, содержащий домены DUF161 и DUF2179		CAETHG_1487	CLJU_c35790	CLRAG_06320
791	Вероятный белок, содержащий домен цинковой ленты		CAETHG_1488, CAETHG_1680	CLJU_c38240, CLJU_c35800	CLRAG_06330
792	дигидропиримидиндегидрогеназа (НАД+), PreT-субъединица		CAETHG_1495	CLJU_c35880	CLRAG_06380
793	гипотетический белок		CAETHG_1505	CLJU_c35970	CLRAG_06470
794	гипотетический белок		CAETHG_1515	CLJU_c36060	CLRAG_06550
795	Белок семейства YvgJ		CAETHG_1516	CLJU_c36070	CLRAG_06560

796	гипотетический белок		CAETHG_1522	CLJU_c36120	CLRAG_06650
797	гипотетический белок		CAETHG_1528	CLJU_c36180	CLRAG_24000
798	гипотетический белок		CAETHG_1529	CLJU_c36190	CLRAG_23990
799	гипотетический белок		CAETHG_1540	CLJU_c36320	CLRAG_23840
800	гипотетический белок		CAETHG_1549	CLJU_c36880	CLRAG_36410
801	гипотетический белок		CAETHG_1551	CLJU_c36900	CLRAG_36430
802	гипотетический белок		CAETHG_1557	CLJU_c36960	CLRAG_36500
803	гипотетический белок		CAETHG_1564	CLJU_c37090	CLRAG_36570
804	гипотетический белок		CAETHG_1565	CLJU_c37100	CLRAG_36580
805	Неохарактеризованный мембранный белок YdjX семейства TVP38/TMEM64, SNARE-ассоциированный домен		CAETHG_1574	CLJU_c37210	CLRAG_36650
806	неохарактеризованный белок семейства MTH1187		CAETHG_1587	CLJU_c37310	CLRAG_36750
807	белок с неизвестной функцией (DUF1836)		CAETHG_1597	CLJU_c37450	CLRAG_36860
808	Белок, содержащий SxxC-мотив		CAETHG_1598	CLJU_c37460	CLRAG_36870
809	белок с неизвестной функцией (DUF3786)		CAETHG_1603	CLJU_c37500	CLRAG_36910
810	гипотетический белок		CAETHG_1604	CLJU_c22610, CLJU_c37510	CLRAG_36920
811	Предсказанный РНК-связывающий белок		CAETHG_1605	CLJU_c37520	CLRAG_36930
812	метилентетрагидрофолатредуктаза, С-концевой домен	1.5.1.20	CAETHG_1615	CLJU_c37620	CLRAG_37030
813	гипотетический белок		CAETHG_1626	CLJU_c37790	CLRAG_37210
814	консервативный гипотетический интегральный мембранный белок		CAETHG_1628	CLJU_c37810	CLRAG_37230
815	Белок, содержащий домен MOSC		CAETHG_1632	CLJU_c38010	CLRAG_37380
816	гипотетический белок		CAETHG_1635	CLJU_c38110	CLRAG_37480
817	гипотетический белок		CAETHG_1639	CLJU_c38130	CLRAG_37530
818	Белок с неизвестной функцией (DUF1653)		CAETHG_1644, CAETHG_2926	CLJU_c08310	CLRAG_08090
819	белок, содержащий DnaD- и фаг-ассоциированный домен		CAETHG_1665	CLJU_c32520	CLRAG_36090
820	гипотетический белок		CAETHG_1678	CLJU_c38220	CLRAG_20680
821	Предсказанный регулятор транскрипции, содержащий НТН-домен		CAETHG_1679	CLJU_c38230	CLRAG_20690
822	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_1681	CLJU_c38250	CLRAG_20710
823	Белок, содержащий мотив последовательности GxGYxY		CAETHG_1695	CLJU_c38370	CLRAG_20840
824	гипотетический белок		CAETHG_1699	CLJU_c38440	CLRAG_20880
825	гипотетический белок		CAETHG_1751	CLJU_c31340	CLRAG_21210
826	препротеин транслоказной субъединицы SecE		CAETHG_1755	CLJU_c39100	CLRAG_21250
827	гипотетический белок		CAETHG_1766	CLJU_c39210	CLRAG_21360
828	Эффлюксный переносчик треонина/гомосерина RhtA		CAETHG_1767	CLJU_c39220	CLRAG_21430
829	Белок, содержащий Ig-подобный домен		CAETHG_1778	CLJU_c39330	CLRAG_21540
830	гипотетический белок		CAETHG_1783	CLJU_c39380	CLRAG_21590
831	гипотетический белок		CAETHG_1792	CLJU_c39470	CLRAG_21680
832	гипотетический белок		CAETHG_1793	CLJU_c39480	CLRAG_21690
833	гипотетический белок		CAETHG_1794	CLJU_c39490	CLRAG_21700
834	гипотетический белок		CAETHG_1798	CLJU_c39530	CLRAG_21730
835	гомосеринкиназа		CAETHG_1811	CLJU_c39650	CLRAG_21900
836	Белок семейства белков, подобных регулятору транскрипции PadR		CAETHG_1833, CAETHG_1835	CLJU_c39890, CLJU_c39870	CLRAG_22120

837	Эффлюксный переносчик - белок множественной лекарственной устойчивости		CAETHG_1834, CAETHG_1836	CLJU_c39900, CLJU_c39880	CLRAG_22130
838	мембранный белок DedA, SNARE-связанный домен		CAETHG_1842	CLJU_c39960	CLRAG_22190
839	Предполагаемый белок, содержащий амидазный домен		CAETHG_1849	CLJU_c40020	CLRAG_22250
840	Белок семейства активатора транскрипции Mor		CAETHG_1856	CLJU_c40070	CLRAG_22330
841	фосфопантотенилцистеиндекарбоксилаза / фосфопантотенатцистеинлигаза	4.1.1.36, 6.3.2.5	CAETHG_1863	CLJU_c40140	CLRAG_22370
842	белок с неизвестной функцией (DUF4177)		CAETHG_1886	CLJU_c40430	CLRAG_22620
843	Белок, содержащий домен YbbR		CAETHG_1889	CLJU_c40460	CLRAG_22650
844	диаденилатциклаза		CAETHG_1890	CLJU_c40470	CLRAG_22660
845	белок с неизвестной функцией (DUF4652)		CAETHG_1895	CLJU_c40520	CLRAG_22710
846	белок семейства рибонуклеазы-3		CAETHG_1967	CLJU_c41260	CLRAG_23450
847	Неохарактеризованный консервативный белок YacL, содержащий домены PIN и TRAM		CAETHG_1970	CLJU_c41290	CLRAG_23480
848	гипотетический белок		CAETHG_1971	CLJU_c41300	CLRAG_23490
849	гипотетический белок		CAETHG_1978	CLJU_c41370	CLRAG_23560
850	гипотетический белок	2.6.1.11	CAETHG_1984	CLJU_c41500	CLRAG_04630
851	белок клеточного деления FtsL		CAETHG_1992	CLJU_c41630	CLRAG_04760
852	белок биосинтеза коркового вещества спор YabQ		CAETHG_1993	CLJU_c41640	CLRAG_04770
853	белок споруляции YabP		CAETHG_1994	CLJU_c41650	CLRAG_04780
854	белок семейства тетрапирролметилазы / белок семейства MazG		CAETHG_1997	CLJU_c41680	CLRAG_04810
855	гипотетический белок		CAETHG_2011	CLJU_c41820	CLRAG_04950
856	гипотетический белок		CAETHG_2016	CLJU_c41870	CLRAG_04980
857	гипотетический белок		CAETHG_2019	CLJU_c41900	CLRAG_05010
858	Неохарактеризованный мембранный белок YkvI		CAETHG_2020	CLJU_c41910	CLRAG_05020
859	белок суперсемейства 2'-5'-ПНК-лигазы		CAETHG_2025	CLJU_c41960	CLRAG_05070
860	белок с неизвестной функцией (DUF1540)		CAETHG_2026	CLJU_c41970	CLRAG_05080
861	Белок SxxH/SxxC семейства BA_5709		CAETHG_2029	CLJU_c42000	CLRAG_05110
862	Белок, содержащий мотив SEC-C		CAETHG_2031	CLJU_c42010	CLRAG_05120
863	белок, содержащий C-домен типа F5/8		CAETHG_2032	CLJU_c42020	CLRAG_05130
864	предполагаемый регулятор гидрогеназной системы, содержащей только железо		CAETHG_2034	CLJU_c42040	CLRAG_05150
865	Димерная дУТФаза суперсемейства полностью альфа НТФ-ПФазы (MazG)		CAETHG_2035	CLJU_c42050	CLRAG_05160
866	белок семейства переносчиков-2		CAETHG_2036	CLJU_c42060	CLRAG_05170
867	НАД(Ф)Н-зависимая флавиноксидоредуктаза YgrV семейства нитропропандиоксигеназы		CAETHG_2052	CLJU_c42210	CLRAG_05320
868	Предсказанный КоА-связывающий белок		CAETHG_2056	CLJU_c42320	CLRAG_05430
869	Белок, содержащий домен купина		CAETHG_2068	CLJU_c42430	CLRAG_05570
870	Предполагаемый ABC-переносчик IV типа		CAETHG_2072	CLJU_c42470	CLRAG_05580
871	белок семейства MazG-подобных белков		CAETHG_2102	CLJU_c42760	CLRAG_25570
872	гипотетический белок		CAETHG_2106	CLJU_c42800	CLRAG_25610
873	Белок с неизвестной функцией (DUF3343)		CAETHG_2108	CLJU_c42820	CLRAG_25630
874	интегральный мембранный белок споруляции YtvI		CAETHG_2109	CLJU_c42830	CLRAG_25640
875	предполагаемый белок споруляции YyaC		CAETHG_2110	CLJU_c42840	CLRAG_25650
876	Неохарактеризованный белок семейства (UPF0180)		CAETHG_2111	CLJU_c42850	CLRAG_25660
877	Белок с неизвестной функцией (DUF4446)		CAETHG_2112	CLJU_c42860	CLRAG_25670

878	гипотетический белок		CAETHG_2121	CLJU_c42950	CLRAG_25760
879	белок, ассоциированный с рибосомами		CAETHG_2126	CLJU_c00030	CLRAG_25810
880	белок с неизвестной функцией (DUF370)		CAETHG_2128	CLJU_c00050	CLRAG_25830
881	Белок, содержащий домен HDIG		CAETHG_2131	CLJU_c00120	CLRAG_20200
882	гипотетический белок		CAETHG_2133	CLJU_c00140	CLRAG_20180
883	Белок с неизвестной функцией (DUF1667)		CAETHG_2136	CLJU_c00160	CLRAG_20160
884	гипотетический белок		CAETHG_2173	CLJU_c00550	CLRAG_20020
885	Маннозо-6-фосфатизомераза суперсемейства купина		CAETHG_2181	CLJU_c00630	CLRAG_19950
886	Регулятор синтеза полигидроксикапраноата фазин		CAETHG_2191	CLJU_c00740	CLRAG_19840
887	гипотетический белок		CAETHG_2200	CLJU_c00860	CLRAG_19720
888	Белок с неизвестной функцией (DUF2508)		CAETHG_2202	CLJU_c00880	CLRAG_19700
889	ингибитор механизма процессинга про-сигма K		CAETHG_2203	CLJU_c00890	CLRAG_19690
890	гипотетический белок		CAETHG_2206, CAETHG_2756	CLJU_c06660, CLJU_c00920	CLRAG_19660
891	белок, содержащий домен с дикластером 4Fe-4S		CAETHG_2207	CLJU_c00930	CLRAG_19650
892	гипотетический белок		CAETHG_2208	CLJU_c00940	CLRAG_19640
893	гипотетический белок		CAETHG_2209	CLJU_c00950	CLRAG_19630
894	гипотетический белок		CAETHG_2240	CLJU_c01340	CLRAG_27000
895	Ингибитор сигма-G Gln		CAETHG_2243	CLJU_c01370	CLRAG_27030
896	Неохарактеризованный белок YaaQ		CAETHG_2246	CLJU_c01400	CLRAG_27060
897	Медьсодержащий шаперон CopZ		CAETHG_2249	CLJU_c01430	CLRAG_27090
898	Гидролаза семейства NlpC, ассоциированная с клеточной стенкой		CAETHG_2255, CAETHG_2256	CLJU_c01500, CLJU_c01490	CLRAG_27150
899	гипотетический белок		CAETHG_2259	CLJU_c01530	CLRAG_27190
900	белок с неизвестной функцией (DUF1836)		CAETHG_2262	CLJU_c01560	CLRAG_27220
901	гипотетический белок		CAETHG_2264	CLJU_c01580	CLRAG_27240
902	гипотетический белок		CAETHG_2270	CLJU_c01680	CLRAG_27280
903	гипотетический белок		CAETHG_2271	CLJU_c01690	CLRAG_27290
904	белок с неизвестной функцией (DUF348)		CAETHG_2277	CLJU_c01750	CLRAG_27350
905	рибонуклеаза M5		CAETHG_2278	CLJU_c01760	CLRAG_27360
906	гипотетический белок		CAETHG_2281	CLJU_c01780	CLRAG_27380
907	гипотетический белок		CAETHG_2282	CLJU_c01790	CLRAG_27390
908	гипотетический белок		CAETHG_2283	CLJU_c01800	CLRAG_27400
909	гипотетический белок		CAETHG_2286	CLJU_c01830	CLRAG_27430
910	мембранный белок DedA, SNARE-связанный домен		CAETHG_2294	CLJU_c01910	CLRAG_27510
911	Белок, содержащий фрагмент AAA-домена		CAETHG_2295	CLJU_c01920	CLRAG_27520
912	предполагаемая эндонуклеаза		CAETHG_2297	CLJU_c01940	CLRAG_27540
913	гипотетический белок		CAETHG_2299	CLJU_c01960	CLRAG_27560
914	Неохарактеризованный белок Veg		CAETHG_2312	CLJU_c02070	CLRAG_27670
915	белок с неизвестной функцией (DUF3794)		CAETHG_2313	CLJU_c02080	CLRAG_27680
916	гипотетический белок		CAETHG_2317	CLJU_c02120	CLRAG_27720
917	Неохарактеризованный белок YwiB семейства DUF1934, содержащий мотив "бета-бочка"		CAETHG_2323	CLJU_c02180	CLRAG_27780
918	гипотетический белок		CAETHG_2326	CLJU_c02210	CLRAG_27810
919	Неохарактеризованный консервативный белок YqhQ		CAETHG_2329	CLJU_c02240	CLRAG_27840
920	гипотетический белок		CAETHG_2332	CLJU_c02270	CLRAG_27870

921	Белок, связывающий TATA-бокс		CAETHG_2351	CLJU_c02450	CLRAG_28060
922	предполагаемый белок споруляции YuaC		CAETHG_2357	CLJU_c02520	CLRAG_28120
923	гипотетический белок		CAETHG_2360	CLJU_c02600	CLRAG_28200
924	Переносчик рибофлавина FmnP		CAETHG_2370	CLJU_c02690	CLRAG_28290
925	гипотетический белок		CAETHG_2372	CLJU_c02700	CLRAG_28300
926	белок биосинтеза жгутиков		CAETHG_2373	CLJU_c02710	CLRAG_28310
927	гипотетический белок		CAETHG_2378	CLJU_c02770	CLRAG_28370
928	Белок, содержащий домен DnaJ		CAETHG_2379	CLJU_c02780	CLRAG_28380
929	гипотетический белок		CAETHG_2380	CLJU_c02790	CLRAG_28390
930	белок с неизвестной функцией (DUF4363)		CAETHG_2383	CLJU_c02820	CLRAG_28420
931	Неохарактеризованный мембранный белок YsaP семейства DUF421		CAETHG_2384	CLJU_c02830	CLRAG_28430
932	уридинкиназа	2.7.1.48	CAETHG_2385	CLJU_c02840	CLRAG_28440
933	серин/треонин-протеинкиназа RsbW		CAETHG_2403	CLJU_c02880	CLRAG_28480
934	гипотетический белок		CAETHG_2405	CLJU_c02900	CLRAG_28500
935	Неохарактеризованный мембранный белок YdjX семейства TVP38/TMEM64. SNARE-ассоциированный домен		CAETHG_2407	CLJU_c02920	CLRAG_28520
936	Белок, содержащий домен CBS	1.1.1.205	CAETHG_2408	CLJU_c02930	CLRAG_28530
937	гипотетический белок		CAETHG_2410	CLJU_c02950	CLRAG_28560
938	гипотетический белок		CAETHG_2414	CLJU_c02990	CLRAG_28600
939	Липопротеин-сортирующий белок наружной мембраны		CAETHG_2417	CLJU_c03020	CLRAG_28630
940	Белок, содержащий домен PDZ		CAETHG_2425	CLJU_c03100	CLRAG_28710
941	Белок, содержащий Forkhead-ассоциированный (FHA)-домен, связывающий pSer, pThr, pTyr		CAETHG_2428	CLJU_c03130	CLRAG_28740
942	белок внутренней мембраны		CAETHG_2431	CLJU_c03160	CLRAG_28770
943	нуклеотидсвязывающий белок UPF0042		CAETHG_2434	CLJU_c03190	CLRAG_28800
944	консервативный гипотетический белок, родственник cofD		CAETHG_2435	CLJU_c03200	CLRAG_28810
945	гипотетический белок		CAETHG_2436	CLJU_c03210	CLRAG_28820
946	Неохарактеризованный консервативный белок YgbK семейства DUF1537		CAETHG_2444	CLJU_c03820	CLRAG_28890
947	Неохарактеризованный белок семейства (UPF0180)		CAETHG_2451	CLJU_c03890	CLRAG_29000
948	белок с неизвестной функцией (DUF3870)		CAETHG_2455	CLJU_c03930	CLRAG_29040
949	мембранный белок RarD, содержащий EamA-домен		CAETHG_2456	CLJU_c03940	CLRAG_29050
950	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_2473	CLJU_c04100	CLRAG_26950
951	гипотетический белок		CAETHG_2489	CLJU_c04210	CLRAG_26850
952	гипотетический белок		CAETHG_2490	CLJU_c04220	CLRAG_26840
953	гипотетический белок		CAETHG_2491	CLJU_c04230	CLRAG_26830
954	Неохарактеризованный белок, содержащий домен конденсации (элонгации) NRPS		CAETHG_2492	CLJU_c04240	CLRAG_26790
955	гипотетический белок		CAETHG_2500	CLJU_c04320	CLRAG_26730
956	Предполагаемая флипаза GtrA (трансмембранная транслоказа бактопенол-связанной глюкозы)		CAETHG_2518	CLJU_c04460	CLRAG_37820
957	Белок с неизвестной функцией (DUF2837)		CAETHG_2522	CLJU_c04500	CLRAG_37860
958	GPI-трансамидазная субъединица PIG-U		CAETHG_2524	CLJU_c04520	CLRAG_37880
959	пропептид TGF-бета		CAETHG_2525	CLJU_c04530	CLRAG_37890
960	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_2529	CLJU_c04570	CLRAG_37930

961	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_2536	CLJU_c04640	CLRAG_38000
962	Белок с неизвестной функцией (DUF116)		CAETHG_2539	CLJU_c04670	CLRAG_38050
963	гипотетический белок		CAETHG_2542	CLJU_c04700	CLRAG_38080
964	гипотетический белок		CAETHG_2543	CLJU_c04710	CLRAG_38090
965	гипотетический белок		CAETHG_2544	CLJU_c04720	CLRAG_38100
966	гипотетический белок		CAETHG_2552	CLJU_c04800	CLRAG_38180
967	гипотетический белок		CAETHG_2553	CLJU_c04810	CLRAG_38190
968	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_2555	CLJU_c04830	CLRAG_38210
969	Белок сборки оболочки спор SafA/неохарактеризованный белок семейства YkwD		CAETHG_2563	CLJU_c04860	CLRAG_38250
970	Белок наружной мембраны TolC		CAETHG_2583	CLJU_c05060	CLRAG_38450
971	Эффлюксный белок наружной мембраны		CAETHG_2584	CLJU_c05070	CLRAG_38460
972	Белок семейства ResB		CAETHG_2585	CLJU_c05080	CLRAG_38470
973	Белок, содержащий повтор, содержащий WG		CAETHG_2586	CLJU_c05090	CLRAG_38480
974	Белок, содержащий домен SLAP		CAETHG_2587	CLJU_c05100	CLRAG_38490
975	гипотетический белок (DUF2140)		CAETHG_2590	CLJU_c05130	CLRAG_38520
976	Белок с неизвестной функцией (DUF1659)		CAETHG_2594	CLJU_c05170	CLRAG_38560
977	Белок с неизвестной функцией (DUF2922)		CAETHG_2595	CLJU_c05180	CLRAG_38570
978	сигма-фактор, специфичный по отношению к РНК-полимеразе споруляции		CAETHG_2596	CLJU_c05190	CLRAG_38580
979	полимераза O-антигена		CAETHG_2626	CLJU_c05440	CLRAG_38900
980	Ацетилтрансфераза (суперсемейства белков, содержащих мотив "изолейциновый лоскут")		CAETHG_2627	CLJU_c05450	CLRAG_38910
981	аспарагинсинтаза (глутамин-гидролизующая)	6.3.5.4	CAETHG_2628	CLJU_c05460	CLRAG_38920
982	Белок биосинтеза полисахарида капсулы		CAETHG_2629	CLJU_c05470	CLRAG_38930
983	предполагаемый белок семейства Mg ²⁺ -переносчика-C (MgtC)		CAETHG_2654	CLJU_c05620	CLRAG_06840
984	гипотетический белок		CAETHG_2659	CLJU_c05670	CLRAG_06900
985	гипотетический белок		CAETHG_2660	CLJU_c05680	CLRAG_06910
986	гипотетический белок		CAETHG_2661	CLJU_c05690	CLRAG_06920
987	белок, содержащий домен фактора фон Виллебранда типа А		CAETHG_2662	CLJU_c05700	CLRAG_06930
988	Тубулин-подобный белок		CAETHG_2663	CLJU_c05710	CLRAG_06940
989	гипотетический белок		CAETHG_2664	CLJU_c05720	CLRAG_06950
990	белок семейства Са-активируемых хлоридных каналов		CAETHG_2666	CLJU_c05730	CLRAG_06960
991	гипотетический белок		CAETHG_2667	CLJU_c05740	CLRAG_06970
992	Белок GTP1/OBG		CAETHG_2673	CLJU_c05780	CLRAG_07030
993	гипотетический белок		CAETHG_2674	CLJU_c05790	CLRAG_07040
994	белок, содержащий домен цинковой ленты		CAETHG_2675	CLJU_c05800	CLRAG_07050
995	Белок с неизвестной функцией (DUF1861)		CAETHG_2682	CLJU_c05870	CLRAG_07110
996	Белок семейства VanZ-подобных белков		CAETHG_2690	CLJU_c05930	CLRAG_07160
997	гипотетический белок		CAETHG_2699	CLJU_c06010	CLRAG_07240
998	Предполагаемый насос эффлюкса Mn ²⁺ MntP		CAETHG_2705	CLJU_c06060	CLRAG_07330
999	гипотетический белок		CAETHG_2707	CLJU_c06080	CLRAG_07350
1000	Неохарактеризованный мембранный белок YkvA семейства DUF1232		CAETHG_2711	CLJU_c06120	CLRAG_07400
1001	гипотетический белок		CAETHG_2713	CLJU_c06140	CLRAG_07420
1002	Пептидаза семейства S41		CAETHG_2742	CLJU_c06460	CLRAG_30440
1003	гипотетический белок		CAETHG_2763	CLJU_c06720	CLRAG_18520

1004	гипотетический белок		CAETHG_2766	CLJU_c06750	CLRAG_18550
1005	гипотетический белок		CAETHG_2771	CLJU_c06800	CLRAG_18600
1006	Карбоангидраза или ацетилтрансфераза суперсемейства белков, содержащих мотив "изолейциновый лоскут"		CAETHG_2776	CLJU_c06850	CLRAG_18690
1007	гипотетический белок		CAETHG_2778	CLJU_c06870	CLRAG_18710
1008	Пептидогликан/LPS-O-ацетилаза OafA/YrhL, содержащая ацилтрансферазный и SGNH-гидролазный домены		CAETHG_2781	CLJU_c06910	CLRAG_18750
1009	Мембранный белок, участвующий в регуляции активности мембранной протеазы		CAETHG_2783	CLJU_c06930	CLRAG_18770
1010	гипотетический белок		CAETHG_2787	CLJU_c06970	CLRAG_18810
1011	Белок, содержащий домен ацетилтрансферазы (GNAT)		CAETHG_2809	CLJU_c07170	CLRAG_26670
1012	белок с неизвестной функцией (DUF4321)		CAETHG_2811	CLJU_c07190	CLRAG_26650
1013	белок, связанный с SAM-радикалом		CAETHG_2826	CLJU_c07340	CLRAG_26500
1014	гипотетический белок		CAETHG_2829	CLJU_c07370	CLRAG_26470
1015	2-иминобутаноат/2-иминопропаноатдезаминаза		CAETHG_2834	CLJU_c07420	CLRAG_26420
1016	предполагаемый окислительно-восстановительный белок		CAETHG_2854	CLJU_c07610	CLRAG_25180
1017	Белок, содержащий С-концевой домен рибосомного белка L7/L12		CAETHG_2876	CLJU_c07830	CLRAG_25300
1018	белок с неизвестной функцией (DUF4412)		CAETHG_2878	CLJU_c07850	CLRAG_25330
1019	гипотетический белок		CAETHG_2879	CLJU_c07860	CLRAG_25340
1020	белок компетентности ComEC		CAETHG_2881	CLJU_c07880	CLRAG_25360
1021	гипотетический белок		CAETHG_2886	CLJU_c07930	CLRAG_25410
1022	16S рРНК(урацил1498-N3)-метилтрансфераза		CAETHG_2894	CLJU_c08010	CLRAG_08350
1023	гипотетический белок		CAETHG_2899	CLJU_c08050	CLRAG_08310
1024	белок споруляции YqfC		CAETHG_2900	CLJU_c08060	CLRAG_08300
1025	вероятный фактор созревания рРНК		CAETHG_2903	CLJU_c08080	CLRAG_08270
1026	белок с неизвестной функцией (DUF4342)		CAETHG_2907	CLJU_c08120	CLRAG_08230
1027	гипотетический белок		CAETHG_2914	CLJU_c08190	CLRAG_18740
1028	Белок, содержащий домен PH		CAETHG_2918	CLJU_c08230	CLRAG_08160
1029	тРНК(аденин-22-N1)-метилтрансфераза		CAETHG_2919	CLJU_c08240	CLRAG_08150
1030	гипотетический белок		CAETHG_2921	CLJU_c08260	CLRAG_08130
1031	гипотетический белок		CAETHG_2923	CLJU_c08280	CLRAG_08100
1032	гипотетический белок		CAETHG_2940	CLJU_c08470	CLRAG_07990
1033	гипотетический белок		CAETHG_2956	CLJU_c08620	CLRAG_07870
1034	гипотетический белок		CAETHG_2958	CLJU_c08640	CLRAG_07850
1035	НАДН-хиноноксидоредуктаза, субъединица F		CAETHG_2962	CLJU_c08680	CLRAG_07810
1036	гипотетический белок		CAETHG_2970	CLJU_c08760	CLRAG_07730
1037	гипотетический белок		CAETHG_2977	CLJU_c08820	CLRAG_07670
1038	гипотетический белок		CAETHG_2982	CLJU_c08870	CLRAG_07610
1039	Белок, содержащий Ig-подобный домен		CAETHG_2993	CLJU_c08990	CLRAG_07520
1040	Неохарактеризованный белок YruA семейства DUF1002		CAETHG_2995	CLJU_c09010	CLRAG_14010
1041	гипотетический белок		CAETHG_2996	CLJU_c09020	CLRAG_14000
1042	Белок с неизвестной функцией (DUF1292)		CAETHG_3030	CLJU_c09350	CLRAG_13750
1043	гипотетический белок		CAETHG_3033	CLJU_c09380	CLRAG_13720
1044	Белок FlgN		CAETHG_3045	CLJU_c09500	CLRAG_13600
1045	фактор сборки жгутика FlhW		CAETHG_3048	CLJU_c09530	CLRAG_13570

1046	гипотетический белок		CAETHG_3051	CLJU_c09560	CLRAG_13550
1047	гипотетический белок		CAETHG_3057	CLJU_c09620	CLRAG_13520
1048	C-концевой элемент IS66		CAETHG_3069	CLJU_c09760, CLJU_c05380	CLRAG_16790
1049	гипотетический белок		CAETHG_3077	CLJU_c09840, CLJU_c05400	CLRAG_16740
1050	гипотетический белок		CAETHG_3095	CLJU_c10040	CLRAG_13320
1051	Бактериальный Ig-подобный домен		CAETHG_3098	CLJU_c10080	CLRAG_13290
1052	Неохарактеризованный мембранный белок семейства DUF441		CAETHG_3100	CLJU_c10100	CLRAG_13270
1053	Белок с неизвестной функцией (DUF3867)		CAETHG_3101	CLJU_c10110	CLRAG_13260
1054	фаговый неохарактеризованный белок TIGR01671		CAETHG_3102	CLJU_c10120	CLRAG_13250
1055	гипотетический белок		CAETHG_3103	CLJU_c10130	CLRAG_13240
1056	гипотетический белок		CAETHG_3107	CLJU_c10170	CLRAG_13200
1057	гипотетический белок		CAETHG_3132	CLJU_c10420	CLRAG_12950
1058	гипотетический белок		CAETHG_3133	CLJU_c10430	CLRAG_12940
1059	гипотетический белок		CAETHG_3136	CLJU_c10460	CLRAG_12910
1060	гипотетический белок		CAETHG_3139	CLJU_c10490	CLRAG_12880
1061	Белок MraZ		CAETHG_3143	CLJU_c10530	CLRAG_12810
1062	белок клеточного деления FtsL		CAETHG_3145	CLJU_c10550	CLRAG_12790
1063	гипотетический белок		CAETHG_3155	CLJU_c10650	CLRAG_12690
1064	ингибитор клеточного деления SepF		CAETHG_3156	CLJU_c10660	CLRAG_12680
1065	Белок семейства YggT		CAETHG_3157	CLJU_c10670	CLRAG_12670
1066	гипотетический белок		CAETHG_3167	CLJU_c10770	CLRAG_12570
1067	Протеин-S-изопренилцистеин-O-метилтрансфераза Ste14		CAETHG_3171	CLJU_c10820	CLRAG_22440
1068	аутоиндуцируемый пептид циклического лактона		CAETHG_3176	CLJU_c28500, CLJU_c25570	CLRAG_03770
1069	гипотетический белок		CAETHG_3178	CLJU_c10880	CLRAG_02280
1070	белок сборки пилей PilA IV типа		CAETHG_3181	CLJU_c10920	CLRAG_12540
1071	белок, содержащий домен N-концевого гидролиза/метилования препилинового типа		CAETHG_3182	CLJU_c10930	CLRAG_12530
1072	белок, содержащий домен N-концевого гидролиза/метилования препилинового типа		CAETHG_3184	CLJU_c10950	CLRAG_12510
1073	гипотетический белок		CAETHG_3185	CLJU_c10960	CLRAG_12500
1074	гипотетический белок		CAETHG_3186	CLJU_c10970	CLRAG_12490
1075	гипотетический белок		CAETHG_3187	CLJU_c10980	CLRAG_12480
1076	гипотетический белок		CAETHG_3188	CLJU_c10990	CLRAG_12470
1077	гипотетический белок		CAETHG_3191	CLJU_c11020	CLRAG_12440
1078	гипотетический белок		CAETHG_3213	CLJU_c11230	CLRAG_12230
1079	белок споруляции YtfJ		CAETHG_3222	CLJU_c11310	CLRAG_12140
1080	Белок с неизвестной функцией (DUF2953)		CAETHG_3223	CLJU_c11320	CLRAG_12130
1081	гипотетический белок		CAETHG_3225	CLJU_c11340	CLRAG_12110
1082	гипотетический белок		CAETHG_3234	CLJU_c11430	CLRAG_12020
1083	белок с неизвестной функцией (DUF4397)		CAETHG_3235	CLJU_c11440	CLRAG_12010
1084	Домен с неизвестной функцией (DUF4883)		CAETHG_3236	CLJU_c11450	CLRAG_12000
1085	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства FrmR		CAETHG_3238	CLJU_c11470	CLRAG_11980
1086	Неохарактеризованный мембранный белок YjjB семейства DUF3815		CAETHG_3239	CLJU_c11480	CLRAG_11970
1087	Неохарактеризованный мембранный белок YjjP семейства DUF1212		CAETHG_3240	CLJU_c11490	CLRAG_11960

1088	гипотетический белок		CAETHG_3244	CLJU_c11530	CLRAG_11920
1089	Белок суперсемейства PAP2		CAETHG_3267	CLJU_c11760	CLRAG_11780
1090	гипотетический белок		CAETHG_3270	CLJU_c11790	CLRAG_11750
1091	Белок, содержащий флавинредуктаза-подобный домен		CAETHG_3273	CLJU_c11820	CLRAG_11720
1092	Неохарактеризованный белок YrrD, содержащий домен PRC-barrel		CAETHG_3295	CLJU_c12130	CLRAG_11670
1093	Неохарактеризованный белок семейства UPF0297		CAETHG_3298	CLJU_c12160	CLRAG_11640
1094	Белок с неизвестной функцией (DUF1292)		CAETHG_3300	CLJU_c12180	CLRAG_11620
1095	Регулятор судьбы клеток YlbF семейства YheA/YmcA/DUF963 (контролирует споруляцию, компетентность, развитие биопленок)		CAETHG_3303	CLJU_c12210	CLRAG_11590
1096	консервативный гипотетический белок		CAETHG_3318	CLJU_c12360	CLRAG_11440
1097	гипотетический белок		CAETHG_3326	CLJU_c12440	CLRAG_11360
1098	предполагаемый SAM-радикальный фермент семейства TIGR03279		CAETHG_3328	CLJU_c12460	CLRAG_11340
1099	Белок семейства TIGR00255		CAETHG_3332	CLJU_c12500	CLRAG_11300
1100	гипотетический белок		CAETHG_3333	CLJU_c12510	CLRAG_11290
1101	16S рРНК(гуанин966-N2)-метилтрансфераза		CAETHG_3352	CLJU_c12710	CLRAG_11100
1102	гипотетический белок		CAETHG_3354	CLJU_c12730	CLRAG_11080
1103	Предсказанная нуклеотидилтрансфераза		CAETHG_3357	CLJU_c12750	CLRAG_11050
1104	неохарактеризованный белок		CAETHG_3360	CLJU_c12790	CLRAG_11020
1105	Гистонацетилтрансфераза, компонент комплекса РНК-полимераза-элонгатор		CAETHG_3365	CLJU_c12840	CLRAG_10970
1106	гипотетический белок		CAETHG_3369	CLJU_c12870	CLRAG_10930
1107	гипотетический белок		CAETHG_3372	CLJU_c12900	CLRAG_10900
1108	предполагаемая эндонуклеаза		CAETHG_3379	CLJU_c12970	CLRAG_10830
1109	фактор созревания рибосом RimP		CAETHG_3394	CLJU_c13110	CLRAG_10680
1110	гипотетический белок		CAETHG_3396	CLJU_c13130	CLRAG_10660
1111	белок споруляции семейства YlmC/YmxH		CAETHG_3406	CLJU_c13230	CLRAG_10560
1112	рибонуклеаза Y		CAETHG_3412	CLJU_c13290	CLRAG_10500
1113	Белок семейства EamA-подобных переносчиков		CAETHG_3416	CLJU_c13330	CLRAG_10460
1114	гипотетический белок		CAETHG_3419	CLJU_c13360	CLRAG_10430
1115	гипотетический белок		CAETHG_3422	CLJU_c13380	CLRAG_10410
1116	Регулятор транскрипции семейства Blal, репрессор пенициллиназы		CAETHG_3431	CLJU_c13550, CLJU_c13470	CLRAG_10320
1117	белок с неизвестной функцией (DUF4179)		CAETHG_3441	CLJU_c13580	CLRAG_10280
1118	гипотетический белок		CAETHG_3447	CLJU_c13650	CLRAG_10220
1119	неохарактеризованный белок семейства PH0010/белок А системы AmmeMemoRadiSam/белок В системы AmmeMemoRadiSam		CAETHG_3448	CLJU_c13660	CLRAG_10210
1120	белок транспорта аминокислот с разветвленной цепью		CAETHG_3452	CLJU_c13700	CLRAG_10170
1121	Фенилпируваттаутомераза PptA, семейство 4-оксалохлоронаттаутомеразы		CAETHG_3455	CLJU_c13730	CLRAG_10120
1122	Предсказанная PurR-регулируемая пермеаза PerM		CAETHG_3457	CLJU_c13750	CLRAG_10100
1123	гипотетический белок		CAETHG_3467	CLJU_c13840	CLRAG_10000
1124	Неохарактеризованный белок семейства пиридоксамин-5'-фосфатоксидазы (PNPOх-подобный)		CAETHG_3468	CLJU_c13850	CLRAG_09990
1125	гипотетический белок		CAETHG_3475, CAETHG_3476	CLJU_c13930, CLJU_c13920	CLRAG_09230

1126	Белок D синтеза кофермента PQQ (PqqD)		CAETHG_3478	CLJU_c13950	CLRAG_09260
1127	Белок с ДНК-связывающим мотивом "крылатая спираль-петля-спираль"		CAETHG_3482	CLJU_c13990	CLRAG_09320
1128	Белок с неизвестной функцией (DUF3793)		CAETHG_3485	CLJU_c14010	CLRAG_09340
1129	Белок, содержащий домен купина		CAETHG_3502	CLJU_c14200	CLRAG_09530
1130	гипотетический белок		CAETHG_3548	CLJU_c34970	CLRAG_16880
1131	L-цистеиндесульфидаза		CAETHG_3563	CLJU_c14640	CLRAG_09920
1132	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_3564	CLJU_c14650	CLRAG_20550
1133	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_3580	CLJU_c14800	CLRAG_20310
1134	белок, содержащий консервативный домен		CAETHG_3591	CLJU_c14850	CLRAG_20270
1135	белок, содержащий консервативный домен		CAETHG_3592	CLJU_c14860	CLRAG_20260
1136	Неохарактеризованный мембранный белок YczE		CAETHG_3593	CLJU_c14870	CLRAG_20250
1137	гипотетический белок		CAETHG_3612	CLJU_c15100	CLRAG_24270
1138	гипотетический белок		CAETHG_3613	CLJU_c15110	CLRAG_24230
1139	5-метилцитозин-специфическая рестриктаза B		CAETHG_3617	CLJU_c15150	CLRAG_24200
1140	гипотетический белок		CAETHG_3621	CLJU_c15190	CLRAG_24160
1141	гипотетический белок		CAETHG_3622	CLJU_c15200	CLRAG_24150
1142	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_3640	CLJU_c15380	CLRAG_24080
1143	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_3641	CLJU_c15400	CLRAG_24070
1144	белок секреции семейства HlyD		CAETHG_3642	CLJU_c15410	CLRAG_24060
1145	гипотетический белок		CAETHG_3644	CLJU_c15430	CLRAG_24040
1146	Белок, содержащий пентапептидный повтор		CAETHG_3657	CLJU_c15620	CLRAG_32630
1147	вероятный окислительно-восстановительный белок семейства C_GCAxxG_C_C		CAETHG_3662	CLJU_c15630	CLRAG_32680
1148	Белок устойчивости к гликопептидным антибиотикам		CAETHG_3675	CLJU_c15680	CLRAG_32830
1149	белок с неизвестной функцией (DUF4367)		CAETHG_3679	CLJU_c15710	CLRAG_32870
1150	O-метилтрансфераза		CAETHG_3683	CLJU_c15750	CLRAG_32910
1151	предполагаемый белок споруляции YtaF		CAETHG_3694	CLJU_c15940	CLRAG_32970
1152	предполагаемый консервативный белок UCSR010219		CAETHG_3700	CLJU_c16060	CLRAG_33030
1153	белок с неизвестной функцией (DUF4363)		CAETHG_3732	CLJU_c16380	CLRAG_33180
1154	Неохарактеризованный мембранный белок YsaP семейства DUF421		CAETHG_3733	CLJU_c16390	CLRAG_33190
1155	белок с неизвестной функцией (DUF3870)		CAETHG_3734	CLJU_c16400	CLRAG_33200
1156	гипотетический белок		CAETHG_3818	CLJU_c17060	CLRAG_33930
1157	Белок семейства пептидазы A4		CAETHG_3820	CLJU_c17080	CLRAG_33950
1158	гипотетический белок		CAETHG_3821	CLJU_c17090	CLRAG_33960
1159	гипотетический белок		CAETHG_3836, CAETHG_3837	CLJU_c17240, CLJU_c17230	CLRAG_34210
1160	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_3839	CLJU_c17260	CLRAG_34230
1161	белок с неизвестной функцией (DUF4342)		CAETHG_3843	CLJU_c17300	CLRAG_29280
1162	23S рРНК-(псевдоурдин1915-N3)-метилтрансфераза		CAETHG_3853	CLJU_c17400	CLRAG_01290
1163	гипотетический белок		CAETHG_3858	CLJU_c17450	CLRAG_01260
1164	гипотетический белок		CAETHG_3869	CLJU_c17610	CLRAG_01130
1165	Белок с неизвестной функцией (DUF3795)		CAETHG_3873	CLJU_c17650	CLRAG_01090
1166	регулятор отклика YcbB двухкомпонентной		CAETHG_3881	CLJU_c17730	CLRAG_00990

	системы				
1167	гипотетический белок		CAETHG_3883	CLJU_c17750	CLRAG_00970
1168	гипотетический белок		CAETHG_3887	CLJU_c17790	CLRAG_00920
1169	гипотетический белок		CAETHG_3888	CLJU_c17800	CLRAG_00910
1170	Пептидаза семейства M28		CAETHG_3891	CLJU_c17830	CLRAG_00880
1171	Белок хемотаксиса CheY или CheY-подобный REC (приемный) домен		CAETHG_3894	CLJU_c17860	CLRAG_00800
1172	3-метиладенин-ДНК-гликозилаза AlkD		CAETHG_3896	CLJU_c17880	CLRAG_00780
1173	мембранный белок RarD, содержащий EamA-домен		CAETHG_3897	CLJU_c17890	CLRAG_00760
1174	вспомогательный фактор ксантиндегидрогеназы		CAETHG_3903	CLJU_c17940	CLRAG_00690
1175	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_3905	CLJU_c17960	CLRAG_00670
1176	Неохарактеризованный консервативный белок YraI		CAETHG_3911	CLJU_c18020	CLRAG_00620
1177	Белок, содержащий домен Yip1		CAETHG_3916	CLJU_c18070	CLRAG_00580
1178	Белок семейства SatD (SatD)		CAETHG_3926	CLJU_c18180	CLRAG_00500
1179	Белок семейства SatD (SatD)		CAETHG_3927	CLJU_c18190	CLRAG_00490
1180	Белок с неизвестной функцией (DUF3307)		CAETHG_3928	CLJU_c18200	CLRAG_00480
1181	Белок семейства EamA-подобных переносчиков		CAETHG_3929	CLJU_c18210	CLRAG_00470
1182	гипотетический белок		CAETHG_3930	CLJU_c18220	CLRAG_00390
1183	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_3931	CLJU_c18230	CLRAG_00380
1184	гипотетический белок		CAETHG_3946	CLJU_c18390	CLRAG_00290
1185	гипотетический белок		CAETHG_3947	CLJU_c18400	CLRAG_00280
1186	гипотетический белок		CAETHG_3948	CLJU_c18410	CLRAG_00270
1187	гипотетический белок		CAETHG_3950	CLJU_c18430	CLRAG_00250
1188	гипотетический белок		CAETHG_3955	CLJU_c18480	CLRAG_00200
1189	Белок А деления, ингибируемого глюкозой		CAETHG_3958	CLJU_c18510	CLRAG_00130
1190	белок с неизвестной функцией (DUF2935)		CAETHG_3971	CLJU_c18630	CLRAG_00020
1191	гипотетический белок	2.7.4.12, 2.7.4.9	CAETHG_3972	CLJU_c18640	CLRAG_00010
1192	гипотетический белок		CAETHG_3975	CLJU_c34960	CLRAG_26220
1193	гипотетический белок		CAETHG_3982	CLJU_c18680	CLRAG_16680
1194	гипотетический белок		CAETHG_3983	CLJU_c18690	CLRAG_16670
1195	гипотетический белок		CAETHG_3984	CLJU_c18700	CLRAG_16650
1196	белок с неизвестной функцией (DUF4397)		CAETHG_3992	CLJU_c18730	CLRAG_16560
1197	гипотетический белок		CAETHG_4006	CLJU_c18830	CLRAG_16420
1198	Неохарактеризованный мембраносвязанный белок YitT, содержащий домены DUF161 и DUF2179		CAETHG_4049	CLJU_c19150	CLRAG_39900
1199	гипотетический белок		CAETHG_4051	CLJU_c19170	CLRAG_39880
1200	гипотетический белок		CAETHG_4053	CLJU_c19180	CLRAG_39870
1201	Белок иммунитета 22		CAETHG_4059	CLJU_c19240	CLRAG_39830
1202	гипоксантинфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.22, 2.4.2.7, 2.4.2.8	CAETHG_1290	CLJU_c33920	CLRAG_14070
1203	гипоксантинфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.22, 2.4.2.7, 2.4.2.8	CAETHG_1988	CLJU_c41540	CLRAG_04670
1204	циклаза		CAETHG_3264	CLJU_c11730	CLRAG_11810
1205	глутаминамидотрансфераза		CAETHG_3261	CLJU_c11700	CLRAG_11840
1206	имидазолглицерофосфатдегидратаза	4.2.1.19	CAETHG_3260	CLJU_c11690	CLRAG_11850

1207	имидазолпропионаза	3.5.2.7	CAETHG_0233	CLJU_c21470	CLRAG_31030
1208	индол-3-глицерофосфатсинтаза	4.1.1.48	CAETHG_3704	CLJU_c16100	CLRAG_33070
1209	ИМФ-дегидрогеназа	1.1.1.205	CAETHG_1571	CLJU_c37180	CLRAG_36620
1210	железо(металл)-зависимый репрессор семейства DtxR		CAETHG_1335	CLJU_c34350	CLRAG_17700
1211	[FeFe]-гидрогеназа Н-кластера созревания ГТФазы HydF		CAETHG_2063	CLJU_c42380	CLRAG_05500
1212	эпоксиквеуозинредуктаза		CAETHG_1774	CLJU_c39290	CLRAG_21500
1213	бета-аспартилдипептидаза (металло-тип)	3.4.11.1, 3.4.11.2, 3.4.13.3, 3.4.11.23	CAETHG_0748	CLJU_c26670	CLRAG_08540
1214	Изолейцил-tPHK-синтетаза		CAETHG_2292	CLJU_c01890	CLRAG_27490
1215	кетопантоатредуктаза	1.1.1.169	CAETHG_0118, CAETHG_2966	CLJU_c08720, CLJU_c20360	CLRAG_25930
1216	2-дегидропантоат-2-редуктаза		CAETHG_3877	CLJU_c17690	CLRAG_01040
1217	L-арабиноизомерераза	5.3.1.4	CAETHG_2228	CLJU_c01200	CLRAG_30220
1218	L-аспартатоксидаза		CAETHG_0502	CLJU_c24420	CLRAG_25150
1219	L-рибулозо-5-фосфат-4-эпимераза		CAETHG_2229	CLJU_c01210	CLRAG_30210
1220	L-сериндегидратаза	4.3.1.17, 4.3.1.15, 4.3.1.19, 4.2.1.13	CAETHG_1224	CLJU_c33250	CLRAG_15010
1221	L-сериндегидратаза	4.3.1.17, 4.3.1.15, 4.3.1.19, 4.2.1.13	CAETHG_1225	CLJU_c33260	CLRAG_15000
1222	L-серил-tPHK(Sec)-селентрансфераза		CAETHG_2839	CLJU_c07470, CLJU_c27710	CLRAG_32220
1223	L-треонинальдолаза	4.1.2.5	CAETHG_0686	CLJU_c26170	CLRAG_04250
1224	треонинфосфатдекарбоксилаза	4.1.1.81	CAETHG_1128	CLJU_c32000	CLRAG_02630
1225	Белок LemA		CAETHG_0069	CLJU_c19890	CLRAG_39190
1226	лейцил-tPHK-синтетаза		CAETHG_2377	CLJU_c02750	CLRAG_28350
1227	репрессор LexA		CAETHG_0188	CLJU_c21030	CLRAG_18990
1228	Предсказанная дегидрогеназа	1.1.1.18	CAETHG_1307	CLJU_c34090	CLRAG_14240
1229	синтетаза липоевой кислоты		CAETHG_1220	CLJU_c33210	CLRAG_15050
1230	Апофермент LL-диаминопимелатаминотрансферазы	2.6.1.83	CAETHG_3510	CLJU_c14280	CLRAG_09600
1231	белок L10 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1957	CLJU_c41140	CLRAG_23330
1232	Белок L11P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1959	CLJU_c41160	CLRAG_23350
1233	Белок L13P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1914	CLJU_c40710	CLRAG_22900
1234	Белок L14P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1937	CLJU_c40940	CLRAG_23130
1235	Белок L15P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1928	CLJU_c40850	CLRAG_23040
1236	Белок L16P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1940	CLJU_c40970	CLRAG_23160
1237	Белок L17P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1919	CLJU_c40760	CLRAG_22950
1238	Белок L20P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1344	CLJU_c34440	CLRAG_14520
1239	Белок L22P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1942	CLJU_c40990	CLRAG_23180
1240	Белок L24P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1936	CLJU_c40930	CLRAG_23120
1241	Белок L27P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_2830	CLJU_c07380	CLRAG_26460
1242	белок L28 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_3348	CLJU_c12670	CLRAG_11140
1243	Белок L29P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1939	CLJU_c40960	CLRAG_23150
1244	белок L30 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1929	CLJU_c40860	CLRAG_23050
1245	Белок L32P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_3361	CLJU_c12800	CLRAG_11010

1246	белок L33 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1962	CLJU_c41190	CLRAG_23380
1247	белок L34 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_2123	CLJU_c42970	CLRAG_25780
1248	Белок L36P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1924	CLJU_c40810	CLRAG_23000
1249	белок L4 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1946	CLJU_c41030	CLRAG_23220
1250	белок L9 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_2098	CLJU_c42730	CLRAG_25540
1251	лизин:протонный симпортер семейства AAT		CAETHG_0271, CAETHG_0496	CLJU_c24360, CLJU_c21810	CLRAG_31350
1252	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_3878	CLJU_c17700	CLRAG_01030
1253	лизил-тРНК-синтетаза II класса		CAETHG_1982	CLJU_c41480	CLRAG_04610
1254	Сахарофосфатная пермеаза		CAETHG_3582	CLJU_c14820	CLRAG_20290
1255	Малат/лактат/уреидогликолатдегидрогеназа семейства LDH2	1.1.1.37	CAETHG_2689	CLJU_c05920	CLRAG_07150
1256	[белок-переносчик ацильных групп]-S-малонилтрансфераза		CAETHG_2048	CLJU_c42170	CLRAG_05280
1257	Mn-содержащая каталаза		CAETHG_3970	CLJU_c18620	CLRAG_00030
1258	марганецзависимая неорганическая пирофосфатаза	3.6.1.1	CAETHG_3137	CLJU_c10470	CLRAG_12900
1259	маннозо-1-фосфатуанилилтрансфераза	2.7.7.22	CAETHG_2296	CLJU_c01930	CLRAG_27530
1260	маннозо-6-фосфатизомераза 1 типа	5.3.1.8	CAETHG_1790	CLJU_c39450	CLRAG_21660
1261	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_0698	CLJU_c26220	CLRAG_04300
1262	Белок, содержащий домен HDIG		CAETHG_1005	CLJU_c30060	CLRAG_15690
1263	метилтетрагидрофолатдегидрогеназа (НАДФ+)/метилтетрагидрофолатциклогидролаза	1.5.1.5	CAETHG_1616	CLJU_c37630	CLRAG_37040
1264	метионинаденозилтрансфераза	2.5.1.6	CAETHG_0419, CAETHG_2358	CLJU_c23550, CLJU_c02580	CLRAG_28180
1265	метиониламинопептидаза	3.4.11.1, 3.4.11.2, 3.4.13.3, 3.4.11.23	CAETHG_1486	CLJU_c35780	CLRAG_06310
1266	5-метилтетрагидрофолатгомоцистеинметилтрансфераза	2.1.1.13, 2.1.1.14	CAETHG_2755	CLJU_c06650	CLRAG_18450
1267	5-метилтетрагидрофолатгомоцистеинметилтрансфераза		CAETHG_2843, CAETHG_2848	CLJU_c07550, CLJU_c07500	CLRAG_34280
1268	метионил-тРНК-формилтрансфераза		CAETHG_3339	CLJU_c12570	CLRAG_11230
1269	метионил-тРНК-синтетаза		CAETHG_2275	CLJU_c01730	CLRAG_27330
1270	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса		CAETHG_0308	CLJU_c22100	CLRAG_31620
1271	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_0077	CLJU_c19970	CLRAG_39070
1272	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_0229	CLJU_c21430	CLRAG_30990
1273	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_0350	CLJU_c22880	CLRAG_01910
1274	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_0542, CAETHG_1048	CLJU_c24770, CLJU_c30430	CLRAG_18050
1275	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_2402	CLJU_c02870	CLRAG_28470
1276	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_2997	CLJU_c09030	CLRAG_13990
1277	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_3106	CLJU_c10160	CLRAG_13210
1278	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_3430	CLJU_c13460	CLRAG_10330
1279	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_3459	CLJU_c13760	CLRAG_10080

	преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache				
1280	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_3466	CLJU_c13830	CLRAG_10010
1281	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_4020	CLJU_c18880	CLRAG_40120
1282	метиласпартат-аммиак-лиаза		CAETHG_1904	CLJU_c40610	CLRAG_22800
1283	метилированная-ДНК-[белок]-цистеин-S-метилтрансфераза		CAETHG_3895	CLJU_c17870	CLRAG_00790
1284	5,10-метилентетрагидрофолатредуктаза	1.5.1.20	CAETHG_1614	CLJU_c37610	CLRAG_37020
1285	метилглиоксальсинтаза		CAETHG_2822	CLJU_c07300	CLRAG_26540
1286	метилтетрагидрофолат-корриноидсодержащий железо-серный белок-Co-метилтрансфераза		CAETHG_1609	CLJU_c37560	CLRAG_36970
1287	аденозилгомоцистеиннуклеозидаза	3.2.2.16, 3.2.2.9	CAETHG_3160	CLJU_c10700	CLRAG_12640
1288	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_1633	CLJU_c38050	CLRAG_37420
1289	Mo-нитрогеназа, MoFe-белок, предшественник субъединицы NifD		CAETHG_2570	CLJU_c04930	CLRAG_38320
1290	нитрогеназа, молибден-железосодержащий белок, бета-цепь		CAETHG_2571	CLJU_c04940	CLRAG_38330
1291	Модульный каркасообразующий белок NifU, содержащий FeS-кластер		CAETHG_3294	CLJU_c12120	CLRAG_11680
1292	белок А синтеза молибдоптерингуанидинуклеотида		CAETHG_0227	CLJU_c21410	CLRAG_30970
1293	молибдоптеринаденилаттрансфераза		CAETHG_0574	CLJU_c25060	CLRAG_17720
1294	белок В биосинтеза молибдоптерингуанидинуклеотида	1.1.99.33	CAETHG_2792	CLJU_c07010	CLRAG_18860
1295	молибдоптеринмолибдотрансфераза	1.1.99.33	CAETHG_2791	CLJU_c07000	CLRAG_18850
1296	ABC-переносчик моносахаридов, АТФ-связывающий белок семейства CUT2		CAETHG_1384	CLJU_c34860	CLRAG_26100
1297	транспортная система рибозы, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2236	CLJU_c01270	CLRAG_30150
1298	ABC-переносчик моносахаридов, мембранный белок семейства CUT2		CAETHG_1382	CLJU_c34840	CLRAG_26080
1299	система транспорта простых углеводов, пермеазный белок		CAETHG_1383	CLJU_c34850	CLRAG_26090
1300	ABC-переносчик моносахаридов, субстрат-связывающий белок семейства CUT2		CAETHG_1385	CLJU_c34870	CLRAG_26110
1301	дцДНК-специфическая эндонуклеаза/АТФаза MutS2		CAETHG_3607	CLJU_c15050	CLRAG_24320
1302	N-ацетил-гамма-глутамилфосфатредуктаза	1.2.1.38	CAETHG_0241	CLJU_c21540	CLRAG_31100
1303	N-ацетилглутаматкиназа	2.7.2.8	CAETHG_0239	CLJU_c21520	CLRAG_31080
1304	N-ацетилангидромурамил-L-аланинамидаза AmpD	3.5.1.28	CAETHG_1654	CLJU_c32580	CLRAG_29450
1305	N-ацетилмурамоил-L-аланинамидаза	3.5.1.28	CAETHG_1765	CLJU_c39200	CLRAG_21350
1306	N-ацетилмурамоил-L-аланинамидаза		CAETHG_1912	CLJU_c40690	CLRAG_22880
1307	деацилаза N-ацил-D-аминокислот		CAETHG_0452	CLJU_c23870	CLRAG_17300
1308	амидогидролаза		CAETHG_2511	CLJU_c04420	CLRAG_37750
1309	гидролаза N-карбамоил-L-аминокислот	3.5.1.6	CAETHG_1498	CLJU_c35910	CLRAG_06410
1310	N-формилглутаматамидогидролаза		CAETHG_0505	CLJU_c24450	CLRAG_30120
1311	4-гидроксипурилатдегидрогеназа	1.1.1.1	CAETHG_1741	CLJU_c38930	CLRAG_21110
1312	НАД-зависимая деацетилаза		CAETHG_2239	CLJU_c01320	CLRAG_26980
1313	изоцитратдегидрогеназа (НАД+)	1.1.1.286, 1.1.1.41	CAETHG_2753	CLJU_c06630	CLRAG_18430
1314	малатдегидрогеназа (оксалоацетат-декарбоксилирующая)	1.1.1.37, 1.1.1.40, 1.1.1.38, 4.1.1.3,	CAETHG_1702, CAETHG_2478	CLJU_c38460, CLJU_c04160	CLRAG_26900

		1.1.1.39			
1315	НАД(Ф)-зависимая гидрогеназа, содержащая атом железа, каталитическая субъединица		CAETHG_3569	CLJU_c14700	CLRAG_20490
1316	НАДН-хиноноксидоредуктаза, субъединица E		CAETHG_3571	CLJU_c14720	CLRAG_20470
1317	НАД(Ф)Н-зависимая нитратредуктаза, каталитическая субъединица	1.7.7.2	CAETHG_0437	CLJU_c23730	CLRAG_17440
1318	НАД(Ф)Н-зависимая нитратредуктаза, диафоразная субъединица		CAETHG_0435	CLJU_c23710	CLRAG_17460
1319	НАД(Ф)Н-зависимая нитратредуктаза, железосерная субъединица		CAETHG_0436	CLJU_c23720	CLRAG_17450
1320	НАДН-хиноноксидоредуктаза, субъединица E	1.12.1.4, 1.1.99.33	CAETHG_2794	CLJU_c07030	CLRAG_18880
1321	НАДН-хиноноксидоредуктаза, субъединица F	1.12.1.4, 1.1.99.33	CAETHG_1577, CAETHG_3570, CAETHG_2795	CLJU_c07040, CLJU_c14710	CLRAG_20480
1322	белок, содержащий домен с дикластером 4Fe-4S	1.12.1.4, 1.1.99.33	CAETHG_2796	CLJU_c07050	CLRAG_18900
1323	НАД+-дифосфатаза		CAETHG_2205	CLJU_c00910	CLRAG_19670
1324	глутаматдегидрогеназа (НАДФ+)		CAETHG_2367	CLJU_c02660	CLRAG_28260
1325	НАДФН-зависимая ФМН-редуктаза		CAETHG_0974	CLJU_c29750	CLRAG_35750
1326	глутаматсинтаза (НАДФН/НАДН), малая цепь		CAETHG_0477	CLJU_c24190	CLRAG_24880
1327	карбонмонооксиддегидрогеназа, каталитическая субъединица		CAETHG_1621	CLJU_c37670	CLRAG_37080
1328	никотинамидаза/пиразинамидаза	3.5.1.19	CAETHG_0378	CLJU_c23150	CLRAG_01660
1329	НАД+-киназа	2.7.1.23	CAETHG_3207	CLJU_c11180	CLRAG_12280
1330	никотинатфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.11	CAETHG_3427	CLJU_c13430	CLRAG_10360
1331	никотинатнуклеотидаденилаттрансфераза	2.7.7.1, 2.7.7.18	CAETHG_2832	CLJU_c07400	CLRAG_26440
1332	белок-переносчик молибдена		CAETHG_1634	CLJU_c38070	CLRAG_37440
1333	никотинатнуклеотидпирофосфорилаза [карбоксилирующая]		CAETHG_0501	CLJU_c24410	CLRAG_25140
1334	никотинатнуклеотиддиметилбензимидазолфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.21	CAETHG_1122	CLJU_c31940	CLRAG_02570
1335	азот-регулирующий белок семейства P-II		CAETHG_2091, CAETHG_2468	CLJU_c04050, CLJU_c42650	CLRAG_05670
1336	азот-регулирующий белок семейства P-II		CAETHG_2568	CLJU_c04910	CLRAG_38300
1337	белок, регулирующий обмен азота, семейства P-II		CAETHG_2569	CLJU_c04920	CLRAG_38310
1338	нитрогеназа, молибден-железосодержащий белок NifN		CAETHG_2573	CLJU_c04960	CLRAG_38350
1339	нитрогеназа, железосодержащий белок NifH	1.18.6.1	CAETHG_0368, CAETHG_0375	CLJU_c23050, CLJU_c23120	CLRAG_01760
1340	нитрогеназа, железосодержащий белок NifH	1.18.6.1	CAETHG_0417, CAETHG_2567	CLJU_c23530, CLJU_c04900	CLRAG_38290
1341	нитрогеназа, белок синтеза молибденкофактора NifE		CAETHG_0374	CLJU_c23110	CLRAG_01700
1342	нитрогеназа, белок синтеза молибденкофактора NifE		CAETHG_2572	CLJU_c04950	CLRAG_38340
1343	нитроредуктаза		CAETHG_0934	CLJU_c29400	CLRAG_35400
1344	транспортная система простых сахаров, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0998	CLJU_c29990	CLRAG_35990
1345	АВС-переносчик нуклеозидов, АТФ-связывающий белок семейства CUT2		CAETHG_1808	CLJU_c39620	CLRAG_21810
1346	система транспорта простых углеводов, пермеазный белок		CAETHG_0996, CAETHG_1806	CLJU_c29970, CLJU_c39600	CLRAG_35970
1347	система транспорта простых углеводов, пермеазный белок		CAETHG_0997	CLJU_c29980	CLRAG_35980
1348	АВС-переносчик нуклеозидов, мембранный белок		CAETHG_1807	CLJU_c39610	CLRAG_21800

1349	основной мембранный белок A		CAETHG_0999	CLJU_c30000	CLRAG_36000
1350	нуклеозид-связывающий белок		CAETHG_1809	CLJU_c39630	CLRAG_21820
1351	АТФ-зависимая протеаза Lon		CAETHG_1470	CLJU_c35620	CLRAG_06150
1352	нуклеозидтрифосфатаза		CAETHG_3826	CLJU_c17140	CLRAG_34000
1353	Фактор антитерминации NusA		CAETHG_3395	CLJU_c13120	CLRAG_10670
1354	Фактор антитерминации NusB		CAETHG_3201	CLJU_c11120	CLRAG_12340
1355	О-ацетилгомосеринсульфгидролаза	2.5.1.48, 2.5.1.-, 4.2.99.8, 4.2.99.10, 2.5.1.49, 4.2.99.9	CAETHG_2754	CLJU_c06640	CLRAG_18440
1356	N6-L-треонилкарбамоиладенинсинтаза		CAETHG_1595	CLJU_c37400	CLRAG_36840
1357	олигопептидаза F. Металлопептидаза. MEROPS семейства M03B		CAETHG_4039	CLJU_c19050	CLRAG_39980
1358	предполагаемый переносчик олигопептидов семейства OPT		CAETHG_3477	CLJU_c13940	CLRAG_09250
1359	орнитинкарбамоилтрансфераза	2.1.3.3	CAETHG_0591	CLJU_c25230	CLRAG_03580
1360	оротатфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.10	CAETHG_1476	CLJU_c35680	CLRAG_06210
1361	оротидин-5'-фосфатдекарбоксилаза	4.1.1.23	CAETHG_1479	CLJU_c35710	CLRAG_06240
1362	кислород-независимая копропорфириноген-3-оксидаза		CAETHG_2888	CLJU_c07950	CLRAG_25430
1363	трипептидаминопептидаза		CAETHG_0005, CAETHG_0008	CLJU_c19290, CLJU_c19310	CLRAG_39770
1364	фактор высвобождения пептидной цепи 1		CAETHG_2331	CLJU_c02260	CLRAG_27860
1365	фактор высвобождения пептидной цепи 3		CAETHG_1685	CLJU_c38280	CLRAG_20750
1366	пептидеформилаза		CAETHG_0293	CLJU_c21960	CLRAG_31510
1367	пептидеформилаза		CAETHG_3338, CAETHG_3446	CLJU_c13640, CLJU_c12560	CLRAG_11240
1368	пептидеформилаза		CAETHG_3892	CLJU_c17840	CLRAG_00870
1369	предшественник пептидогликанатранспептидазы семейства Erfk-YbiS-YhnG		CAETHG_3681	CLJU_c15730	CLRAG_32890
1370	пептидилпролил-цис-транс-изомераза B (циклофилин B)		CAETHG_0351	CLJU_c22890	CLRAG_01900
1371	пептидил-тРНК гидролаза семейства РТН1		CAETHG_2002	CLJU_c41730	CLRAG_04860
1372	белок семейства белка А фагового шока (PspA)		CAETHG_2260	CLJU_c01540	CLRAG_27200
1373	фенилаланил-тРНК-синтетаза, бета-субъединица		CAETHG_1341	CLJU_c34410	CLRAG_14490
1374	фенилаланил-тРНК-синтетаза, альфа-субъединица		CAETHG_1342	CLJU_c34420	CLRAG_14500
1375	АВС-переносчик фосфата, АТФ-связывающий белок семейства PhoT		CAETHG_3324	CLJU_c12420	CLRAG_11380
1376	АВС-переносчик фосфата, мембранный белок 1 семейства PhoT		CAETHG_3322	CLJU_c12400	CLRAG_11400
1377	АВС-переносчик фосфата, мембранный белок 2 семейства PhoT		CAETHG_3323	CLJU_c12410	CLRAG_11390
1378	АВС-переносчик фосфата, субстрат-связывающий белок семейства PhoT		CAETHG_3321	CLJU_c12390	CLRAG_11410
1379	фосфат:ацил-[белок-переносчик ацильных групп]-ацилтрансфераза	2.3.1.15	CAETHG_3362	CLJU_c12810	CLRAG_11000
1380	фосфатидилсериндекарбоксилаза	4.1.1.65	CAETHG_2188	CLJU_c00710	CLRAG_19870
1381	CDP-диацилглицеринсерин-О-фосфатидилтрансфераза	2.7.8.8	CAETHG_2406	CLJU_c02910	CLRAG_28510
1382	Фосфо-N-ацетилмурамоилпентапептидтрансфераза	2.7.8.13	CAETHG_3149	CLJU_c10590	CLRAG_12750
1383	фосфоенолпируваткарбоксикиназа (АТФ)	4.1.1.49	CAETHG_2721	CLJU_c06210	CLRAG_07490
1384	фосфотрансферазная система, фермент I, PtsI	2.7.1.69	CAETHG_1896	CLJU_c40530	CLRAG_22720

1385	фосфоглюкомутаза	5.4.2.10, 5.4.2.2	CAETHG_1320	CLJU_c34210	CLRAG_14360
1386	фосфоглюкозаминмутаза	5.4.2.10, 5.4.2.2	CAETHG_1887	CLJU_c40440	CLRAG_22630
1387	D-3-фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_1176	CLJU_c32780	CLRAG_15580
1388	фосфоглицераткиназа	2.7.2.3	CAETHG_1759	CLJU_c39140	CLRAG_21290
1389	фосфоглицератмутаза	5.4.2.11	CAETHG_1757	CLJU_c39120	CLRAG_21270
1390	фосфоглюкомутаза	5.4.2.8	CAETHG_0898	CLJU_c29060	CLRAG_35060
1391	гидрокси метилпиримидин/фосфометилпиримидинкиназа	2.7.1.49, 2.7.4.7	CAETHG_1202	CLJU_c33040	CLRAG_15290
1392	Фосфопантетеинаденилаттрансфераза	2.7.7.3	CAETHG_3353	CLJU_c12720	CLRAG_11090
1393	фосфопантотенилцистеиндекарбоксилаза / фосфопантотенилцистеинлигаза	4.1.1.36, 6.3.2.5	CAETHG_3336	CLJU_c12540	CLRAG_11260
1394	фосфопентомутаза	5.4.2.2, 5.4.2.7	CAETHG_3924	CLJU_c18150	CLRAG_00520
1395	фосфорибозил-АМФ-циклолидроллаза		CAETHG_3265	CLJU_c11740	CLRAG_11800
1396	фосфорибозил-АТФ-пирофосфатаза	3.5.4.19, 3.6.1.31	CAETHG_3266	CLJU_c11750	CLRAG_11790
1397	фосфорибозиламин-глицин-лигаза	6.3.4.13	CAETHG_2954	CLJU_c08600	CLRAG_07890
1398	фосфорибозиламинимидазолсукцинокарбоксимидсинтаза	6.3.2.6	CAETHG_2949	CLJU_c08550	CLRAG_07940
1399	фосфорибозилантраниллатизомераза	5.3.1.24	CAETHG_3705	CLJU_c16110	CLRAG_33080
1400	фосфорибозилформилглицинамидинциклолигаза	6.3.3.1	CAETHG_2951	CLJU_c08570	CLRAG_07920
1401	фосфорибозилформилглицинамидинсинтаза	6.3.5.3	CAETHG_3245	CLJU_c11540	CLRAG_11910
1402	Гидролаза TIGR01490 суперсемейства HAD подсемейства IB	3.1.3.3	CAETHG_3031	CLJU_c09360	CLRAG_13740
1403	фосфатацетилтрансфераза	2.3.1.8	CAETHG_3358	CLJU_c12770	CLRAG_11040
1404	GN3 аукин-чувствительный промотор		CAETHG_3993	CLJU_c18740	CLRAG_16550
1405	Полиферредоксин		CAETHG_0511	CLJU_c24510	CLRAG_30060
1406	полирибонуклеотиднуклеотидилтрансфераза		CAETHG_3404	CLJU_c13210	CLRAG_10580
1407	порфобилиногенсинтаза	4.2.1.24	CAETHG_1124	CLJU_c31960	CLRAG_02590
1408	положительный регулятор сигма(E), RseC/MucC		CAETHG_3226	CLJU_c11350	CLRAG_12100
1409	K+-транспортирующая АТФаза, цепь А		CAETHG_1801	CLJU_c39560	CLRAG_21760
1410	K+-транспортирующая АТФаза, цепь В		CAETHG_1800	CLJU_c39550	CLRAG_21750
1411	K+-транспортирующая АТФаза, цепь С		CAETHG_1799	CLJU_c39540	CLRAG_21740
1412	прекоррин-2/кобальт-фактор-2 метилтрансфераза C20-	2.1.1.151, 2.1.1.130	CAETHG_1117	CLJU_c31890	CLRAG_02520
1413	прекоррин-2-дегидрогеназа/сирогидрохлоринферрохелатаза	2.1.1.107, 1.3.1.76, 4.99.1.4	CAETHG_1127	CLJU_c31990	CLRAG_02620
1414	прекоррин-6Y-C5,15-метилтрансфераза (декарбоксилирующая)	2.1.1.132	CAETHG_1119	CLJU_c31910	CLRAG_02540
1415	префенатдегидрогеназа	1.3.1.52, 1.3.1.13, 1.3.1.43, 1.3.1.12	CAETHG_0909	CLJU_c29170	CLRAG_35170
1416	фосфатидилглицерин:пролипопротеин-диацилглицеринтрансфераза		CAETHG_2935	CLJU_c08410	CLRAG_08040
1417	пролил-тРНК-синтаза		CAETHG_1694	CLJU_c38360	CLRAG_20830
1418	белок утилизации этаноламина EutP		CAETHG_3900	CLJU_c17920	CLRAG_00710
1419	гипотетический белок		CAETHG_0742	CLJU_c26610	CLRAG_08480
1420	гипотетический белок		CAETHG_2546	CLJU_c04740	CLRAG_38120
1421	препротеинтранслоказа, субъединица SecA		CAETHG_2364	CLJU_c02630	CLRAG_28230
1422	протеинтранслоказа, субъединица secY/secE1 альфа		CAETHG_1927	CLJU_c40840	CLRAG_23030

1423	протеинтирозинфосфатаза		CAETHG_2335	CLJU_c02300	CLRAG_27900
1424	Система PTS, фруктозо-специфический компонент IIC	2.7.1.69	CAETHG_0142	CLJU_c20590	CLRAG_19390
1425	Компонент IIA системы PTS семейства Fru	2.7.1.69	CAETHG_0676	CLJU_c26070	CLRAG_04160
1426	Система PTS, фруктозо-специфический IIB-подобный компонент		CAETHG_0674	CLJU_c26050	CLRAG_04140
1427	Система PTS, фруктозо-специфический IIC-подобный компонент	2.7.1.69	CAETHG_0675	CLJU_c26060	CLRAG_04150
1428	гипотетический белок		CAETHG_2387	CLJU_c02850, CLJU_c15580	CLRAG_28450
1429	пуриннуклеозидфосфорилаза	2.4.2.23, 2.4.2.2, 2.4.2.15, 2.4.2.4, 2.4.2.1	CAETHG_0160	CLJU_c20750	CLRAG_19250
1430	репрессор пуринового оперона, PurR		CAETHG_2009	CLJU_c41800	CLRAG_04930
1431	Активатор КоА-субстрат-специфического фермента, предполагаемая		CAETHG_1482	CLJU_c35740	CLRAG_06270
1432	Белок процессинга 16S рРНК RimM		CAETHG_3373	CLJU_c12910	CLRAG_10890
1433	Субъединица бензоил-КоА-редуктазы/2-гидроксиглутарил-КоА-дегидратазы, BcrC/BadD/HgdB		CAETHG_0196	CLJU_c21100	CLRAG_30680
1434	Субъединица бензоил-КоА-редуктазы/2-гидроксиглутарил-КоА-дегидратазы, BcrC/BadD/HgdB		CAETHG_1484	CLJU_c35760	CLRAG_06290
1435	ДНК-3-метиладенингликозилаза		CAETHG_2298	CLJU_c01950	CLRAG_27550
1436	белок S1 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_0848	CLJU_c28540	CLRAG_34610
1437	Белок S21P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_2898	CLJU_c08040	CLRAG_08320
1438	молекулярный шаперон Hsp33		CAETHG_1356	CLJU_c34600	CLRAG_14680
1439	4-гидроксibenzoатполипептилтрансфераза		CAETHG_3414	CLJU_c13310	CLRAG_10480
1440	электрон-транспортный белок HydN	1.12.1.4, 1.1.99.33	CAETHG_2797	CLJU_c07060	CLRAG_18910
1441	Белок L21P большой субъединицы рибосомы		CAETHG_2828	CLJU_c07360	CLRAG_26480
1442	8-оксо-дГТФ-дифосфатаза		CAETHG_3520, CAETHG_3545	CLJU_c14320	CLRAG_09720
1443	N-гликозилаза/ДНК-лиаза		CAETHG_1579	CLJU_c37230	CLRAG_36670
1444	предполагаемый субстрат-связывающий белок системы транспорта гидроксиметилпиримидина		CAETHG_0607	CLJU_c25380	CLRAG_03660
1445	белок пермеазы системы высвобождения липопротеинов		CAETHG_2657	CLJU_c05650	CLRAG_06870
1446	система транспорта комплексов железа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_3822, CAETHG_3838	CLJU_c17250, CLJU_c17100	CLRAG_33970
1447	система транспорта комплексов железа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_3827	CLJU_c17150	CLRAG_34010
1448	система транспорта комплексов железа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_3833	CLJU_c17200	CLRAG_34200
1449	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0042, CAETHG_3942	CLJU_c18350, CLJU_c19650	CLRAG_39490
1450	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0354, CAETHG_3008	CLJU_c09140, CLJU_c37410, CLJU_c22920	CLRAG_01870
1451	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0388	CLJU_c23250	CLRAG_01480
1452	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0531	CLJU_c24660	CLRAG_18170
1453	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0580	CLJU_c25120	CLRAG_03460
1454	система транспорта гидроксиметилпиримидина, предполагаемый		CAETHG_0609	CLJU_c25400	CLRAG_03680

	АТФ-связывающий белок				
1455	Транспортная система множественной лекарственной устойчивости ABC-типа, АТФазный компонент		CAETHG_0640	CLJU_c25710	CLRAG_03910
1456	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_0646	CLJU_c25770	CLRAG_04000
1457	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0658	CLJU_c25890	CLRAG_04030
1458	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_0683	CLJU_c26140	CLRAG_04220
1459	Транспортная система семейства NitT/TauT, АТФ-связывающий белок	3.A.1.17	CAETHG_0732	CLJU_c26510	CLRAG_08390
1460	АТФ-связывающий белок сборки Fe-S-кластера		CAETHG_0775, CAETHG_1631	CLJU_c37940, CLJU_c26910	CLRAG_37330
1461	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0791	CLJU_c27070	CLRAG_08830
1462	Транспортная система множественной лекарственной устойчивости ABC-типа, АТФазный компонент		CAETHG_0799	CLJU_c27130	CLRAG_20100
1463	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_0804, CAETHG_2218, CAETHG_2870, CAETHG_2861	CLJU_c01070, CLJU_c07680, CLJU_c07780, CLJU_c27190	CLRAG_20040
1464	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_1016	CLJU_c30160	CLRAG_39150
1465	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1199	CLJU_c33010	CLRAG_15320
1466	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1427	CLJU_c35190	CLRAG_05700
1467	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1437	CLJU_c35280	CLRAG_05810
1468	Транспортная система семейства NitT/TauT, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1443	CLJU_c35340	CLRAG_05870
1469	Член 3 подсемейства F АТФ-связывающей кассеты		CAETHG_1582	CLJU_c37260	CLRAG_36700
1470	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1584	CLJU_c37280	CLRAG_36720
1471	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_1713	CLJU_c38630	CLRAG_20950
1472	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_1847, CAETHG_3515	CLJU_c40000, CLJU_c14420	CLRAG_22240
1473	АТФазные компоненты ABC-переносчиков с дублированными АТФазными доменами		CAETHG_1855	CLJU_c40060	CLRAG_22320
1474	система транспорта бацитрацина, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2195	CLJU_c00800	CLRAG_19780
1475	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2530, CAETHG_2868	CLJU_c04580, CLJU_c07760	CLRAG_37940
1476	Система транспорта D-метионина, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2532, CAETHG_2724	CLJU_c04600, CLJU_c06280	CLRAG_37960
1477	АТФ-связывающий белок системы высвобождения липопroteинов		CAETHG_2658	CLJU_c05660	CLRAG_06880
1478	система транспорта бацитрацина, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2745	CLJU_c06490	CLRAG_30410
1479	Система транспорта нитрата/сульфоната/бикарбоната ABC-типа, АТФазный компонент		CAETHG_2976	CLJU_c08810	CLRAG_07680
1480	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_3462	CLJU_c13790	CLRAG_10050
1481	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_3506	CLJU_c14240	CLRAG_09560
1482	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_3512	CLJU_c14300	CLRAG_09660
1483	ABC-транспортная система, предполагаемый		CAETHG_3650,	CLJU_c15490,	CLRAG_00560

	АТФ-связывающий белок		CAETHG_3918	CLJU_c18090	
1484	система транспорта комплексов железа, АТФ-связывающий белок		CAETHG_3828	CLJU_c17160	CLRAG_34020
1485	система транспорта макролидов, АТФ-связывающий/пермеазный белок		CAETHG_4036	CLJU_c19020	CLRAG_40020
1486	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_3620	CLJU_c15180	CLRAG_24170
1487	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_4025	CLJU_c18910	CLRAG_40060
1488	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_0530	CLJU_c24650	CLRAG_18180
1489	система транспорта гидроксиметилпиримидина, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0608	CLJU_c25390	CLRAG_03670
1490	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0684	CLJU_c26150	CLRAG_04230
1491	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0685	CLJU_c26160	CLRAG_04240
1492	Транспортная система семейства NitT/TauT, пермеазный белок	3.A.1.17	CAETHG_0733	CLJU_c26520	CLRAG_08400
1493	Транспортная система семейства NitT/TauT, пермеазный белок		CAETHG_1444	CLJU_c35350	CLRAG_05880
1494	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_1846	CLJU_c39990	CLRAG_22230
1495	система транспорта бацитрацина, пермеазный белок		CAETHG_2194	CLJU_c00790	CLRAG_19790
1496	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_2219	CLJU_c01080	CLRAG_30320
1497	система транспорта бацитрацина, пермеазный белок		CAETHG_2744	CLJU_c06480	CLRAG_30420
1498	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_2862	CLJU_c07690	CLRAG_25220
1499	гипотетический белок		CAETHG_3464	CLJU_c13810	CLRAG_10030
1500	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_3507	CLJU_c14250	CLRAG_09570
1501	система транспорта комплексов железа, пермеазный белок		CAETHG_3825	CLJU_c17130	CLRAG_33990
1502	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_3919	CLJU_c18100	CLRAG_00550
1503	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_3943	CLJU_c18360	CLRAG_00310
1504	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый субстрат-связывающий белок		CAETHG_0682	CLJU_c26130	CLRAG_04210
1505	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_4024	CLJU_c18900	CLRAG_40070
1506	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_0043	CLJU_c19660	CLRAG_39480
1507	ацетальдегиддегидрогеназа (ацетилирующая)		CAETHG_1830	CLJU_c39840	CLRAG_22090
1508	ацетил-КоА-С-ацетилтрансфераза		CAETHG_0427	CLJU_c23630	CLRAG_17540
1509	Белок семейства ацетилтрансфераз (GNAT)		CAETHG_0216	CLJU_c21300	CLRAG_30860
1510	Белок, содержащий домен ацетилтрансферазы (GNAT)		CAETHG_0923, CAETHG_3174	CLJU_c29300, CLJU_c10850	CLRAG_35310
1511	фосфинотрицинацетилтрансфераза		CAETHG_1060	CLJU_c30550	CLRAG_08730
1512	Ацетилаза рибосомного белка S18 RimI		CAETHG_1413	CLJU_c35040	CLRAG_26300
1513	N-ацетилглутаматсинтаза семейства GNAT		CAETHG_1749	CLJU_c39010	CLRAG_21190
1514	Ацетилаза рибосомного белка S18 RimI		CAETHG_2735	CLJU_c06400	CLRAG_30450
1515	Предсказанный нуклеотидсвязывающий белок, суперсемейство киназы сахаров/HSP70/актина		CAETHG_0183	CLJU_c20990	CLRAG_19030
1516	Активиза КоА-субстрат-специфического фермента, предполагаемая		CAETHG_1442	CLJU_c35330	CLRAG_05860

1517	белок-переносчик ацильных групп		CAETHG_3363	CLJU_c12820	CLRAG_10990
1518	гидролаза среднепочечных ацилов-[белок-переносчик ацильных групп]		CAETHG_2058	CLJU_c42340	CLRAG_05450
1519	Ацил-КоА-дегидрогеназа	1.3.1.44, 1.3.99.2	CAETHG_1787	CLJU_c39420	CLRAG_21630
1520	ацил-КоА-дегидрогеназа	1.3.1.44, 1.3.99.2	CAETHG_1789	CLJU_c39440	CLRAG_21650
1521	Кротонобетаинил-КоА:карнитин-КоА-трансфераза CaiB		CAETHG_1788	CLJU_c39430	CLRAG_21640
1522	Поверхностная полисахарид-О-ацилтрансфераза, интегральный мембранный фермент		CAETHG_1301	CLJU_c34030	CLRAG_14180
1523	Фукозо-4-О-ацетилаза		CAETHG_1311	CLJU_c34130	CLRAG_14280
1524	аденилатциклаза 2 класса	4.6.1.1	CAETHG_2381	CLJU_c02800	CLRAG_28400
1525	АДФ-рибозил-[динитрогенредуктаза]-гидролаза		CAETHG_0078	CLJU_c19980	CLRAG_39060
1526	гипотетический белок		CAETHG_0588	CLJU_c25200	CLRAG_03550
1527	Альдо/кеторедуктаза		CAETHG_0821	CLJU_c28210	CLRAG_09160
1528	дегидрогеназа ароматических спиртов (НАДФ+)		CAETHG_3819	CLJU_c17070	CLRAG_33940
1529	Альдо/кеторедуктаза	1.1.1.21	CAETHG_3890	CLJU_c17820	CLRAG_00890
1530	Неохарактеризованный консервативный белок YioU семейства белков щелочного шока (Asp23)		CAETHG_3200	CLJU_c11110	CLRAG_12350
1531	Неохарактеризованный консервативный белок YioU семейства белков щелочного шока (Asp23)		CAETHG_3349	CLJU_c12680	CLRAG_11130
1532	D-лактатдегидрогеназа	1.1.1.28	CAETHG_1147	CLJU_c32190	CLRAG_02820
1533	Карбоксиэстераза пимелоил-АСР метилового эфира		CAETHG_3573, CAETHG_3862	CLJU_c17490, CLJU_c14740	CLRAG_20450
1534	Белок семейства цистатион-бета-лиазы, участвующий в устойчивости к алюминию		CAETHG_0206	CLJU_c21200	CLRAG_30780
1535	предполагаемый белок метаболизма селена SsnA		CAETHG_0447	CLJU_c23820	CLRAG_17350
1536	Цитозин/аденозиндезаминаза		CAETHG_0680	CLJU_c26110	CLRAG_04190
1537	Цитозин/аденозиндезаминаза	3.5.4.3	CAETHG_1058	CLJU_c30530	CLRAG_15950
1538	амидогидролаза		CAETHG_1246	CLJU_c33470	CLRAG_32300
1539	амидогидролаза	3.5.1.47	CAETHG_3847	CLJU_c17340	CLRAG_29240
1540	белок компетентности ComFC		CAETHG_2362	CLJU_c02610	CLRAG_28210
1541	Переносчик L-аспарагина		CAETHG_2486	CLJU_c04180	CLRAG_26880
1542	Переносчик аминокислот		CAETHG_1744	CLJU_c38960	CLRAG_21140
1543	Переносчик L-аспарагина		CAETHG_1909	CLJU_c40660, CLJU_c16020	CLRAG_25010
1544	Белок эффлюкса треонина/гомосерина/гомосеринлактона		CAETHG_4019	CLJU_c18870	CLRAG_40130
1545	Предполагаемая аминопептидаза FrvX		CAETHG_3608	CLJU_c15060	CLRAG_24310
1546	Аспартиламинопептидаза		CAETHG_0278	CLJU_c21880	CLRAG_31420
1547	Аспартат/метионин/тирозиламинотрансфераза	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_0933	CLJU_c29390	CLRAG_35390
1548	аминотрансфераза	2.6.1.-	CAETHG_1350	CLJU_c34540	CLRAG_14620
1549	таурин-2-оксоглутараттрансаминаза	2.6.1.62	CAETHG_1499	CLJU_c35920	CLRAG_06420
1550	аспартатаминотрансфераза	2.6.1.51, 2.6.1.44	CAETHG_2210	CLJU_c00960	CLRAG_19620
1551	аспартатаминотрансфераза	2.6.1.51, 2.6.1.44	CAETHG_2224	CLJU_c01130	CLRAG_30270
1552	Фенилацетат-кофермент А-лигаза РааК семейства белков с аденилатобразующим доменом		CAETHG_0467	CLJU_c24010	CLRAG_17150
1553	ацил-КоА-синтетаза	6.2.1.3	CAETHG_1784	CLJU_c39390	CLRAG_21600
1554	белок, активирующий анаэробную		CAETHG_2288	CLJU_c01850	CLRAG_27450

	рибонуклеозидтрифосфатредуктазу				
1555	белок АВ II стадии споруляции (анти-сигма F-фактор)		CAETHG_1294	CLJU_c33960	CLRAG_14110
1556	ДНК-связывающий белок типа AraC		CAETHG_0064	CLJU_c19840	CLRAG_39240
1557	Белок утилизации аргинина RocB		CAETHG_0384	CLJU_c23210	CLRAG_01520
1558	аргининдекарбоксилаза	4.1.1.18, 4.1.1.19, 4.1.1.17	CAETHG_1321	CLJU_c34220	CLRAG_14370
1559	аспартатаминотрансфераза	2.6.1.9, 2.6.1.58, 2.6.1.1 or 2.6.1.9, 2.6.1.57, 2.6.1.23, 2.6.1.78, 2.6.1.5, 2.6.1.1	CAETHG_2537	CLJU_c04650	CLRAG_38030
1560	транс-репрессор оперона устойчивости к мышьяку ArsD		CAETHG_3664	CLJU_c15650	CLRAG_32710
1561	Предсказанная АТФаза		CAETHG_0931	CLJU_c29370	CLRAG_33860
1562	ДНК-хеликаза-2 / АТФ-зависимая ДНК-хеликаза PcrA		CAETHG_1692	CLJU_c38340	CLRAG_20810
1563	ДНК-хеликаза-2 / АТФ-зависимая ДНК-хеликаза PcrA		CAETHG_3749	CLJU_c16530	CLRAG_33340
1564	протеаза деления клеток FtsH		CAETHG_1693	CLJU_c38350	CLRAG_20820
1565	ДНК- и РНК-хеликаза суперсемейства II		CAETHG_0361	CLJU_c22990	CLRAG_01790
1566	ДНК- и РНК-хеликаза суперсемейства II		CAETHG_3006	CLJU_c09120	CLRAG_13900
1567	АТФ-зависимая РНК-хеликаза SUPV3L1/SUV3		CAETHG_4041	CLJU_c19070	CLRAG_39950
1568	гипотетический белок		CAETHG_1975	CLJU_c41340	CLRAG_23530
1569	гипотетический белок		CAETHG_2055	CLJU_c42310	CLRAG_05420
1570	белок биосинтеза тРНК-треонилкарбамоиладенозина TsaE		CAETHG_1674	CLJU_c38180	CLRAG_20640
1571	АТФ-зависимая протеаза Clp, АТФ-связывающая субъединица ClpC		CAETHG_1974	CLJU_c41330	CLRAG_23520
1572	транспортная система клеточного деления, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2422	CLJU_c03070	CLRAG_28680
1573	тРНК(IIe)-лизидинсинтаза Tils/MesJ		CAETHG_2551	CLJU_c04790	CLRAG_38170
1574	Белок uup подсемейства F АТФ-связывающей кассеты		CAETHG_2933	CLJU_c08390	CLRAG_08060
1575	белок семейства магний-хелатазы		CAETHG_3381	CLJU_c12980	CLRAG_10810
1576	пенициллинсвязывающий белок		CAETHG_2700	CLJU_c06020	CLRAG_07250
1577	бета-лактамаза класса А		CAETHG_3737	CLJU_c16430	CLRAG_33230
1578	пенициллинсвязывающий белок 1А		CAETHG_1292	CLJU_c33940	CLRAG_14090
1579	субстрат-специфический компонент системы транспорта биотина		CAETHG_0507	CLJU_c24470	CLRAG_30100
1580	белок-переносчик биотинкарбоксила, ацетил-КоА-карбоксилаза	6.3.4.14	CAETHG_2044	CLJU_c42140	CLRAG_05250
1581	биотинсинтаза		CAETHG_1691	CLJU_c38330	CLRAG_20800
1582	Биотин-зависимый фермент		CAETHG_0132	CLJU_c20500	CLRAG_19520
1583	4-азалейцин-устойчивый вероятный переносчик AziC		CAETHG_3451	CLJU_c13690	CLRAG_10180
1584	катион:Н ⁺ -антипортер		CAETHG_2476	CLJU_c04130	CLRAG_26920
1585	цАМФ-связывающий домен CRP или регуляторная субъединица цАМФ-зависимых протеинкиназ		CAETHG_3496	CLJU_c14150	CLRAG_09470
1586	NDP-сахар-эпимераза, включающая UDP-GlcNAc-инвертирующую 4,6-дегидратазу FlaA1 и белок биосинтеза полисахарида капсулы EpsC		CAETHG_1317	CLJU_c34180	CLRAG_14330

1587	Белок биосинтеза полисахарида капсулы		CAETHG_2591	CLJU_c05140	CLRAG_38530
1588	протеинтирозинфосфатаза		CAETHG_2592	CLJU_c05150	CLRAG_38540
1589	ксилулокиназа	2.7.1.17	CAETHG_3597	CLJU_c14910	CLRAG_20240
1590	кардиолипсинтаза		CAETHG_0896	CLJU_c29040	CLRAG_35040
1591	кардиолипсинтаза		CAETHG_2984	CLJU_c08890	CLRAG_07590
1592	переносчик семейства белков облегченной диффузии катионов		CAETHG_0534	CLJU_c24690	CLRAG_18140
1593	гликозид/пентозид/гексуронид:катион-симпортер семейства GPH		CAETHG_2234	CLJU_c01250	CLRAG_30170
1594	Cd2+/Zn2+-экспортирующая АТФаза		CAETHG_0899	CLJU_c29070	CLRAG_35070
1595	Ca2+-транспортирующая АТФаза		CAETHG_2779	CLJU_c06890	CLRAG_18720
1596	АТФаза Р-типа (транспортирующая) суперсемейства НАД подсемейства IC		CAETHG_2880	CLJU_c07870	CLRAG_25350
1597	Ca2+-транспортирующая АТФаза		CAETHG_3138	CLJU_c10480	CLRAG_12890
1598	гидрофобный/амфифильный экспортер-1 семейства HAE1		CAETHG_0391	CLJU_c23280	CLRAG_01450
1599	CDP-диацилглицеринглицеро-3-фосфат-3-фосфатидилтрансфераза	2.7.8.5	CAETHG_1386	CLJU_c34880	CLRAG_26120
1600	белок RodA, определяющий форму стержня		CAETHG_3814	CLJU_c17020	CLRAG_33900
1601	белок D стадии V споруляции (специфичный по отношению к споруляции пенициллинсвязывающий белок)		CAETHG_1729, CAETHG_3146	CLJU_c10560, CLJU_c38810	CLRAG_21070
1602	белок клеточного деления FtsW, липид-II-флиппаза		CAETHG_2429	CLJU_c03140	CLRAG_28750
1603	белок клеточного деления FtsW		CAETHG_3150	CLJU_c10600	CLRAG_12740
1604	протеаза деления клеток FtsH		CAETHG_2710	CLJU_c06110	CLRAG_07390
1605	лизозим		CAETHG_1001	CLJU_c30020	CLRAG_15660
1606	N-ацетилмурамоил-L-аланинамидаза		CAETHG_1891	CLJU_c40480	CLRAG_22670
1607	Бета-N-ацетилглюкозаминидаза		CAETHG_2267	CLJU_c01670	CLRAG_27270
1608	Белок, содержащий домен LysM		CAETHG_2538	CLJU_c04660	CLRAG_38040
1609	N-ацетилмурамоил-L-аланинамидаза		CAETHG_2554	CLJU_c04820	CLRAG_38200
1610	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_0540	CLJU_c24750	CLRAG_18070
1611	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_0856	CLJU_c28610	CLRAG_34690
1612	белок сборки пилей Flp/PilA		CAETHG_0879	CLJU_c28830	CLRAG_34910
1613	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_0988	CLJU_c29890	CLRAG_17030
1614	Предполагаемый белок, связывающий клеточную стенку		CAETHG_1543, CAETHG_2577	CLJU_c36350, CLJU_c05000	CLRAG_38390
1615	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_2557	CLJU_c04840	CLRAG_38220
1616	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_2588	CLJU_c05110	CLRAG_38500
1617	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_2589	CLJU_c05120	CLRAG_38510
1618	Предполагаемый белок, связывающий клеточную стенку		CAETHG_2655, CAETHG_3968	CLJU_c18600, CLJU_c05630, CLJU_c32530	CLRAG_00090
1619	Предполагаемый белок, связывающий клеточную стенку		CAETHG_2960	CLJU_c08660	CLRAG_07830
1620	Предполагаемый белок, связывающий клеточную стенку		CAETHG_3980	CLJU_c18660	CLRAG_16980
1621	белок инициации деления клеток		CAETHG_3159	CLJU_c10690	CLRAG_12650
1622	молекулярный шаперон DnaJ		CAETHG_2892	CLJU_c07990	CLRAG_25470
1623	белок хемотаксиса CheX		CAETHG_4018	CLJU_c18860	CLRAG_40140

1624	сенсорная киназа CheA, двухкомпонентная система, семейство белков хемотаксиса		CAETHG_0310	CLJU_c22120	CLRAG_31700
1625	пурип-связывающий белок хемотаксиса CheW		CAETHG_0309	CLJU_c22110	CLRAG_31690
1626	двухкомпонентная система семейства белков хемотаксиса, регулятор ответа CheY		CAETHG_0311, CAETHG_3040	CLJU_c22130, CLJU_c09450	CLRAG_31710
1627	Метил-акцепторный белок хемотаксиса (MCP), содержащий сигнальный домен		CAETHG_1064	CLJU_c30600	CLRAG_16010
1628	Тиаминкиназа		CAETHG_1812	CLJU_c39660	CLRAG_21910
1629	переносчик хроматов		CAETHG_1526	CLJU_c36160	CLRAG_24020
1630	переносчик хроматов		CAETHG_3865	CLJU_c17570	CLRAG_01170
1631	белок разделения хромосом		CAETHG_2114	CLJU_c42880	CLRAG_25690
1632	белок разделения хромосом семейства ParB		CAETHG_2115	CLJU_c42890	CLRAG_25700
1633	2-аминоадипаттрансаминаза		CAETHG_0036, CAETHG_0213	CLJU_c21270, CLJU_c19590	CLRAG_39530
1634	Активиза КоА-субстрат-специфического фермента, предполагаемая		CAETHG_0182	CLJU_c20980	CLRAG_19040
1635	белок, содержащий метилмалонил-КоА-мутазный С-концевой домен/корриноидсодержащие белки, родственные метилтрансферазе		CAETHG_0193, CAETHG_4045	CLJU_c21080, CLJU_c19110	CLRAG_30660
1636	система транспорта кобальта/никеля, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0854	CLJU_c28590	CLRAG_34670
1637	система транспорта кобальта/никеля, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1131	CLJU_c32030	CLRAG_02660
1638	система транспорта фактора сопряжения энергетического метаболизма, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1917	CLJU_c40740	CLRAG_22930
1639	система транспорта фактора сопряжения энергетического метаболизма, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1918	CLJU_c40750	CLRAG_22940
1640	система транспорта фактора сопряжения энергетического метаболизма, пермеазный белок		CAETHG_1916	CLJU_c40730	CLRAG_22920
1641	система транспорта кобальта/никеля, пермеазный белок		CAETHG_1132	CLJU_c32040	CLRAG_02670
1642	система транспорта кобальта/никеля, пермеазный белок		CAETHG_0321	CLJU_c22230	CLRAG_31810
1643	система транспорта кобальта/никеля, пермеазный белок		CAETHG_1219	CLJU_c33200	CLRAG_15060
1644	система транспорта кобальта/никеля, пермеазный белок		CAETHG_0855	CLJU_c28600	CLRAG_34680
1645	гипотетический белок		CAETHG_2719	CLJU_c06190	CLRAG_07470
1646	Фактор созревания СО-дегидрогеназы		CAETHG_1612	CLJU_c37590	CLRAG_37000
1647	Фактор созревания СО-дегидрогеназы		CAETHG_1619	CLJU_c37660	CLRAG_37070
1648	Белок холодового шока (содержащий мотив "бета-лента", семейство CspA)		CAETHG_1223	CLJU_c33240	CLRAG_15020
1649	белок компетентности ComEC		CAETHG_2749	CLJU_c06590	CLRAG_18400
1650	Регулятор транскрипции семейства CopG / антитоксин EndoAI		CAETHG_2418	CLJU_c03030	CLRAG_28640
1651	белок, содержащий метилмалонил-КоА-мутазный С-концевой домен		CAETHG_0139, CAETHG_0154, CAETHG_0150	CLJU_c20700, CLJU_c20670, CLJU_c20560	CLRAG_30740
1652	Метаногенный корриноидсодержащий белок MtbC1		CAETHG_0159	CLJU_c20740	CLRAG_19260
1653	Уропорфириногендекарбоксилаза (URO-D)		CAETHG_2845, CAETHG_2850	CLJU_c07570, CLJU_c07520	CLRAG_32350
1654	Белок CrcB		CAETHG_0397	CLJU_c23330	CLRAG_01410
1655	Белок CrcB		CAETHG_0398	CLJU_c23340	CLRAG_01400
1656	цАМФ-связывающий домен CRP или		CAETHG_0443	CLJU_c23780	CLRAG_17390

	регуляторная субъединица цАМФ-зависимых протеинкиназ				
1657	Регулятор транскрипции семейства CRP/FNR, анаэробный регуляторный белок		CAETHG_3172	CLJU_c10830	CLRAG_03130
1658	MFS-переносчик семейства CRP, переносчик цианатов		CAETHG_0544	CLJU_c24790	CLRAG_18000
1659	Кинуренинформамидаза		CAETHG_0429	CLJU_c23650	CLRAG_17520
1660	Кинуренинформамидаза		CAETHG_0484, CAETHG_2965	CLJU_c08710, CLJU_c24260	CLRAG_24930
1661	D-3-фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_1065	CLJU_c30610	CLRAG_16020
1662	D-тирозил-тРНК(Тур)-деацетилаза		CAETHG_1268	CLJU_c33700	CLRAG_24580
1663	предполагаемая гидролаза метаболизма селена		CAETHG_0446	CLJU_c23810	CLRAG_17360
1664	белок споруляции PdaB семейства полисахариддеацетилазы		CAETHG_1360	CLJU_c34640	CLRAG_14720
1665	белок, содержащий домен EDD, семейства DegV		CAETHG_1763	CLJU_c39180	CLRAG_21330
1666	предполагаемая дегидратаза семейства YjhG/YagF	4.2.1.9	CAETHG_2179	CLJU_c00610	CLRAG_19970
1667	НАД(Ф)-зависимая дегидрогеназа семейства дегидрогеназы короткоцепочечных спиртов	1.1.1.0, 2.3.1.86, 1.1.1.100, 1.1.1.1, 2.3.1.85	CAETHG_0079, CAETHG_0982	CLJU_c19990, CLJU_c29830	CLRAG_39050
1668	Предсказанная дегидрогеназа		CAETHG_0673	CLJU_c26040	CLRAG_04130
1669	НАД(Ф)-зависимая дегидрогеназа семейства дегидрогеназы короткоцепочечных спиртов	2.3.1.85, 2.3.1.86, 1.1.1.1, 1.1.1.100, 1.1.1.0	CAETHG_1743	CLJU_c38950	CLRAG_21130
1670	гипотетический белок		CAETHG_2060	CLJU_c42360	CLRAG_05470
1671	дГТФаза	3.1.5.1	CAETHG_2475	CLJU_c04120	CLRAG_26930
1672	Белок семейства ДНКазы TatD		CAETHG_2276	CLJU_c01740	CLRAG_27340
1673	4-гидрокситетрагидродипиколинатсинтаза	4.2.1.52	CAETHG_2446	CLJU_c03840	CLRAG_28910
1674	Предсказанный Fe-Mo-кластер-связывающий белок семейства NifX		CAETHG_1623	CLJU_c37690	CLRAG_37110
1675	переносчик семейства белков облегченной диффузии катионов		CAETHG_1456	CLJU_c35480	CLRAG_06010
1676	NRAMP (белок макрофагов, ассоциированный с естественной устойчивостью), переносчики ионов металлов		CAETHG_2064	CLJU_c42390	CLRAG_05530
1677	Белок, содержащий домен CBS		CAETHG_3696	CLJU_c15990	CLRAG_32980
1678	NRAMP (белок макрофагов, ассоциированный с естественной устойчивостью), переносчики ионов металлов		CAETHG_3697	CLJU_c16000	CLRAG_32990
1679	Неохарактеризованный консервативный белок YlxW семейства UPF0749		CAETHG_3152	CLJU_c10620	CLRAG_12720
1680	Неохарактеризованный консервативный белок YlxW семейства UPF0749		CAETHG_3154	CLJU_c10640	CLRAG_12700
1681	репликативная ДНК-хеликаза		CAETHG_2096	CLJU_c42710	CLRAG_25520
1682	белок, содержащий домен N-концевого гидролиза/метилования препилинового типа		CAETHG_3183	CLJU_c10940	CLRAG_12520
1683	MutS, домен III		CAETHG_0272	CLJU_c21820	CLRAG_31360
1684	MutS, домен V		CAETHG_0316	CLJU_c22180	CLRAG_31760
1685	аденин-специфическая ДНК-метилтрансфераза		CAETHG_1296	CLJU_c33980	CLRAG_14130
1686	Белок репликации ДНК DnaC		CAETHG_2054	CLJU_c42230	CLRAG_05340
1687	белок, содержащий DnaD- и флг-ассоциированный домен		CAETHG_2053	CLJU_c42220	CLRAG_05330
1688	белок компетентности ComEA		CAETHG_2837	CLJU_c07450	CLRAG_32240
1689	предполагаемый белок модификации/репарации ДНК, содержащий		CAETHG_1034	CLJU_c30270	CLRAG_15910

	радикал SAM				
1690	Предсказанный ДНК-связывающий белок семейства UPF0251		CAETHG_1624	CLJU_c37700	CLRAG_37120
1691	предполагаемый регулятор транскрипции		CAETHG_1667	CLJU_c32500	CLRAG_36110
1692	диаденилатциклаза		CAETHG_1972	CLJU_c41310	CLRAG_23500
1693	электрон-транспортный комплекс типа RnfABCDGE, субъединица B	1.18.1.3	CAETHG_3232	CLJU_c11410	CLRAG_12040
1694	белок RnfC электрон-транспортного комплекса	1.18.1.3	CAETHG_3227	CLJU_c11360	CLRAG_12090
1695	белок RnfG электрон-транспортного комплекса	1.18.1.3	CAETHG_3229	CLJU_c11380	CLRAG_12070
1696	белок, содержащий небольшой ГФ-связывающий домен		CAETHG_0529	CLJU_c24640	CLRAG_18260
1697	Эндодезоксирибонуклеаза RusA		CAETHG_1596	CLJU_c37440	CLRAG_36850
1698	гипотетический белок		CAETHG_2823	CLJU_c07310	CLRAG_26530
1699	белок биосинтеза феназина семейства PhzF		CAETHG_0019	CLJU_c19420	CLRAG_39690
1700	белок биосинтеза феназина семейства PhzF		CAETHG_3885	CLJU_c17770	CLRAG_00940
1701	эритромицинэстераза		CAETHG_0637	CLJU_c25680	CLRAG_03880
1702	Белок семейства NTE		CAETHG_0169	CLJU_c20840	CLRAG_19160
1703	гипотетический белок		CAETHG_1027	CLJU_c30200	CLRAG_15800
1704	белок утилизации этаноламина EutJ		CAETHG_1826, CAETHG_3282	CLJU_c39800, CLJU_c11910	CLRAG_22050
1705	белок утилизации этаноламина EutQ		CAETHG_1821, CAETHG_3285	CLJU_c39750, CLJU_c11940	CLRAG_22000
1706	эксинуклеаза ABC, субъединица A		CAETHG_3574	CLJU_c14750	CLRAG_20400
1707	ДНК-полимераза-3, эpsilon-субъединица		CAETHG_4048	CLJU_c19140	CLRAG_39940
1708	ДНК-полимераза-3, эpsilon-субъединица		CAETHG_1533	CLJU_c36230	CLRAG_23950
1709	Белок биосинтеза экзополисахаридов		CAETHG_0968	CLJU_c29700, CLJU_c15840	CLRAG_35700
1710	семейство экзополисахаридов капсулы		CAETHG_2593	CLJU_c05160	CLRAG_38550
1711	Белок биосинтеза экзополисахаридов		CAETHG_2955	CLJU_c08610	CLRAG_07880
1712	гипотетический белок		CAETHG_1888	CLJU_c40450	CLRAG_22640
1713	Дегидрогеназа (флавопротеин)		CAETHG_0813	CLJU_c27270	CLRAG_08970
1714	НАДФН-зависимая 2,4-диеноил-КоА-редуктаза, редуктаза серы		CAETHG_0943	CLJU_c29490	CLRAG_35480
1715	гликолатоксидаза	1.1.3.15	CAETHG_0117, CAETHG_2688, CAETHG_0382	CLJU_c05910, CLJU_c23190, CLJU_c20350	CLRAG_25940
1716	гликолатоксидаза	1.1.3.15	CAETHG_0244	CLJU_c21570	CLRAG_31160
1717	гликолатоксидаза	1.1.3.15	CAETHG_3473	CLJU_c13900	CLRAG_09940
1718	Сукцинил-КоА-синтетаза, альфа-субъединица		CAETHG_0431	CLJU_c23670	CLRAG_17500
1719	гипотетический белок		CAETHG_3907	CLJU_c17980	CLRAG_00650
1720	Фермент YgiQ суперсемейства белков, содержащих радикал SAM, семейства UPF0313		CAETHG_0298	CLJU_c22000	CLRAG_31530
1721	Фермент суперсемейства белков, содержащих радикал SAM, семейства MoaA/NifB/PqqE/SkfB		CAETHG_0786, CAETHG_2300	CLJU_c27030, CLJU_c01970	CLRAG_09540
1722	неохарактеризованный белок		CAETHG_1274	CLJU_c33760	CLRAG_24520
1723	гипотетический белок		CAETHG_2018	CLJU_c41890	CLRAG_05000
1724	неохарактеризованный белок семейства белков, содержащих радикал SAM		CAETHG_2825	CLJU_c07330	CLRAG_26510
1725	электрон-транспортный белок HydN	1.12.1.4, 1.1.99.33	CAETHG_2799	CLJU_c07080	CLRAG_18930
1726	Белок регуляции поглощения Fe2+ или Zn2+		CAETHG_2706	CLJU_c06070	CLRAG_07340
1727	система транспорта комплексов железа, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2679	CLJU_c05840	CLRAG_07080
1728	система транспорта комплексов железа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_2677	CLJU_c05820	CLRAG_07060

1729	система транспорта комплексов железа, пермеазный белок		CAETHG_2678	CLJU_c05830	CLRAG_07070
1730	Неохарактеризованный белок, содержащий 2Fe-2 и 4Fe-4S-кластеры и домен DUF4445		CAETHG_1606	CLJU_c37530	CLRAG_36940
1731	бактериоферритин		CAETHG_0047	CLJU_c19700	CLRAG_39440
1732	белок В-переносчик двухвалентного железа		CAETHG_0253	CLJU_c21660	CLRAG_31250
1733	белок А-переносчик двухвалентного железа		CAETHG_0252	CLJU_c21650	CLRAG_31240
1734	белок жгутика FliO/FliZ		CAETHG_3123	CLJU_c10330	CLRAG_13040
1735	белок оперона жгутиков		CAETHG_3119	CLJU_c10290	CLRAG_13080
1736	белок FlgD модификации стержня кинетосомы жгутиков		CAETHG_3118	CLJU_c10280	CLRAG_13090
1737	белок крюка жгутика FlgE		CAETHG_3120	CLJU_c10300	CLRAG_13070
1738	белок контроля длины крюка жгутика FliK		CAETHG_3117	CLJU_c10270	CLRAG_13100
1739	белок хемотаксиса MotB		CAETHG_2252	CLJU_c01460	CLRAG_27120
1740	белок-переключатель мотора жгутика FliN/FliY		CAETHG_3043	CLJU_c09480	CLRAG_13620
1741	c-di-ГМФ-связывающий белок торможения жгутика YcgR, содержащий домены PilZNR и PilZ		CAETHG_3130	CLJU_c10400	CLRAG_12970
1742	белок жгутика FliD		CAETHG_3121	CLJU_c10310	CLRAG_13060
1743	белок биосинтеза жгутиков FlhG		CAETHG_3129	CLJU_c10390	CLRAG_12980
1744	НАДН-ФМН-оксидоредуктаза RutF семейства флавинредуктаз (DIM6/NTAB)		CAETHG_0025	CLJU_c19480	CLRAG_39630
1745	НАДН-ФМН-оксидоредуктаза RutF семейства флавинредуктаз (DIM6/NTAB)		CAETHG_1451	CLJU_c35430	CLRAG_05970
1746	Флаводоксин		CAETHG_0034	CLJU_c19570	CLRAG_39560
1747	Мультимерный флаводоксин WrbA		CAETHG_0543	CLJU_c24780	CLRAG_18010
1748	Белок, содержащий флаводоксиновый домен		CAETHG_1387	CLJU_c34890	CLRAG_26130
1749	Флаводоксин		CAETHG_3868	CLJU_c17600	CLRAG_01140
1750	флаводоксин, короткая цепь		CAETHG_3483	CLJU_c14000	CLRAG_09330
1751	гипотетический белок		CAETHG_0220	CLJU_c21340	CLRAG_30900
1752	Флаворубредоксин		CAETHG_0291	CLJU_c21940	CLRAG_31490
1753	гипотетический белок		CAETHG_2057	CLJU_c42330	CLRAG_05440
1754	ФМН-зависимая дегидрогеназа, включающая L-лактатдегидрогеназу и изопентенилдифосфатизомеразу II типа		CAETHG_1336	CLJU_c34360	CLRAG_14440
1755	пептидилпролил-цис-транс-изомеразы С		CAETHG_2226	CLJU_c01180	CLRAG_30240
1756	форматдегидрогеназа, большая субъединица	1.2.1.43	CAETHG_0084	CLJU_c20040	CLRAG_29330
1757	белок FdhD	1.1.99.33	CAETHG_2793	CLJU_c07020	CLRAG_18870
1758	Регулятор транскрипции семейства Fur, регулятор реакции на пероксидный стресс		CAETHG_1463	CLJU_c35550	CLRAG_06080
1759	белок сборки пилей PilB IV типа		CAETHG_3179	CLJU_c10900	CLRAG_12560
1760	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_0826	CLJU_c28290	CLRAG_34370
1761	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_1731	CLJU_c38830	CLRAG_21090
1762	маннозо-1-фосфатгуанилилтрансфераза		CAETHG_0735	CLJU_c26540	CLRAG_08420
1763	предполагаемая глутаминамидотрансфераза		CAETHG_1555	CLJU_c36940	CLRAG_36470
1764	предполагаемая глутаминамидотрансфераза		CAETHG_1911	CLJU_c40680	CLRAG_22870
1765	неохарактеризованный белок		CAETHG_0070	CLJU_c19900	CLRAG_39180
1766	белок системы N расщепления глицина	1.8.1.4, 2.1.2.10	CAETHG_0475, CAETHG_1607	CLJU_c37540, CLJU_c24170	CLRAG_24840
1767	УДФ:флавоноид-гликозилтрансфераза семейства YdhE		CAETHG_3490	CLJU_c14090	CLRAG_09440
1768	Предсказанная гликозилгидролаза семейства GN43/DUF377		CAETHG_2683	CLJU_c05880	CLRAG_07120

1769	1,2-диацилглицерин-3-альфа-глюкоза-альфа-1,2-галактозилтрансфераза		CAETHG_0044	CLJU_c19670	CLRAG_39470
1770	гипотетический белок		CAETHG_0223, CAETHG_3310	CLJU_c12280, CLJU_c21370	CLRAG_30930
1771	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_0736	CLJU_c26550	CLRAG_08430
1772	УДФ:флавоноид-гликозилтрансфераза YjiC семейства YdhE		CAETHG_0924	CLJU_c29310	CLRAG_35320
1773	Гликозилтрансфераза семейства 2		CAETHG_1251	CLJU_c33520	CLRAG_24760
1774	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки	2.4.1.52	CAETHG_1303	CLJU_c34050	CLRAG_14200
1775	Гликозилтрансфераза, каталитическая субъединица целлюлозосинтазы и поли-бета-1,6-N-ацетилглюкозаминсинтазы		CAETHG_1313	CLJU_c34150	CLRAG_14300
1776	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_1314	CLJU_c34160	CLRAG_14310
1777	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_1315	CLJU_c34170	CLRAG_14320
1778	долихолфосфатманнозилтрансфераза		CAETHG_1737, CAETHG_2517	CLJU_c38890, CLJU_c04450	CLRAG_37810
1779	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_2302	CLJU_c01990	CLRAG_27590
1780	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_2309	CLJU_c02040	CLRAG_27640
1781	Долихилфосфатманноза-белок-маннозилтрансфераза		CAETHG_2519	CLJU_c04470	CLRAG_37830
1782	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_2527	CLJU_c04550	CLRAG_37910
1783	полипренилгликозилфосфотрансфераза биосинтез экзополисахаридов		CAETHG_2598, CAETHG_2622	CLJU_c05410, CLJU_c05210	CLRAG_38600
1784	рамнозилтрансфераза		CAETHG_2623	CLJU_c05420	CLRAG_38880
1785	Гликозилтрансферазы 1 группы		CAETHG_2625	CLJU_c05430	CLRAG_38890
1786	4-амино-4-дезоксид-арабинозотрансфераза		CAETHG_3709	CLJU_c16140	CLRAG_33110
1787	Катехол-2,3-диоксигеназа		CAETHG_0065	CLJU_c19850	CLRAG_39230
1788	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства GntR		CAETHG_0068	CLJU_c19880	CLRAG_39200
1789	предполагаемая ГТФ-пирофосфокиназа	2.7.6.5	CAETHG_2376	CLJU_c02740	CLRAG_28340
1790	ГТФ-связывающий белок HflX		CAETHG_1289	CLJU_c33910	CLRAG_14060
1791	ГТФ-связывающий белок		CAETHG_1469	CLJU_c35610	CLRAG_06140
1792	гипотетический белок		CAETHG_3142	CLJU_c10520	CLRAG_12820
1793	ГТФ-связывающий белок		CAETHG_3329	CLJU_c12470	CLRAG_11330
1794	ГТФаза А биогенеза рибосом		CAETHG_3377	CLJU_c12950	CLRAG_10850
1795	GTP-связывающий белок LerA		CAETHG_2887	CLJU_c07940	CLRAG_25420
1796	ГТФаза биогенеза рибосом		CAETHG_3345	CLJU_c12630	CLRAG_11170
1797	Белок, содержащий домен HDIG		CAETHG_1638	CLJU_c38120	CLRAG_37500
1798	Белок, содержащий домен HD		CAETHG_2215	CLJU_c01040	CLRAG_30360
1799	c-ди-ГМФ-фосфодиэстераза II класса (или ее инактивированный вариант), HD-GYP домен		CAETHG_2708	CLJU_c06090	CLRAG_07370
1800	3'-5'-экзорибонуклеаза		CAETHG_1750	CLJU_c39020	CLRAG_21200
1801	молекулярный шаперон GrpE		CAETHG_2890	CLJU_c07970	CLRAG_25450
1802	переносчик арсенита семейства ACR3		CAETHG_3666	CLJU_c15670	CLRAG_32730
1803	белок, связывающий ионы меди		CAETHG_0556	CLJU_c24890	CLRAG_17890
1804	ДНК-хеликаза-2 / АТФ-зависимая ДНК-хеликаза PcrA		CAETHG_0292	CLJU_c21950	CLRAG_31500
1805	ДНК-хеликаза-2 / АТФ-зависимая ДНК-хеликаза PcrA		CAETHG_0838	CLJU_c28400	CLRAG_34480
1806	ДНК- или РНК-хеликаза суперсемейства II,		CAETHG_3565	CLJU_c14660	CLRAG_20540

	семейства SNF2				
1807	Предсказанный белок, связывающий гем/стероиды		CAETHG_0859	CLJU_c28640	CLRAG_34720
1808	белок семейства гистидиновой триады (HIT)	3.6.1.17	CAETHG_2897	CLJU_c08030	CLRAG_08330
1809	предполагаемая резолваза структуры Холлидея	4.1.2.4	CAETHG_3299	CLJU_c12170	CLRAG_11630
1810	гидроксиламинредуктаза	1.7.99.1	CAETHG_0812	CLJU_c27260	CLRAG_08960
1811	Белок прорастания спор YaаH		CAETHG_0066, CAETHG_3996	CLJU_c18760, CLJU_c19860	CLRAG_39220
1812	Предсказанная амидогидролаза		CAETHG_0225	CLJU_c21390	CLRAG_30950
1813	гипотетический белок		CAETHG_0559	CLJU_c24920	CLRAG_17860
1814	Белок UlaG метаболизма L-аскорбата суперсемейства бета-лактамаз		CAETHG_0696	CLJU_c26200	CLRAG_04280
1815	АДФ-рибозоупирофосфатаза	3.6.1.13	CAETHG_1133	CLJU_c32050	CLRAG_02680
1816	Металлзависимая гидролаза суперсемейства II бета-лактамаз		CAETHG_1283	CLJU_c33850	CLRAG_24430
1817	гипотетический белок		CAETHG_1684	CLJU_c38270	CLRAG_20740
1818	вариант 3 суперсемейства дегалогеназ галогенкислот подсемейства IA, содержащий DD или ED в третьем мотиве/вариант 1 суперсемейства дегалогеназ галогенкислот подсемейства IA, содержащий Dx(3-4)D или Dx(3-4)E в третьем мотиве		CAETHG_2015	CLJU_c41860	CLRAG_04970
1819	гипотетический белок		CAETHG_2183	CLJU_c00650	CLRAG_19930
1820	эндоглюканаза		CAETHG_2220	CLJU_c01090	CLRAG_30310
1821	эндоглюканаза		CAETHG_2221	CLJU_c01100	CLRAG_30300
1822	эндоглюканаза		CAETHG_2222	CLJU_c01110	CLRAG_30290
1823	Белок UlaG метаболизма L-аскорбата суперсемейства бета-лактамаз		CAETHG_2290	CLJU_c01870	CLRAG_27470
1824	Глиоксилаза суперсемейства II бета-лактамаз		CAETHG_2656	CLJU_c05640	CLRAG_06860
1825	предполагаемая гидролаза метаболизма НАД суперсемейства HD		CAETHG_2833	CLJU_c07410	CLRAG_26430
1826	гидролаза		CAETHG_2946	CLJU_c08520	CLRAG_07970
1827	гипотетический белок		CAETHG_3237	CLJU_c11460	CLRAG_11990
1828	гипотетический белок		CAETHG_3242	CLJU_c11510	CLRAG_11940
1829	8-оксо-дГТФ-пирофосфатаза MutT семейства NUDIX		CAETHG_3426	CLJU_c13420	CLRAG_10370
1830	предполагаемая гидролаза суперсемейства HAD		CAETHG_3815	CLJU_c17030	CLRAG_33910
1831	гипотетический белок		CAETHG_3889	CLJU_c17810	CLRAG_00900
1832	Лизофосфолипаза L1		CAETHG_3944	CLJU_c18370	CLRAG_00300
1833	гидроксиламинредуктаза	1.7.99.1	CAETHG_2866	CLJU_c07730	CLRAG_25270
1834	Пермеаза суперсемейства переносчиков лекарственных средств/метаболитов (DMT)		CAETHG_3966	CLJU_c18590	CLRAG_00110
1835	Белок семейства фаговых интеграз		CAETHG_0785	CLJU_c27020	CLRAG_09550
1836	интеграза/рекомбиназа XerD		CAETHG_3217	CLJU_c11260	CLRAG_12190
1837	Белок семейства DJ-1/Pfr1		CAETHG_3867	CLJU_c17590	CLRAG_01150
1838	потенциалзависимый калиевый канал		CAETHG_2684	CLJU_c05890	CLRAG_07130
1839	Большая субъединица гидрогеназы, содержащей атом железа, C-концевой домен		CAETHG_0110	CLJU_c20290	CLRAG_26000
1840	Алкогольдегидрогеназа IV класса	1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.2	CAETHG_2445	CLJU_c03830	CLRAG_28900
1841	белок, содержащий домен с дикластером 4Fe-4S		CAETHG_4056	CLJU_c19210	CLRAG_39860

1842	Мультимерный флаводоксин WrbA		CAETHG_1082	CLJU_c30780	CLRAG_16220
1843	НАДФН-зависимая ФМН-редуктаза		CAETHG_3699	CLJU_c16050	CLRAG_33020
1844	2-дегидро-3-дезоксифосфоглюконатальдолаза / (4S)-4-гидрокси-2-оксoglутаратальдолаза	4.1.2.14, 4.1.3.16, 4.1.1.3	CAETHG_3443	CLJU_c13610	CLRAG_10260
1845	липидкиназа семейства YegS/Rv2252/BmrU		CAETHG_2409	CLJU_c02940	CLRAG_28540
1846	гипотетический белок		CAETHG_3350	CLJU_c12690	CLRAG_11120
1847	лактатпермеаза		CAETHG_0248	CLJU_c21610	CLRAG_31200
1848	мурамоилтетрапептидкарбокисептидаза		CAETHG_2241	CLJU_c01350	CLRAG_27010
1849	ацетилэстераза		CAETHG_1256	CLJU_c33570	CLRAG_24710
1850	гипотетический белок		CAETHG_3912	CLJU_c18030	CLRAG_00610
1851	липоат-протеинлигаза A	2.7.7.63	CAETHG_3015	CLJU_c09210	CLRAG_13820
1852	липоат-протеинлигаза A	2.7.7.63	CAETHG_1221	CLJU_c33220	CLRAG_15040
1853	УДФ-4-амино-4,6-дидезокси-N-ацетил-бета-L-альтросаминтрансминаза		CAETHG_2631	CLJU_c05490	CLRAG_38950
1854	Белок LysE/ArgO семейства экспортеров L-лизина		CAETHG_1838	CLJU_c39920	CLRAG_22170
1855	Лизофосфолипаза L1		CAETHG_2947	CLJU_c08530	CLRAG_07960
1856	регуляторный белок, содержащий домен "спираль-петля-спираль", семейства lysR		CAETHG_1047	CLJU_c30420	CLRAG_15930
1857	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_1210	CLJU_c33120	CLRAG_15200
1858	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_2037	CLJU_c42070, CLJU_c27740	CLRAG_05180
1859	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_2069, CAETHG_3880	CLJU_c42440, CLJU_c17720	CLRAG_01010
1860	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_2089	CLJU_c42630	CLRAG_05650
1861	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_3864	CLJU_c17560	CLRAG_01180
1862	растворимая литическая муреинтрансгликозилаза		CAETHG_1257	CLJU_c33590	CLRAG_24690
1863	белок формирования септ		CAETHG_2812	CLJU_c07200	CLRAG_26640
1864	переносчик магния		CAETHG_0285	CLJU_c21890	CLRAG_31430
1865	Белок, содержащий домен PRC-barrel		CAETHG_2412	CLJU_c02970	CLRAG_28580
1866	о-сукцинилбензоатсинтаза		CAETHG_3735	CLJU_c16410	CLRAG_33210
1867	белок-переносчик марганца		CAETHG_1334, CAETHG_1492	CLJU_c34340, CLJU_c35850	CLRAG_06350
1868	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_0393	CLJU_c23290	CLRAG_01440
1869	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_0620	CLJU_c25510	CLRAG_03720
1870	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_1748	CLJU_c39000	CLRAG_21180
1871	Белок семейства MarR		CAETHG_2504	CLJU_c04360	CLRAG_37690
1872	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3572, CAETHG_3861	CLJU_c17480, CLJU_c14730	CLRAG_20460
1873	Регулятор транскрипции семейства MarR, репрессор регулона устойчивости к 2-MHQ и катехолу		CAETHG_3643	CLJU_c15420	CLRAG_24050
1874	механочувствительный канал малой проводимости		CAETHG_2107	CLJU_c42810	CLRAG_25620
1875	ГФ-связывающий белок		CAETHG_3304	CLJU_c12220	CLRAG_11580
1876	Инсртаза мембранных белков семейства YidC/Oxa1		CAETHG_2120	CLJU_c42940	CLRAG_25750
1877	Белок, содержащий 4Fe-4S-связывающий домен		CAETHG_3860	CLJU_c17470	CLRAG_01230

1878	липопротеин биосинтеза тиамин		CAETHG_2065	CLJU_c42400	CLRAG_05540
1879	регулятор сигма-Е-протеазы		CAETHG_3392	CLJU_c13090	CLRAG_10700
1880	гипотетический белок		CAETHG_2902	CLJU_c08070	CLRAG_08280
1881	ромбоидная протеаза GluP		CAETHG_2709	CLJU_c06100	CLRAG_07380
1882	Неохарактеризованный мембранный белок YvbJ		CAETHG_3093	CLJU_c10020	CLRAG_13340
1883	белок секреции семейства HlyD		CAETHG_3917	CLJU_c18080	CLRAG_00570
1884	регуляторный белок семейства luxR		CAETHG_3859	CLJU_c17460	CLRAG_01240
1885	гипотетический белок		CAETHG_0485	CLJU_c24270	CLRAG_24940
1886	предполагаемая LexA-связывающая гидролаза, ассоциированная с внутренней мембраной		CAETHG_0352	CLJU_c22900	CLRAG_01890
1887	Белок семейства транслутаминаза-подобных белков		CAETHG_1447	CLJU_c35390	CLRAG_05930
1888	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_1514	CLJU_c36050	CLRAG_06540
1889	система транспорта цинка, АТФ-связывающий белок		CAETHG_1108	CLJU_c31790	CLRAG_02420
1890	система транспорта цинка, пермеазный белок		CAETHG_1109	CLJU_c31800	CLRAG_02430
1891	Фосфорибозил-1,2-циклофосфодиэстераза		CAETHG_2028	CLJU_c41990	CLRAG_05100
1892	ЦТФ-молибдоптеринцитидилтрансфераза МосА		CAETHG_0465	CLJU_c23990	CLRAG_17170
1893	Белок, содержащий домен HDIG		CAETHG_1673	CLJU_c38170	CLRAG_20630
1894	Белок, содержащий домен HDIG	3.1.3.1	CAETHG_2731	CLJU_c06360	CLRAG_30470
1895	Система транспорта D-метионина, субстрат-связывающий белок		CAETHG_1138	CLJU_c32100	CLRAG_02730
1896	Система транспорта D-метионина, пермеазный белок		CAETHG_2533	CLJU_c04610	CLRAG_37970
1897	Система поглощения Zn ABC-типа ZnuABC, Zn-связывающий компонент ZnuA		CAETHG_1672	CLJU_c38160	CLRAG_20620
1898	система транспорта цинка, субстрат-связывающий белок		CAETHG_0318	CLJU_c37880, CLJU_c22200	CLRAG_31780
1899	Неохарактеризованный белок, содержащий 2Fe-2 и 4Fe-4S-кластеры и домен DUF4445		CAETHG_2846	CLJU_c07530	CLRAG_32340
1900	7,8-дигидроптерин-6-илметил-4-(бета-D-рибофуранозил)-аминобензол-5'-фосфатсинтаза		CAETHG_1393	CLJU_c34950	CLRAG_26190
1901	рибонуклеаза J		CAETHG_3302	CLJU_c12200	CLRAG_11600
1902	гипотетический белок		CAETHG_0277	CLJU_c21870	CLRAG_31410
1903	Экзонуклеаза процессинга РНК, содержащая бета-лактамазную складку, семейства Cft2		CAETHG_1143	CLJU_c32150	CLRAG_02780
1904	Рубрэрритрин		CAETHG_0302	CLJU_c22040	CLRAG_02720
1905	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_0353, CAETHG_1531	CLJU_c22910, CLJU_c36200	CLRAG_01880
1906	Белок, содержащий лигандсвязывающий сенсорный домен		CAETHG_0920, CAETHG_2802	CLJU_c29270, CLJU_c07110	CLRAG_35280
1907	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_1062	CLJU_c30560	CLRAG_15980
1908	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_1248	CLJU_c33490	CLRAG_24790
1909	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_2454, CAETHG_3581	CLJU_c14810, CLJU_c03920	CLRAG_29030
1910	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_2457	CLJU_c03950	CLRAG_29060
1911	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_2549	CLJU_c04770	CLRAG_38150
1912	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_2701	CLJU_c06030	CLRAG_07260
1913	Метил-акцепторный белок хемотаксиса (MCP), содержащий сигнальный домен		CAETHG_0750	CLJU_c26690	CLRAG_08560
1914	Метил-акцепторный белок хемотаксиса (MCP), содержащий сигнальный домен		CAETHG_2090	CLJU_c42640	CLRAG_05660

1915	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_2990	CLJU_c08960	CLRAG_07540
1916	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_0493	CLJU_c24340	CLRAG_25020
1917	Метил-акцепторный белок хемотаксиса (MCP), содержащий сигнальный домен		CAETHG_0504, CAETHG_3957	CLJU_c37140, CLJU_c18500, CLJU_c24440	CLRAG_30130
1918	Метил-акцепторный белок хемотаксиса (MCP), содержащий сигнальный домен		CAETHG_1569, CAETHG_2487	CLJU_c04190	CLRAG_26870
1919	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_3469	CLJU_c13860	CLRAG_09980
1920	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_0515	CLJU_c24540	CLRAG_23640
1921	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_0523	CLJU_c24600	CLRAG_18280
1922	S-метилага биосинтеза убихинона/менахинона UbiE		CAETHG_0593	CLJU_c25250	CLRAG_03600
1923	ТРНК1(Val)A37-N6-метилага TrmN6		CAETHG_2253	CLJU_c01470	CLRAG_27130
1924	предполагаемая N6-аденин-специфическая ДНК-метилага		CAETHG_2469	CLJU_c04060	CLRAG_29170
1925	N-6-ДНК-метилага		CAETHG_2939	CLJU_c08460	CLRAG_08000
1926	[метил-Co(III)-метанол-специфический корриноидсодержащий белок]:кофермент M-метилага		CAETHG_0191, CAETHG_4046	CLJU_c21060, CLJU_c19120	CLRAG_30640
1927	переносчик лекарственной устойчивости подсемейства EmrB/QacA		CAETHG_0743	CLJU_c26620	CLRAG_08490
1928	переносчик лекарственной устойчивости подсемейства EmrB/QacA		CAETHG_0939	CLJU_c29450	CLRAG_35440
1929	Эффектор трансмембранной секреции		CAETHG_1057, CAETHG_2366	CLJU_c02650, CLJU_c30520	CLRAG_15940
1930	Белок суперсемейства основных переносчиков, участвующих в облегченной диффузии		CAETHG_1080	CLJU_c30760	CLRAG_16200
1931	Сахарофосфатная пермеаза		CAETHG_3444	CLJU_c13620	CLRAG_10250
1932	Белок семейства ДНКазы TatD		CAETHG_2972	CLJU_c08780	CLRAG_07710
1933	переносчик магния		CAETHG_2242	CLJU_c01360	CLRAG_27020
1934	микрокомпаратментный белок PduB		CAETHG_0341, CAETHG_3278	CLJU_c22790, CLJU_c11870	CLRAG_02000
1935	Белок, содержащий домен BMC		CAETHG_1816, CAETHG_3290	CLJU_c39700, CLJU_c11990	CLRAG_21950
1936	Белок, содержащий домен BMC		CAETHG_1817, CAETHG_3289	CLJU_c39710, CLJU_c11980	CLRAG_21960
1937	белок утилизации этаноламина EutS		CAETHG_3901	CLJU_c17930	CLRAG_00700
1938	Белок, содержащий домен BMC		CAETHG_1820, CAETHG_3286	CLJU_c39740, CLJU_c11950	CLRAG_21990
1939	Микрокомпаратментный белок оболочки карбоксимом и утилизации этаноламина CcmL/EutN		CAETHG_1822	CLJU_c39760	CLRAG_22010
1940	Белок, содержащий домен BMC		CAETHG_1825, CAETHG_3283	CLJU_c39790, CLJU_c11920	CLRAG_22040
1941	Белок, содержащий домен BMC		CAETHG_1831	CLJU_c39850	CLRAG_22100
1942	Белок, содержащий домен BMC		CAETHG_1832	CLJU_c39860	CLRAG_22110
1943	белок утилизации этаноламина EutN		CAETHG_2801	CLJU_c07100	CLRAG_18950
1944	фактор высвобождения глутаминметилагазы		CAETHG_2330	CLJU_c02250	CLRAG_27850
1945	молекулярный шаперон DnaK		CAETHG_2891	CLJU_c07980	CLRAG_25460
1946	система транспорта молибдата, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0313	CLJU_c22150	CLRAG_31730
1947	система транспорта молибдата, пермеазный белок		CAETHG_0314	CLJU_c22160	CLRAG_31740
1948	система транспорта молибдата, субстрат-связывающий белок		CAETHG_0315	CLJU_c22170	CLRAG_31750
1949	предполагаемый белок биосинтеза		CAETHG_2566	CLJU_c04890	CLRAG_38280

	молибдоптерина				
1950	предполагаемый белок биосинтеза молибдоптерина		CAETHG_3823	CLJU_c17110	CLRAG_33980
1951	синтаза циклического пираноптеринмонофосфата, субъединица MoaA		CAETHG_1238	CLJU_c33380	CLRAG_14870
1952	синтаза циклического пираноптеринмонофосфата		CAETHG_0573	CLJU_c25050	CLRAG_17730
1953	вспомогательный фактор ксантиндегидрогеназы		CAETHG_0466	CLJU_c24070, CLJU_c24000	CLRAG_17160
1954	белок, содержащий молибден-птеринсвязывающий домен		CAETHG_0312	CLJU_c22140	CLRAG_31720
1955	белок, содержащий домен синтеза молибденового кофактора		CAETHG_3904	CLJU_c17950	CLRAG_00680
1956	Анаэробная селеноцистеинсодержащая дегидрогеназа		CAETHG_3653	CLJU_c15540	CLRAG_32620
1957	Белок, содержащий домен репрессора транспорта молибдата ModE		CAETHG_0458	CLJU_c23920	CLRAG_17240
1958	тРНК-А37-треонилкарбамоиладенозиндегидратаза		CAETHG_0226	CLJU_c21400	CLRAG_30960
1959	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_2986	CLJU_c08910	CLRAG_07570
1960	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_2987	CLJU_c08920	CLRAG_07560
1961	Мембранная карбоксипептидаза (пенициллинсвязывающий белок)		CAETHG_3692	CLJU_c15910	CLRAG_32960
1962	N-ацетилмурамоил-L-аланинамидаза		CAETHG_2291	CLJU_c01880	CLRAG_27480
1963	система транспорта натрия, АТФ-связывающий белок		CAETHG_3610	CLJU_c15080	CLRAG_24290
1964	система транспорта натрия, пермеазный белок		CAETHG_3609	CLJU_c15070	CLRAG_24300
1965	предполагаемый эффлюксный белок семейства MATE		CAETHG_1861	CLJU_c40120	CLRAG_22350
1966	предполагаемый эффлюксный белок семейства MATE		CAETHG_2938	CLJU_c08450	CLRAG_08010
1967	предполагаемый эффлюксный белок семейства MATE		CAETHG_3500, CAETHG_3720	CLJU_c14190, CLJU_c16260	CLRAG_09520
1968	предполагаемый эффлюксный белок семейства MATE		CAETHG_3625	CLJU_c15230	CLRAG_24120
1969	симпортер Na ⁺ /H ⁺ -дикарбоксилатов		CAETHG_2499	CLJU_c04310	CLRAG_26750
1970	симпортер растворенных веществ:Na ⁺ семейства SSS		CAETHG_0135	CLJU_c20530	CLRAG_19470
1971	гипотетический белок		CAETHG_0410	CLJU_c23460	CLRAG_17650
1972	нитроредуктаза		CAETHG_0080	CLJU_c20000	CLRAG_39010
1973	нитроредуктаза		CAETHG_3639	CLJU_c15370	CLRAG_24090
1974	2,4-диеноил-КоА-редуктаза		CAETHG_0482	CLJU_c24240	CLRAG_24910
1975	2,4-диеноил-КоА-редуктаза		CAETHG_0205	CLJU_c21190	CLRAG_30770
1976	2,4-диеноил-КоА-редуктаза		CAETHG_3603	CLJU_c14990	CLRAG_24360
1977	гипотетический белок	, 1.1.1.2, 1.1.1.1, 1.1.1.72, 1.1.1.21, 1.1.1.4	CAETHG_0555, CAETHG_3954, CAETHG_1841	CLJU_c39950, CLJU_c18470, CLJU_c24880	CLRAG_17900
1978	НАДФН-зависимая ФМН-редуктаза		CAETHG_0716	CLJU_c26350	CLRAG_04440
1979	белок двухъядерного металлоцентра семейства YbgI/SA1388		CAETHG_2920	CLJU_c08250	CLRAG_08140
1980	протеаза созревания гидрогеназ		CAETHG_0860	CLJU_c28650	CLRAG_34730
1981	Система транспорта нитрата/сульфоната/бикарбоната ABC-типа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_2975	CLJU_c08800	CLRAG_07690
1982	нитроредуктаза		CAETHG_1409	CLJU_c35000	CLRAG_26270

1983	нитроредуктаза		CAETHG_1432	CLJU_c35240	CLRAG_05750
1984	нитроредуктаза		CAETHG_1532	CLJU_c36210	CLRAG_23980
1985	нитроредуктаза		CAETHG_3909	CLJU_c18000	CLRAG_00630
1986	экзонуклеаза SbcC		CAETHG_0113	CLJU_c20320	CLRAG_25970
1987	гипотетический белок		CAETHG_0426	CLJU_c23620	CLRAG_17550
1988	гипотетический белок		CAETHG_2780	CLJU_c06900	CLRAG_18730
1989	предполагаемый переносчик гидроксиметилпиримидина CytX		CAETHG_4057	CLJU_c19220	CLRAG_39850
1990	Эпимераза нуклеозиддифосфатсахаров	5.1.3.7, 5.1.3.2	CAETHG_3091	CLJU_c10000	CLRAG_13350
1991	АТФаза, разделяющая хромосомы, семейства Mgr, содержит Fe-S-кластер		CAETHG_1625, CAETHG_2284	CLJU_c01810, CLJU_c37780	CLRAG_37200
1992	фосфатидатцитидилтрансфераза	2.7.7.41	CAETHG_3390	CLJU_c13070	CLRAG_10720
1993	АДФ-рибозопирофосфатаза YjhB семейства NUDIX		CAETHG_0525	CLJU_c24610	CLRAG_18320
1994	дАТФ-пирофосфогидролаза		CAETHG_0527	CLJU_c24630	CLRAG_29990
1995	АДФ-рибозопирофосфатаза YjhB семейства NUDIX		CAETHG_3606	CLJU_c15020	CLRAG_24330
1996	Белок, содержащий домен NUDIX		CAETHG_3872	CLJU_c17640	CLRAG_01100
1997	Предсказанная О-метилтрансфераза YrrM		CAETHG_3305	CLJU_c12230	CLRAG_11570
1998	ГТФ-связывающий белок		CAETHG_2831	CLJU_c07390	CLRAG_26450
1999	карбамоилтрансфераза YgeW, содержащая домен узла		CAETHG_0449	CLJU_c23840	CLRAG_17330
2000	Неохарактеризованный белок, родственник OsmC		CAETHG_0003	CLJU_c19270	CLRAG_39790
2001	двухкомпонентная система семейства OmpR, сенсорная гистидинкиназа KdpD		CAETHG_1797	CLJU_c39520	CLRAG_21720
2002	Предсказанная оксидоредуктаза семейства альдо/кеторедуктаз		CAETHG_1059	CLJU_c30540	CLRAG_15970
2003	нитроредуктаза		CAETHG_1146	CLJU_c32180	CLRAG_02810
2004	Оксидаза глицина/D-аминокислот (дезаминирующая)		CAETHG_1255	CLJU_c33560	CLRAG_24720
2005	саркозиноксидаза, альфа-субъединица	1.5.3.1	CAETHG_1599	CLJU_c37470	CLRAG_36880
2006	треонилкарбамоиладенозин-тРНК-метилтрансфераза MtaB		CAETHG_2896	CLJU_c08020	CLRAG_08340
2007	НАДФН-зависимая глутаматсинтаза, бета-цепь		CAETHG_2963	CLJU_c08690	CLRAG_07800
2008	НАД(Ф)Н-флавинредуктаза		CAETHG_3965	CLJU_c18580	CLRAG_00120
2009	предполагаемая селенатредуктаза		CAETHG_0448	CLJU_c23830	CLRAG_17340
2010	карбонмонооксиддегидрогеназа, малая субъединица	1.1.1.204, 1.17.1.4	CAETHG_0455, CAETHG_0992	CLJU_c29930, CLJU_c23890	CLRAG_17270
2011	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_1380	CLJU_c34820	CLRAG_26060
2012	пенициллинсвязывающий белок 2		CAETHG_0109, CAETHG_2817	CLJU_c07250, CLJU_c20280	CLRAG_26010
2013	Регулятор транскрипции семейства Blal, репрессор пенициллиназы		CAETHG_1721, CAETHG_2769	CLJU_c38720, CLJU_c06780	CLRAG_18580
2014	L-аминопептидаза/D-эстераза		CAETHG_0849	CLJU_c28550	CLRAG_34620
2015	Zn-зависимая протеаза (содержит SpoIVFB)		CAETHG_0966	CLJU_c29680	CLRAG_35680
2016	гипотетический белок		CAETHG_1592	CLJU_c37360	CLRAG_36800
2017	Регулятор судьбы клеток YaaT суперсемейства PSP1 (контролирует споруляцию, компетентность, развитие биопленок)		CAETHG_2248	CLJU_c01420	CLRAG_27080
2018	белок сборки оболочки спор		CAETHG_2311	CLJU_c02060	CLRAG_27660
2019	Муреин-DD-эндопептидаза MerM и активатор муреингидролазы NlpD, содержащие домен LysM		CAETHG_2354	CLJU_c02480	CLRAG_28090

2020	гипотетический белок		CAETHG_2565	CLJU_c04880	CLRAG_38270
2021	Пептидаза семейства S41		CAETHG_3718	CLJU_c16240	CLRAG_33150
2022	Пептидаза семейства S51		CAETHG_1074	CLJU_c30700	CLRAG_16130
2023	система транспорта пептидов/никеля, субстрат-связывающий белок		CAETHG_1550	CLJU_c36890	CLRAG_36420
2024	Белок клеточного деления FtsI/пенициллин-связывающий белок 2		CAETHG_3307	CLJU_c12250	CLRAG_11550
2025	пептидогликангликозилтрансфераза		CAETHG_2430	CLJU_c03150	CLRAG_28760
2026	гипотетический белок		CAETHG_0014	CLJU_c19370	CLRAG_39720
2027	гипотетический белок		CAETHG_0121	CLJU_c20380	CLRAG_25910
2028	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_0355	CLJU_c22930	CLRAG_01860
2029	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_0356	CLJU_c22940	CLRAG_01850
2030	Переносчик MFS семейства NNP, переносчик нитратов/нитритов		CAETHG_0438	CLJU_c23740	CLRAG_17430
2031	предполагаемый переносчик MFS семейства AGZA, ксантин/урацил-пермеаза		CAETHG_0461, CAETHG_2941	CLJU_c08480, CLJU_c23950	CLRAG_17210
2032	Предсказанная PurR-регулируемая пермеаза PerM		CAETHG_0571	CLJU_c25030	CLRAG_17750
2033	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0647	CLJU_c25780	CLRAG_04010
2034	гипотетический белок		CAETHG_0729	CLJU_c26480	CLRAG_04570
2035	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0805	CLJU_c27200	CLRAG_20030
2036	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_1015	CLJU_c30150	CLRAG_15730
2037	Пермеаза суперсемейства переносчиков лекарственных средств/метаболитов (DMT)		CAETHG_1141	CLJU_c32130	CLRAG_02760
2038	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_1151, CAETHG_2911	CLJU_c32230, CLJU_c08160	CLRAG_03050
2039	Фукозопермеаза		CAETHG_1181	CLJU_c32830	CLRAG_15500
2040	гипотетический белок		CAETHG_1230	CLJU_c33310	CLRAG_14950
2041	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_1583	CLJU_c37270	CLRAG_36710
2042	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_1712	CLJU_c38620	CLRAG_20940
2043	MFS-переносчик семейства DHA2, белок устойчивости к линкомицину		CAETHG_2540	CLJU_c04680	CLRAG_38060
2044	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_2545	CLJU_c04730	CLRAG_38110
2045	Пермеаза суперсемейства переносчиков лекарственных средств/метаболитов (DMT)		CAETHG_2748	CLJU_c06580	CLRAG_18390
2046	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_3009	CLJU_c09150	CLRAG_13880
2047	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_3010	CLJU_c09160	CLRAG_13870
2048	гипотетический белок		CAETHG_3271	CLJU_c11800	CLRAG_11740
2049	Предсказанная PurR-регулируемая пермеаза PerM		CAETHG_3296	CLJU_c12140	CLRAG_11660
2050	гипотетический белок		CAETHG_3463	CLJU_c13800	CLRAG_10040
2051	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_3511	CLJU_c14290	CLRAG_09650
2052	предполагаемый мембранный белок		CAETHG_1135	CLJU_c32070	CLRAG_02700
2053	предполагаемый мембранный белок		CAETHG_1136	CLJU_c32080	CLRAG_02710
2054	Белок, содержащий N-концевой домен YhgE/Pip / белок, содержащий C-концевой домен YhgE/Pip		CAETHG_1232	CLJU_c33330	CLRAG_14930
2055	ДНК-полимераза		CAETHG_2274	CLJU_c01720	CLRAG_27320

2056	хоризматмутаза		CAETHG_2806	CLJU_c07140	CLRAG_26700
2057	Инозитолгекса-кис-фосфат		CAETHG_1137, CAETHG_1698	CLJU_c38430, CLJU_c32090	CLRAG_08920
2058	ундекапениддифосфатаза		CAETHG_1152, CAETHG_3691	CLJU_c32240, CLJU_c15820	CLRAG_03120
2059	Белок суперсемейства PAP2		CAETHG_1683	CLJU_c38260	CLRAG_20730
2060	фосфогликолатфосфатаза	3.2.2.16, 3.2.2.9	CAETHG_2493	CLJU_c04250	CLRAG_26780
2061	ундекапениддифосфатаза		CAETHG_3695	CLJU_c15960	CLRAG_22200
2062	фосфогликолатфосфатаза	3.2.2.16, 3.2.2.9	CAETHG_3886	CLJU_c17780	CLRAG_00930
2063	переносчик неорганических фосфатов семейства PiT		CAETHG_3327	CLJU_c12450	CLRAG_11350
2064	двухкомпонентная система, семейство OmpR, сенсорная гистидинкиназа фосфатного регулона PhoR		CAETHG_3320	CLJU_c12380	CLRAG_11420
2065	PhoH-подобная АТФаза		CAETHG_0969	CLJU_c29710	CLRAG_35710
2066	белок системы транспорта фосфатов		CAETHG_3325	CLJU_c12430	CLRAG_11370
2067	белок-переносчик фосфора		CAETHG_3418	CLJU_c13350	CLRAG_10440
2068	гипотетический белок		CAETHG_1545	CLJU_c36840	CLRAG_36370
2069	фосфоэстераза семейства MJ0936		CAETHG_2564	CLJU_c04870	CLRAG_38260
2070	белок, содержащий домен фосфоэстеразы RecJ		CAETHG_3400	CLJU_c13170	CLRAG_10620
2071	предполагаемая гидролаза		CAETHG_1250	CLJU_c33510	CLRAG_24770
2072	Фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_2039	CLJU_c42090	CLRAG_05200
2073	вероятная фосфоглицератмутаза	5.4.2.11	CAETHG_0712	CLJU_c26320	CLRAG_04410
2074	3',5'-цАМФ-фосфодиэстераза CpdA		CAETHG_1521	CLJU_c36110	CLRAG_06640
2075	гипотетический белок		CAETHG_2374	CLJU_c02720	CLRAG_28320
2076	Предсказанная фосфорибозилтрансфераза		CAETHG_0721	CLJU_c26400	CLRAG_04490
2077	дТДФ-4-амино-4,6-дидезоксигалактозотрансаминаза		CAETHG_0760	CLJU_c26790	CLRAG_08660
2078	О-ацетил-АДФ-рибозоацетилаза (регулятор РНКазы III), содержит макродомен		CAETHG_2691	CLJU_c05940	CLRAG_07170
2079	UDP-N-ацетилглюкозамин-4,6-дегидратаза (инвертирующая)		CAETHG_2630	CLJU_c05480	CLRAG_38940
2080	синтаза псевдоаминовой кислоты	4.1.3.19, 2.5.1.56	CAETHG_2633	CLJU_c05510	CLRAG_38970
2081	УДФ-2,4-диацетиамидо-2,4,6-тридезокси-бета-L-альтропиранозогидролаза	2.7.7.43	CAETHG_2634	CLJU_c05520	CLRAG_38980
2082	Мембранный белок, участвующий в экспорте О-антигена и тейхоевой кислоты		CAETHG_2635	CLJU_c05530	CLRAG_38990
2083	белок SpsF биосинтеза полисахарида оболочки спор	2.7.7.38	CAETHG_2632	CLJU_c05500	CLRAG_38960
2084	Пептидогликан/ксилан/хитиндеацетилаза семейства PgdA/CDA1		CAETHG_0754	CLJU_c26730	CLRAG_08600
2085	Пептидогликан/ксилан/хитиндеацетилаза семейства PgdA/CDA1		CAETHG_0834, CAETHG_1697	CLJU_c38420, CLJU_c28370	CLRAG_34450
2086	деацетилаза пептидогликан-N-ацетилмуравовой кислоты		CAETHG_1297	CLJU_c33990	CLRAG_14140
2087	Пептидогликан/ксилан/хитиндеацетилаза семейства PgdA/CDA1		CAETHG_1864, CAETHG_2718	CLJU_c40160, CLJU_c06180	CLRAG_07460
2088	Пептидогликан/ксилан/хитиндеацетилаза семейства PgdA/CDA1		CAETHG_2265	CLJU_c01600	CLRAG_27250
2089	Полисахариддеацетилаза		CAETHG_2266	CLJU_c01610	CLRAG_27260
2090	препротеин транслоказы, субъединица SecE		CAETHG_1961	CLJU_c41180	CLRAG_23370
2091	предполагаемая протеаза		CAETHG_1339	CLJU_c34390	CLRAG_14470
2092	белок YeaZ треонилкарбамоиладенозин-модификации тРНК		CAETHG_1675	CLJU_c38190	CLRAG_20650

2093	протеаза С-концевого процессинга		CAETHG_2424	CLJU_c03090	CLRAG_28700
2094	протеаза С-концевого процессинга		CAETHG_2703	CLJU_c06040	CLRAG_07310
2095	гипотетический белок		CAETHG_2704	CLJU_c06050	CLRAG_07320
2096	белок биосинтеза 4-метил-5 (b-гидроксиэтил)-тиазолмонофосфата		CAETHG_3016	CLJU_c09220	CLRAG_13810
2097	предполагаемая протеаза		CAETHG_3306	CLJU_c12240	CLRAG_11560
2098	АТФ-зависимая протеаза ClpP, протеазная субъединица		CAETHG_3407	CLJU_c13240	CLRAG_10550
2099	гипотетический белок		CAETHG_3600	CLJU_c14960	CLRAG_24390
2100	серпин В		CAETHG_3677	CLJU_c15690	CLRAG_32850
2101	Пептидаза семейства M28		CAETHG_2368	CLJU_c02670	CLRAG_28270
2102	протеинфосфатаза		CAETHG_3343	CLJU_c12610	CLRAG_11190
2103	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_2404	CLJU_c02890	CLRAG_28490
2104	препротеин транслоказы, субъединица SecF		CAETHG_1272	CLJU_c33740	CLRAG_24540
2105	препротеин транслоказы, субъединица SecD		CAETHG_1273	CLJU_c33750	CLRAG_24530
2106	регуляторный белок катаболизма пуринов		CAETHG_0433	CLJU_c23690	CLRAG_17480
2107	Цитидин- и дезоксицитидилатдеаминаза, цинк-связывающая область	3.5.4.1	CAETHG_0990	CLJU_c29910	CLRAG_35910
2108	НАД ⁺ -дифосфатаза		CAETHG_0028	CLJU_c19510	CLRAG_39600
2109	белок аттенюации пиримидинового оперона / урацилфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.9	CAETHG_3164	CLJU_c10740	CLRAG_12600
2110	фермент, активирующий пируват-формилазу		CAETHG_3449	CLJU_c13670	CLRAG_10200
2111	4-гидрокситетрагидродипиколинатсинтаза	4.2.1.52	CAETHG_2178	CLJU_c00600	CLRAG_19980
2112	неохарактеризованный белок YgiQ, содержащий радикал SAM		CAETHG_2411	CLJU_c02960	CLRAG_28570
2113	ГТФ-связывающий белок Era		CAETHG_2905	CLJU_c08100	CLRAG_08250
2114	фумаратредуктаза, флавопротеиновая субъединица	1.3.99.1	CAETHG_2961	CLJU_c08670	CLRAG_07820
2115	регулятор транскрипции семейства AbrB		CAETHG_2257	CLJU_c01510	CLRAG_27170
2116	ДНК-связывающий активатор транскрипции семейства SARP		CAETHG_0235	CLJU_c21490	CLRAG_31050
2117	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_1081	CLJU_c30770	CLRAG_16210
2118	регуляторный белок		CAETHG_1448	CLJU_c35400	CLRAG_05940
2119	регуляторный белок blaR1		CAETHG_3432	CLJU_c13480	CLRAG_10310
2120	регуляторный белок blaR1		CAETHG_4027	CLJU_c18930	CLRAG_40040
2121	сайт-специфическая ДНК-рекомбиназа		CAETHG_1440, CAETHG_3959	CLJU_c35310, CLJU_c18520	CLRAG_05840
2122	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_0061	CLJU_c19810	CLRAG_39270
2123	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_1072	CLJU_c30680	CLRAG_16100
2124	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2216	CLJU_c01050	CLRAG_30350
2125	белок сборки пилей SpaE		CAETHG_0878	CLJU_c28820	CLRAG_34900
2126	мембранный белок		CAETHG_1777	CLJU_c39320	CLRAG_21530
2127	рибонуклеаза G		CAETHG_2827	CLJU_c07350	CLRAG_26490
2128	рибонуклеаза H1		CAETHG_2712	CLJU_c06130	CLRAG_07410
2129	рибонуклеаза R		CAETHG_1754	CLJU_c39090	CLRAG_21240
2130	23S рРНК-псевдоурдин955/2504/2580-синтаза	4.2.1.70	CAETHG_3848	CLJU_c17350	CLRAG_29230
2131	Рибосомный белок L7Ae		CAETHG_3397	CLJU_c13140	CLRAG_10650

2132	фактор рециклинга рибосом		CAETHG_3388	CLJU_c13050	CLRAG_10740
2133	АТФ-зависимая РНК-хеликаза DeaD		CAETHG_1450	CLJU_c35420	CLRAG_05960
2134	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы подсемейства ECF		CAETHG_0730	CLJU_c26490	CLRAG_08370
2135	Сигма-фактор РНК-полимеразы семейства сигма-70		CAETHG_2597	CLJU_c05200	CLRAG_38590
2136	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы подсемейства ECF		CAETHG_2772	CLJU_c06810	CLRAG_18610
2137	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы подсемейства ECF		CAETHG_3440	CLJU_c13570	CLRAG_10290
2138	Сигма-фактор РНК-полимеразы семейства сигма-70		CAETHG_0660	CLJU_c25910	CLRAG_04050
2139	гипотетический белок		CAETHG_1965	CLJU_c41240	CLRAG_23430
2140	белок, ассоциированный с spoIIIJ		CAETHG_2119	CLJU_c42930	CLRAG_25740
2141	РНК-связывающий белок YlmH, содержит S4-подобный домен		CAETHG_3158	CLJU_c10680	CLRAG_12660
2142	Предсказанный компонент комплекса контроля качества рибосом (RQC) семейства YloA/Tae2, содержит фибронектин-связывающий домен (FbrA) и домен DUF814		CAETHG_3165	CLJU_c10750	CLRAG_12590
2143	Белок, содержащий S1 РНК-связывающий домен		CAETHG_1991	CLJU_c41620	CLRAG_04750
2144	Na ⁺ -транслоцирующая ферредоксин:НАД ⁺ -оксидоредуктаза RNF, субъединица RnfC	1.16.1.4	CAETHG_1823	CLJU_c39770	CLRAG_22020
2145	белок MreD, определяющий форму стержня		CAETHG_2816	CLJU_c07240	CLRAG_26600
2146	белок MreC, определяющий форму стержня		CAETHG_2815	CLJU_c07230	CLRAG_26610
2147	белок RodA, определяющий форму стержня		CAETHG_2821	CLJU_c07290	CLRAG_26550
2148	Предполагаемая рРНК-метилаза		CAETHG_0413	CLJU_c23490	CLRAG_17620
2149	РНК-метилтрансфераза семейства TrmH		CAETHG_1343	CLJU_c34430	CLRAG_14510
2150	тРНК(цитидин/уридин-2'-O)-метилтрансфераза		CAETHG_1764	CLJU_c39190	CLRAG_21340
2151	23S рРНК-(гуанозин2251-2'-O)-метилтрансфераза		CAETHG_1966	CLJU_c41250	CLRAG_23440
2152	23S рРНК-(цитидин1920-2'-O)/16S рРНК-(цитидин1409-2'-O)-метилтрансфераза		CAETHG_3206	CLJU_c11170	CLRAG_12290
2153	16S рРНК-(цитозин967-C5)-метилтрансфераза		CAETHG_3341	CLJU_c12590	CLRAG_11210
2154	Рубрэритрин		CAETHG_0664	CLJU_c25950	CLRAG_04090
2155	Рубрэритрин		CAETHG_0887	CLJU_c28910	CLRAG_34990
2156	Рубрэритрин		CAETHG_1779	CLJU_c39340	CLRAG_21550
2157	Рубрэритрин		CAETHG_1791	CLJU_c39460	CLRAG_21670
2158	Рубрэритрин		CAETHG_3813	CLJU_c17010	CLRAG_33880
2159	16S рРНК-(цитозин1402-N4)-метилтрансфераза		CAETHG_3144	CLJU_c10540	CLRAG_12800
2160	2-полипренил-3-метил-5-гидрокси-6-метокси-1,4-бензохинолметилаза		CAETHG_1355	CLJU_c34590	CLRAG_14670
2161	Белок теплового шока, участвующий в рециклинге 50S-субъединицы рибосомы, содержит домен S4		CAETHG_1995	CLJU_c41660	CLRAG_04790
2162	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_0944	CLJU_c29500	CLRAG_35490
2163	Транс-аконитатметилтрансфераза		CAETHG_3173	CLJU_c10840	CLRAG_03140
2164	Эффлюксный переносчик семейства RND, MFP-субъединица		CAETHG_0390	CLJU_c23270	CLRAG_01460
2165	белок секреции семейства HlyD		CAETHG_2506, CAETHG_2693	CLJU_c04380, CLJU_c05960	CLRAG_37710
2166	Эффлюксный переносчик семейства RND, MFP-субъединица		CAETHG_2471, CAETHG_2852	CLJU_c07590, CLJU_c04080	CLRAG_29190
2167	Белок, содержащий домен His-киназы A (фосфоакцепторной)		CAETHG_2515	CLJU_c04430	CLRAG_37790

2168	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2786	CLJU_c06960	CLRAG_18800
2169	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_1004	CLJU_c30050	CLRAG_15680
2170	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2550	CLJU_c04780	CLRAG_38160
2171	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_0056	CLJU_c19760	CLRAG_39380
2172	Белок, содержащий домен HAMP		CAETHG_0577	CLJU_c25090	CLRAG_17680
2173	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_0803	CLJU_c27180	CLRAG_20050
2174	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_1013	CLJU_c30130	CLRAG_15710
2175	Белок, содержащий домен His-киназы A (фосфоакцепторной)		CAETHG_1068	CLJU_c30640	CLRAG_16070
2176	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_1714	CLJU_c38640	CLRAG_20960
2177	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_1872	CLJU_c40260	CLRAG_07650
2178	Белок, содержащий домен HAMP		CAETHG_2004	CLJU_c41750	CLRAG_04880
2179	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2217	CLJU_c01060	CLRAG_30340
2180	Белок, содержащий домен His-киназы A (фосфоакцепторной)		CAETHG_3460	CLJU_c13770	CLRAG_10070
2181	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_3602	CLJU_c14980	CLRAG_24370
2182	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2005	CLJU_c41760	CLRAG_04890
2183	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_2642	CLJU_c05600	CLRAG_06730
2184	фактор топологической специфичности клеточного деления		CAETHG_2820	CLJU_c07280	CLRAG_26560
2185	белок MinD, определяющий местоположение септы		CAETHG_2819	CLJU_c07270	CLRAG_26570
2186	сериновая протеаза Do		CAETHG_2003	CLJU_c41740	CLRAG_04870
2187	сериновая протеаза Do		CAETHG_2936	CLJU_c08430	CLRAG_08030
2188	предполагаемая серинпротеинкиназа, PrkA		CAETHG_2503	CLJU_c04350	CLRAG_37680
2189	Лизофосфолипаза L1		CAETHG_1718, CAETHG_2934	CLJU_c38700, CLJU_c08400	CLRAG_08050
2190	НАДФ-зависимая дегидрогеназа 3-гидроксикислот YdfG		CAETHG_3497	CLJU_c14160	CLRAG_09480
2191	гипотетический белок	2.3.1.85, 2.3.1.86, 1.1.1.100, 1.1.1.0	CAETHG_0180	CLJU_c20960	CLRAG_19060
2192	3-оксоацил-[белок-переносчик ацильных групп]-редуктаза	2.3.1.85, 2.3.1.86, 1.1.1.100, 1.1.1.0	CAETHG_0914	CLJU_c29220	CLRAG_35220
2193	гипотетический белок	2.3.1.85, 2.3.1.86, 1.1.1.100, 1.1.1.0	CAETHG_0739	CLJU_c26580	CLRAG_08450
2194	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы подсемейства ECF		CAETHG_3678	CLJU_c15700	CLRAG_32860
2195	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы подсемейства ECF		CAETHG_2488	CLJU_c04200	CLRAG_26860
2196	Регулятор транскрипции метаболизма ацетоина/глицерина		CAETHG_0386, CAETHG_2800	CLJU_c23230	CLRAG_01500
2197	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_3871	CLJU_c17630	CLRAG_01110
2198	сигнальная пептидаза II		CAETHG_3161	CLJU_c10710	CLRAG_12630
2199	двухкомпонентная система семейства белков хемотаксиса, регулятор ответа CheY		CAETHG_1003	CLJU_c30040	CLRAG_15670
2200	двухкомпонентная система семейства белков		CAETHG_3429	CLJU_c13450	CLRAG_10340

	хемотаксиса, регулятор ответа CheY				
2201	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0023	CLJU_c19460	CLRAG_39650
2202	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0040	CLJU_c19630	CLRAG_39510
2203	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0062	CLJU_c19820	CLRAG_39260
2204	гипотетический белок		CAETHG_2528	CLJU_c04560	CLRAG_37920
2205	Сигнальный белок, содержащий EAL и модифицированный домен HD-GYP		CAETHG_0011	CLJU_c19340	CLRAG_39750
2206	белок, содержащий домен PAS и S-бокс/белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_1070	CLJU_c30660	CLRAG_16080
2207	белок, содержащий домен PAS и S-бокс/белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_3969	CLJU_c18610	CLRAG_00040
2208	ц-ди-АМФ-фосфодиэстераза, состоит из GGDEF-подобных доменов и ДНН-доменов		CAETHG_2099	CLJU_c42740	CLRAG_25550
2209	Белок, связывающий одноцепочечную ДНК		CAETHG_1358	CLJU_c34620	CLRAG_14700
2210	белок, содержащий домен фосфоэстеразы RecJ		CAETHG_1271	CLJU_c33730	CLRAG_24550
2211	белок метаболизма селена YedF		CAETHG_0224	CLJU_c21380	CLRAG_30940
2212	Сайт-специфическая рекомбиназа XerD		CAETHG_0186	CLJU_c21010	CLRAG_19010
2213	Небольшой кислоторастворимый белок спор типа альфа/бета		CAETHG_0276, CAETHG_0853	CLJU_c28580, CLJU_c21860	CLRAG_34650
2214	Небольшой кислоторастворимый белок спор типа альфа/бета		CAETHG_0541	CLJU_c24760	CLRAG_18060
2215	Малый кислоторастворимый белок спор типа альфа/бета		CAETHG_0971	CLJU_c30960, CLJU_c29720	CLRAG_35720
2216	малый кислоторастворимый белок спор H (минорный)		CAETHG_0980	CLJU_c29810	CLRAG_35820
2217	Малый кислоторастворимый белок спор типа альфа/бета		CAETHG_1354	CLJU_c34580	CLRAG_14660
2218	Белок процессинга ДНК		CAETHG_3382	CLJU_c12990	CLRAG_10800
2219	малый насос множественной лекарственной устойчивости		CAETHG_3645	CLJU_c15440	CLRAG_32570
2220	ДНК- или РНК-хеликаза суперсемейства II, семейства SNF2		CAETHG_0242	CLJU_c21550	CLRAG_31110
2221	белок симпорта протонов и глутамата		CAETHG_0164	CLJU_c20790	CLRAG_19210
2222	симпортер растворенных веществ:Na+ семейства SSS		CAETHG_1185	CLJU_c32870	CLRAG_15460
2223	симпортер растворенных веществ:Na+ семейства SSS		CAETHG_3470	CLJU_c13870	CLRAG_09970
2224	симпортер двухвалентных анионов:Na+ семейства DASS		CAETHG_0819	CLJU_c28190	CLRAG_09140
2225	белок разделения хромосом семейства ParB		CAETHG_2113	CLJU_c42870	CLRAG_25680
2226	белок оболочки спор JB		CAETHG_1241	CLJU_c33410	CLRAG_14840
2227	дТДФ-4-амино-4,6-дидезоксигалактозотрансаминаза		CAETHG_0759	CLJU_c26780	CLRAG_08650
2228	Белок оболочки, содержащий домен F		CAETHG_1253	CLJU_c33540	CLRAG_24740
2229	белок оболочки спор семейства CotS		CAETHG_2304	CLJU_c02000	CLRAG_27600
2230	гипотетический белок		CAETHG_2306	CLJU_c02020	CLRAG_27620
2231	белок оболочки спор семейства CotS		CAETHG_2308	CLJU_c02030	CLRAG_27630
2232	белок S, ассоциированный с оболочкой спор		CAETHG_2310	CLJU_c02050	CLRAG_27650
2233	белок оболочки спор семейства CotS		CAETHG_2915	CLJU_c08200	CLRAG_08190
2234	белок оболочки спор JC		CAETHG_1242	CLJU_c33420	CLRAG_14830
2235	Белок оболочки спор CotF		CAETHG_0978	CLJU_c29790	CLRAG_35790
2236	Белок оболочки, содержащий домен F		CAETHG_2174	CLJU_c00560	CLRAG_20010
2237	белок прорастания спор KA		CAETHG_1503	CLJU_c35950	CLRAG_06450

2238	белок прорастания семейства Ger(x)C		CAETHG_1504	CLJU_c35960	CLRAG_06460
2239	белок прорастания спор (пермеаза аминокислот)		CAETHG_1506	CLJU_c35980	CLRAG_06480
2240	белок прорастания спор KB		CAETHG_3738	CLJU_c16440, CLJU_c16460	CLRAG_33240
2241	белок прорастания спор KC		CAETHG_3743	CLJU_c16480	CLRAG_33260
2242	белок прорастания спор KA		CAETHG_3744	CLJU_c16490	CLRAG_33270
2243	белок прорастания семейства Ger(x)C		CAETHG_3951	CLJU_c18440	CLRAG_00240
2244	белок прорастания спор (пермеаза аминокислот)		CAETHG_3952	CLJU_c18450	CLRAG_00230
2245	белок прорастания спор GerA		CAETHG_3953	CLJU_c18460	CLRAG_00220
2246	белок прорастания спор		CAETHG_2318	CLJU_c02130	CLRAG_27730
2247	белок прорастания спор (пермеаза аминокислот)/белок прорастания семейства Ger(x)C		CAETHG_2319	CLJU_c02140	CLRAG_27740
2248	белок A созревания спор		CAETHG_2272	CLJU_c01700	CLRAG_27300
2249	белок B созревания спор		CAETHG_2273	CLJU_c01710	CLRAG_27310
2250	лиаза фотопродуктов спор	4.1.99.-	CAETHG_1200	CLJU_c33020	CLRAG_15310
2251	белок GA стадии II споруляции (пептидаза процессинга фактора споруляции сигма-E)		CAETHG_3313	CLJU_c12310	CLRAG_11490
2252	интегральный мембранный белок споруляции YIb		CAETHG_3355	CLJU_c12740	CLRAG_11070
2253	белок прорастания YpeB		CAETHG_2322	CLJU_c02170	CLRAG_27770
2254	белок споруляции семейства YImC/YmxH		CAETHG_3316	CLJU_c12340	CLRAG_11460
2255	SsgA-связывающий белок		CAETHG_1753	CLJU_c39080	CLRAG_21230
2256	белок D стадии II споруляции		CAETHG_2353	CLJU_c02470	CLRAG_28080
2257	белок E стадии II споруляции		CAETHG_1990	CLJU_c41560	CLRAG_04690
2258	белок M стадии II споруляции		CAETHG_3215	CLJU_c11250	CLRAG_12210
2259	белок P стадии II споруляции		CAETHG_2885	CLJU_c07920	CLRAG_25400
2260	белок R стадии II споруляции		CAETHG_2320	CLJU_c02150	CLRAG_27750
2261	белок AA стадии III споруляции		CAETHG_3192	CLJU_c11030	CLRAG_12430
2262	белок AB стадии III споруляции		CAETHG_3193	CLJU_c11040	CLRAG_12420
2263	белок AC стадии III споруляции		CAETHG_3194	CLJU_c11050	CLRAG_12410
2264	белок AD стадии III споруляции		CAETHG_3195	CLJU_c11060	CLRAG_12400
2265	белок AE стадии III споруляции		CAETHG_3196	CLJU_c11070	CLRAG_12390
2266	белок AF стадии III споруляции		CAETHG_3197	CLJU_c11080	CLRAG_12380
2267	белок AG стадии III споруляции		CAETHG_3198	CLJU_c11090	CLRAG_12370
2268	белок AH стадии III споруляции		CAETHG_3199	CLJU_c11100	CLRAG_12360
2269	белок B стадии IV споруляции		CAETHG_3211	CLJU_c11210	CLRAG_12250
2270	белок FB стадии IV споруляции		CAETHG_2824	CLJU_c07320	CLRAG_26520
2271	белок AC стадии V споруляции		CAETHG_0176	CLJU_c20910	CLRAG_19100
2272	белок AE стадии V споруляции		CAETHG_0178	CLJU_c20940	CLRAG_19080
2273	белок B стадии IV споруляции		CAETHG_0303	CLJU_c22050	CLRAG_31570
2274	белок B стадии IV споруляции		CAETHG_1998	CLJU_c41690	CLRAG_04820
2275	белок B стадии V споруляции		CAETHG_3849	CLJU_c17360	CLRAG_29220
2276	белок G стадии V споруляции		CAETHG_2008	CLJU_c41790	CLRAG_04920
2277	белок R стадии V споруляции		CAETHG_2501	CLJU_c04330	CLRAG_37660
2278	MFS-переносчик семейства SP, основной переносчик инозита		CAETHG_3686	CLJU_c15780	CLRAG_32940
2279	Белок семейства субтилазы		CAETHG_2038	CLJU_c42080	CLRAG_05190
2280	система транспорта метилгалактозидов, субстрат-связывающий белок		CAETHG_2989	CLJU_c08950	CLRAG_07550

2281	регулятор углеводных дикислот		CAETHG_0822	CLJU_c28220	CLRAG_09170
2282	белок А стимуляции брожения сахаров		CAETHG_2204	CLJU_c00900	CLRAG_19680
2283	НАД(Ф)Н-гидратэпимераза		CAETHG_2416	CLJU_c03010	CLRAG_28620
2284	Сахарофосфатизомераза/эпимераза		CAETHG_1474	CLJU_c35660	CLRAG_06190
2285	белок-переносчик глюкуронидов		CAETHG_0138	CLJU_c20550	CLRAG_19440
2286	Фосфоглицеринтрансфераза MdoB		CAETHG_0576, CAETHG_2971	CLJU_c25080, CLJU_c08770	CLRAG_17690
2287	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_0972	CLJU_c29730	CLRAG_35730
2288	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2	3.5.1.28	CAETHG_2558, CAETHG_2576	CLJU_c04990	CLRAG_38380
2289	Ig-подобный домен (группа 4)		CAETHG_2681	CLJU_c05860	CLRAG_07100
2290	Ig-подобный домен (группа 4)		CAETHG_3096	CLJU_c10060	CLRAG_13310
2291	Ig-подобный домен (группа 4)		CAETHG_3097	CLJU_c10070	CLRAG_13300
2292	симпортер растворенных веществ:Na+ семейства SSS		CAETHG_0381	CLJU_c23180	CLRAG_01550
2293	белок биосинтеза тиамин Thil		CAETHG_0832	CLJU_c28350	CLRAG_34430
2294	липопротеин биосинтеза тиамин		CAETHG_1459	CLJU_c35510	CLRAG_06040
2295	ацил-КоА-тиоэфиргидролаза	3.1.2.	CAETHG_1524	CLJU_c36140	CLRAG_06660
2296	Предсказанный регулятор транскрипции YdeE, содержит ДНК-связывающий домен типа AraC		CAETHG_3624	CLJU_c15220	CLRAG_24130
2297	Ингибитор ДНК-гиразы Gyl		CAETHG_3857	CLJU_c17440	CLRAG_01270
2298	фактор элонгации транскрипции GreA		CAETHG_0720	CLJU_c26390	CLRAG_04480
2299	фактор элонгации транскрипции GreA		CAETHG_1453	CLJU_c35450	CLRAG_05980
2300	фактор элонгации транскрипции GreA		CAETHG_1983	CLJU_c41490	CLRAG_04620
2301	Большая субъединица гидрогеназы, содержащей атом железа, С-концевой домен		CAETHG_0119	CLJU_c20370	CLRAG_25920
2302	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_0128	CLJU_c20460	CLRAG_19560
2303	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PucR		CAETHG_0158	CLJU_c20730	CLRAG_19270
2304	Регулятор транскрипции семейства GntR, репрессор транскрипции для комплекса пируватдегидрогеназы		CAETHG_0249	CLJU_c21620	CLRAG_31210
2305	предполагаемый регулятор транскрипции		CAETHG_0545, CAETHG_3487	CLJU_c24800, CLJU_c14060	CLRAG_17990
2306	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_0562	CLJU_c24950	CLRAG_17830
2307	ДНК-связывающий регулятор транскрипции YhcF семейства GntR		CAETHG_0581	CLJU_c25130	CLRAG_03470
2308	тиаминаза (активатор транскрипции TenA)		CAETHG_0610	CLJU_c25410	CLRAG_03690
2309	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_0644, CAETHG_1715	CLJU_c38650, CLJU_c25750	CLRAG_20970
2310	Белок, содержащий домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_0746	CLJU_c26650	CLRAG_08520
2311	белок семейства AbrB, содержащий ДНК-связывающий домен "петля-спираль"		CAETHG_0771	CLJU_c26870	CLRAG_16110
2312	Белок, содержащий домен приемника регулятора ответа		CAETHG_0913	CLJU_c29210	CLRAG_35210
2313	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_1014, CAETHG_3461	CLJU_c13780, CLJU_c30140	CLRAG_15720
2314	предполагаемый регулятор транскрипции		CAETHG_1179, CAETHG_3956	CLJU_c18490, CLJU_c32810	CLRAG_15520
2315	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_1191	CLJU_c32930	CLRAG_15400
2316	ДНК-связывающий регулятор транскрипции	2.6.1.23,	CAETHG_1287	CLJU_c33890	CLRAG_14040

	семейства МосR, содержит аминотрансферазный домен	2.6.1.1			
2317	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_1416	CLJU_c35070	CLRAG_26330
2318	Регулятор транскрипции семейства GntR		CAETHG_1438	CLJU_c35290	CLRAG_05820
2319	Предсказанный ДНК-связывающий регулятор транскрипции YafY, содержит домены HTH и WYL		CAETHG_1466	CLJU_c35580	CLRAG_06110
2320	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_1627	CLJU_c37800	CLRAG_37220
2321	центральный регулятор генов гликолиза		CAETHG_1761	CLJU_c39160	CLRAG_21310
2322	Регулятор транскрипции семейства GntR, регулятор abcA и porABC	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_1837	CLJU_c39910	CLRAG_22160
2323	Домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_2022	CLJU_c41930	CLRAG_05040
2324	гипотетический белок		CAETHG_2132	CLJU_c00130	CLRAG_20190
2325	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2197	CLJU_c00820	CLRAG_19760
2326	регуляторный белок семейства Fis		CAETHG_2443	CLJU_c03810	CLRAG_28880
2327	Регулятор транскрипции семейства GntR		CAETHG_2535	CLJU_c04630	CLRAG_37990
2328	Белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		CAETHG_2714	CLJU_c06150	CLRAG_07430
2329	Белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		CAETHG_2716	CLJU_c06160	CLRAG_07440
2330	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2747	CLJU_c06510	CLRAG_30390
2331	Регулятор транскрипции семейства Lrp/AsnC, регулятор asnA, asnC и gidA		CAETHG_2764	CLJU_c06730	CLRAG_18530
2332	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2785	CLJU_c06950	CLRAG_18790
2333	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_2847	CLJU_c07540	CLRAG_32330
2334	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2863	CLJU_c07700	CLRAG_25240
2335	цАМФ-связывающий домен CRP или регуляторная субъединица цАМФ-зависимых протеинкиназ		CAETHG_2865	CLJU_c07720	CLRAG_25260
2336	Белок, содержащий домен CBS		CAETHG_2908	CLJU_c08130	CLRAG_08220
2337	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_2937	CLJU_c08440	CLRAG_08020
2338	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_2964	CLJU_c08700	CLRAG_07790
2339	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства МосR, содержит аминотрансферазный домен	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_2980	CLJU_c08850	CLRAG_07630
2340	репрессор транскрипции NrdR		CAETHG_3317	CLJU_c12350	CLRAG_11450
2341	двухкомпонентная система семейства OmpR, регулятор реакции на синтез щелочной фосфатазы PhoP		CAETHG_3319	CLJU_c12370	CLRAG_11430
2342	арсенатредуктаза		CAETHG_3456	CLJU_c13740	CLRAG_10110
2343	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_3493	CLJU_c14120	CLRAG_09460
2344	гипотетический белок		CAETHG_3568	CLJU_c14680	CLRAG_20530
2345	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_3605	CLJU_c15010	CLRAG_24340
2346	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3618	CLJU_c15160	CLRAG_24190

2347	Предсказанный ДНК-связывающий регулятор транскрипции YafY, содержит домены HTH и WYL		CAETHG_3623	CLJU_c15210	CLRAG_24140
2348	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_3652	CLJU_c15510	CLRAG_32590
2349	предполагаемый регулятор транскрипции		CAETHG_3870	CLJU_c17620	CLRAG_01120
2350	Регулятор транскрипции семейства Blal, репрессор пенициллиназы		CAETHG_4026	CLJU_c18920	CLRAG_40050
2351	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_1860	CLJU_c40110	CLRAG_22340
2352	Регулятор транскрипции, содержащий домен PAS, АТФазный домен AAA-типа и ДНК-связывающий Fis-домен		CAETHG_1910	CLJU_c40670	CLRAG_22860
2353	Регулятор транскрипции семейства AraC		CAETHG_2182	CLJU_c00640	CLRAG_19940
2354	регулятор транскрипции CtsR		CAETHG_1977	CLJU_c41360	CLRAG_23550
2355	плейотропный репрессор транскрипции		CAETHG_3384	CLJU_c13010	CLRAG_10780
2356	аспартат-4-декарбоксилаза		CAETHG_1226	CLJU_c33270	CLRAG_14990
2357	Белок, содержащий трансгликозилазный SLT-домен		CAETHG_1562	CLJU_c37010	CLRAG_36550
2358	L-треонилкарбамоилденилатсинтаза		CAETHG_2334	CLJU_c02290	CLRAG_27890
2359	фактор инициации трансляции IF-3		CAETHG_0161, CAETHG_1346	CLJU_c34460, CLJU_c20760	CLRAG_19240
2360	гипотетический белок		CAETHG_2810	CLJU_c07180	CLRAG_26660
2361	MFS-переносчик семейства DHA1, белок устойчивости к бицикломицину/хлорамфениколу		CAETHG_1485	CLJU_c35770	CLRAG_06300
2362	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_3508	CLJU_c14260	CLRAG_09580
2363	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_3509	CLJU_c14270	CLRAG_09590
2364	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_0699	CLJU_c26230	CLRAG_04350
2365	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_0700	CLJU_c26240	CLRAG_04360
2366	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_2981	CLJU_c08860	CLRAG_07620
2367	субстрат-связывающий белок транспортной системы семейства NitT/TauT		CAETHG_0734	CLJU_c26530	CLRAG_08410
2368	MFS-переносчик, предполагаемый симпортер метаболитов:H+		CAETHG_0198	CLJU_c21120	CLRAG_30690
2369	MFS-переносчик, предполагаемый симпортер метаболитов:H+		CAETHG_0200	CLJU_c21140	CLRAG_30700
2370	Белок суперсемейства основных переносчиков, участвующих в облегченной диффузии		CAETHG_0565, CAETHG_1519	CLJU_c36100, CLJU_c24980	CLRAG_17800
2371	переносчик лекарственной устойчивости подсемейства EmrB/QacA		CAETHG_1177, CAETHG_1412	CLJU_c32790, CLJU_c35030	CLRAG_15570
2372	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_1435, CAETHG_1436	CLJU_c35270, CLJU_c35260	CLRAG_05790
2373	система транспорта бацитрацина, пермеазный белок		CAETHG_2193	CLJU_c00780	CLRAG_19800
2374	Эффлюксный насос множественной лекарственной устойчивости, субъединица AcrB		CAETHG_2472, CAETHG_2853	CLJU_c07600, CLJU_c04090	CLRAG_26960
2375	переносчик лекарственной устойчивости подсемейства EmrB/QacA		CAETHG_2505	CLJU_c04370	CLRAG_37700
2376	Пермеаза суперсемейства переносчиков лекарственных средств/метаболитов (DMT)		CAETHG_2728	CLJU_c06330	CLRAG_30500
2377	система транспорта бацитрацина, пермеазный белок		CAETHG_2743	CLJU_c06470	CLRAG_30430
2378	Неохарактеризованный мембраносвязанный белок YitT, содержащий домены DUF161 и DUF2179		CAETHG_2855	CLJU_c07620	CLRAG_25190

2379	транспозаза		CAETHG_3076	CLJU_c09830, CLJU_c05390	CLRAG_16750
2380	Транспозаза InsO и ее инактивированные производные		CAETHG_4055	CLJU_c19200	CLRAG_37620
2381	ГТФаза модификации тРНК		CAETHG_2118	CLJU_c42920	CLRAG_25730
2382	тРНК(Ile)-лизинсинтаза		CAETHG_1989	CLJU_c41550	CLRAG_04680
2383	белок подергивающихся движений PiT		CAETHG_3309	CLJU_c12270	CLRAG_11530
2384	Белок, содержащий домен Y_Y_Y		CAETHG_1563	CLJU_c37020	CLRAG_36560
2385	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_1843	CLJU_c39970	CLRAG_22210
2386	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_3499	CLJU_c14180	CLRAG_09510
2387	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_3690, CAETHG_3845	CLJU_c15810, CLJU_c17320	CLRAG_29260
2388	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0787	CLJU_c27040	CLRAG_08800
2389	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2746	CLJU_c06500	CLRAG_30400
2390	гипотетический белок		CAETHG_2864	CLJU_c07710	CLRAG_25250
2391	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_0022	CLJU_c19450	CLRAG_39660
2392	регулятор отклика YcbB двухкомпонентной системы		CAETHG_0162	CLJU_c20770	CLRAG_19230
2393	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_0357, CAETHG_3011	CLJU_c09170, CLJU_c22950	CLRAG_01840
2394	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_0578	CLJU_c25100	CLRAG_17670
2395	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_0641	CLJU_c25720	CLRAG_03920
2396	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_1067	CLJU_c30630	CLRAG_16060
2397	регуляторный белок утилизации аргинина		CAETHG_1186	CLJU_c32880	CLRAG_15450
2398	двухкомпонентная система семейства OmpR, регулятор KdpE ответа оперона KDP		CAETHG_1796	CLJU_c39510	CLRAG_21710
2399	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_1844	CLJU_c39980	CLRAG_22220
2400	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_1873, CAETHG_2978	CLJU_c40270, CLJU_c08830	CLRAG_07660
2401	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_2516	CLJU_c04440	CLRAG_37800
2402	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_2875	CLJU_c07820	CLRAG_25280
2403	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_3601	CLJU_c14970	CLRAG_24380
2404	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wNTH)		CAETHG_3689, CAETHG_3844	CLJU_c15800, CLJU_c17310	CLRAG_29270
2405	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства NarX/FixJ, содержит домены REC и НТН		CAETHG_4017	CLJU_c18850	CLRAG_40150
2406	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0358	CLJU_c22960	CLRAG_01820
2407	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0636	CLJU_c25670	CLRAG_03870
2408	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0645	CLJU_c25760	CLRAG_03990
2409	Сенсорная киназа типа SpoOB, альфа-		CAETHG_0844,	CLJU_c10870	CLRAG_03760

	спиральный домен		CAETHG_3177		
2410	двухкомпонентная система семейства AgrA, сенсорная гистидинкиназа AgrC		CAETHG_1426	CLJU_c35180	CLRAG_05690
2411	двухкомпонентная система семейства LytT, сенсорная киназа		CAETHG_1589	CLJU_c37330	CLRAG_36770
2412	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2196	CLJU_c00810	CLRAG_19770
2413	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2877	CLJU_c07840	CLRAG_25320
2414	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_3012	CLJU_c09180	CLRAG_13850
2415	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_1194	CLJU_c32960	CLRAG_15370
2416	АТФаза, подобная гистидинкиназе, ДНК-гиразе В и HSP90		CAETHG_1814	CLJU_c39680	CLRAG_21930
2417	белок С плотной адгезии		CAETHG_0874	CLJU_c28790	CLRAG_34870
2418	белок В плотной адгезии		CAETHG_0875	CLJU_c28800	CLRAG_34880
2419	белок сборки пилей СраF		CAETHG_0876	CLJU_c28810	CLRAG_34890
2420	лидерная пептидаза (препилинпептидаза) / N-метилтрансфераза		CAETHG_0885	CLJU_c28890	CLRAG_34970
2421	белок биосинтеза убихинона		CAETHG_2190	CLJU_c00730	CLRAG_19850
2422	гипотетический белок		CAETHG_1306	CLJU_c34080	CLRAG_14230
2423	UDP-N-ацетил-D-глюкозаминдегидрогеназа	1.1.1.22	CAETHG_1308	CLJU_c34100	CLRAG_14250
2424	N-ацетилглюкозаминилдифосфоундекапиренол-N-ацетил-бета-D-маннозаминилтрансфераза	2.4.1.187	CAETHG_1299	CLJU_c34010	CLRAG_14160
2425	УДФ-N-ацетилмурамилтрипептидсинтаза		CAETHG_2720	CLJU_c06200	CLRAG_07480
2426	УДФ-GlcNAc:ундекапиренилфосфат-GlcNAc-1-фосфаттрансфераза	2.7.8.-	CAETHG_2340	CLJU_c02340	CLRAG_27950
2427	Нуклеотидсвязывающий универсальный стрессовый белок семейства UspA		CAETHG_1201, CAETHG_1622	CLJU_c37680, CLJU_c33030	CLRAG_15300
2428	ДНК-полимераза		CAETHG_2223	CLJU_c01120	CLRAG_30280
2429	урацилпермеаза		CAETHG_0422	CLJU_c23580	CLRAG_17590
2430	симпортер-1 нуклеиновых оснований:катионов семейства NCS1		CAETHG_1497	CLJU_c35900	CLRAG_06400
2431	урацилпермеаза		CAETHG_3163	CLJU_c10730	CLRAG_12610
2432	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_0192	CLJU_c21070	CLRAG_30650
2433	Уропорфириноген-III-декарбоксилаза		CAETHG_0141	CLJU_c20580	CLRAG_19400
2434	Уропорфириногендекарбоксилаза (URO-D)		CAETHG_0151, CAETHG_0155	CLJU_c20680, CLJU_c20710	CLRAG_19290
2435	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_0564, CAETHG_0566	CLJU_c24990, CLJU_c24970	CLRAG_17790
2436	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_1370	CLJU_c27560, CLJU_c34730	CLRAG_30730
2437	Белок McsA-активатор протеинаргининкиназы		CAETHG_1976	CLJU_c41350	CLRAG_23540
2438	Белок устойчивости к ванкомицину YoaR, содержит пептидогликан-связывающий домен и домен VanW		CAETHG_1249, CAETHG_4028	CLJU_c18940, CLJU_c33500	CLRAG_24780
2439	Белок устойчивости к ванкомицину YoaR, содержит пептидогликан-связывающий домен и домен VanW		CAETHG_1769	CLJU_c39250	CLRAG_21460
2440	предполагаемая пептидогликан-липид II-флиппаза		CAETHG_1310	CLJU_c34120	CLRAG_14270
2441	Антипортер H+/Cl- ClcA		CAETHG_0387	CLJU_c23240	CLRAG_01490
2442	вспомогательный фактор ксантиндегидрогеназы		CAETHG_2768	CLJU_c06770	CLRAG_18570
2443	селен-зависимая ксантиндегидрогеназа		CAETHG_0457	CLJU_c23910	CLRAG_17250
2444	СО- или ксантиндегидрогеназа, ФАД-связывающая субъединица		CAETHG_0454	CLJU_c23880	CLRAG_17280
2445	СО- или ксантиндегидрогеназа, ФАД-связывающая субъединица	1.1.1.204, 1.17.1.4	CAETHG_0991	CLJU_c29920	CLRAG_35920

2446	ксантинфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.22, 2.4.2.8	CAETHG_3614	CLJU_c15120	CLRAG_24220
2447	ксантинпермеаза		CAETHG_0450	CLJU_c23850	CLRAG_17320
2448	симпортер-2 нуклеиновых оснований:катионов семейства NCS2		CAETHG_3615	CLJU_c15130	CLRAG_24210
2449	КТФ/ДИТФ-дифосфогидролаза		CAETHG_1546	CLJU_c36850	CLRAG_36380
2450	Сахарокиназа семейства NBD/HSP70, может содержать N-концевой НТН-домен		CAETHG_3936	CLJU_c18290	CLRAG_00330
2451	гипотетический белок		CAETHG_2502	CLJU_c04340	CLRAG_37670
2452	ДНК-хеликаза PriA перезапуска репликации		CAETHG_2985	CLJU_c08900	CLRAG_07580
2453	Предсказанная Zn-зависимая пептидаза		CAETHG_3017	CLJU_c09230	CLRAG_13800
2454	переносчик цинка семейства ZIP		CAETHG_2333	CLJU_c02280	CLRAG_27880
2455	(R,R)-бутандиолдегидрогеназа / мезо-бутандиолдегидрогеназа / диацетилредуктаза	1.1.1.4, 1.1.1.1	CAETHG_0385	CLJU_c23220	CLRAG_01510
2456	гипотетический белок		CAETHG_3340	CLJU_c12580	CLRAG_11220
2457	Предсказанная Zn-зависимая пептидаза		CAETHG_1449	CLJU_c35410	CLRAG_05950
2458	Предсказанная Zn-зависимая пептидаза		CAETHG_3405	CLJU_c13220	CLRAG_10570
2459	Глиоксилаза суперсемейства II бета-лактамаз	3.1.2.6	CAETHG_1267	CLJU_c33690	CLRAG_24590
2460	Глиоксилаза суперсемейства II бета-лактамаз		CAETHG_2957	CLJU_c08630	CLRAG_07860
2461	гипотетический белок		CAETHG_3638	CLJU_c15360	CLRAG_24100
2462	путресцинкарбамоилтрансфераза		CAETHG_2082	CLJU_c42560	CLRAG_09040
2463	пиримидиннуклеозидфосфорилаза	2.4.2.23, 2.4.2.2, 2.4.2.3, 2.4.2.4, 2.4.2.1	CAETHG_3925	CLJU_c18160	CLRAG_00510
2464	пирролин-5-карбоксилатредуктаза	1.5.1.2	CAETHG_1593	CLJU_c37380	CLRAG_36820
2465	пируваткарбоксилаза		CAETHG_1594	CLJU_c37390	CLRAG_36830
2466	формиат-С-ацетилтрансфераза	2.3.1.54	CAETHG_0667	CLJU_c25980	CLRAG_04120
2467	формиат-С-ацетилтрансфераза	2.3.1.54	CAETHG_1829	CLJU_c39830	CLRAG_22080
2468	фермент, активирующий пируват-формиат-лиазу	2.3.1.54	CAETHG_0666	CLJU_c25970	CLRAG_04110
2469	фермент, активирующий пируват-формиат-лиазу	2.3.1.54	CAETHG_1828	CLJU_c39820	CLRAG_22070
2470	пируваткиназа	2.7.1.40	CAETHG_2441	CLJU_c03260	CLRAG_28860
2471	пируватфосфаткиназа	2.7.9.1	CAETHG_2909	CLJU_c08140	CLRAG_08210
2472	предполагаемый фермент, активирующий пируват-формиат-лиазу		CAETHG_2021	CLJU_c41920	CLRAG_05030
2473	пируватферредоксин/флаводоксиноксидоредуктаза	1.2.7.1	CAETHG_0928, CAETHG_3029	CLJU_c09340, CLJU_c29340	CLRAG_35360
2474	квинин-тРНК-рибозилтрансфераза		CAETHG_1278	CLJU_c33800	CLRAG_24480
2475	хинолинатсинтетаза		CAETHG_0503	CLJU_c24430	CLRAG_25160
2476	биотинсинтаза	2.8.1.6	CAETHG_0339	CLJU_c22770	CLRAG_02020
2477	белок рекомбинации RecA		CAETHG_3411	CLJU_c13280	CLRAG_10510
2478	ДНК-хеликаза PriA перезапуска репликации		CAETHG_3337	CLJU_c12550	CLRAG_11250
2479	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_3590, CAETHG_3682	CLJU_c15740, CLJU_c14840	CLRAG_20280
2480	3,4-дигидрокси-2-бутанон-4-фосфатсинтаза / ГТФ-циклолидроллаза II	3.5.4.25	CAETHG_0305	CLJU_c22070	CLRAG_31590
2481	рибофлавинсинтаза, альфа-цепь	2.5.1.9	CAETHG_0306	CLJU_c22080	CLRAG_31600
2482	белковый компонент рибонуклеазы Р		CAETHG_2122	CLJU_c42960	CLRAG_25770
2483	рибонуклеаза РН		CAETHG_1547	CLJU_c36860	CLRAG_36390
2484	рибонуклеозиддифосфатредуктаза II класса		CAETHG_2775	CLJU_c06840	CLRAG_18680
2485	рибонуклеозидтрифосфатредуктаза III класса,	1.17.4.2	CAETHG_2287	CLJU_c01840	CLRAG_27440

	каталитическая субъединица				
2486	гипотетический белок		CAETHG_2324	CLJU_c02190	CLRAG_27790
2487	мембранный белок - ABC-переносчик рибозы		CAETHG_2237	CLJU_c01280	CLRAG_30140
2488	рибозо-5-фосфатизомераза	5.3.1.6	CAETHG_2336	CLJU_c02310	CLRAG_27910
2489	система транспорта рибозы, субстрат-связывающий белок		CAETHG_2235	CLJU_c01260	CLRAG_30160
2490	рибозофосфатпирофосфокиназа	2.7.6.1	CAETHG_2006	CLJU_c41770	CLRAG_04900
2491	23S рРНК-псевдоуридин2605-синтаза	4.2.1.70	CAETHG_0222	CLJU_c21360	CLRAG_30920
2492	23S рРНК-псевдоуридин1911/1915/1917-синтаза		CAETHG_2835	CLJU_c07430	CLRAG_32260
2493	23S рРНК-псевдоуридин1911/1915/1917-синтаза	4.2.1.70	CAETHG_3162	CLJU_c10720	CLRAG_12620
2494	метилтрансфераза рибосомального белка L11		CAETHG_2893	CLJU_c08000	CLRAG_08360
2495	белок L19 большой субъединицы рибосомы		CAETHG_3375	CLJU_c12930	CLRAG_10870
2496	белок L7A большой субъединицы рибосомы		CAETHG_1953	CLJU_c41100	CLRAG_23290
2497	16S рРНК-псевдоуридин516-синтаза	4.2.1.70	CAETHG_1561	CLJU_c37000	CLRAG_36540
2498	рибосома-связывающий фактор А		CAETHG_3399	CLJU_c13160	CLRAG_10630
2499	Киназа сахаров (пентулоз или гексулоз)	2.7.1.47, 2.7.1.16	CAETHG_2230	CLJU_c01220	CLRAG_30200
2500	рибулозофосфат-3-эпимераза	5.1.3.1	CAETHG_3346	CLJU_c12640	CLRAG_11160
2501	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы подсемейства ECF		CAETHG_0987	CLJU_c29880	CLRAG_35890
2502	сигма-фактор, специфичный по отношению к РНК-полимеразе споруляции		CAETHG_1293	CLJU_c33950	CLRAG_14100
2503	сигма-фактор, специфичный по отношению к РНК-полимеразе споруляции		CAETHG_3308	CLJU_c12260	CLRAG_11540
2504	РНК-полимераза, субъединица сигма 28, SigD/FliA/WhiG		CAETHG_3131	CLJU_c10410	CLRAG_12960
2505	РНК-полимераза, субъединица сигма 29, SigE		CAETHG_3314	CLJU_c12320	CLRAG_11480
2506	сигма-фактор, специфичный по отношению к РНК-полимеразе споруляции		CAETHG_1964	CLJU_c41230	CLRAG_23420
2507	РНК-полимераза, субъединица сигма 54, RpoN/SigL		CAETHG_1762	CLJU_c39170	CLRAG_21320
2508	РНК-полимераза, субъединица сигма 70, RpoD		CAETHG_2917	CLJU_c08220	CLRAG_08170
2509	РНК-полимераза, сигма-субъединица, RpsG/SigG		CAETHG_3315	CLJU_c12330	CLRAG_11470
2510	белок-фактор хозяина-I		CAETHG_0207	CLJU_c21210	CLRAG_30790
2511	РНКазы III		CAETHG_3378	CLJU_c12960	CLRAG_10840
2512	рибонуклеаза-3		CAETHG_3364	CLJU_c12830	CLRAG_10980
2513	рибонуклеаза Z		CAETHG_0745	CLJU_c26640	CLRAG_08510
2514	белок MreB, определяющий форму стержня		CAETHG_2356, CAETHG_2814	CLJU_c07220, CLJU_c02500	CLRAG_28110
2515	23S рРНК-(урацил1939-C5)-метилтрансфераза		CAETHG_2442	CLJU_c03270	CLRAG_28870
2516	S-аденозилметионин:тРНК-рибозилтрансфераза-изомераза		CAETHG_1279	CLJU_c33810	CLRAG_24470
2517	S-рибозилгомоцистеинлиаза / белок LuxS синтеза аутоиндуктора 2 дистанционных межбактериальных взаимодействий (AI-2)		CAETHG_0412	CLJU_c23480	CLRAG_17630
2518	Эффлюксный переносчик семейства RND, MFP-субъединица		CAETHG_2507	CLJU_c04390	CLRAG_37720
2519	селеноцистеин-специфический фактор элонгации		CAETHG_2840	CLJU_c07480, CLJU_c27700	CLRAG_32210
2520	селенофосфатсинтаза	2.7.9.3	CAETHG_2838	CLJU_c07460, CLJU_c27720	CLRAG_32230
2521	двухкомпонентная система, сенсорная гистидинкиназа YcbA		CAETHG_0163	CLJU_c20780	CLRAG_19220
2522	белок MinC, определяющий местоположение		CAETHG_2818	CLJU_c07260	CLRAG_26580

	септы				
2523	серин-О-ацетилтрансфераза	2.3.1.31, 2.3.1.30	CAETHG_1775	CLJU_c39300	CLRAG_21510
2524	глицингидроксиметилтрансфераза	2.1.2.1	CAETHG_3241	CLJU_c11500	CLRAG_11950
2525	серин/треонин-протеинкиназа		CAETHG_3344	CLJU_c12620	CLRAG_11180
2526	серил-тРНК-синтетаза		CAETHG_2137	CLJU_c00170	CLRAG_20150
2527	шикиматдегидрогеназа	1.1.1.282, 1.1.1.25	CAETHG_0904	CLJU_c29120	CLRAG_35120
2528	шикиматкиназа	2.7.1.71	CAETHG_0903	CLJU_c29110	CLRAG_35110
2529	Предсказанная киназа		CAETHG_3445	CLJU_c13630	CLRAG_10240
2530	Регулятор транскрипции, содержащий домен PAS, АТФазный домен AAA-типа и ДНК-связывающий Fis-домен		CAETHG_0105, CAETHG_0463	CLJU_c20240, CLJU_c23970	CLRAG_17190
2531	сигнальная пептидаза I		CAETHG_2696	CLJU_c05980	CLRAG_07210
2532	сигнальная пептидаза I		CAETHG_3376	CLJU_c12940	CLRAG_10860
2533	субъединица частицы распознавания сигналов FFH/SRP54 (srp54)		CAETHG_3370	CLJU_c12880	CLRAG_10920
2534	гибридный рецептор частицы распознавания сигнала		CAETHG_3368	CLJU_c12860	CLRAG_10940
2535	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_0552, CAETHG_0554	CLJU_c24870, CLJU_c24850	CLRAG_17930
2536	одноцепочечный связывающий белок		CAETHG_2104	CLJU_c42780	CLRAG_25590
2537	белок, связывающий одноцепочечную ДНК		CAETHG_3105	CLJU_c10150	CLRAG_13220
2538	сирогидрохлоринкобальтхелатаза	4.99.1.3	CAETHG_1113	CLJU_c31850	CLRAG_02480
2539	Малый основной белок		CAETHG_3153	CLJU_c10630	CLRAG_12710
2540	натрий/протон-калиевый антипортер GerN семейства CPA2		CAETHG_2991	CLJU_c08970	CLRAG_07530
2541	спермидинсинтаза	2.5.1.16	CAETHG_0820	CLJU_c28200	CLRAG_09150
2542	Регулятор протеазной активности HflC суперсемейства стоматина/прогибитина		CAETHG_2784	CLJU_c06940	CLRAG_18780
2543	двухкомпонентная система, регулятор ответа, белок А стадии 0 споруляции		CAETHG_3212	CLJU_c11220	CLRAG_12240
2544	антагонист анти-сигма-В-фактора		CAETHG_2401	CLJU_c02860	CLRAG_28460
2545	белок D стадии II споруляции		CAETHG_0618	CLJU_c25490	CLRAG_03710
2546	N-ацетилмурамоил-L-аланинамидаза		CAETHG_2413	CLJU_c02980	CLRAG_28590
2547	белок прорастания спор КА		CAETHG_1745	CLJU_c38970	CLRAG_21150
2548	белок прорастания спор KB		CAETHG_1747	CLJU_c38990	CLRAG_21170
2549	белок прорастания спор KC		CAETHG_1746	CLJU_c38980	CLRAG_21160
2550	предполагаемый белок споруляции YtaF		CAETHG_2680	CLJU_c05850	CLRAG_07090
2551	Метилтрансфераза белка S12P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_3409	CLJU_c13260	CLRAG_10530
2552	Белок S14P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1934	CLJU_c40910	CLRAG_23100
2553	Белок S15P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_3403	CLJU_c13200	CLRAG_10590
2554	белок S16 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_3371	CLJU_c12890	CLRAG_10910
2555	Белок S17P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1938	CLJU_c40950	CLRAG_23140
2556	Белок S18P малой субъединицы рибосомы		CAETHG_2103	CLJU_c42770	CLRAG_25580
2557	белок S20 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_2883	CLJU_c07900	CLRAG_25380
2558	белок S2 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_3385	CLJU_c13020	CLRAG_10770
2559	предполагаемый белок модуляции сигма-54		CAETHG_2363	CLJU_c02620	CLRAG_28220
2560	белок S9 малой субъединицы рибосомы		CAETHG_1913	CLJU_c40700	CLRAG_22890
2561	предполагаемый регулятор транскрипции семейства DeoR, белок D стадии III споруляции		CAETHG_2355	CLJU_c02490	CLRAG_28100
2562	белок А стадии IV споруляции		CAETHG_3331	CLJU_c12490	CLRAG_11310

2563	белок S стадии V споруляции		CAETHG_3413	CLJU_c13300	CLRAG_10490
2564	Сериновая протеаза семейства субтилизина		CAETHG_3433	CLJU_c13490, CLJU_c13560	CLRAG_10300
2565	сукцинатдегидрогеназа / фумаратредуктаза, флавопротеиновая субъединица	1.3.99.1	CAETHG_0342	CLJU_c22800	CLRAG_01990
2566	сукцинилдиаминимелатдесукцинилаза		CAETHG_3852	CLJU_c17390	CLRAG_01300
2567	MFS-переносчик, семейство переносчиков сахаров (SP)		CAETHG_3935	CLJU_c18280	CLRAG_00340
2568	TadE-подобный белок		CAETHG_0881	CLJU_c28850	CLRAG_34930
2569	2-гидрокси-3-оксопропионатредуктаза	1.1.1.60	CAETHG_2186	CLJU_c28090, CLJU_c00680	CLRAG_19890
2570	тиаминпирофосфокиназа	2.7.6.2	CAETHG_3347	CLJU_c12650	CLRAG_11150
2571	тиаминфосфатдифосфорилаза	2.5.1.3	CAETHG_1204	CLJU_c33060	CLRAG_15270
2572	тиаминфосфатпирофосфорилаза	2.5.1.3	CAETHG_3428	CLJU_c13440	CLRAG_10350
2573	Предсказанная тиоэстераза	3.1.2.	CAETHG_1780	CLJU_c39350	CLRAG_21560
2574	тиоредоксин		CAETHG_1893	CLJU_c40500	CLRAG_22690
2575	тиоредоксинредуктаза (НАДФН)	1.6.4.5, 1.8.1.9	CAETHG_1892	CLJU_c40490	CLRAG_22680
2576	треониндегидратаза	4.3.1.19	CAETHG_3611	CLJU_c15090	CLRAG_24280
2577	треонинкиназа		CAETHG_1111	CLJU_c31830	CLRAG_02460
2578	треонинсинтаза	4.2.3.1, 4.2.99.2	CAETHG_1217	CLJU_c33180	CLRAG_15110
2579	треонил-тРНК-синтаза		CAETHG_1347	CLJU_c34470	CLRAG_14550
2580	дТМФ-киназа	2.7.4.12, 2.7.4.9	CAETHG_2245	CLJU_c01390	CLRAG_27050
2581	Белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		CAETHG_1319	CLJU_c34200	CLRAG_14350
2582	Белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		CAETHG_1525	CLJU_c36150	CLRAG_06670
2583	Белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		CAETHG_1894	CLJU_c40510	CLRAG_22700
2584	Белок, содержащий повтор TPR		CAETHG_1897	CLJU_c40540	CLRAG_22730
2585	фруктозо-6-фосфатальдолаза семейства TalC/MipB	2.2.1.2	CAETHG_0665	CLJU_c25960	CLRAG_04100
2586	трансальдолаза	2.2.1.2	CAETHG_1810	CLJU_c39640	CLRAG_21880
2587	белок nusG антитерминации транскрипции		CAETHG_1960	CLJU_c41170	CLRAG_23360
2588	фактор Rho терминации транскрипции		CAETHG_2327	CLJU_c02220	CLRAG_27820
2589	фактор сопряжения транскрипции-репарации		CAETHG_2001	CLJU_c41720	CLRAG_04850
2590	неохарактеризованный белок		CAETHG_2369	CLJU_c02680	CLRAG_28280
2591	ДНК-связывающий регулятор транскрипции LsrR семейства DeoR		CAETHG_0480	CLJU_c24220	CLRAG_24900
2592	Регулятор транскрипции семейства Blal, репрессор пенициллиназы		CAETHG_0584	CLJU_c25160	CLRAG_03500
2593	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_0633	CLJU_c25640	CLRAG_03840
2594	Регулятор транскрипции семейства Lrp/AsnC, лейцин-чувствительный регуляторный белок		CAETHG_0697	CLJU_c26210	CLRAG_04290
2595	Регуляторный белок семейства MerR НТН		CAETHG_0758	CLJU_c26770	CLRAG_08640
2596	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_0778	CLJU_c26940	CLRAG_08790
2597	белок, содержащий домен взаимодействия с сигма-54		CAETHG_1556	CLJU_c36950	CLRAG_36490
2598	редокс-чувствительный репрессор транскрипции		CAETHG_1581	CLJU_c37250	CLRAG_36690
2599	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_1782	CLJU_c39370	CLRAG_21580
2600	Домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_1862	CLJU_c40130	CLRAG_22360

2601	мРНК-интерфераза MazF		CAETHG_2419	CLJU_c03040	CLRAG_28650
2602	Регулятор транскрипции семейства Lrp/AsnC, лейцин-чувствительный регуляторный белок		CAETHG_2477	CLJU_c04150	CLRAG_26910
2603	ДНК-связывающий белок типа AraC		CAETHG_2497	CLJU_c04290	CLRAG_26770
2604	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2531, CAETHG_2867	CLJU_c04590, CLJU_c07750	CLRAG_37950
2605	Регулятор транскрипции, содержит домен HTH семейства XRE		CAETHG_3453	CLJU_c13710	CLRAG_10130
2606	Регулятор транскрипции семейства AbrB, белок T стадии V споруляции		CAETHG_1999	CLJU_c41700	CLRAG_04830
2607	ДНК-связывающий белок типа AraC		CAETHG_0926	CLJU_c29330	CLRAG_35340
2608	регулятор транскрипции семейства AraC		CAETHG_1193	CLJU_c32950	CLRAG_15380
2609	регулятор транскрипции семейства AraC		CAETHG_1411	CLJU_c35020	CLRAG_26280
2610	ДНК-связывающий белок типа AraC		CAETHG_3626	CLJU_c15240	CLRAG_24110
2611	регулятор транскрипции семейства ArgR		CAETHG_3019, CAETHG_3208	CLJU_c11190, CLJU_c09250	CLRAG_13780
2612	Регулятор транскрипции семейства ArsR		CAETHG_0267	CLJU_c21790	CLRAG_31330
2613	регулятор транскрипции семейства ArsR		CAETHG_0947	CLJU_c29530	CLRAG_35520
2614	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства ArsR		CAETHG_2289	CLJU_c01860	CLRAG_27460
2615	регулятор транскрипции семейства ArsR		CAETHG_3663	CLJU_c15640	CLRAG_32690
2616	Регулятор транскрипции семейства Lrp/AsnC, лейцин-чувствительный регуляторный белок		CAETHG_0190	CLJU_c21050	CLRAG_30630
2617	регулятор транскрипции семейства BadM/Rrf2		CAETHG_1298	CLJU_c34000	CLRAG_14150
2618	регулятор транскрипции семейства BadM/Rrf2		CAETHG_3292	CLJU_c12100	CLRAG_11700
2619	регулятор транскрипции семейства DeoR		CAETHG_0144	CLJU_c20610	CLRAG_19370
2620	регулятор транскрипции семейства DeoR		CAETHG_0677	CLJU_c26080	CLRAG_04170
2621	регулятор транскрипции семейства DeoR		CAETHG_3685	CLJU_c15770	CLRAG_32930
2622	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MocR, содержит аминотрансферазный домен	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_0037	CLJU_c19600	CLRAG_39520
2623	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MocR, содержит аминотрансферазный домен	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_1134	CLJU_c32060	CLRAG_02690
2624	ДНК-связывающий регулятор транскрипции YhcF семейства GntR		CAETHG_1908	CLJU_c40650	CLRAG_22840
2625	Регулятор транскрипции семейства GntR, репрессор транскрипции арабинозного оперона		CAETHG_2231	CLJU_c01230	CLRAG_30190
2626	Регулятор транскрипции семейства GntR		CAETHG_2767	CLJU_c06760	CLRAG_18560
2627	Регулятор транскрипции семейства GntR, репрессор транскрипции для комплекса пируватдегидрогеназы		CAETHG_3474	CLJU_c13910	CLRAG_09220
2628	регуляторный белок семейства gntR		CAETHG_3915	CLJU_c18060	CLRAG_00590
2629	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_0486	CLJU_c37760, CLJU_c24280	CLRAG_24950
2630	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_3884	CLJU_c17760	CLRAG_00950
2631	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_0932	CLJU_c29380	CLRAG_35380
2632	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_2177	CLJU_c00590	CLRAG_19990
2633	регулятор транскрипции семейства IclR		CAETHG_3442	CLJU_c13600	CLRAG_10270
2634	регулятор транскрипции семейства LacI		CAETHG_2293	CLJU_c01900	CLRAG_27500
2635	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_0059	CLJU_c19790	CLRAG_39340
2636	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_1229	CLJU_c33300	CLRAG_14960
2637	регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_1742	CLJU_c38940	CLRAG_21120

2638	регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_0532	CLJU_c24670	CLRAG_18160
2639	регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_0727	CLJU_c26460	CLRAG_04550
2640	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_0345	CLJU_c22830	CLRAG_01960
2641	регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_2051	CLJU_c42200	CLRAG_05310
2642	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_2541	CLJU_c04690	CLRAG_38070
2643	регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3646	CLJU_c15450	CLRAG_32580
2644	регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_4023	CLJU_c18890	CLRAG_40080
2645	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_3243	CLJU_c11520	CLRAG_11930
2646	поли-бета-гидроксибутират-чувствительный репрессор		CAETHG_0340	CLJU_c22780	CLRAG_02010
2647	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_0551	CLJU_c24840	CLRAG_17940
2648	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_0984	CLJU_c29850	CLRAG_35860
2649	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_1726	CLJU_c38780	CLRAG_21040
2650	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_3698	CLJU_c16040	CLRAG_33010
2651	регулятор транскрипции семейства RpiR		CAETHG_0221	CLJU_c21350	CLRAG_30910
2652	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_0459	CLJU_c23930	CLRAG_17230
2653	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_0631	CLJU_c25620	CLRAG_03820
2654	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_0936	CLJU_c29420	CLRAG_35410
2655	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_0940	CLJU_c29460	CLRAG_35450
2656	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_1388	CLJU_c34900	CLRAG_26140
2657	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_1493	CLJU_c35860	CLRAG_06360
2658	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_2189	CLJU_c00720	CLRAG_19860
2659	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_2470	CLJU_c04070	CLRAG_29180
2660	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_3141	CLJU_c10510	CLRAG_12830
2661	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_3491	CLJU_c14100	CLRAG_09450
2662	регулятор транскрипции семейства TraR/DksA		CAETHG_3908	CLJU_c17990	CLRAG_00640
2663	регулятор транскрипции, семейство XRE с сенсором купина		CAETHG_0377	CLJU_c23140	CLRAG_01670
2664	регулятор транскрипции, семейство XRE с купиновым сенсором		CAETHG_3450	CLJU_c13680	CLRAG_10190
2665	глюкокиназа	2.7.1.11	CAETHG_0166	CLJU_c20810	CLRAG_19190
2666	транскетолаза	2.2.1.1	CAETHG_2420	CLJU_c03050	CLRAG_28660
2667	транскетолаза	2.2.1.1	CAETHG_2421	CLJU_c03060	CLRAG_28670
2668	фактор элонгации трансляции 2 (EF-2/EF-G)		CAETHG_1979	CLJU_c41380	CLRAG_23570
2669	фактор элонгации G		CAETHG_1950	CLJU_c41070	CLRAG_23260
2670	бактериальный фактор инициации трансляции 1 (bIF-1)		CAETHG_1925	CLJU_c40820	CLRAG_23010
2671	переносчик семейства NhaC		CAETHG_2983	CLJU_c08880	CLRAG_07600
2672	Na ⁺ /H ⁺ -антипортер NhaD		CAETHG_0728	CLJU_c26470	CLRAG_04560
2673	фактор запуска		CAETHG_1473	CLJU_c35650	CLRAG_06180
2674	триозофосфатизомераза	5.3.1.1	CAETHG_1758	CLJU_c39130	CLRAG_21280
2675	трифосфорибозилдефосфо-КоА-синтаза		CAETHG_0606	CLJU_c25370	CLRAG_03640
2676	тРНК-специфическая 2-тиоуридилаза		CAETHG_0402	CLJU_c23380	CLRAG_01370
2677	тРНК-(гуанин-N(7))-метилтрансфераза		CAETHG_0964	CLJU_c29660	CLRAG_35660
2678	тРНК-(гуанин37-N1)-метилтрансфераза		CAETHG_3374	CLJU_c12920	CLRAG_10880
2679	23S рРНК-(урацил-5-)-метилтрансфераза RumA		CAETHG_2969	CLJU_c08750	CLRAG_07740

2680	тРНК-диметилаллилтрансфераза		CAETHG_0208	CLJU_c21220	CLRAG_30800
2681	поли(А)-полимераза		CAETHG_2258	CLJU_c01520	CLRAG_27180
2682	тРНК-псевдоуридин38-40-синтаза	4.2.1.70	CAETHG_1915	CLJU_c40720	CLRAG_22910
2683	тРНК-псевдоуридин55-синтаза	4.2.1.70	CAETHG_3401	CLJU_c13180	CLRAG_10610
2684	тРНК-2-метилтио-N6-диметилаллиладенозинсинтаза		CAETHG_0211	CLJU_c21250	CLRAG_30830
2685	тРНК-(аденин34)-дезаминаза		CAETHG_2192	CLJU_c00760	CLRAG_19820
2686	тРНК-U20-дигидроуридинсинтаза		CAETHG_1985	CLJU_c41510	CLRAG_04640
2687	тРНК-U20a,U20b-дигидроуридинсинтаза		CAETHG_1727	CLJU_c38790	CLRAG_21050
2688	Белок семейства репрессоров Tgr-оперона		CAETHG_1560	CLJU_c36990	CLRAG_36530
2689	триптофансинтаза, альфа-цепь		CAETHG_3707	CLJU_c16130	CLRAG_33100
2690	триптофансинтаза, бета-цепь	4.2.1.20, 4.1.2.8	CAETHG_3706	CLJU_c16120	CLRAG_33090
2691	триптофанил-тРНК-синтаза		CAETHG_1686	CLJU_c38290	CLRAG_20760
2692	TspO- и MBR-родственные белки		CAETHG_0611	CLJU_c25420	CLRAG_03700
2693	Белок, содержащий домен HAMP		CAETHG_3269	CLJU_c11780	CLRAG_11760
2694	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства AraC		CAETHG_1815	CLJU_c39690	CLRAG_21940
2695	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства LuxR		CAETHG_0883	CLJU_c28870	CLRAG_34950
2696	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_1425	CLJU_c35170	CLRAG_05680
2697	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_1588	CLJU_c37320	CLRAG_36760
2698	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_3465	CLJU_c13820	CLRAG_10020
2699	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_0041	CLJU_c19640	CLRAG_39500
2700	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_1195, CAETHG_3268	CLJU_c11770, CLJU_c38680, CLJU_c32970	CLRAG_15360
2701	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_3498, CAETHG_3513	CLJU_c14390, CLJU_c14170	CLRAG_09500
2702	двухкомпонентная система семейства NarL, сенсорная гистидинкиназа DegS		CAETHG_0884	CLJU_c28880	CLRAG_34960
2703	лидерная пептидаза (препилинпептидаза) / N-метилтрансфераза		CAETHG_2643	CLJU_c05610	CLRAG_06740
2704	белок сборки пилей PilC IV типа		CAETHG_3180	CLJU_c10910	CLRAG_12550
2705	пантотенаткиназа III типа	2.7.1.33	CAETHG_1986	CLJU_c41520	CLRAG_04650
2706	жгутик-специфичная АТФ-синтаза		CAETHG_3115	CLJU_c10250	CLRAG_13120
2707	тирозил-тРНК-синтаза		CAETHG_1677	CLJU_c38210	CLRAG_20670
2708	УДФ-галактопиранозомутаза	5.4.99.9	CAETHG_1252	CLJU_c33530	CLRAG_24750
2709	УДФ-глюкозо-4-эпимераза	5.1.3.7, 5.1.3.2	CAETHG_0258	CLJU_c21710	CLRAG_31300
2710	УДФ-N-ацетилглюкозамин-1-карбоксивинилтрансфераза	2.5.1.7	CAETHG_2027, CAETHG_2352	CLJU_c02460, CLJU_c41980	CLRAG_05090
2711	УДФ-GlcNAc3NAcA-эпимераза	5.1.3.14	CAETHG_1305	CLJU_c34070	CLRAG_14220
2712	УДФ-N-ацетилглюкозамин-2-эпимераза (негидролизующая)	5.1.3.14	CAETHG_2341	CLJU_c02350	CLRAG_27960
2713	процессивная 1,2-диацилглицерин-бета-глюкозилтрансфераза		CAETHG_2321	CLJU_c02160	CLRAG_27760
2714	УДФ-N-ацетилглюкозамин-N-ацетилмурамилпентапептид-N-ацетилглюкозаминтрансфераза	2.4.1.227	CAETHG_3028	CLJU_c09330	CLRAG_13770
2715	УДФ-N-ацетилмураматдегидрогеназа	1.1.1.158	CAETHG_2433	CLJU_c03180	CLRAG_28790

2716	УДФ-N-ацетилмурамат-L-аланилигаза	6.3.2.8	CAETHG_2010	CLJU_c41810	CLRAG_04940
2717	УДФ-N-ацетилмурамоилтрипептид-D-аланил-D-аланилигаза	6.3.2.10, 6.3.2.15	CAETHG_3148	CLJU_c10580	CLRAG_12760
2718	УДФ-N-ацетилмурамоилаланин-D-глутаматлигаза	6.3.2.9	CAETHG_1980	CLJU_c41450	CLRAG_04580
2719	УДФ-N-ацетилмурамоилаланил-D-глутамат-2,6-диаминопимелатлигаза	6.3.2.13	CAETHG_3147	CLJU_c10570	CLRAG_12770
2720	ундекапренилди фосфатсинтаза		CAETHG_1455	CLJU_c35470	CLRAG_06000
2721	ундекапренилди фосфатсинтаза		CAETHG_3389	CLJU_c13060	CLRAG_10730
2722	ундекапренилди фосфатаза	3.6.1.27	CAETHG_2722	CLJU_c06220	CLRAG_07500
2723	полипренилглизилфосфотрансфераза биосинтеза экзополисахаридов		CAETHG_1300	CLJU_c34020	CLRAG_14170
2724	урацилфосфорибозилтрансфераза	2.4.2.9	CAETHG_2337	CLJU_c02320	CLRAG_27920
2725	уридилаткиназа	2.7.4.14, 2.7.4.-, 2.7.4.4, 2.7.4.22, 2.7.4.9	CAETHG_3387	CLJU_c13040	CLRAG_10750
2726	уроканатгидратаза	4.2.1.49	CAETHG_0234	CLJU_c21480	CLRAG_31040
2727	метилтрансфераза / синтаза уропорфириногена III	2.1.1.107, 4.2.1.75, 1.3.1.76	CAETHG_1125	CLJU_c31970	CLRAG_02600
2728	УТФ-глюкозо-1-фосфатуридилтрансфераза	2.7.7.9	CAETHG_1318, CAETHG_2523	CLJU_c04510, CLJU_c34190	CLRAG_14340
2729	валил-тРНК-синтетаза		CAETHG_1366	CLJU_c34690	CLRAG_14770
2730	Белок устойчивости к гликопептидным антибиотикам		CAETHG_3170	CLJU_c10800	CLRAG_22450
2731	предполагаемая пептидогликан-липид II-флипаза		CAETHG_1302	CLJU_c34040	CLRAG_14190
2732	Хаа-Pro-дипептидаза		CAETHG_0961	CLJU_c29640	CLRAG_35630
2733	Хаа-Pro-аминопептидаза	3.4.11.1, 3.4.11.2, 3.4.13.3, 3.4.11.23	CAETHG_3189	CLJU_c11000	CLRAG_12460
2734	СО- или ксантиндегидрогеназа, Мо-связывающая субъединица	1.1.1.204, 1.17.1.4	CAETHG_0993	CLJU_c29940	CLRAG_35940
2735	ксантиндегидрогеназа, апопротеин молибденсвязывающей субъединицы	1.1.1.204, 1.17.1.4	CAETHG_0423	CLJU_c23590	CLRAG_17580
2736	СО- или ксантиндегидрогеназа, Мо-связывающая субъединица		CAETHG_0456	CLJU_c23900	CLRAG_17260
2737	ксилулокиназа	2.7.1.17	CAETHG_3933	CLJU_c18250	CLRAG_00350
2738	фосфолипаза С		CAETHG_0300	CLJU_c22020	CLRAG_31550
2739	Треониндегидрогеназа	4.2.1.20, 4.1.2.8	CAETHG_0553	CLJU_c24860	CLRAG_17920
2740	Fe-S-кластер-содержащий компонент дегидрогеназы		CAETHG_0614	CLJU_c25450	*
2741	1,4-дигидрокси-2-нафтоатпренилтрансфераза	2.5.1.-	CAETHG_1874	CLJU_c40280	*
2742	2-дезоксид-глюконат-3-дегидрогеназа		CAETHG_0654	CLJU_c25850	*
2743			*	CLJU_c40790	CLRAG_22980
2744	6-фосфоглюконатдегидрогеназа	1.1.1.44	CAETHG_3250	CLJU_c11590	*
2745	6-пирувоилтетрагидроптерин/6-карбокситетрагидроптеринсинтаза		CAETHG_2465	CLJU_c04020	*
2746	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0770	CLJU_c26860	*
2747	Abi-подобный белок		CAETHG_1172	CLJU_c32420	*
2748	аконитаза	4.2.1.3, 4.2.1.4	CAETHG_1051, CAETHG_2752	CLJU_c30460, CLJU_c06620	*
2749	Переносчик аминокислот		CAETHG_2075	CLJU_c42500	*

2750	альдозо-1-эпимераза	5.1.3.3	CAETHG_3934	CLJU_c18270	*
2751	аллантиназа	3.5.2.5	CAETHG_3635	CLJU_c15330	*
2752	система транспорта аминокислот, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_0889	CLJU_c27640, CLJU_c28940	*
2753	система транспорта аминокислот, предполагаемый субстрат-связывающий белок		CAETHG_0891	CLJU_c28960	*
2754	анаэробная сульфитредуктаза, субъединица А	1.8.7.1	CAETHG_0616	CLJU_c25470	*
2755	анаэробная сульфитредуктаза, субъединица В	1.8.7.1	CAETHG_0617	CLJU_c25480	*
2756	аргининдезиминаза	3.5.3.6	CAETHG_3021	CLJU_c09270	*
2757	антипортер аргинина:орнитина / лизинпермеаза		CAETHG_3024	CLJU_c09290, CLJU_c27990	*
2758	аспартаткарбамоилтрансфераза, каталитическая субъединица	2.1.3.2	CAETHG_3631	CLJU_c15290	*
2759	аминотрансфераза аминокислот с разветвленной цепью	2.6.1.67, 2.6.1.42, 2.6.1.6	CAETHG_2968	CLJU_c08740	CLRAG_07750
2760			*	CLJU_c23570, CLJU_c28000	CLRAG_17600
2761	карбаматкиназа	2.7.2.2	CAETHG_0421, CAETHG_3632	CLJU_c15300	*
2762	регулятор накопления углерода, CsrA		CAETHG_3049	CLJU_c09540	*
2763	4-карбоксимуконлактондекарбоксилаза	4.1.1.44	CAETHG_1512	CLJU_c36030	*
2764	[цитрат(про-3S)-лиаза]-лигаза		CAETHG_0604	CLJU_c25350	*
2765	цитратлиаза, гамма-субъединица (белок-переносчик ацильных групп)	2.3.3.1	CAETHG_0603, CAETHG_1054	CLJU_c30490, CLJU_c25340	*
2766	цитрат-лиаза, альфа-субъединица / цитрат-КоА-трансфераза	2.3.3.1	CAETHG_0601, CAETHG_1052	CLJU_c30470, CLJU_c25320	*
2767	цитрат-лиаза, бета-субъединица / цитрил-КоА-лиаза	2.3.3.1	CAETHG_0602, CAETHG_1053	CLJU_c30480, CLJU_c25330	*
2768	D-3-фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_3249	CLJU_c11580	*
2769	дезоксирибонуклеозидный регулятор		CAETHG_3920	CLJU_c18110	*
2770	аллантиназа	3.5.2.5	CAETHG_3636	CLJU_c15340	*
2771	электрон-транспортный флавопротеин, апопротеин альфа-субъединицы		CAETHG_1868	CLJU_c40220	*
2772	электрон-транспортный флавопротеин, бета-субъединица		CAETHG_1869	CLJU_c40230	*
2773	2,4-диеноил-КоА-редуктаза		CAETHG_0869	CLJU_c28740	CLRAG_34820
2774	2,4-диеноил-КоА-редуктаза		CAETHG_3711	CLJU_c16160, CLJU_c38590	*
2775	белок утилизации этаноламина EutN		CAETHG_1824, CAETHG_3284	CLJU_c39780, CLJU_c11930	CLRAG_22030
2776	белок азотфиксации NifB		CAETHG_0418	CLJU_c23540	*
2777	Регулятор транскрипции семейства Fur, регулятор поглощения трехвалентного железа		CAETHG_0018	CLJU_c19410	*
2778	ферредоксин-подобный белок		CAETHG_1866	CLJU_c40200	*
2779	флагеллин		CAETHG_3058	CLJU_c09630	*
2780	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_2464	CLJU_c04010	*
2781	глюконокиназа	2.7.1.12	CAETHG_3252	CLJU_c11610	*
2782	высокоаффинный переносчик глюконата системы Gnt-I		CAETHG_0816	CLJU_c28160	*
2783			*	CLJU_c28110, CLJU_c38380	CLRAG_09070
2784	глицерин-2-дегидрогеназа (НАД+)	1.1.1.6	CAETHG_0738	CLJU_c26570	*
2785	глицериндегидратаза, кобаламин-независимая, большая субъединица	2.3.1.54	CAETHG_3274	CLJU_c11830	*
2786	глицериндегидратаза, кобаламин-независимая, малая субъединица	2.3.1.54	CAETHG_3275	CLJU_c11840	*

2787	предполагаемая гликозилтрансфераза, ассоциированная с экзосортазой G		CAETHG_2463	CLJU_c04000	*
2788	Предполагаемая флиппаза GtrA (трансмембранная транслоказа бактопренол-связанной глюкозы)		CAETHG_1736	CLJU_c38880	*
2789	Белок, содержащий домен связывания субстрата LysR		CAETHG_0002	CLJU_c19260	*
2790	аналог белка оболочки спор		CAETHG_0029	CLJU_c19520	*
2791	белок, связывающий везикулы		CAETHG_0039	CLJU_c19620	*
2792	гипотетический белок		CAETHG_0082	CLJU_c20020	CLRAG_32500
2793	Аденилаттрансфераза биосинтеза молибдоптерина или тиамина		CAETHG_0087, CAETHG_0104	CLJU_c20230, CLJU_c20060	CLRAG_29690
2794	гипотетический белок		CAETHG_0199	CLJU_c21130	*
2795	белок с неизвестной функцией (DUF4830)		CAETHG_0202	CLJU_c21160	*
2796	гипотетический белок		CAETHG_0203	CLJU_c21170	*
2797	гипотетический белок		CAETHG_0212	CLJU_c21260	*
2798	гипотетический белок		CAETHG_0214	CLJU_c21280	*
2799	Белок с неизвестной функцией (DUF1177)		CAETHG_0281	CLJU_c27890	*
2800	гипотетический белок		CAETHG_0295	CLJU_c21970	*
2801	белок с неизвестной функцией (DUF4430)		CAETHG_0328	CLJU_c22270, CLJU_c22290	CLRAG_31880
2802	Прогнозируемый фермент, содержащий домен TIM-barrel		CAETHG_0362	CLJU_c23000	*
2803	Регулятор транскрипции семейства GntR / аминотрансфераза семейства MocR		CAETHG_0400	CLJU_c23360	*
2804	Регулятор транскрипции семейства GntR / аминотрансфераза семейства MocR		CAETHG_0401	CLJU_c23370	*
2805	гипотетический белок	3.1.4.2, 3.1.4.46	CAETHG_0414	CLJU_c23500	*
2806	гипотетический белок		CAETHG_0479	CLJU_c24210	*
2807	белок с неизвестной функцией (DUF4111)		CAETHG_0521	CLJU_c24580	*
2808	Область ДНК-полимеразного бета-домена		CAETHG_0522	CLJU_c24590	*
2809	предсказанная нуклеотидилтрансфераза семейства UPF0157, содержащая домен GrpB		CAETHG_0526	CLJU_c24620	CLRAG_30000
2810	гипотетический белок		CAETHG_0623	CLJU_c30950, CLJU_c27570, CLJU_c25540	*
2811	Белок семейства Sdpl/YhfL		CAETHG_0627, CAETHG_3804	CLJU_c25580, CLJU_c16940	*
2812	Хиноломонооксигеназа YgiN		CAETHG_0629	CLJU_c25600	*
2813	CDP-диацилглицеринглицеро-3-фосфат-3-фосфатидилтрансфераза		CAETHG_0642	CLJU_c25730	CLRAG_03930
2814	гипотетический белок		CAETHG_0668	CLJU_c25990	*
2815	Неохарактеризованный консервативный белок (DUF2149)		CAETHG_0669	CLJU_c26000	*
2816	Белок транспорта биополимеров ExbB/ToIQ		CAETHG_0670	CLJU_c26010	*
2817	Белок, содержащий домен фибронектина III типа		CAETHG_0672	CLJU_c26030	*
2818	гипотетический белок		CAETHG_0679	CLJU_c26100	*
2819	Фосфодиэстераза I типа / нуклеотидпирофосфатаза		CAETHG_0711	CLJU_c26310	*
2820	гипотетический белок		CAETHG_0722	CLJU_c26410	*
2821	белок-переносчик семейства ABC-2		CAETHG_0769	CLJU_c26850	*
2822	Неохарактеризованный мембранный белок		CAETHG_0772	CLJU_c26880	*
2823	белок с неизвестной функцией (DUF2935)		CAETHG_0782	CLJU_c26980	*
2824	гипотетический белок		CAETHG_0783	CLJU_c26990	*

2825	гипотетический белок		CAETHG_0807	CLUJ_c27220	*
2826	Ацетилэстераза/липаза		CAETHG_0864	CLUJ_c28690	CLRAG_34770
2827	гипотетический белок		CAETHG_0935	CLUJ_c29410	*
2828	Белок с неизвестной функцией (DUF2680)		CAETHG_0955	CLUJ_c29590	CLRAG_35580
2829	Белок, содержащий короткий С-концевой домен		CAETHG_0958	CLUJ_c29620	CLRAG_35610
2830	Белок, содержащий 4Fe-4S-связывающий домен		CAETHG_0959	CLUJ_c29630	CLRAG_35620
2831	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_1046	CLUJ_c30410	*
2832	Гем-разлагающий белок		CAETHG_1071	CLUJ_c30670	*
2833	гипотетический белок		CAETHG_1089	CLUJ_c30890	CLRAG_16270
2834	белок с неизвестной функцией (DUF4829)		CAETHG_1090	CLUJ_c30900	CLRAG_16280
2835	гипотетический белок		CAETHG_1092	CLUJ_c30920	CLRAG_16300
2836	белок с неизвестной функцией (DUF4829)		CAETHG_1098	CLUJ_c30930	CLRAG_16310
2837	гипотетический белок		CAETHG_1103	CLUJ_c31050	*
2838	гипотетический белок		CAETHG_1155	CLUJ_c32270	CLRAG_23940
2839	Белок, содержащий N-концевой домен TfoX		CAETHG_1161	CLUJ_c32310	CLRAG_08870
2840	гипотетический белок		CAETHG_1165, CAETHG_1658	CLUJ_c32350	CLRAG_37640
2841	Abi-подобный белок		CAETHG_1171	CLUJ_c32410	*
2842	эпоксиквеозинредуктаза		CAETHG_1173	CLUJ_c32750	*
2843	гипотетический белок		CAETHG_1178	CLUJ_c32800	*
2844	гипотетический белок		CAETHG_1326	CLUJ_c34270	*
2845	гипотетический белок		CAETHG_1327	CLUJ_c34280	*
2846	гипотетический белок		CAETHG_1379	CLUJ_c34810	*
2847	гипотетический белок		CAETHG_1391	CLUJ_c34930	CLRAG_26170
2848	Белок с неизвестной функцией (DUF1648)		CAETHG_1410	CLUJ_c35010	*
2849	белок трансформации ДНК		CAETHG_1419	CLUJ_c35100	*
2850	Zn-зависимая протеаза (содержит SpoIVFB)		CAETHG_1422	CLUJ_c35140	CLRAG_26390
2851	гипотетический белок		CAETHG_1439	CLUJ_c35300	*
2852	Белок с неизвестной функцией (DUF3892)		CAETHG_1523	CLUJ_c36130	*
2853	гипотетический белок		CAETHG_1534	CLUJ_c36240	*
2854	гипотетический белок		CAETHG_1541	CLUJ_c36330	*
2855	гипотетический белок		CAETHG_1542	CLUJ_c36340	*
2856	гипотетический белок		CAETHG_1544	CLUJ_c36360	*
2857	белок с неизвестной функцией (DUF4878)		CAETHG_1708	CLUJ_c38550	*
2858	Белок с неизвестной функцией (DUF2889)		CAETHG_1725	CLUJ_c38770	*
2859	гипотетический белок		CAETHG_1739	CLUJ_c38910	*
2860	гипотетический белок		CAETHG_1768	CLUJ_c39230	*
2861	Долихилфосфатманноза-белок-маннозилтрансфераза		CAETHG_1848	CLUJ_c40010	*
2862	белок с неизвестной функцией (DUF2935)		CAETHG_1851	CLUJ_c40040	*
2863	гипотетический белок		CAETHG_1857	CLUJ_c40080	*
2864	Кальциневрин-подобная фосфоэстераза		CAETHG_1865	CLUJ_c40180	*
2865	YtkA-подобный белок		CAETHG_1878	CLUJ_c40320	*
2866	гипотетический белок		CAETHG_2080	CLUJ_c42540	*
2867	гипотетический белок		CAETHG_2142	CLUJ_c00250	*
2868	Белок, содержащий AAA-подобный домен		CAETHG_2161	CLUJ_c00430	*
2869	гипотетический белок		CAETHG_2162	CLUJ_c00440	*

2870	гипотетический белок		CAETHG_2163	CLJU_c00450	*
2871	гипотетический белок		CAETHG_2165	CLJU_c00460	*
2872	ДНК-связывающий регулятор транскрипции, содержащий домен НТН семейства XRE		CAETHG_2166	CLJU_c00470	CLRAG_33390
2873	Белок суперсемейства основных переносчиков, участвующих в облегченной диффузии		CAETHG_2450	CLJU_c03880	*
2874	гипотетический белок		CAETHG_2452	CLJU_c03900	*
2875	сукцинилдиаминимелатдесукцинилаза		CAETHG_2453	CLJU_c03910	*
2876	Белок, содержащий домен Firmicu-CTERM		CAETHG_2461	CLJU_c03980	*
2877	белок XrtG семейства экзосортазы		CAETHG_2462	CLJU_c03990	*
2878	гипотетический белок		CAETHG_2466	CLJU_c04030	*
2879	белок, содержащий домен с консервативным повтором		CAETHG_2495	CLJU_c04270	*
2880	гипотетический белок		CAETHG_2496	CLJU_c04280	*
2881	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_2580	CLJU_c05030	CLRAG_38420
2882	гипотетический белок		CAETHG_2582	CLJU_c05050	CLRAG_38440
2883	гипотетический белок		CAETHG_2669	CLJU_c05750	*
2884	гипотетический белок		CAETHG_2671	CLJU_c05770	*
2885	Белок с неизвестной функцией (DUF2442)		CAETHG_2685, CAETHG_3454	CLJU_c13720	*
2886	гипотетический белок		CAETHG_2694	CLJU_c05970	*
2887	гипотетический белок		CAETHG_2734	CLJU_c06390	*
2888	СохЕ-подобный белок, содержащий домен VWA		CAETHG_2738	CLJU_c06420	*
2889	гипотетический белок		CAETHG_2739	CLJU_c06430	*
2890	гипотетический белок		CAETHG_2740	CLJU_c06440	*
2891	гипотетический белок		CAETHG_2859	CLJU_c07660	*
2892	гипотетический белок		CAETHG_2860	CLJU_c07670	*
2893	Белок пермеазы транспортной системы типа ABC-2		CAETHG_2869	CLJU_c07770	*
2894	2-еноатредуктаза		CAETHG_2913	CLJU_c08180	*
2895	гипотетический белок		CAETHG_2924	CLJU_c08290	*
2896	Белок суперсемейства PD-(D/E)XK-нуклеазы		CAETHG_2925	CLJU_c08300	*
2897	гипотетический белок		CAETHG_2929	CLJU_c08340	*
2898	гипотетический белок		CAETHG_2930	CLJU_c08350	*
2899	гипотетический белок		CAETHG_2931	CLJU_c08370	*
2900	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_3060	CLJU_c09650	*
2901	Белок с неизвестной функцией (DUF2920)		CAETHG_3061	CLJU_c09660	*
2902	лизин-N-метилаза		CAETHG_3062	CLJU_c09670	*
2903	гипотетический белок		CAETHG_3063	CLJU_c09680	*
2904	Предсказанная AAA-АТФаза		CAETHG_3086	CLJU_c09950, CLJU_c09890	CLRAG_13410
2905	Предсказанная нуклеотидилтрансфераза		CAETHG_3087	CLJU_c09960	*
2906	Неохарактеризованный консервативный белок YutE семейства UPF0331/DUF86		CAETHG_3088	CLJU_c09970	*
2907	гипотетический белок		CAETHG_3436	CLJU_c13520	*
2908	Флаводоксин		CAETHG_3504	CLJU_c14220	*
2909	регуляторный белок катаболизма пуринов		CAETHG_3627	CLJU_c15250	*
2910	(S)-уреидоглицинаминогидролаза		CAETHG_3629	CLJU_c15270	*
2911	белок секреции семейства HlyD		CAETHG_3649	CLJU_c15480	*
2912	гипотетический белок		CAETHG_3716	CLJU_c16220	CLRAG_33130

2913	гипотетический белок		CAETHG_3717	CLJU_c16230	CLRAG_33140
2914	гипотетический белок		CAETHG_3729	CLJU_c16350	CLRAG_33160
2915	гипотетический белок		CAETHG_3739, CAETHG_3742	CLJU_c16450, CLJU_c16470	*
2916	гипотетический белок		CAETHG_3746	CLJU_c16500	*
2917	гипотетический белок		CAETHG_3763	CLJU_c16590	CLRAG_33490
2918	гипотетический белок		CAETHG_3805	CLJU_c16950	*
2919	белок с неизвестной функцией (DUF3784)		CAETHG_3806	CLJU_c16960	*
2920	гипотетический белок		CAETHG_3808	CLJU_c16980	*
2921	гипотетический белок		CAETHG_3816	CLJU_c17040	*
2922	Неохарактеризованный мембранный белок YcaP семейства DUF421		CAETHG_3817	CLJU_c17050	*
2923	Неохарактеризованный SAM-связывающий белок YcdF семейства DUF218		CAETHG_3854	CLJU_c17410	*
2924	Протеин-S-изопренилцистеин-O-метилтрансфераза Ste14		CAETHG_3856	CLJU_c17430	*
2925	переносчик хроматов		CAETHG_3866	CLJU_c17580	*
2926	Гидролаза L-2-аминотиазолин-4-карбоновой кислоты		CAETHG_3876	CLJU_c17680	CLRAG_01060
2927	Белок, содержащий домен HEPN		CAETHG_3937	CLJU_c18300	*
2928	Арилсульфотрансфераза (ACCT)		CAETHG_3941	CLJU_c18340	*
2929	гипотетический белок		CAETHG_3945	CLJU_c18380	*
2930	гипотетический белок		CAETHG_3960	CLJU_c18530	*
2931	гипотетический белок		CAETHG_3961	CLJU_c18540	*
2932	вирус Gr157		CAETHG_3962	CLJU_c18550	*
2933	гипотетический белок		CAETHG_3963	CLJU_c18560	*
2934	фагоподобный белок		CAETHG_3979	CLJU_c18650	*
2935	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_4031	CLJU_c18970	*
2936	белок, содержащий домен G5		CAETHG_4035	CLJU_c19010	*
2937	гипотетический белок		CAETHG_4040	CLJU_c19060	*
2938	PLP-зависимый фермент метаболизма Cys/Met	2.5.1.-, 2.5.1.48, 2.5.1.49, 4.2.99.9	CAETHG_4050	CLJU_c19160	*
2939			*	CLJU_c27480	CLRAG_08940
2940			*	CLJU_c25630	CLRAG_03830
2941			*	CLJU_c36220, CLJU_c36370	CLRAG_23960
2942			*	CLJU_c31600	CLRAG_32430
2943			*	CLJU_c00980	CLRAG_19600
2944			*	CLJU_c31810	CLRAG_02440
2945			*	CLJU_c14450	CLRAG_09750
2946			*	CLJU_c30730	CLRAG_16170
2947			*	CLJU_c07810, CLJU_c03710	CLRAG_16800
2948			*	CLJU_c31540	CLRAG_16380
2949			*	CLJU_c42750	CLRAG_25560
2950			*	CLJU_c30820	CLRAG_16260
2951			*	CLJU_c22510	CLRAG_32090
2952	Амидаза, родственная никотинамидазе		CAETHG_2912	CLJU_c08170	*
2953	редуктоизомераза кетокислот	1.1.1.86, 1.1.1.169,	CAETHG_0122	CLJU_c20400, CLJU_c20390	CLRAG_25900

		5.4.99.3			
2954	редуктоизомераза кетокислот	1.1.1.86, 1.1.1.169, 5.4.99.3	CAETHG_3633	CLJU_c15310	*
2955	L-рамноизомераза	5.3.1.14	CAETHG_2086	CLJU_c42600	*
2956	рамнулокиназа	2.7.1.5	CAETHG_2087	CLJU_c42610	*
2957			*	CLJU_c26820	CLRAG_08700
2958	5-метилтетрагидрофолатгомоцистеинметилтрансфераза	2.1.1.13, 2.1.1.14	CAETHG_0145, CAETHG_0153	CLJU_c20690, CLJU_c20620	CLRAG_19360
2959	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_2073	CLJU_c42480	*
2960	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_3026	CLJU_c09310	*
2961	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_3492	CLJU_c14110	*
2962			*	CLJU_c29230	CLRAG_35230
2963	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_1214	CLJU_c33150	CLRAG_15140
2964	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором TagH / метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса с сенсором Cache		CAETHG_3981	CLJU_c18670	*
2965	молибдоптеринмолибдохелатаза		CAETHG_0098	CLJU_c20170	CLRAG_29750
2966	молибдоптеринмолибдохелатаза		CAETHG_0099	CLJU_c20180	CLRAG_29740
2967	деацилаза N-ацил-D-аминокислот		CAETHG_0995	CLJU_c29960	CLRAG_35960
2968	аллантаотдезиминаза		CAETHG_3630	CLJU_c15280	*
2969	малатдегидрогеназа (оксалоацетат-декарбокксилирующая)		CAETHG_0605, CAETHG_1055	CLJU_c30500, CLJU_c25360	*
2970	система транспорта сульфонов, субстрат-связывающий белок		CAETHG_3940	CLJU_c18330	*
2971	нитрогеназа, молибден-железосодержащий белок, альфа-цепь		CAETHG_0416	CLJU_c23520	*
2972	нитрогеназа, молибден-железосодержащий белок, бета-цепь		CAETHG_0415	CLJU_c23510	*
2973	негемовая хлорпероксидаза		CAETHG_1085	CLJU_c30810	*
2974	орнитинкарбамоилтрансфераза	2.1.3.3	CAETHG_3022	CLJU_c28010, CLJU_c09280	*
2975	Сайт-специфическая рекомбиназа XerD		CAETHG_2138	CLJU_c00210	*
2976	Белок, содержащий домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_3751	CLJU_c16550	CLRAG_33360
2977	Фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_1012	CLJU_c30120	*
2978	префенатдегидратаза	4.2.1.91, 4.2.1.51	CAETHG_0619	CLJU_c25500	*
2979	Белок утилизации пропандиола		CAETHG_1818, CAETHG_3288	CLJU_c39720, CLJU_c11970	CLRAG_21970
2980	система транспорта комплексов железа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_3824, CAETHG_3830	CLJU_c17120, CLJU_c17180	*
2981	система транспорта вольфрамов, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0097	CLJU_c20160	CLRAG_29760
2982	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_0707	CLJU_c26270	*
2983	транспортная система типа ABC-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_2581	CLJU_c05040	CLRAG_38430
2984	Система экспорта липопротеинов ABC-типа, АТФазный компонент		CAETHG_3835	CLJU_c17220	*
2985	система транспорта вольфрамов, субстрат-связывающий белок		CAETHG_0095	CLJU_c20140	CLRAG_29780
2986	Система транспорта D-метионина, субстрат-связывающий белок		CAETHG_2726	CLJU_c06300	*

2987	система транспорта вольфрамов, пермеазный белок		CAETHG_0096	CLJU_c20150	CLRAG_29770
2988	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0708	CLJU_c26280	*
2989	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0709	CLJU_c26290	*
2990	Система транспорта D-метионина, пермеазный белок		CAETHG_2725	CLJU_c06290	*
2991	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_3651	CLJU_c15500	*
2992	Белок ElaA		CAETHG_0806	CLJU_c27210	*
2993	Ацетилаза рибосомного белка S18 RimI		CAETHG_1417	CLJU_c35080	CLRAG_26340
2994	Белок, содержащий домен ацетилтрансферазы (GNAT)		CAETHG_1420	CLJU_c35110	*
2995			*	CLJU_c21000	CLRAG_19020
2996	N-концевая область ацил-КоА тиаоэфиргидролазы / ВААТ	3.1.2.	CAETHG_0718	CLJU_c26370	CLRAG_04450
2997	Имидазолонпропионаза	3.5.2.3	CAETHG_1002	CLJU_c30030	*
2998	гипотетический белок		CAETHG_2079	CLJU_c42530	*
2999	амидогидролаза	3.5.1.47	CAETHG_2723	CLJU_c06270	*
3000	система транспорта аминокислот, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_0890	CLJU_c28950	*
3001	деацилаза N-ацил-D-аминокислот		CAETHG_0259	CLJU_c21720	*
3002	Пептидаза семейства M28		CAETHG_1859	CLJU_c40100	*
3003	Сахарофосфатизомераза/эпимераза		CAETHG_0792	CLJU_c27080	*
3004	голо-АСР-синтаза		CAETHG_0598	CLJU_c25290	*
3005	Белок, содержащий AgaC-подобный лиганд-связывающий домен		CAETHG_3438	CLJU_c13540	*
3006	Белок, содержащий домен AAA (подсемейства белков, родственных динеину)		CAETHG_2733	CLJU_c06380	*
3007	трехкомпонентный рецептор АТФ-независимого переносчика растворенных веществ семейства DctP		CAETHG_3255	CLJU_c11640	*
3008	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_0327, CAETHG_0335	CLJU_c22350, CLJU_c22280	CLRAG_31870
3009	белок с неизвестной функцией (DUF4430)		CAETHG_0333	CLJU_c22330	CLRAG_31920
3010	Предполагаемый белок, связывающий клеточную стенку		CAETHG_1424	CLJU_c35160	*
3011	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_2687	CLJU_c05900	*
3012	Предполагаемый белок связывания клеточной стенки, содержащий повтор 2		CAETHG_3812	CLJU_c17000	*
3013	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_1045	CLJU_c30400	*
3014	Метил-акцепторный белок хемотаксиса (MCP), содержащий сигнальный домен		CAETHG_3863	CLJU_c17500	*
3015	переносчик хроматов		CAETHG_1527	CLJU_c36170	CLRAG_24010
3016	малат:Na ⁺ -симпортер	2.3.3.1	CAETHG_1701, CAETHG_2480	CLJU_c38450	*
3017	Метаногенный корриноидсодержащий белок MtbC1		CAETHG_2844, CAETHG_2849	CLJU_c07560, CLJU_c07510	*
3018	ГТФаза семейства G3E		CAETHG_4042	CLJU_c19080	*
3019	система транспорта фактора сопряжения энергетического метаболизма, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0330	CLJU_c22310	CLRAG_31900
3020	система транспорта фактора сопряжения энергетического метаболизма, пермеазный белок		CAETHG_0332	CLJU_c22320	CLRAG_31910
3021	белок транспорта нуклеозидов		CAETHG_3923	CLJU_c18140	*

3022	D-3-фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_2448	CLJU_c03860	*
3023	D-3-фосфоглицератдегидрогеназа	1.1.1.95	CAETHG_3253	CLJU_c11620	*
3024	предполагаемая гидролаза метаболизма селена	3.5.1.14, 3.5.1.16	CAETHG_0994	CLJU_c29950	CLRAG_35950
3025	белок гибели при отверждении		CAETHG_1097	CLJU_c32640	CLRAG_29380
3026	MutS, домен V		CAETHG_0794	CLJU_c27090	*
3027	регуляторный белок blaR1		CAETHG_2770	CLJU_c06790	CLRAG_18590
3028	Ацетилэстераза/липаза		CAETHG_0863	CLJU_c28680	CLRAG_34760
3029	гипотетический белок		CAETHG_1331	CLJU_c34310	*
3030	Энтерохелинэстераза		CAETHG_1418	CLJU_c35090	CLRAG_26350
3031			*	CLJU_c37370	CLRAG_36810
3032			*	CLJU_c29650	CLRAG_35640
3033	Кобаламинаденозилтрансфераза утилизации этаноламина		CAETHG_1827, CAETHG_3281	CLJU_c39810, CLJU_c11900	CLRAG_22060
3034	система транспорта спермидина/путресцина, предполагаемый субстрат-связывающий белок		CAETHG_0710	CLJU_c26300	*
3035	электрон-транспортная флавопротеин-хиноноксидоредуктаза		CAETHG_1867	CLJU_c40210	*
3036			*	CLJU_c00150	CLRAG_20170
3037	гипотетический белок		CAETHG_0780	CLJU_c26960	*
3038	белок, содержащий радикал SAM и дополнительный 4Fe4S-связывающий домен SPASM		CAETHG_1535	CLJU_c36250	*
3039	система транспорта Fe3+ ABC-типа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_3829	CLJU_c17170	*
3040	Неохарактеризованный белок, содержащий 2Fe-2 и 4Fe-4S-кластеры и домен DUF4445		CAETHG_4047	CLJU_c19130	*
3041	белок 3 FglL, ассоциированный с крюком жгутика		CAETHG_3047	CLJU_c09520	*
3042	белок хемотаксиса MotA		CAETHG_0049	CLJU_c19720	CLRAG_39420
3043	белок хемотаксиса MotB		CAETHG_0048	CLJU_c19710	CLRAG_39430
3044			*	CLJU_c09550	CLRAG_13560
3045			*	CLJU_c37490	CLRAG_36900
3046	Ацетилаза рибосомного белка S18 RimI		CAETHG_2992	CLJU_c08980	*
3047	белок, содержащий домен дигуанилатциклазы (GGDEF)		CAETHG_0173	CLJU_c20880	*
3048			*	CLJU_c28080	CLRAG_08980
3049	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_2774	CLJU_c06830	*
3050	Долгилфосфатманноза-белок-маннозилтрансфераза		CAETHG_1738	CLJU_c38900	*
3051	долгилфосфатманнозилтрансфераза		CAETHG_2458	CLJU_c03960	*
3052	Белок, содержащий тетрапептидный повтор		CAETHG_3059	CLJU_c09640	*
3053	гипотетический белок		CAETHG_3085	CLJU_c09940	*
3054	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_4033	CLJU_c18990	*
3055	гипотетический белок		CAETHG_0379	CLJU_c23160	*
3056	Предполагаемая флиппаза GtrA (трансмембранная транслоказа бактопренол-связанной глюкозы)		CAETHG_2067	CLJU_c42420	*
3057	Экспортер сульфита TauE/SafE		CAETHG_1870	CLJU_c40240	*
3058	предполагаемая АТФаза		CAETHG_3291	CLJU_c12000	*
3059	Белок семейства фаговых интеграз		CAETHG_0767, CAETHG_3579	CLJU_c14790, CLJU_c26830	CLRAG_08710

3060	система транспорта комплексов железа, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0088	CLJU_c20070	CLRAG_29590
3061	система транспорта комплексов железа, пермеазный белок		CAETHG_0089	CLJU_c20080	CLRAG_29600
3062	Полиферредоксин		CAETHG_1879	CLJU_c40330	*
3063	система транспорта комплексов железа, субстрат-связывающий белок		CAETHG_0090	CLJU_c20090	CLRAG_29660
3064	Протеин-S-изопренилцистеин-O-метилтрансфераза Ste14		CAETHG_2175	CLJU_c00570	*
3065	L-рамнозомутаротаза		CAETHG_2083	CLJU_c42570	*
3066	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_3712	CLJU_c16170	*
3067	гипотетический белок		CAETHG_0517	CLJU_c24550	*
3068	Эффектор трансмембранной секреции		CAETHG_0518	CLJU_c24560	*
3069	белок, способствующий поглощению глицерина		CAETHG_3280	CLJU_c11890	*
3070	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_1175	CLJU_c32770	*
3071	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_1209	CLJU_c33110	CLRAG_15220
3072	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3855	CLJU_c17420	*
3073	Zn-зависимая протеаза (содержит SpoIVFB)		CAETHG_0038	CLJU_c19610	*
3074	система транспорта фактора сопряжения энергетического метаболизма, субстрат-специфический компонент		CAETHG_0329	CLJU_c22300	CLRAG_31890
3075	Кальциневрин-подобная фосфоэстераза		CAETHG_3505	CLJU_c14230	*
3076	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_3913	CLJU_c18040	*
3077	S-метилаза биосинтеза убихинона/менахинона UbiE		CAETHG_0499	CLJU_c24390	*
3078			*	CLJU_c22620	CLRAG_32180
3079			*	CLJU_c24100	CLRAG_30580
3080	Сахарофосфатная пермеаза		CAETHG_0865	CLJU_c28700	CLRAG_34780
3081	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_0866	CLJU_c28710	CLRAG_34790
3082	переносчик магния		CAETHG_3007	CLJU_c09130	*
3083	Белок-переносчик серы ThiS (биосинтез тиамина)		CAETHG_0086, CAETHG_0103	CLJU_c20220, CLJU_c20050	CLRAG_34300
3084	система транспорта молибдата, субстрат-связывающий белок		CAETHG_0671	CLJU_c26020	*
3085	Белок, содержащий домен Fe4S4 молибдоптериноксидоредуктазы	1.7.7.2	CAETHG_0613	CLJU_c25440	*
3086	белок, содержащий молибден-птеринсвязывающий домен		CAETHG_0001	CLJU_c19250	*
3087			*	CLJU_c19740	CLRAG_39400
3088	предполагаемый эффлюксный белок семейства MATE		CAETHG_1208	CLJU_c33100	CLRAG_15230
3089	предполагаемый эффлюксный белок семейства MATE		CAETHG_0796	CLJU_c27110	*
3090			*	CLJU_c22520	CLRAG_32100
3091			*	CLJU_c22710	CLRAG_02070
3092	2,4-диеноил-КоА-редуктаза		CAETHG_0867	CLJU_c28720	CLRAG_34800
3093	нитроредуктаза		CAETHG_3628	CLJU_c15260	*
3094	Ni ²⁺ -связывающая ГТФаза, участвующая в регуляции экспрессии и созревания уреазы и гидрогеназы		CAETHG_3834	CLJU_c17210	*
3095	система транспорта сульфонов, АТФ-связывающий белок		CAETHG_3939	CLJU_c18320	*

3096	система транспорта сульфонатов, пермеазный белок		CAETHG_3938	CLJU_c18310	*
3097			*	CLJU_c08790	CLRAG_07700
3098	симпортер-1 нуклеиновых оснований:катионов семейства NCS1		CAETHG_3634	CLJU_c15320	*
3099	симпортер-1 нуклеиновых оснований:катионов семейства NCS1		CAETHG_3637	CLJU_c15350	*
3100	Предсказанная нуклеотидилтрансфераза		CAETHG_3082	CLJU_c09910	*
3101	нуклеотидилтрансфераза семейства HI0074, субстрат-связывающий белок		CAETHG_3083	CLJU_c09920	*
3102	Неохарактеризованный белок, родственный OsmC		CAETHG_1871	CLJU_c40250	*
3103	гипотетический белок		CAETHG_3168	CLJU_c10780	*
3104	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_3715	CLJU_c16210	CLRAG_33120
3105	Пептидаза группы CubicO, семейство бета-лактамаз класса C		CAETHG_1716	CLJU_c38660	*
3106	Трансгликозилаза		CAETHG_3693	CLJU_c15930	*
3107			*	CLJU_c15530	CLRAG_32610
3108			*	CLJU_c22570	CLRAG_32130
3109			*	CLJU_c22560	CLRAG_32120
3110			*	CLJU_c22580, CLJU_c22540	CLRAG_32140
3111			*	CLJU_c22600	CLRAG_32160
3112			*	CLJU_c22590	CLRAG_32150
3113	гипотетический белок		CAETHG_0948	CLJU_c29540	CLRAG_35530
3114	белок garD		CAETHG_1170	CLJU_c32400	*
3115	гипотетический белок		CAETHG_2070	CLJU_c42450	*
3116	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_2871	CLJU_c07790	*
3117	MFS-переносчик семейства DHA1, белок устойчивости к тетрациклину		CAETHG_3495	CLJU_c14140	*
3118			*	CLJU_c31740	CLRAG_02400
3119	октапренилдифосфатсинтаза	2.5.1.29, 2.5.1.1, 2.5.1.10	CAETHG_1877	CLJU_c40310	*
3120	гипотетический белок		CAETHG_1875	CLJU_c40290	*
3121	серпин B		CAETHG_0506	CLJU_c24460	*
3122			*	CLJU_c38400	CLRAG_21860
3123	Неохарактеризованный белок семейства пиридоксамин-5'-фосфатоксидазы (PNPOх-подобный)		CAETHG_1566	CLJU_c37110	*
3124	малый редокс-активный дисульфидный белок 2		CAETHG_0949	CLJU_c29550	CLRAG_35540
3125	Регулятор транскрипции семейства LuxR, белок положительной регуляции мальтозного регулона		CAETHG_0007	CLJU_c19300	*
3126	Регуляторный белок семейства MerR HTN		CAETHG_0781	CLJU_c26970	*
3127	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_3503	CLJU_c14210	*
3128	двухкомпонентная система семейства CitB, регулятор ответа MalR		CAETHG_1703, CAETHG_2485	CLJU_c38470	*
3129			*	CLJU_c27170	CLRAG_20060
3130	регулятор отклика YcbB двухкомпонентной системы		CAETHG_2071	CLJU_c42460	*
3131	двухкомпонентная система семейства OmpR, регулятор ответа VanR		CAETHG_0296	CLJU_c21980, CLJU_c14380	*
3132	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы		CAETHG_1322	CLJU_c34230	*

	подсемейства ECF				
3133	белок с неизвестной функцией (DUF4179)		CAETHG_1323	CLJU_c34240	*
3134	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_1536	CLJU_c36260	CLRAG_23930
3135	двухкомпонентная система семейства CitB, сенсорная гистидинкиназа MalK		CAETHG_1704, CAETHG_2484	CLJU_c38480	*
3136	Белок, содержащий домен His-киназы A (фосфоакцепторной)		CAETHG_3648	CLJU_c15470	*
3137	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2579	CLJU_c05020	CLRAG_38410
3138	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_0093, CAETHG_0101	CLJU_c20120, CLJU_c20200	CLRAG_29640
3139	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_0957	CLJU_c29610	CLRAG_35600
3140	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_2872	CLJU_c07800	*
3141	система транспорта спермидина/путресцина, субстрат-связывающий белок		CAETHG_0260	CLJU_c21730	*
3142	система транспорта спермидина/путресцина, пермеазный белок		CAETHG_0261	CLJU_c21740	*
3143	система транспорта спермидина/путресцина, пермеазный белок		CAETHG_0262	CLJU_c21750	*
3144	белок оболочки спор		CAETHG_0032	CLJU_c19550	*
3145	аналог белка оболочки спор		CAETHG_0033	CLJU_c19560	*
3146	Белок оболочки, содержащий домен F		CAETHG_0030	CLJU_c19530	*
3147	белок прорастания спор (пермеаза аминокислот)		CAETHG_3655	CLJU_c15600	*
3148	белок прорастания спор KA		CAETHG_2942	CLJU_c08490	*
3149	белок прорастания спор KC		CAETHG_2943	CLJU_c08500	*
3150	белок прорастания спор KA		CAETHG_3654	CLJU_c15590	*
3151	белок прорастания спор		CAETHG_3656	CLJU_c15610	*
3152	Сахарофосфатизомераза/эпимераза		CAETHG_0868	CLJU_c28730	CLRAG_34810
3153	гликозид/пентозид/гексуронид:катион-симпортер семейства GPH		CAETHG_0649	CLJU_c25800	*
3154	гликозид/пентозид/гексуронид:катион-симпортер семейства GPH		CAETHG_0655	CLJU_c25860	*
3155	переносчик сахаров (гликозидов-пентозидов-гексуронидов)		CAETHG_3437	CLJU_c13530	*
3156	Ig-подобный домен (группа 2)		CAETHG_0334	CLJU_c22340	CLRAG_31930
3157	Ig-подобный домен (группа 2)		CAETHG_0337	CLJU_c22360	CLRAG_32000
3158	Предполагаемая внутриклеточная протеаза/амидаза		CAETHG_1423	CLJU_c35150	*
3159	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_0017	CLJU_c19400	*
3160	Прогнозируемый фермент, содержащий домен TIM-barrel		CAETHG_0365	CLJU_c23020	*
3161	Регулятор транскрипции семейства LuxR, белок положительной регуляции мальтозного регулона		CAETHG_0394	CLJU_c23300	*
3162	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MosR, содержит аминотрансферазный домен		CAETHG_0937	CLJU_c29430	CLRAG_35420
3163	Регулятор транскрипции семейства ArsR		CAETHG_0950, CAETHG_3674	CLJU_c29560	CLRAG_35550
3164	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_1513	CLJU_c36040	*
3165	ДНК-связывающий регулятор транскрипции, содержащий домен НТН семейства XRE		CAETHG_1707	CLJU_c38540	*
3166	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_1858	CLJU_c40090	*
3167	регуляторный белок семейства Fis		CAETHG_2076,	CLJU_c42510,	*

			CAETHG_2078	CLJU_c42520	
3168	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_2578	CLJU_c05010	CLRAG_38400
3169	Белок, содержащий домен FCD		CAETHG_2773	CLJU_c06820	CLRAG_18620
3170	Сахар-специфический регулятор транскрипции TrmB		CAETHG_3027	CLJU_c09320	*
3171	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3494	CLJU_c14130	*
3172	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_3594	CLJU_c14880	*
3173	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3874	CLJU_c17660	CLRAG_01070
3174	Регулятор транскрипции семейства GntR / аминотрансфераза семейства MocR	2.6.1.23, 2.6.1.1	CAETHG_3893	CLJU_c17850	*
3175			*	CLJU_c35940	CLRAG_06440
3176	белок с неизвестной функцией (DUF4132)		CAETHG_2741	CLJU_c06450	*
3177	белок секреции семейства HlyD		CAETHG_0323	CLJU_c22250	CLRAG_31830
3178	Сахарофосфатная пермеаза		CAETHG_1781	CLJU_c39360	*
3179	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_1839	CLJU_c39930	*
3180	MFS-переносчик семейства SP, переносчик инозита		CAETHG_2084	CLJU_c42580	*
3181	MFS-переносчик семейства ACS, переносчик глюкората		CAETHG_2449	CLJU_c03870	*
3182	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_3516	CLJU_c14430	*
3183			*	CLJU_c22740	CLRAG_02050
3184	АТФаза, подобная гистидинкиназе, ДНК-гиразе В и HSP90		CAETHG_3514	CLJU_c14400	*
3185	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_0956	CLJU_c29600	CLRAG_35590
3186	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_3647	CLJU_c15460	*
3187	АТФаза, подобная гистидинкиназе, ДНК-гиразе В и HSP90		CAETHG_3277	CLJU_c11860	*
3188	интеграза/рекомбиназа XerD		CAETHG_3750	CLJU_c16540	CLRAG_33350
3189	деметилменахинонметилтрансфераза / 2-метокси-6-полипренил-1,4-бензохинолметилаза	2.1.1.-	CAETHG_1876	CLJU_c40300	*
3190			*	CLJU_c22750	CLRAG_02040
3191	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_0197	CLJU_c21110	*
3192	Уропорфириногендекарбоксилаза (URO-D)		CAETHG_0140	CLJU_c20570	*
3193	Белок устойчивости к ванкомицину YoaR, содержит пептидогликан-связывающий домен и домен VanW		CAETHG_3566	CLJU_c14670	*
3194	арилалкогольдегидрогеназа	1.1.1.1	CAETHG_3710	CLJU_c16150, CLJU_c38580	*
3195	пиридоксаль-5'-фосфатсинтаза, субъединица pdxS		CAETHG_1804	CLJU_c39580	*
3196	5'-фосфатсинтаза, субъединица pdxT		CAETHG_1805	CLJU_c39590	*
3197			*	CLJU_c24080	CLRAG_30600
3198	рамнулозо-1-фосфатальдозаза	4.1.2.19	CAETHG_2085	CLJU_c42590	*
3199			*	CLJU_c00990	CLRAG_19590
3200			*	CLJU_c32540	CLRAG_23690
3201	шикиматдегидрогеназа	1.1.1.282,	CAETHG_0870	CLJU_c28750	CLRAG_34830

		1.1.1.25			
3202	шикиматкиназа		CAETHG_1641	CLUJ_c38140	*
3203	белок прорастания спор KB		CAETHG_2945	CLUJ_c08510	*
3204	Tat-корректирующий шаперон TorD		CAETHG_0615	CLUJ_c25460	*
3205	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_0612	CLUJ_c25430, CLUJ_c38560	*
3206	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_0797	CLUJ_c27120	*
3207	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_0872	CLUJ_c28770	CLRAG_34850
3208	белок, подобный регулятору транскрипции		CAETHG_2927	CLUJ_c08320	*
3209	регулятор транскрипции семейства DeoR		CAETHG_0706	CLUJ_c26260	*
3210	регулятор транскрипции семейства DeoR		CAETHG_2088	CLUJ_c42620	*
3211	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_0717, CAETHG_3595	CLUJ_c26360, CLUJ_c14890	*
3212	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_1567	CLUJ_c37120	*
3213	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_3910	CLUJ_c18010	*
3214	регулятор транскрипции семейства MarR с ацетилтрансферазной активностью		CAETHG_2176	CLUJ_c00580	*
3215	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства PadR		CAETHG_1325, CAETHG_1333	CLUJ_c34330, CLUJ_c34260	*
3216			*	CLUJ_c35130	CLRAG_26380
3217	регулятор транскрипции семейства RpiR		CAETHG_3246	CLUJ_c11550	*
3218	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_1840	CLUJ_c39940	*
3219	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_2851	CLUJ_c07580	CLRAG_32480
3220	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_2910	CLUJ_c08150	*
3221	транскетолаза	2.2.1.1	CAETHG_0652	CLUJ_c25830	*
3222	транскетолаза	2.2.1.1	CAETHG_0651	CLUJ_c25820	*
3223	L-треонилкарбамоилденилатсинтаза		CAETHG_0779	CLUJ_c26950	*
3224	Переносчик ди- и трикарбоксилатов		CAETHG_0481	CLUJ_c24230	*
3225	альдегид:ферредоксиноксидоредуктаза	1.2.7.5	CAETHG_0092, CAETHG_0102	CLUJ_c20110, CLUJ_c20210	CLRAG_29650
3226	ДНК-связывающий белок типа AgaC		CAETHG_0656	CLUJ_c25870	*
3227	Белок, содержащий домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_3276	CLUJ_c11850	*
3228	ДНК-связывающий регулятор ответа семейства OmpR, содержит REC и домен "крылатой спирали" (wHTH)		CAETHG_0788	CLUJ_c27050	*
3229	тирозил-тРНК-синтетаза		CAETHG_1330	CLUJ_c34300	*
3230	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_4044	CLUJ_c19100	*
3231	Уропорфириноген-III-декарбоксилаза		CAETHG_4043	CLUJ_c19090	*
3232	эндонуклеаза УФ-повреждения		CAETHG_3553	CLUJ_c14460	*
3233	ксилулокиназа	2.7.1.17	CAETHG_3248	CLUJ_c11570	*
3234	S-(гидроксиметил)-глутатиондегидрогеназа / алкогольдегидрогеназа	1.1.1.1	CAETHG_0031	CLUJ_c19540	*
3235	(R,R)-бутандиолдегидрогеназа / мезо-бутандиолдегидрогеназа / диацетилредуктаза	1.1.1.1	CAETHG_0650	CLUJ_c25810	*
3236	(R,R)-бутандиолдегидрогеназа / мезо-бутандиолдегидрогеназа / диацетилредуктаза	1.1.1.4	CAETHG_0653	CLUJ_c25840	*
3237	L-идитол-2-дегидрогеназа		CAETHG_3247	CLUJ_c11560	*
3238	Молибдоптериноксидоредуктаза	1.7.7.2, 1.2.1.43, 1.1.99.33	CAETHG_0085, CAETHG_2789	*	CLRAG_18830
3239	белок AD стадии V споруляции		CAETHG_0177	*	CLRAG_19090

3240	Spo0E-подобный регуляторный белок споруляции		CAETHG_0289	*	CLRAG_31470
3241	гипотетический белок		CAETHG_0626	*	CLRAG_03780
3242	гипотетический белок		CAETHG_0703	*	CLRAG_04380
3243	гипотетический белок		CAETHG_0704	*	CLRAG_04390
3244	гипотетический белок		CAETHG_0705	*	CLRAG_04400
3245	гипотетический белок		CAETHG_0927	*	CLRAG_35350
3246	гипотетический белок		CAETHG_0945	*	CLRAG_35500
3247	гипотетический белок		CAETHG_1024	*	CLRAG_15770
3248	Белок, содержащий домен GHKL		CAETHG_1025	*	CLRAG_15780
3249	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_1026	*	CLRAG_15790
3250	гипотетический белок		CAETHG_1077, CAETHG_1086	*	CLRAG_16250
3251	Белок с неизвестной функцией (DUF1064)		CAETHG_1093	*	CLRAG_32410
3252	гипотетический белок		CAETHG_1511	*	CLRAG_06530
3253	гипотетический белок		CAETHG_1637	*	CLRAG_37490
3254	белок семейства эксцизионаз, содержащий ДНК-связывающий домен		CAETHG_1666	*	CLRAG_36100
3255	гипотетический белок		CAETHG_1668	*	CLRAG_36120
3256	предполагаемый регулятор транскрипции		CAETHG_1669	*	CLRAG_20580
3257	ДНК-связывающий регулятор транскрипции, содержащий домен НТН семейства XRE		CAETHG_1670	*	CLRAG_20590
3258	Сайт-специфическая рекомбиназа XerD		CAETHG_1671	*	CLRAG_20600
3259	гипотетический белок		CAETHG_1682	*	CLRAG_20720
3260	гипотетический белок		CAETHG_1700	*	CLRAG_20890
3261	Регулятор транскрипции семейства PadR, регуляторный белок PadR		CAETHG_1722	*	CLRAG_20990
3262	Неохарактеризованный мембраносвязанный белок		CAETHG_1723	*	CLRAG_21000
3263	гипотетический белок		CAETHG_2061	*	CLRAG_05480
3264	регулятор транскрипции семейства RpiR		CAETHG_2187	*	CLRAG_19880
3265	гипотетический белок		CAETHG_2338	*	CLRAG_27930
3266	Предсказанный регулятор транскрипции, содержащий домены CBS		CAETHG_2437	*	CLRAG_28830
3267	гипотетический белок		CAETHG_2668	*	CLRAG_07000
3268	Белок, содержащий домен NUDIX		CAETHG_2670	*	CLRAG_30010
3269	гипотетический белок		CAETHG_2702	*	CLRAG_07270
3270	аналог белка IV стадии споруляции		CAETHG_2901	*	CLRAG_08290
3271	Предполагаемый белок подвижности		CAETHG_3094	*	CLRAG_13330
3272	гипотетический белок		CAETHG_3216	*	CLRAG_12200
3273	гипотетический белок		CAETHG_3380	*	CLRAG_10820
3274	гипотетический белок		CAETHG_3458	*	CLRAG_10090
3275	Сигнальная гистидинкиназа		CAETHG_3575	*	CLRAG_20390
3276	Двухкомпонентный регулятор ответа семейства SAPR, состоит из доменов REC, wHTH и BTAD		CAETHG_3576	*	CLRAG_20380
3277	гипотетический белок		CAETHG_3967	*	CLRAG_00100
3278	белок с неизвестной функцией (DUF1540)		CAETHG_4060	*	CLRAG_39820
3279			*	CLUU_c03970	*
3280			*	CLUU_c32730	CLRAG_15600
3281			*	CLUU_c27620	*
3282			*	CLUU_c28050	*

3283			*	CLJU_c27830, CLJU_c27350	*
3284	СААХ-протеаза аутоиммунитета		CAETHG_2013	CLJU_c41840	*
3285			*	CLJU_c27820, CLJU_c27340	*
3286			*	CLJU_c14360	*
3287	Предсказанная амидогидролаза		CAETHG_1376	CLJU_c34790	*
3288	ДНК-3-метиладенингликозилаза I		CAETHG_1539	CLJU_c36310	*
3289	2-иминобутаноат/2-иминопропаноатдезаминаза		CAETHG_1883	CLJU_c40370	*
3290	белок 2, ассоциированный с крюком жгутика		CAETHG_3053	CLJU_c09580	*
3291	фумаратредуктаза, флавопротеиновая субъединица		CAETHG_1032	CLJU_c30250	*
3292			*	CLJU_c28100	*
3293			*	CLJU_c27840, CLJU_c27360	*
3294			*	CLJU_c27770, CLJU_c27290	*
3295			*	CLJU_c27780, CLJU_c27300	*
3296			*	CLJU_c27790, CLJU_c27310	*
3297			*	CLJU_c27490	*
3298			*	CLJU_c27900	*
3299	гипотетический белок		CAETHG_0091	CLJU_c20100	*
3300	белок с неизвестной функцией (DUF4445)		CAETHG_0194	CLJU_c21090	*
3301	гипотетический белок		CAETHG_0784	CLJU_c27000	*
3302	Предполагаемый АВС-переносчик IV типа		CAETHG_0808	CLJU_c27230	*
3303	гипотетический белок		CAETHG_0810	CLJU_c27240	*
3304	гипотетический белок		CAETHG_0818	CLJU_c28180	*
3305	гипотетический белок		CAETHG_1009	CLJU_c30100	*
3306	гипотетический белок		CAETHG_1010	CLJU_c30110	*
3307	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_1028	CLJU_c30210	*
3308	Белок с неизвестной функцией (DUF1097)		CAETHG_1030	CLJU_c30230	*
3309	гипотетический белок		CAETHG_1036	CLJU_c30290	*
3310	Предполагаемый белок, связывающий клеточную стенку		CAETHG_1038	CLJU_c30320	*
3311	гипотетический белок		CAETHG_1039	CLJU_c30330	*
3312	Микроцистин-зависимый белок		CAETHG_1040	CLJU_c30340	*
3313	Белок, содержащий домен ацетилтрансферазы (GNAT)		CAETHG_1041	CLJU_c30350	*
3314	гипотетический белок		CAETHG_1042	CLJU_c30360	*
3315	гипотетический белок		CAETHG_1043	CLJU_c30370	*
3316	предполагаемый транспортный белок		CAETHG_1049	CLJU_c30440	*
3317	N-концевая 7ТМ область гистидинкиназы	2.1.1.258	CAETHG_1069	CLJU_c30650	*
3318	гипотетический белок		CAETHG_1156	CLJU_c32280	*
3319	гипотетический белок		CAETHG_1159	CLJU_c32290	*
3320	белок, содержащий DnaD- и фag-ассоциированный домен		CAETHG_1160	CLJU_c32300	*
3321	гипотетический белок		CAETHG_1162	CLJU_c32320	*
3322	Предполагаемая цинциновая пептидаза		CAETHG_1169	CLJU_c32390	*
3323	гипотетический белок		CAETHG_1328	CLJU_c34290	*

3324	Белок PucR, содержащий С-концевой домен спираль-петля-спираль		CAETHG_1369	CLJU_c34720	*
3325	гипотетический белок		CAETHG_1377	CLJU_c34800	*
3326	гипотетический белок		CAETHG_1445	CLJU_c35360	*
3327	белок, содержащий аминоксил-ТРНК-редактирующий домен		CAETHG_1452	CLJU_c35440	*
3328	гипотетический белок		CAETHG_1489	CLJU_c35810	*
3329	Белок, содержащий домен EAL		CAETHG_1490	CLJU_c35830	*
3330	Белок, содержащий домен EAL		CAETHG_1491	CLJU_c35840	*
3331	гипотетический белок		CAETHG_1732	CLJU_c38840	*
3332	гипотетический белок		CAETHG_1850	CLJU_c40030	*
3333	Белок, содержащий домен, родственной нуклеазе		CAETHG_1854	CLJU_c40050	*
3334	Неохарактеризованный мембранный белок YeiH		CAETHG_1880	CLJU_c40340	*
3335	фаговый регуляторный белок семейства rha		CAETHG_2141	CLJU_c00240	*
3336	гипотетический белок		CAETHG_2143	CLJU_c00260	*
3337	гипотетический белок		CAETHG_2144	CLJU_c00270	*
3338	гипотетический белок		CAETHG_2145	CLJU_c00280	*
3339	гипотетический белок		CAETHG_2146	CLJU_c00290	*
3340	гипотетический белок		CAETHG_2147	CLJU_c00300, CLJU_c36470	*
3341	гипотетический белок		CAETHG_2148	CLJU_c00310	*
3342	гипотетический белок		CAETHG_2150	CLJU_c00330	*
3343	гипотетический белок		CAETHG_2151	CLJU_c00340	*
3344	гипотетический белок		CAETHG_2153	CLJU_c00360	*
3345	гипотетический белок		CAETHG_2154	CLJU_c00370	*
3346	гипотетический белок		CAETHG_2156	CLJU_c00380	*
3347	гипотетический белок		CAETHG_2157	CLJU_c00390	*
3348	гипотетический белок		CAETHG_2159	CLJU_c00410	*
3349	гипотетический белок		CAETHG_2160	CLJU_c00420	*
3350	транспозаза семейства IS605 OrfB, центральная область		CAETHG_2167	CLJU_c00480	*
3351	гипотетический белок		CAETHG_2168	CLJU_c00500	*
3352	гипотетический белок		CAETHG_2169	CLJU_c00510	*
3353	гипотетический белок		CAETHG_2170	CLJU_c00520	*
3354	гипотетический белок		CAETHG_2171	CLJU_c00530	*
3355	Неохарактеризованный консервативный белок		CAETHG_2172	CLJU_c00540	*
3356	гипотетический белок		CAETHG_2737	CLJU_c06410	*
3357	гипотетический белок		CAETHG_2805	CLJU_c07130	*
3358	гипотетический белок		CAETHG_2842	CLJU_c07490	*
3359	гипотетический белок		CAETHG_2858	CLJU_c07650	*
3360	белок FlIT		CAETHG_3054	CLJU_c09590	*
3361	Гликозилтрансферазы 1 группы		CAETHG_3068	CLJU_c09750	*
3362	гипотетический белок		CAETHG_3081	CLJU_c09900	*
3363	гипотетический белок		CAETHG_3084	CLJU_c09930	*
3364	карбамоилфосфатсинтаза, большая субъединица		CAETHG_3089	CLJU_c09980	*
3365	карбамоилфосфатсинтаза, большая субъединица		CAETHG_3090	CLJU_c09990	*
3366	гипотетический белок		CAETHG_3175	CLJU_c10860	*

3367	Белок с неизвестной функцией (DUF2975)		CAETHG_3486	CLJU_c14050	*
3368	Фермент YgiQ суперсемейства белков, содержащих радикал SAM, семейства UPF0313		CAETHG_3488	CLJU_c14070	*
3369	Белок подсемейства В белков, содержащих АТФ-связывающую кассету		CAETHG_3489	CLJU_c14080	*
3370	белок, содержащий домен белка DnaJ теплового шока		CAETHG_3554	CLJU_c14470	*
3371	Белок, содержащий домен HIRAN		CAETHG_3555	CLJU_c14480	*
3372	Ацетилэстераза/липаза		CAETHG_3596	CLJU_c14900	*
3373	гипотетический белок		CAETHG_3616	CLJU_c15140	*
3374	белок с неизвестной функцией (DUF4179)		CAETHG_3714	CLJU_c16200	*
3375	гипотетический белок		CAETHG_3725	CLJU_c16310	*
3376	гипотетический белок		CAETHG_3727	CLJU_c16330	*
3377	гипотетический белок		CAETHG_3831	CLJU_c17190	*
3378	белок с неизвестной функцией (DUF4386)		CAETHG_3875	CLJU_c17670	*
3379	Белок А деления, ингибируемого глюкозой		CAETHG_3964	CLJU_c18570	*
3380	гипотетический белок		CAETHG_4030	CLJU_c18960	*
3381	АВС-переносчик		CAETHG_4034	CLJU_c19000	*
3382	Транспозаза и ее инактивированные производные		CAETHG_4054	CLJU_c19190	*
3383			*	CLJU_c27970	*
3384			*	CLJU_c27920	*
3385			*	CLJU_c27910	*
3386			*	CLJU_c27880	*
3387			*	CLJU_c27760	*
3388			*	CLJU_c27750	*
3389			*	CLJU_c27600	*
3390			*	CLJU_c27590	*
3391			*	CLJU_c16900	*
3392			*	CLJU_c27370	*
3393			*	CLJU_c27400	*
3394			*	CLJU_c27420	*
3395			*	CLJU_c27430	*
3396			*	CLJU_c27460	*
3397			*	CLJU_c27470	*
3398			*	CLJU_c27500	*
3399			*	CLJU_c27540	*
3400			*	CLJU_c18820	*
3401			*	CLJU_c18810	*
3402			*	CLJU_c18800, CLJU_c18780	*
3403			*	CLJU_c18790	*
3404			*	CLJU_c18770	*
3405			*	CLJU_c18710	*
3406			*	CLJU_c30980	*
3407			*	CLJU_c37150	*
3408			*	CLJU_c28930	*
3409			*	CLJU_c29510	*
3410			*	CLJU_c15790	*
3411			*	CLJU_c15950	*

044153

3412			*	CLUJ_c31700	*
3413			*	CLUJ_c31690	*
3414			*	CLUJ_c31680	*
3415			*	CLUJ_c31670	*
3416			*	CLUJ_c31660	*
3417			*	CLUJ_c31650	*
3418			*	CLUJ_c31360	*
3419			*	CLUJ_c30940	*
3420			*	CLUJ_c36400	*
3421			*	CLUJ_c31730	*
3422			*	CLUJ_c31760	*
3423			*	CLUJ_c31780	*
3424			*	CLUJ_c14410	*
3425			*	CLUJ_c14620	*
3426			*	CLUJ_c15560	*
3427			*	CLUJ_c05760	*
3428			*	CLUJ_c10050	*
3429			*	CLUJ_c28140	*
3430			*	CLUJ_c27980	*
3431			*	CLUJ_c42660	*
3432			*	CLUJ_c23010	*
3433			*	CLUJ_c31370	*
3434			*	CLUJ_c31320	*
3435			*	CLUJ_c31300	*
3436			*	CLUJ_c31290	*
3437			*	CLUJ_c31280	*
3438			*	CLUJ_c31270	*
3439			*	CLUJ_c31260	*
3440			*	CLUJ_c31250	*
3441			*	CLUJ_c31240	*
3442			*	CLUJ_c31230	*
3443			*	CLUJ_c31210	*
3444			*	CLUJ_c31200	*
3445			*	CLUJ_c31190	*
3446			*	CLUJ_c31180	*
3447			*	CLUJ_c31170	*
3448			*	CLUJ_c31160	*
3449			*	CLUJ_c31130	*
3450			*	CLUJ_c31120	*
3451			*	CLUJ_c31110	*
3452			*	CLUJ_c31090	*
3453			*	CLUJ_c38410	*
3454			*	CLUJ_c08360	*
3455			*	CLUJ_c03680	CLRAG_17070
3456			*	CLUJ_c09700	CLRAG_13470
3457			*	CLUJ_c16600	CLRAG_33500
3458			*	CLUJ_c16640	CLRAG_33530
3459			*	CLUJ_c16650	CLRAG_33540

3460			*	CLUJ_c16660	CLRAG_33560
3461			*	CLUJ_c16680	CLRAG_33580
3462			*	CLUJ_c16690	CLRAG_33590
3463			*	CLUJ_c16700	CLRAG_33600
3464			*	CLUJ_c18720	CLRAG_16640
3465			*	CLUJ_c22370	CLRAG_32010
3466			*	CLUJ_c22380	CLRAG_32020
3467			*	CLUJ_c22400, CLUJ_c22430	CLRAG_32040
3468			*	CLUJ_c22410, CLUJ_c22440	CLRAG_32050
3469			*	CLUJ_c22460	CLRAG_32070
3470			*	CLUJ_c22470	CLRAG_32080
3471			*	CLUJ_c22550	CLRAG_32110
3472			*	CLUJ_c22700	CLRAG_02150
3473			*	CLUJ_c29580	CLRAG_35570
3474			*	CLUJ_c31450	CLRAG_16350
3475			*	CLUJ_c31570	CLRAG_16390
3476			*	CLUJ_c32430	CLRAG_03340
3477			*	CLUJ_c32490	CLRAG_03370
3478			*	CLUJ_c32680	CLRAG_29350
3479			*	CLUJ_c32690	CLRAG_15640
3480			*	CLUJ_c32700	CLRAG_15630
3481			*	CLUJ_c32710	CLRAG_15620
3482			*	CLUJ_c32720	CLRAG_15610
3483			*	CLUJ_c37770	CLRAG_37190
3484			*	CLUJ_c37900	CLRAG_37290
3485			*	CLUJ_c37950	CLRAG_37340
3486			*	CLUJ_c37960	CLRAG_37350
3487	белок, содержащий домен с дикластером 4Fe-4S		CAETHG_2998	CLUJ_c09040	*
3488	IstB-подобный АТФ-связывающий белок		CAETHG_3079	CLUJ_c09880	*
3489			*	CLUJ_c27650	*
3490			*	CLUJ_c27380, CLUJ_c30970	*
3491	Мультимерный флаводоксин WrbA		CAETHG_1029	CLUJ_c30220	*
3492			*	CLUJ_c26180	CLRAG_04260
3493	пептидеформилаза		CAETHG_3721	CLUJ_c16270	*
3494			*	CLUJ_c03640	*
3495			*	CLUJ_c31220	*
3496	Сайт-специфическая рекомбиназа XerD		CAETHG_3070	CLUJ_c09770	*
3497	Гомеодомен типа rhBC6A51		CAETHG_2149	CLUJ_c00320	*
3498	Белок "рулетки" отростка фага семейства TP901, область кора		CAETHG_2158	CLUJ_c00400	*
3499			*	CLUJ_c36480	*
3500			*	CLUJ_c31330	*
3501			*	CLUJ_c31310	*
3502			*	CLUJ_c31070	*
3503			*	CLUJ_c16810	CLRAG_33720
3504			*	CLUJ_c38600	*

3505			*	CLJU_c14340	*
3506	экзо-поли-альфа-галактуронозидаза		CAETHG_0930	CLJU_c29360	*
3507	гипотетический белок		CAETHG_1050	CLJU_c30450	*
3508			*	CLJU_c38080	CLRAG_37450
3509	мальтозо-О-ацетилтрансфераза		CAETHG_0520	CLJU_c24570	*
3510	предполагаемая ацетилтрансфераза		CAETHG_1163	CLJU_c32330	*
3511			*	CLJU_c27630	*
3512			*	CLJU_c37730	CLRAG_37150
3513			*	CLJU_c37740	CLRAG_37160
3514			*	CLJU_c32660	CLRAG_29360
3515			*	CLJU_c27610	*
3516			*	CLJU_c27950	*
3517			*	CLJU_c31080	*
3518			*	CLJU_c30310	*
3519	белок семейства переносчиков 2-гидроксикарбоксилатов		CAETHG_0599	CLJU_c25300	*
3520	MFS-переносчик семейства CP, переносчик цианатов		CAETHG_3728	CLJU_c16340	*
3521	Белок семейства RraA		CAETHG_1374	CLJU_c34770	*
3522			*	CLJU_c37720	CLRAG_37140
3523			*	CLJU_c37750	CLRAG_37170
3524			*	CLJU_c12090	*
3525			*	CLJU_c12040	*
3526			*	CLJU_c12080	*
3527			*	CLJU_c12070	*
3528			*	CLJU_c12060	*
3529			*	CLJU_c12050	*
3530	предполагаемый регулятор транскрипции		CAETHG_2140	CLJU_c00230	*
3531			*	CLJU_c16610	CLRAG_33510
3532			*	CLJU_c32480	CLRAG_03360
3533			*	CLJU_c32510	CLRAG_03390
3534	Регулятор транскрипции семейства Fur, регулятор поглощения трехвалентного железа		CAETHG_3722	CLJU_c16280	*
3535			*	CLJU_c37710	CLRAG_37130
3536	N-концевая спиральная область флагеллина		CAETHG_3092	CLJU_c10010	*
3537	флагеллин		CAETHG_3065	CLJU_c09710	*
3538	флагеллин		CAETHG_3055	CLJU_c09600	*
3539			*	CLJU_c37820	CLRAG_37240
3540	Белок 26 общего стресса		CAETHG_1154	CLJU_c32260	*
3541			*	CLJU_c15570	*
3542	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_2599	CLJU_c05220	*
3543	Гликозилтрансферазы 1 группы		CAETHG_2602	CLJU_c05230	*
3544	гипотетический белок		CAETHG_2604	CLJU_c05250	*
3545	Гликозилтрансфераза семейства GT2		CAETHG_4032	CLJU_c18980	*
3546			*	CLJU_c14310	*
3547			*	CLJU_c27410	*
3548	Белок семейства фаговых интеграз		CAETHG_3072	CLJU_c09790	*
3549			*	CLJU_c38030	CLRAG_37400

3550			*	CLJU_c38040	CLRAG_37410
3551			*	CLJU_c37220	*
3552	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_0635	CLJU_c25660	*
3553	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства LysR		CAETHG_1372	CLJU_c34750	*
3554			*	CLJU_c37910	CLRAG_37300
3555	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3724	CLJU_c16300	*
3556	Белок, содержащий домен GHKL		CAETHG_3730	CLJU_c16360	*
3557	гипотетический белок		CAETHG_1007	CLJU_c30090	*
3558	Домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_2014	CLJU_c41850	*
3559			*	CLJU_c38710	*
3560			*	CLJU_c28070	*
3561			*	CLJU_c37860	CLRAG_37250
3562			*	CLJU_c38000, CLJU_c38020	CLRAG_37370
3563			*	CLJU_c16030	*
3564	Na ⁺ /H ⁺ -антипортер NhaC		CAETHG_1537	CLJU_c36290	*
3565	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_3723	CLJU_c16290	*
3566			*	CLJU_c28030	*
3567			*	CLJU_c15520	CLRAG_32600
3568	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_1164	CLJU_c32340	*
3569			*	CLJU_c22690	CLRAG_02160
3570			*	CLJU_c28120	CLRAG_09080
3571			*	CLJU_c38100	CLRAG_37470
3572			*	CLJU_c38090	CLRAG_37460
3573			*	CLJU_c27930	*
3574	Эпимераза нуклеозиддифосфатсахаров		CAETHG_0073	CLJU_c19930	*
3575	НАДФН-зависимая глутаматсинтаза, бета-цепь		CAETHG_1033	CLJU_c30260	*
3576			*	CLJU_c38670	*
3577			*	CLJU_c22630	CLRAG_02220
3578			*	CLJU_c22640	CLRAG_02210
3579			*	CLJU_c22670	CLRAG_02180
3580			*	CLJU_c22650	CLRAG_02200
3581			*	CLJU_c22660	CLRAG_02190
3582			*	CLJU_c27860	*
3583			*	CLJU_c37160	*
3584			*	CLJU_c37870, CLJU_c37890	CLRAG_37260
3585	Регулятор транскрипции, содержит домен НТН семейства XRE		CAETHG_2139	CLJU_c00220	*
3586			*	CLJU_c31380	*
3587	фагоподобная интеграна		CAETHG_3071	CLJU_c09780	*
3588	Белок семейства фаговых интеграз		CAETHG_3073	CLJU_c09800	*
3589	Фаговая интеграна, N-концевой SAM-подобный домен		CAETHG_3074	CLJU_c09810	*
3590			*	CLJU_c32470	CLRAG_03350
3591	Белок семейства фаговых интеграз		CAETHG_0071	CLJU_c19910	*
3592			*	CLJU_c03690	CLRAG_17060

3593	фаговая терминаза, малая субъединица		CAETHG_2152	CLJU_c00350	*
3594	гипотетический белок		CAETHG_1031	CLJU_c30240	*
3595	ундекапениддифосфатаза		CAETHG_3807	CLJU_c16970	*
3596	D-3-фосфоглицератдегидрогеназа		CAETHG_1373	CLJU_c34760	*
3597			*	CLJU_c32650	CLRAG_29370
3598			*	CLJU_c27940	*
3599			*	CLJU_c27960	*
3600	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MerR		CAETHG_0072	CLJU_c19920	*
3601			*	CLJU_c27580	*
3602			*	CLJU_c27510	*
3603	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_0094, CAETHG_0472	CLJU_c24140, CLJU_c24060, CLJU_c20130	*
3604			*	CLJU_c21760	*
3605	белок прорастания спор KC		CAETHG_1735	CLJU_c38870	*
3606	белок прорастания спор KA		CAETHG_1733	CLJU_c38850	*
3607	Белок прорастания спор		CAETHG_1734	CLJU_c38860	*
3608			*	CLJU_c38390	*
3609			*	CLJU_c22420, CLJU_c22450	CLRAG_32060
3610	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_0719	CLJU_c26380	*
3611	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_1884	CLJU_c40410	*
3612	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3726	CLJU_c16320	*
3613			*	CLJU_c27390	*
3614			*	CLJU_c15550	*
3615			*	CLJU_c07090, CLJU_c22680	CLRAG_02170
3616	Сахарофосфатная пермеаза		CAETHG_1375	CLJU_c34780	*
3617			*	CLJU_c37430	*
3618			*	CLJU_c37420	*
3619	Белок, содержащий домен транспозазы DDE		CAETHG_0888	CLJU_c28920	*
3620	Транспозаза		CAETHG_3075	CLJU_c09820	*
3621	гипотетический белок		CAETHG_3078	CLJU_c09860	*
3622			*	CLJU_c38690	*
3623			*	CLJU_c14350	*
3624			*	CLJU_c29570	CLRAG_35560
3625	Фактор сигма-70 РНК-полимеразы подсемейства ECF		CAETHG_3713	CLJU_c16190	*
3626			*	CLJU_c27730	*
3627			*	CLJU_c14370	*
3628			*	CLJU_c27800, CLJU_c27320	*
3629			*	CLJU_c27810, CLJU_c27330	*
3630	треонинсинтаза	4.2.3.1, 4.2.99.2	CAETHG_1882	CLJU_c40360	*
3631	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_3067	CLJU_c09740	*
3632	регулятор транскрипции транспорта argF, argG, tyrA и ароматических аминокислот		CAETHG_1538	CLJU_c36300	*
3633			*	CLJU_c28060,	*

				CLJU_c28040	
3634	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства GntR		CAETHG_1056	CLJU_c30510	*
3635	регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_1153	CLJU_c32250	*
3636	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3719	CLJU_c16250	*
3637			*	CLJU_c27850	*
3638			*	CLJU_c38610	*
3639			*	CLJU_c14330	*
3640			*	CLJU_c26190	CLRAG_04270
3641			*	CLJU_c12020	*
3642	переносчик семейства NhaC		CAETHG_1881	CLJU_c40350	*
3643	Переносчик ди- и трикарбоксилатов		CAETHG_0600	CLJU_c25310	*
3644	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_1006	CLJU_c30080	*
3645	двухкомпонентный регулятор транскрипции семейства LytTR		CAETHG_3731	CLJU_c16370	*
3646	уропорфириногендекарбоксилаза		CAETHG_1037	CLJU_c30300	*
3647	гипотетический белок		CAETHG_0137	*	*
3648	гипотетический белок		CAETHG_0195	*	*
3649	гипотетический белок		CAETHG_0270	*	*
3650	АВС-переносчик, АТФ-связывающий белок		CAETHG_0294	*	*
3651	гипотетический белок		CAETHG_0453	*	*
3652	белок-фактор элонгации, содержащий домен устойчивости к тетрациклину	6.3.5.5	CAETHG_0514	*	*
3653	гипотетический белок	2.7.7.22	CAETHG_0516	*	*
3654	гипотетический белок		CAETHG_0524	*	*
3655	гипотетический белок		CAETHG_0528	*	*
3656	гипотетический белок		CAETHG_0549	*	*
3657	Амидаза, родственная никотинамидазе	3.3.2.1	CAETHG_0695	*	*
3658	гипотетический белок		CAETHG_0701	*	*
3659	гипотетический белок		CAETHG_0763	*	*
3660	гипотетический белок		CAETHG_0793	*	*
3661	Транспозаза InsO и ее инактивированные производные		CAETHG_0814, CAETHG_2268, CAETHG_1100	*	*
3662	транспозаза		CAETHG_0815, CAETHG_2269, CAETHG_1101	*	*
3663	Na ⁺ :H ⁺ -антипортер семейства NhaA		CAETHG_0953	*	CLRAG_21450
3664	Регулятор транскрипции семейства HxlR		CAETHG_0960	*	*
3665	гипотетический белок	1.3.99.1	CAETHG_1022	*	CLRAG_15760
3666	CRISPR-ассоциированный белок Cas2		CAETHG_1394	*	*
3667	CRISPR-ассоциированный белок Cas1		CAETHG_1395	*	*
3668	CRISPR-ассоциированная экзонуклеаза Cas4		CAETHG_1396	*	*
3669	гипотетический белок		CAETHG_1434	*	*
3670	карбонмонооксиддегидрогеназа, каталитическая субъединица		CAETHG_1620	*	*
3671	гипотетический белок		CAETHG_1636	*	*
3672	АТФ-зависимая ДНК-хеликаза RecG		CAETHG_1648	*	CLRAG_29890
3673	Белок, содержащий домен PilZ		CAETHG_1696	*	CLRAG_20850
3674	гипотетический белок		CAETHG_2261	*	*

3675	Белок, содержащий домен PAS с S-боксом		CAETHG_2512	*	CLRAG_37760
3676	2,3-диметилмалатлиаза		CAETHG_2513	*	CLRAG_37770
3677	Сахарофосфатная пермеаза		CAETHG_2514	*	CLRAG_37780
3678	Белок, содержащий домен цинкового пальца YgiT-типа		CAETHG_2556	*	*
3679	транспозаза RayT, мобилизующая REP-элемент		CAETHG_2561	*	CLRAG_38230
3680	гипотетический белок		CAETHG_2562	*	*
3681	WxM-подобный белок, C-концевой домен		CAETHG_2608	*	*
3682	дТДФ-4-амино-4,6-дидезоксигалактозотрансаминаза		CAETHG_2609	*	*
3683	маннозо-1-фосфатгуанилилтрансфераза / маннозо-6-фосфатизомераза		CAETHG_2636	*	CLRAG_38780
3684	белок сборки пилей PilA IV типа		CAETHG_2644	*	CLRAG_06750
3685	белок E системы секреции II типа (GspE)		CAETHG_2645	*	CLRAG_06760
3686	белок сборки пилей PilC IV типа		CAETHG_2646	*	CLRAG_06770
3687	белок сборки пилей PilM IV типа		CAETHG_2647	*	CLRAG_06780
3688	белок сборки пилей PilO IV типа		CAETHG_2649	*	CLRAG_06790
3689	белок, содержащий домен N-концевого гидролиза/метилования препилинового типа		CAETHG_2650	*	CLRAG_06800
3690	гипотетический белок		CAETHG_2651	*	CLRAG_06810
3691	белок, содержащий домен N-концевого гидролиза/метилования препилинового типа		CAETHG_2652	*	CLRAG_06820
3692	N-концевой домен PilX		CAETHG_2653	*	CLRAG_06830
3693	предполагаемая эстераза		CAETHG_2672	*	*
3694	Фосфатаза пурпуровой кислоты, N-концевой домен		CAETHG_2695	*	*
3695	метил-акцепторный сенсорный преобразователь хемотаксиса		CAETHG_2856	*	*
3696	гипотетический белок		CAETHG_2944	*	*
3697	гипотетический белок		CAETHG_3435	*	*
3698	АТФ-зависимая хеликаза IRC3		CAETHG_3519	*	CLRAG_09710
3699	гипотетический белок		CAETHG_3521	*	CLRAG_09730
3700	гипотетический белок		CAETHG_3522	*	CLRAG_09740
3701	Белок, содержащий домен AAA (подсемейства белков, родственных динеину)		CAETHG_3525	*	*
3702	гипотетический белок		CAETHG_3526	*	*
3703	гипотетический белок		CAETHG_3538	*	CLRAG_20350
3704	Экзонуклеаза ДНК-репарации SbcCD, нуклеазная субъединица		CAETHG_3542	*	CLRAG_09860
3705	Неохарактеризованный белок YhaN		CAETHG_3543	*	CLRAG_09870
3706	Белок суперсемейства нуклеаз PD-(D/E)XK		CAETHG_3544	*	CLRAG_09670
3707	гипотетический белок		CAETHG_3546	*	CLRAG_09690
3708	АТФ-зависимая хеликаза IRC3		CAETHG_3547	*	*
3709	гипотетический белок		CAETHG_3549	*	*
3710	гипотетический белок		CAETHG_3598	*	*
3711	ДНК-связывающий регулятор транскрипции семейства MarR		CAETHG_3658	*	CLRAG_32640
3712	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_3659	*	CLRAG_32650
3713	фосфинотрицинацетилтрансфераза		CAETHG_3660	*	CLRAG_32660
3714	вероятный окислительно-восстановительный белок семейства C_GCAxxG_C_C		CAETHG_3661	*	CLRAG_32670
3715	Белок, содержащий домен DGC		CAETHG_3668	*	CLRAG_32750

3716	Белок, содержащий домен DGC		CAETHG_3669	*	CLRAG_32760
3717	белок системы N расщепления глицина		CAETHG_3670	*	CLRAG_32770
3718	НАД-зависимая дигидропиримидиндегидрогеназа, субъединица PreA		CAETHG_3671	*	CLRAG_32780
3719	гипотетический белок		CAETHG_3672	*	CLRAG_32790
3720	гипотетический белок		CAETHG_3673	*	CLRAG_32810
3721	цинк-зависимая пептидаза		CAETHG_3676	*	CLRAG_32840
3722	ДНК-связывающий регулятор транскрипции, содержащий домен НТН семейства XRE		CAETHG_3752	*	*
3723	гипотетический белок		CAETHG_3753	*	CLRAG_33400
3724	гипотетический белок		CAETHG_3754	*	CLRAG_33410
3725	АТФаза ДНК-сегрегации FtsK/SpoIIIE, семейства S-DNA-T		CAETHG_3755	*	CLRAG_33420
3726	белок системы рестрикции		CAETHG_3757	*	CLRAG_33440
3727	ДНК-хеликаза-2 / АТФ-зависимая ДНК-хеликаза PcrA		CAETHG_3803	*	CLRAG_33820
3728	гипотетический белок		CAETHG_3810	*	*
3729	мембранный белок насоса мышьяка		CAETHG_3985	*	CLRAG_16620
3730	белок с неизвестной функцией (DUF3794)		CAETHG_3987	*	CLRAG_16610
3731	гипотетический белок		CAETHG_3988	*	CLRAG_16600
3732	гипотетический белок		CAETHG_3989, CAETHG_3990	*	CLRAG_16590
3733	гипотетический белок		CAETHG_3991	*	CLRAG_16570
3734	SpoOE-подобный регуляторный белок споруляции		CAETHG_3995	*	CLRAG_16530
3735	Белок, содержащий домен купина	5.3.1.8	CAETHG_3997	*	CLRAG_16510
3736	киназа аутоиндуктора 2 (AI-2)		CAETHG_3998	*	CLRAG_16500
3737	ДНК-связывающий регулятор транскрипции LsrR семейства DeoR		CAETHG_3999	*	CLRAG_16490
3738	транспортная система AI-2, АТФ-связывающий белок		CAETHG_4000	*	CLRAG_16480
3739	транспортная система AI-2, пермеазный белок		CAETHG_4001	*	CLRAG_16470
3740	транспортная система AI-2, пермеазный белок		CAETHG_4002	*	CLRAG_16460
3741	транспортная система AI-2, субстрат-связывающий белок		CAETHG_4003	*	CLRAG_16450
3742	предполагаемая альдолаза аутоиндуктора-2 (AI-2)		CAETHG_4004	*	CLRAG_16440
3743	гипотетический белок		CAETHG_4005	*	CLRAG_16430
3744	Гликозилтрансфераза семейства GT2		CAETHG_4007, CAETHG_4012	*	CLRAG_16410
3745	Пептидогликан/ксилан/хитиндеацетилаза семейства PgdA/CDA1		CAETHG_4008	*	CLRAG_40260
3746	УДФ-глюкозо-6-дегидрогеназа	1.1.1.22	CAETHG_4009	*	CLRAG_40250
3747	Гликозилтрансфераза-подобный белок семейства 2		CAETHG_4010	*	CLRAG_40230
3748	Гликозилтрансфераза семейства 2		CAETHG_4011, CAETHG_4013, CAETHG_4014	*	CLRAG_40210
3749	Белок созревания спор CgeV		CAETHG_4015	*	CLRAG_40170
3750	гипотетический белок		CAETHG_4016	*	CLRAG_40160
3751	гипотетический белок		CAETHG_4021	*	CLRAG_40100
3752	гипотетический белок		CAETHG_4022	*	CLRAG_40090
3753			*	*	CLRAG_38840
3754			*	*	CLRAG_39170

3755			*	*	CLRAG_39160
3756			*	*	CLRAG_39140
3757			*	*	CLRAG_39110
3758			*	*	CLRAG_39100
3759			*	*	CLRAG_29850
3760			*	*	CLRAG_33000
3761			*	*	CLRAG_33280
3762			*	*	CLRAG_33290
3763			*	*	CLRAG_40220
3764			*	*	CLRAG_17980
3765			*	*	CLRAG_03540
3766			*	*	CLRAG_06340
3767			*	*	CLRAG_06490
3768			*	*	CLRAG_09680
3769			*	*	CLRAG_32280
3770			*	*	CLRAG_32270
3771			*	*	CLRAG_32400
3772			*	*	CLRAG_32390
3773			*	*	CLRAG_32380
3774			*	*	CLRAG_32370
3775			*	*	CLRAG_24810
3776			*	*	CLRAG_30620
3777			*	*	CLRAG_30760
3778			*	*	CLRAG_32420
3779			*	*	CLRAG_01000
3780			*	*	CLRAG_00960
3781			*	*	CLRAG_02850
3782			*	*	CLRAG_02860
3783			*	*	CLRAG_02870
3784			*	*	CLRAG_02880
3785			*	*	CLRAG_02900
3786			*	*	CLRAG_02910
3787			*	*	CLRAG_02920
3788			*	*	CLRAG_02950
3789			*	*	CLRAG_02960
3790			*	*	CLRAG_02970
3791			*	*	CLRAG_02980
3792			*	*	CLRAG_02990
3793			*	*	CLRAG_03000
3794			*	*	CLRAG_03010
3795			*	*	CLRAG_03310
3796			*	*	CLRAG_03330
3797			*	*	CLRAG_15190
3798			*	*	CLRAG_15180
3799			*	*	CLRAG_09910
3800			*	*	CLRAG_32560
3801			*	*	CLRAG_30530
3802			*	*	CLRAG_32700

044153

3803			*	*	CLRAG_14810
3804			*	*	CLRAG_25230
3805			*	*	CLRAG_25290
3806			*	*	CLRAG_20440
3807			*	*	CLRAG_37570
3808			*	*	CLRAG_26360
3809			*	*	CLRAG_37610
3810			*	*	CLRAG_36020
3811			*	*	CLRAG_36040
3812			*	*	CLRAG_36050
3813			*	*	CLRAG_36060
3814			*	*	CLRAG_09130
3815			*	*	CLRAG_05640
3816			*	*	CLRAG_16370
3817			*	*	CLRAG_23850
3818			*	*	CLRAG_13360
3819			*	*	CLRAG_13380
3820			*	CLUJ_c01630, CLUJ_c38500, CLUJ_c37040, CLUJ_c31010, CLUJ_c17540	*
3821			*	CLUJ_c14540	*
3822			*	CLUJ_c15870	*
3823			*	CLUJ_c03760	*
3824			*	CLUJ_c37840	*
3825			*	CLUJ_c00490	*
3826			*	CLUJ_c01550	*
3827			*	CLUJ_c01590	*
3828			*	CLUJ_c02010	*
3829			*	CLUJ_c02510	*
3830			*	CLUJ_c03280	*
3831			*	CLUJ_c03290	*
3832			*	CLUJ_c03300	*
3833			*	CLUJ_c03340	*
3834			*	CLUJ_c03350	*
3835			*	CLUJ_c03360	*
3836			*	CLUJ_c03410	*
3837			*	CLUJ_c03450	*
3838			*	CLUJ_c03460	*
3839			*	CLUJ_c03490	*
3840			*	CLUJ_c03500	*
3841			*	CLUJ_c03510	*
3842			*	CLUJ_c03570	*
3843			*	CLUJ_c03580	*
3844			*	CLUJ_c03590	*
3845			*	CLUJ_c03600	*
3846			*	CLUJ_c03630	*
3847			*	CLUJ_c03700	*

3848			*	CLUJ_c03730	*
3849			*	CLUJ_c03750	*
3850			*	CLUJ_c03790	*
3851			*	CLUJ_c03800	*
3852			*	CLUJ_c04140	*
3853			*	CLUJ_c04260	*
3854			*	CLUJ_c04540	*
3855			*	CLUJ_c04850	*
3856			*	CLUJ_c05260	*
3857			*	CLUJ_c05360	*
3858			*	CLUJ_c05370	*
3859			*	CLUJ_c05590	*
3860			*	CLUJ_c05810	*
3861			*	CLUJ_c06880	*
3862			*	CLUJ_c07740	*
3863			*	CLUJ_c08420	*
3864			*	CLUJ_c08940	*
3865			*	CLUJ_c09720	*
3866			*	CLUJ_c09850	*
3867			*	CLUJ_c10030	*
3868			*	CLUJ_c10790	*
3869			*	CLUJ_c10810	*
3870			*	CLUJ_c10890	*
3871			*	CLUJ_c12030	*
3872			*	CLUJ_c12660	*
3873			*	CLUJ_c12760	*
3874			*	CLUJ_c13500	*
3875			*	CLUJ_c13510	*
3876			*	CLUJ_c13590	*
3877			*	CLUJ_c14040	*
3878			*	CLUJ_c14440	*
3879			*	CLUJ_c14490	*
3880			*	CLUJ_c14500	*
3881			*	CLUJ_c14510	*
3882			*	CLUJ_c14520	*
3883			*	CLUJ_c14530	*
3884			*	CLUJ_c14550	*
3885			*	CLUJ_c14560	*
3886			*	CLUJ_c14570	*
3887			*	CLUJ_c14580	*
3888			*	CLUJ_c14590	*
3889			*	CLUJ_c14600	*
3890			*	CLUJ_c14610	*
3891			*	CLUJ_c14690	*
3892			*	CLUJ_c14760	*
3893			*	CLUJ_c14830	*
3894			*	CLUJ_c15030	*
3895			*	CLUJ_c15040	*

3896			*	CLJU_c15390	*
3897			*	CLJU_c15850	*
3898			*	CLJU_c15880	*
3899			*	CLJU_c15890	*
3900			*	CLJU_c15900	*
3901			*	CLJU_c15970	*
3902			*	CLJU_c15980	*
3903			*	CLJU_c16010	*
3904			*	CLJU_c16180	*
3905			*	CLJU_c16560	*
3906			*	CLJU_c16570	*
3907			*	CLJU_c16620	*
3908			*	CLJU_c16630	*
3909			*	CLJU_c16670	*
3910			*	CLJU_c16710	*
3911			*	CLJU_c16730	*
3912			*	CLJU_c16740	*
3913			*	CLJU_c16750	*
3914			*	CLJU_c16760	*
3915			*	CLJU_c16780	*
3916			*	CLJU_c16790	*
3917			*	CLJU_c16800	*
3918			*	CLJU_c16820	*
3919			*	CLJU_c16850	*
3920			*	CLJU_c16860	*
3921			*	CLJU_c16870	*
3922			*	CLJU_c16880	*
3923			*	CLJU_c16890	*
3924			*	CLJU_c16910	*
3925			*	CLJU_c16920	*
3926			*	CLJU_c18170	*
3927			*	CLJU_c18840	*
3928			*	CLJU_c22480	*
3929			*	CLJU_c22490	*
3930			*	CLJU_c23350	*
3931			*	CLJU_c24820	*
3932			*	CLJU_c27010	*
3933			*	CLJU_c27870	*
3934			*	CLJU_c28150	*
3935			*	CLJU_c30070	*
3936			*	CLJU_c30180	*
3937			*	CLJU_c30190	*
3938			*	CLJU_c30380	*
3939			*	CLJU_c30570	*
3940			*	CLJU_c30580	*
3941			*	CLJU_c30830	*
3942			*	CLJU_c30840	*
3943			*	CLJU_c30910	*

3944			*	CLUJ_c31060	*
3945			*	CLUJ_c31100	*
3946			*	CLUJ_c31140	*
3947			*	CLUJ_c31150	*
3948			*	CLUJ_c31350	*
3949			*	CLUJ_c31410	*
3950			*	CLUJ_c31420	*
3951			*	CLUJ_c31430	*
3952			*	CLUJ_c31440	*
3953			*	CLUJ_c31470	*
3954			*	CLUJ_c31500	*
3955			*	CLUJ_c31520	*
3956			*	CLUJ_c31530	*
3957			*	CLUJ_c31560	*
3958			*	CLUJ_c31580	*
3959			*	CLUJ_c31770	*
3960			*	CLUJ_c32440	*
3961			*	CLUJ_c32450	*
3962			*	CLUJ_c32460	*
3963			*	CLUJ_c32590	*
3964			*	CLUJ_c32600	*
3965			*	CLUJ_c32610	*
3966			*	CLUJ_c32620	*
3967			*	CLUJ_c32670	*
3968			*	CLUJ_c33460	*
3969			*	CLUJ_c35370	*
3970			*	CLUJ_c35820	*
3971			*	CLUJ_c35990	*
3972			*	CLUJ_c36270	*
3973			*	CLUJ_c36280	*
3974			*	CLUJ_c36380	*
3975			*	CLUJ_c36390	*
3976			*	CLUJ_c36420	*
3977			*	CLUJ_c36430	*
3978			*	CLUJ_c36490	*
3979			*	CLUJ_c36540	*
3980			*	CLUJ_c36580	*
3981			*	CLUJ_c36590	*
3982			*	CLUJ_c36600	*
3983			*	CLUJ_c36610	*
3984			*	CLUJ_c36630	*
3985			*	CLUJ_c36640	*
3986			*	CLUJ_c37980	*
3987			*	CLUJ_c37990	*
3988			*	CLUJ_c38570	*
3989			*	CLUJ_c38730	*
3990			*	CLUJ_c38750	*
3991			*	CLUJ_c38760	*

044153

3992		*	CLJU_c39050	*
3993		*	CLJU_c40150	*
3994		*	CLJU_c40170	*
3995		*	CLJU_c40190	*
3996		*	CLJU_c40380	*
3997		*	CLJU_c40400	*
3998		*	CLJU_c42670	*
3999		*	CLJU_c14630	*
4000		*	CLJU_c30860	*
4001		*	CLJU_c05280	*
4002		*	CLJU_c05240	*
4003		*	CLJU_c16840	*
4004		*	CLJU_c03390, CLJU_c36550	*
4005		*	CLJU_c03550	*
4006		*	CLJU_c03530	*
4007		*	CLJU_c03370	*
4008		*	CLJU_c03380, CLJU_c36560	*
4009		*	CLJU_c03420	*
4010		*	CLJU_c03430, CLJU_c36520	*
4011		*	CLJU_c03560	*
4012		*	CLJU_c03650	*
4013		*	CLJU_c03660	*
4014		*	CLJU_c03670	*
4015		*	CLJU_c16720	*
4016		*	CLJU_c16770	*
4017		*	CLJU_c31460	*
4018		*	CLJU_c31480	*
4019		*	CLJU_c31590	*
4020		*	CLJU_c31630	*
4021		*	CLJU_c31640	*
4022		*	CLJU_c36530	*
4023		*	CLJU_c36570	*
4024		*	CLJU_c27680	*
4025		*	CLJU_c22500	*
4026		*	CLJU_c27660	*
4027		*	CLJU_c28970	*
4028		*	CLJU_c28980	*
4029		*	CLJU_c28990	*
4030		*	CLJU_c01650, CLJU_c38520, CLJU_c37060, CLJU_c31030, CLJU_c17520	*
4031		*	CLJU_c30170	*
4032		*	CLJU_c16830	*
4033		*	CLJU_c14770	*
4034		*	CLJU_c36450	*

044153

4035			*	CLJU_c37830	*
4036			*	CLJU_c18950	*
4037			*	CLJU_c30990	*
4038			*	CLJU_c36410	*
4039			*	CLJU_c31510	*
4040			*	CLJU_c30850	*
4041			*	CLJU_c37850	*
4042			*	CLJU_c05270	*
4043			*	CLJU_c05290	*
4044			*	CLJU_c05300	*
4045			*	CLJU_c09730	*
4046			*	CLJU_c36460	*
4047			*	CLJU_c32630	*
4048			*	CLJU_c14020	*
4049			*	CLJU_c14030	*
4050			*	CLJU_c25560, CLJU_c28490, CLJU_c27520	*
4051			*	CLJU_c38740	*
4052			*	CLJU_c27670	*
4053			*	CLJU_c28020	*
4054			*	CLJU_c03480	*
4055			*	CLJU_c22530	*
4056			*	CLJU_c27550	*
4057			*	CLJU_c15830	*
4058			*	CLJU_c03780	*
4059			*	CLJU_c15860	*
4060			*	CLJU_c03610	*
4061			*	CLJU_c36680	*
4062			*	CLJU_c03540	*
4063			*	CLJU_c36650	*
4064			*	CLJU_c03740	*
4065			*	CLJU_c03440, CLJU_c36500	*
4066			*	CLJU_c31610	*
4067			*	CLJU_c03520	*
4068			*	CLJU_c31400	*
4069			*	CLJU_c31390	*
4070			*	CLJU_c31620	*
4071			*	CLJU_c03470	*
4072			*	CLJU_c03620	*
4073			*	CLJU_c03720	*
4074			*	CLJU_c31490	*
4075			*	CLJU_c36440	*
4076			*	CLJU_c16580	*
4077			*	CLJU_c30870	*
4078			*	CLJU_c03400	*
4079			*	CLJU_c03770	*
4080			*	CLJU_c36620	*

4081			*	CLUJ_c01620, CLUJ_c38490, CLUJ_c37030, CLUJ_c31000, CLUJ_c17550	*
4082			*	CLUJ_c39040	*
4083			*	CLUJ_c22390	*
4084			*	CLUJ_c31550	*
4085			*	CLUJ_c31710	*
4086			*	CLUJ_c31720	*
4087			*	CLUJ_c36660	*
4088			*	CLUJ_c36670	*
4089			*	CLUJ_c09870	*
4090			*	CLUJ_c37080	*
4091			*	CLUJ_c01640, CLUJ_c38510, CLUJ_c37050, CLUJ_c31020, CLUJ_c17530	*
4092			*	CLUJ_c03310	*
4093			*	CLUJ_c28530	*
4094			*	CLUJ_c39030	*
4095			*	CLUJ_c39060, CLUJ_c39070	*
4096			*	CLUJ_c01660, CLUJ_c38530, CLUJ_c37070, CLUJ_c31040, CLUJ_c17510	*
4097			*	CLUJ_c03330	*
4098			*	CLUJ_c03320	*
4099			*	CLUJ_c15920	*
4100			*	CLUJ_c36510	*
4101	трипептидаминопептидаза		CAETHG_0006	*	*
4102	гипотетический белок		CAETHG_0053	*	*
4103	Белок, содержащий домен приемника регулятора ответа		CAETHG_0055	*	*
4104	экзонуклеаза SbcC		CAETHG_0114	*	*
4105	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_0120	*	*
4106	гипотетический белок		CAETHG_0152	*	*
4107	Белок, содержащий домен, связывающий 2Fe-2S-железо-серный кластер		CAETHG_0157	*	*
4108	Белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		CAETHG_0236	*	*
4109	Белок семейства глицерофосфорилдиэфирфосфодиэстеразы		CAETHG_0268	*	*
4110	Лейциламинопептидаза (аминопептидаза T)		CAETHG_0279	*	*
4111	белок ArgM		CAETHG_0280	*	*
4112	гипотетический белок		CAETHG_0282	*	*
4113	Неохарактеризованный мембранный белок семейства переносчиков олигопептидов (OPT)		CAETHG_0283	*	*
4114	регуляторный белок катаболизма пуринов		CAETHG_0284	*	*
4115	гипотетический белок		CAETHG_0325	*	*
4116	гипотетический белок		CAETHG_0326	*	*

4117	гипотетический белок		CAETHG_0331	*	*
4118	гипотетический белок		CAETHG_0336	*	*
4119	Белок семейства AcrB/AcrD/AcrF		CAETHG_0392	*	*
4120	гипотетический белок		CAETHG_0399	*	*
4121	Переносчик MFS семейства NNP, переносчик нитратов/нитритов		CAETHG_0439	*	*
4122	гипотетический белок		CAETHG_0489	*	*
4123	гипотетический белок		CAETHG_0494	*	*
4124	гипотетический белок		CAETHG_0519	*	*
4125	гипотетический белок		CAETHG_0547	*	*
4126	гипотетический белок		CAETHG_0548	*	*
4127	гипотетический белок		CAETHG_0567	*	*
4128	АТФ-зависимая ДНК-хеликаза RecQ		CAETHG_0595	*	*
4129	гипотетический белок		CAETHG_0624	*	*
4130	гипотетический белок		CAETHG_0632	*	*
4131	эндоглюканаза		CAETHG_0687	*	*
4132	гипотетический белок		CAETHG_0688	*	*
4133	гипотетический белок		CAETHG_0689	*	*
4134	Белок, содержащий N-концевой домен белков семейства SNF2		CAETHG_0690	*	*
4135	Белок, содержащий N-концевой домен белков семейства SNF2		CAETHG_0691	*	*
4136	белок, содержащий радикал SAM и дополнительный 4Fe4S-связывающий домен SPASM		CAETHG_0692	*	*
4137	гипотетический белок		CAETHG_0693	*	*
4138	гипотетический белок		CAETHG_0694, CAETHG_3528	*	*
4139	эпоксиквеуозинредуктаза		CAETHG_0713	*	*
4140	гипотетический белок		CAETHG_0766	*	*
4141	гипотетический белок		CAETHG_0790	*	*
4142	гипотетический белок		CAETHG_0798	*	*
4143	гипотетический белок		CAETHG_0809	*	*
4144	Белок суперсемейства нуклеаз PD-(D/E)XK		CAETHG_0837	*	*
4145	аутоиндуцируемый пептид циклического лактона		CAETHG_0845	*	*
4146	гипотетический белок		CAETHG_0851	*	*
4147	гипотетический белок		CAETHG_0877	*	*
4148	Неохарактеризованный мембранный белок YcaP семейства DUF421		CAETHG_0951	*	*
4149	гипотетический белок		CAETHG_0952	*	*
4150	предполагаемая транспозаза		CAETHG_0954	*	*
4151	эстераза		CAETHG_0962	*	*
4152	GDSL-подобный белок семейства липаз/ацилгидролаз		CAETHG_0963	*	*
4153	PhoH-подобная АТФаза		CAETHG_0970	*	*
4154	Белок, содержащий домен GHKL		CAETHG_1008	*	*
4155	гипотетический белок		CAETHG_1011	*	*
4156	гипотетический белок		CAETHG_1017	*	*
4157	гипотетический белок		CAETHG_1018	*	*
4158	гипотетический белок		CAETHG_1019	*	*
4159	гипотетический белок		CAETHG_1020	*	*

4160	ДНК- или РНК-хеликаза суперсемейства II		CAETHG_1021	*	*
4161	гипотетический белок		CAETHG_1023	*	*
4162	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_1061	*	*
4163	Белок семейства транскламиназа-подобных белков		CAETHG_1087	*	*
4164	Предполагаемый белок, связывающий клеточную стенку		CAETHG_1088	*	*
4165	гипотетический белок		CAETHG_1094	*	*
4166	белок с неизвестной функцией (DUF4868)		CAETHG_1095	*	*
4167	гипотетический белок		CAETHG_1096	*	*
4168	гипотетический белок		CAETHG_1099	*	*
4169	Предсказанный секретируемый белок		CAETHG_1102	*	*
4170	Белок, содержащий С-концевой тетратрикопептидный повтор Fis1		CAETHG_1104	*	*
4171	фагоподобный белок		CAETHG_1105	*	*
4172	гипотетический белок		CAETHG_1106	*	*
4173	гипотетический белок		CAETHG_1107	*	*
4174	гипотетический белок		CAETHG_1157	*	*
4175	гипотетический белок		CAETHG_1158	*	*
4176	гипотетический белок		CAETHG_1213	*	*
4177	гипотетический белок		CAETHG_1233	*	*
4178	capD, белок биосинтеза полисахарида капсулы		CAETHG_1316	*	*
4179	тирозил-тРНК-синтетаза		CAETHG_1329	*	*
4180	гипотетический белок		CAETHG_1362	*	*
4181	гипотетический белок		CAETHG_1378	*	*
4182	CRISPR-ассоциированная эндонуклеаза/хеликаза Cas3		CAETHG_1397	*	*
4183	CRISPR-ассоциированный белок Cas5h		CAETHG_1398	*	*
4184	CRISPR-ассоциированный белок Csh2		CAETHG_1399	*	*
4185	CRISPR-ассоциированный белок Csh1		CAETHG_1400	*	*
4186	CRISPR-ассоциированная эндорибонуклеаза Cas6		CAETHG_1401	*	*
4187	гипотетический белок		CAETHG_1402, CAETHG_1403	*	*
4188	гипотетический белок		CAETHG_1404	*	*
4189	гипотетический белок		CAETHG_1405	*	*
4190	гипотетический белок		CAETHG_1406	*	*
4191	гипотетический белок		CAETHG_1507	*	*
4192	уропорфириноген-III-декарбоксилазоподобный белок		CAETHG_1520	*	*
4193	Сенсорный модуль с четырехспиральным пучковым мотивом для передачи сигнала		CAETHG_1530	*	*
4194	железозависимая гидрогеназа		CAETHG_1575	*	*
4195	НАДН-хиноноксидоредуктаза, субъединица G		CAETHG_1576	*	*
4196	НАДН-хиноноксидоредуктаза, субъединица E		CAETHG_1578	*	*
4197	гипотетический белок		CAETHG_1640	*	*
4198	гипотетический белок		CAETHG_1642	*	*
4199	гипотетический белок		CAETHG_1643	*	*
4200	гипотетический белок		CAETHG_1645	*	*
4201	гипотетический белок		CAETHG_1646	*	*
4202	гипотетический белок		CAETHG_1647	*	*

4203	Белок, содержащий PLD-подобный домен		CAETHG_1649	*	*
4204	Аденин-специфическая ДНК-метиلاза, содержит домен Zn-ленты		CAETHG_1650	*	*
4205	Белок с неизвестной функцией (DUF3780)		CAETHG_1651	*	*
4206	Белок, содержащий хитобиазный бета-гексозаминидазный С-концевой домен		CAETHG_1652	*	*
4207	консервативный гипотетический белок		CAETHG_1653	*	*
4208	гипотетический белок		CAETHG_1659	*	*
4209	гипотетический белок		CAETHG_1660	*	*
4210	гипотетический белок		CAETHG_1661	*	*
4211	гипотетический белок		CAETHG_1662	*	*
4212	гипотетический белок		CAETHG_1663	*	*
4213	гипотетический белок		CAETHG_1664	*	*
4214	аспараткиназа		CAETHG_1689	*	*
4215	регулятор транскрипции семейства TetR		CAETHG_1705	*	*
4216	гипотетический белок		CAETHG_1706	*	*
4217	регуляторный белок семейства luxR		CAETHG_1709	*	*
4218	гипотетический белок		CAETHG_1710	*	*
4219	Пептидаза семейства M28		CAETHG_1711	*	*
4220	хлорамфеникол-О-ацетилтрансфераза типа А		CAETHG_1717	*	*
4221	Домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_1724	*	*
4222	гипотетический белок		CAETHG_1752	*	*
4223	эндонуклеаза-3		CAETHG_1772	*	*
4224	гипотетический белок		CAETHG_1803	*	*
4225	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_1845	*	*
4226	гипотетический белок		CAETHG_1852	*	*
4227	гипотетический белок		CAETHG_1853	*	*
4228	гипотетический белок		CAETHG_1922	*	*
4229	гипотетический белок		CAETHG_2012	*	*
4230	гипотетический белок		CAETHG_2030	*	*
4231	[белок-переносчик ацильных групп]-S-малонилтрансфераза		CAETHG_2047	*	*
4232	регуляторный белок семейства Fis		CAETHG_2077	*	*
4233	гипотетический белок		CAETHG_2155	*	*
4234	гипотетический белок		CAETHG_2164	*	*
4235	Белок с неизвестной функцией (DUF1015)		CAETHG_2212	*	*
4236	гипотетический белок		CAETHG_2225, CAETHG_2727	*	*
4237	Регулятор транскрипции семейства GntR, репрессор транскрипции арабинозного оперона		CAETHG_2232	*	*
4238	гипотетический белок		CAETHG_2238	*	*
4239	гипотетический белок		CAETHG_2280	*	*
4240	белок оболочки спор семейства CotS		CAETHG_2303	*	*
4241	гипотетический белок		CAETHG_2305	*	*
4242	белок оболочки спор		CAETHG_2307	*	*
4243	гипотетический белок		CAETHG_2361	*	*
4244	гипотетический белок		CAETHG_2371	*	*
4245	Транспозаза		CAETHG_2386	*	*
4246	мембранный белок-переносчик бензоата		CAETHG_2388	*	*

4247	никотинатнуклеотидпирофосфорилаза (карбоксилирующая)	2.4.2.19	CAETHG_2389	*	*
4248	белок, содержащий домен синтеза молибденового кофактора		CAETHG_2390	*	*
4249	2-кето-4-пентеноат-гидратаза		CAETHG_2391	*	*
4250	белок, содержащий BFD-подобный [2Fe-2S]-связывающий домен		CAETHG_2392	*	*
4251	гипотетический белок		CAETHG_2393	*	*
4252	Белок с неизвестной функцией (DUF111)		CAETHG_2394	*	*
4253	гипотетический белок		CAETHG_2395	*	*
4254	регулятор транскрипции семейства IclR		CAETHG_2396	*	*
4255	неохарактеризованный белок		CAETHG_2397	*	*
4256	4-гидрокситетрагидродипиколинатсинтаза	4.2.1.52	CAETHG_2398	*	*
4257	Сенсорный модуль с четырехспиральным пучковым мотивом для передачи сигнала		CAETHG_2399	*	*
4258	метил-акцепторный белок хемотаксиса		CAETHG_2400	*	*
4259	Пируваткиназа, домен barrel		CAETHG_2440	*	*
4260	белок, содержащий повтор тройной спирали коллагена		CAETHG_2494	*	*
4261	карбамоилфосфатсинтаза, малая субъединица		CAETHG_2509	*	*
4262	гипотетический белок		CAETHG_2526	*	*
4263	ABC-транспортная система, предполагаемый АТФ-связывающий белок		CAETHG_2559	*	*
4264	ABC-транспортная система, предполагаемый пермеазный белок		CAETHG_2560	*	*
4265	гликозилтрансфераза		CAETHG_2600	*	*
4266	гипотетический белок		CAETHG_2601	*	*
4267	мембранный белок, подобный O-антиген-лигазе		CAETHG_2603	*	*
4268	гипотетический белок		CAETHG_2605	*	*
4269	Гликозилтрансфераза семейства GT2		CAETHG_2606	*	*
4270	трансферазный гексапептид (белок, содержащий шесть повторов)		CAETHG_2607	*	*
4271	Мембранный белок, участвующий в экспорте O-антигена и тейхоевой кислоты		CAETHG_2610	*	*
4272	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_2611	*	*
4273	гипотетический белок		CAETHG_2612	*	*
4274	Гликозилтрансфераза, участвующая в бисинтезе клеточной стенки		CAETHG_2613	*	*
4275	гипотетический белок		CAETHG_2614	*	*
4276	гликозилтрансфераза		CAETHG_2624	*	*
4277	гипотетический белок		CAETHG_2648	*	*
4278	гипотетический белок		CAETHG_2665	*	*
4279	гипотетический белок		CAETHG_2676	*	*
4280	гипотетический белок		CAETHG_2686	*	*
4281	Белок, содержащий домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_2715	*	*
4282	гипотетический белок		CAETHG_2736	*	*
4283	аргининосукцинатсинтаза		CAETHG_2760	*	*
4284	гипотетический белок		CAETHG_2804	*	*
4285	селеноцистеин-специфический фактор элонгации		CAETHG_2841	*	*
4286	Сенсорный модуль с четырехспиральным пучковым мотивом для передачи сигнала		CAETHG_2857	*	*

4287	16S рРНК(урацил1498-N3)-метилтрансфераза		CAETHG_2895	*	*
4288	антипортер аргинина:орнитина / лизинпермеаза		CAETHG_3023	*	*
4289	flaG, белок жгутиков		CAETHG_3050	*	*
4290	Гликозилтрансфераза семейства 2		CAETHG_3066	*	*
4291	Белок, содержащий AAA-подобный домен		CAETHG_3080	*	*
4292	гипотетический белок		CAETHG_3169	*	*
4293	гипотетический белок		CAETHG_3210	*	*
4294	гипотетический белок		CAETHG_3356	*	*
4295	гипотетический белок		CAETHG_3366	*	*
4296	гипотетический белок		CAETHG_3421	*	*
4297	5'-фосфатсинтаза, субъединица pdxT		CAETHG_3434	*	*
4298	Регулятор транскрипции семейства BlaI, репрессор пенициллиназы		CAETHG_3439	*	*
4299	Белок с неизвестной функцией (DUF3793)		CAETHG_3484	*	*
4300	Na ⁺ -зависимый эффлюксный насос множественной лекарственной устойчивости		CAETHG_3501	*	*
4301	Неохарактеризованный консервативный белок		CAETHG_3517	*	*
4302	гипотетический белок		CAETHG_3518	*	*
4303	гипотетический белок		CAETHG_3523	*	*
4304	белок разделения хромосом		CAETHG_3524	*	*
4305	гипотетический белок		CAETHG_3527	*	*
4306	Неохарактеризованный консервативный белок		CAETHG_3529	*	*
4307	гипотетический белок		CAETHG_3530	*	*
4308	белок HxsD системы His-Xaa-Ser		CAETHG_3531	*	*
4309	белок HxsD системы His-Xaa-Ser		CAETHG_3532	*	*
4310	гипотетический белок		CAETHG_3533	*	*
4311	белок семейства лидерных пептидаз IV типа		CAETHG_3534	*	*
4312	гипотетический белок		CAETHG_3535	*	*
4313	матураза HxsC системы His-Xaa-Ser, содержащая радикал SAM		CAETHG_3536	*	*
4314	матураза HxsB системы His-Xaa-Ser, содержащая радикал SAM		CAETHG_3537	*	*
4315	гипотетический белок		CAETHG_3539	*	*
4316	гипотетический белок		CAETHG_3540	*	*
4317	белок, содержащий радикал SAM и дополнительный 4Fe4S-связывающий домен SPASM		CAETHG_3541	*	*
4318	Резолваза, N концевой домен		CAETHG_3550	*	*
4319	Белок, родственный фаговым белкам		CAETHG_3551	*	*
4320	Домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_3552	*	*
4321	Диаденозинтетрафосфат-(Ap4A)-гидролаза		CAETHG_3556	*	*
4322	АТФ-зависимая хеликаза IRC3		CAETHG_3557	*	*
4323	Предсказанная неканоническая NTP-пирофосфатаза "уборки дома" суперсемейства полностью альфа-НТФ-ПФазы (MazG)		CAETHG_3558	*	*
4324	Белок, содержащий домен AAA (подсемейства белков, родственных динеину)		CAETHG_3559	*	*
4325	гипотетический белок		CAETHG_3560	*	*
4326	гипотетический белок		CAETHG_3561	*	*
4327	белок иммунитета Imm6		CAETHG_3562	*	*
4328	Белок, содержащий домен "спираль-петля-спираль"		CAETHG_3567	*	*
4329	Предполагаемый белок, связывающий		CAETHG_3577	*	*

	клеточную стенку				
4330	регулятор транскрипции семейства IclR		CAETHG_3583	*	*
4331	гидроксиметилглутарил-КоА-синтаза		CAETHG_3584	*	*
4332	ацетил-КоА-С-ацетилтрансфераза		CAETHG_3585	*	*
4333	гипотетический белок		CAETHG_3586	*	*
4334	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_3587	*	*
4335	Предсказанная пермеаза эффлюкса арабинозы семейства MFS		CAETHG_3588	*	*
4336	гипотетический белок		CAETHG_3589	*	*
4337	гипотетический белок		CAETHG_3599	*	*
4338	гипотетический белок		CAETHG_3667	*	*
4339	гипотетический белок		CAETHG_3687	*	*
4340	гипотетический белок		CAETHG_3688	*	*
4341	триптофансинтаза, альфа-цепь		CAETHG_3708	*	*
4342	Белок прорастания спор		CAETHG_3745	*	*
4343	гипотетический белок		CAETHG_3756	*	*
4344	гипотетический белок		CAETHG_3758	*	*
4345	гипотетический белок		CAETHG_3759	*	*
4346	ингибитор IseA DL-эндопептидазы		CAETHG_3760	*	*
4347	предполагаемый регулятор транскрипции		CAETHG_3761	*	*
4348	гипотетический белок		CAETHG_3762	*	*
4349	гипотетический белок		CAETHG_3764	*	*
4350	гипотетический белок		CAETHG_3765	*	*
4351	гипотетический белок		CAETHG_3766	*	*
4352	РНК-зависимая РНК-полимераза		CAETHG_3767	*	*
4353	гипотетический белок		CAETHG_3768	*	*
4354	Белок, содержащий домен субъединицы С эксинуклеазы ABC		CAETHG_3769	*	*
4355	гипотетический белок		CAETHG_3770	*	*
4356	Белок с неизвестной функцией (DUF4236)		CAETHG_3771	*	*
4357	гипотетический белок		CAETHG_3772	*	*
4358	гипотетический белок		CAETHG_3773, CAETHG_3801	*	*
4359	гипотетический белок		CAETHG_3774	*	*
4360	гипотетический белок		CAETHG_3775	*	*
4361	гипотетический белок		CAETHG_3776	*	*
4362	предполагаемая фаговая терминаза семейства P27, малая субъединица		CAETHG_3777	*	*
4363	Белок, подобный фаговой терминазе, большая субъединица, содержит N-концевой НТН домен		CAETHG_3778	*	*
4364	гипотетический белок		CAETHG_3779	*	*
4365	фаговый порталный белок семейства НК97		CAETHG_3780	*	*
4366	АТФ-зависимая протеаза ClpP, протеазная субъединица		CAETHG_3781	*	*
4367	основной капсидный белок фага семейства НК97		CAETHG_3782	*	*
4368	неохарактеризованный фаговый белок (возможно, участвующий в упаковке ДНК)		CAETHG_3783	*	*
4369	белок, соединяющий головку и отросток фага		CAETHG_3784	*	*
4370	Бактериофаг НК97-gp10, предполагаемый компонент отростка		CAETHG_3785	*	*

4371	гипотетический белок		CAETHG_3786	*	*
4372	Белок оболочки отростка фага		CAETHG_3787	*	*
4373	Белок трубки отростка фага		CAETHG_3788	*	*
4374	гипотетический белок		CAETHG_3789	*	*
4375	Белок, содержащий домен SLT		CAETHG_3790	*	*
4376	гипотетический белок		CAETHG_3791	*	*
4377	Белок семейства NPrC/P60		CAETHG_3792	*	*
4378	Белок с неизвестной функцией (DUF2577)		CAETHG_3793	*	*
4379	Белок с неизвестной функцией (DUF2634)		CAETHG_3794	*	*
4380	Неохарактеризованный фаговый белок gp47/JayE		CAETHG_3795	*	*
4381	гипотетический белок (DUF2313)		CAETHG_3796	*	*
4382	параллельный бета-спиральный повтор (две копии)		CAETHG_3797	*	*
4383	Гемолизин XhIA		CAETHG_3798	*	*
4384	Лизоцим M1 (1,4-бета-N-ацетилмурамидаза) семейства GH25		CAETHG_3799	*	*
4385	гипотетический белок		CAETHG_3800	*	*
4386	RemK-подобный, MazF-подобный токсин токсин-антитоксिन-подобный токсин II типа		CAETHG_3802	*	*
4387	гипотетический белок		CAETHG_3811	*	*
4388	внеклеточный белок, связывающий растворенные вещества		CAETHG_3832	*	*
4389	гипотетический белок		CAETHG_3902	*	*
4390	гипотетический белок		CAETHG_3973	*	*
4391	гипотетический белок		CAETHG_3974	*	*
4392	Широкоспецифичная NMP-киназа		CAETHG_3976	*	*
4393	Белок, содержащий метилтрансферазный домен		CAETHG_3977	*	*
4394	белок с неизвестной функцией (DUF4351)		CAETHG_3978	*	*
4395	гипотетический белок		CAETHG_3986	*	*
4396	белок, содержащий повтор тройной спирали коллагена		CAETHG_4029	*	*
4397	гипотетический белок		CAETHG_4052	*	*
4398	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00050
4399	белок множественной лекарственной устойчивости MdtC		*	*	CLRAG_00060
4400	предшественник белка множественной лекарственной устойчивости MdtA		*	*	CLRAG_00070
4401	белок-регулятор метаболизма жирных кислот		*	*	CLRAG_00080
4402	белок, связывающий правый сайт начала репликации		*	*	CLRAG_00140
4403	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00150
4404	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00160
4405	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00170
4406	ксилулокиназа		*	*	CLRAG_00360
4407	предшественник никель-связывающего периплазматического белка		*	*	CLRAG_00400
4408	глутатион-импортирующий АТФ-связывающий белок GsiA		*	*	CLRAG_00410
4409	АТФ-связывающий белок транспорта олигопептидов OppD		*	*	CLRAG_00420
4410	система транспорта глутатиона, пермеазный белок GsiD		*	*	CLRAG_00430
4411	система транспорта глутатиона, пермеазный		*	*	CLRAG_00440

	белок GsiC				
4412	система транспорта никеля, пермеазный белок NikB		*	*	CLRAG_00450
4413	предполагаемая метилтрансфераза YcgJ		*	*	CLRAG_00460
4414	переносчик серина/треонина SstT		*	*	CLRAG_00740
4415	белок, регулирующий кислород NreC		*	*	CLRAG_00750
4416	предполагаемая оксидоредуктаза YdhV		*	*	CLRAG_00770
4417	ингибитор клеточного деления MinD		*	*	CLRAG_00810
4418	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00820
4419	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00830
4420	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00840
4421	гипотетический белок		*	*	CLRAG_00850
4422	предполагаемый ABC-переносчик, АТФ-связывающий белок YxIF		*	*	CLRAG_00860
4423	гипотетический белок		*	*	CLRAG_01050
4424	деметилребеккамицин-D-глюкозо-O-метилтрансфераза		*	*	CLRAG_01080
4425	гипотетический белок		*	*	CLRAG_01160
4426	предполагаемый электрон-транспортный белок YccM		*	*	CLRAG_01220
4427	рибонуклеаза D		*	*	CLRAG_01280
4428	белок-регулятор транскрипции GabR HTH-типа		*	*	CLRAG_01380
4429	гипотетический белок		*	*	CLRAG_01560
4430	CRISPR-ассоциированный белок Cas6		*	*	CLRAG_01570
4431	CRISPR-ассоциированный белок (cas_TM1802)		*	*	CLRAG_01580
4432	гипотетический белок		*	*	CLRAG_01590
4433	CRISPR-ассоциированный белок (Cas_Cas5)		*	*	CLRAG_01600
4434	CRISPR-ассоциированная нуклеаза/хеликаза Cas3		*	*	CLRAG_01610
4435	гипотетический белок		*	*	CLRAG_01620
4436	CRISPR-ассоциированная эндонуклеаза Cas1		*	*	CLRAG_01630
4437	CRISPR-ассоциированная эндорибонуклеаза Cas2		*	*	CLRAG_01640
4438	гипотетический белок		*	*	CLRAG_01830
4439	уропорфириногендекарбоксилаза		*	*	CLRAG_02060
4440	магний-хелатаза, 38-кДа субъединица		*	*	CLRAG_02080
4441	магний-хелатаза, 38-кДа субъединица		*	*	CLRAG_02090
4442	Аэробная кобальт-хелатаза, субъединица CobN		*	*	CLRAG_02100
4443	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-аланинамидазы LytC		*	*	CLRAG_02110
4444	система транспорта гемина, пермеазный белок HmuU		*	*	CLRAG_02120
4445	транспортная система сидерофоров, предполагаемый АТФ-связывающий белок		*	*	CLRAG_02130
4446	предшественник белка, связывающего витамин B12		*	*	CLRAG_02140
4447	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02230
4448	Белок, содержащий домен YqaJ-подобной вирусной рекомбиназы		*	*	CLRAG_02240
4449	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02250
4450	Регулятор транскрипции ImmR HTH-типа		*	*	CLRAG_02260
4451	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02270
4452	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02300

4453	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02310
4454	ГТФ-пиррофосфокиназа YjbM		*	*	CLRAG_02320
4455	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02330
4456	50S рибосомный белок L22 / гибридный белок с неизвестными доменами		*	*	CLRAG_02340
4457	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02350
4458	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02360
4459	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02370
4460	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02380
4461	гипотетический белок		*	*	CLRAG_02390
4462	белок утилизации пропандиола PduA		*	*	CLRAG_02940
4463	переносчик биотина BioY2		*	*	CLRAG_03060
4464	биотинсинтаза		*	*	CLRAG_03070
4465	кокаинэстераза		*	*	CLRAG_03080
4466	Регулятор транскрипции Vm3R1 HTH-типа		*	*	CLRAG_03090
4467	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03100
4468	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03110
4469	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03150
4470	белок эффлюкса гомосерина/гомосеринлактона		*	*	CLRAG_03160
4471	белок-регулятор транскрипции GabR HTH-типа		*	*	CLRAG_03170
4472	предполагаемый сенсорный белок-преобразователь YfmS		*	*	CLRAG_03180
4473	ферредоксин		*	*	CLRAG_03190
4474	бензилсукцинатсинтаза, альфа-субъединица		*	*	CLRAG_03200
4475	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03210
4476	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03220
4477	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03230
4478	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03260
4479	предполагаемый белок, содержащий пептидогликан-связывающий домен		*	*	CLRAG_03270
4480	галактозид-О-ацетилтрансфераза		*	*	CLRAG_03280
4481	предполагаемая рибосомальная N-ацетилтрансфераза YdaF		*	*	CLRAG_03290
4482	регуляторный белок SoxS		*	*	CLRAG_03300
4483	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03320
4484	мотив "спираль-петля-спираль"		*	*	CLRAG_03380
4485	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03410
4486	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03420
4487	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03430
4488	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03440
4489	N-концевая протеаза CAAX аутоиммунитета		*	*	CLRAG_03800
4490	предполагаемая рибосомальная N-ацетилтрансфераза YdaF		*	*	CLRAG_03860
4491	гипотетический белок		*	*	CLRAG_03940
4492	ДНК-связывающий репрессор транскрипции MarR		*	*	CLRAG_03950
4493	флаводоксин		*	*	CLRAG_03960
4494	сенсорная протеинкиназа WalK		*	*	CLRAG_04310
4495	белок-регулятор транскрипции WalR		*	*	CLRAG_04320
4496	Белок внутренней мембраны YdjZ семейства TVP38/TMEM64		*	*	CLRAG_04330

4497	фосфатидилхолинсинтаза		*	*	CLRAG_04340
4498	Белок А системы поглощения калия Ktr		*	*	CLRAG_04460
4499	Белок В системы поглощения калия Ktr		*	*	CLRAG_04470
4500	предполагаемый сенсорный белок-преобразователь YfmS		*	*	CLRAG_04500
4501	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-аланинамидазы LytC		*	*	CLRAG_05510
4502	гипотетический белок		*	*	CLRAG_05520
4503	метил-акцепторный белок MsrA хемотаксиса		*	*	CLRAG_05560
4504	нитрогеназа, молибден-железосодержащий белок, альфа-цепь		*	*	CLRAG_05590
4505	нитрогеназа, молибден-железосодержащий белок, бета-цепь		*	*	CLRAG_05600
4506	Белок NifB биосинтеза кофактора FeMo		*	*	CLRAG_05620
4507	метил-акцепторный белок 4 хемотаксиса		*	*	CLRAG_05770
4508	Белок, содержащий домен F1ST N		*	*	CLRAG_05780
4509	гипотетический белок		*	*	CLRAG_05830
4510	6-аминогексаноатдимергидролаза		*	*	CLRAG_05890
4511	белок А системы UvrABC		*	*	CLRAG_05900
4512	Активатор транскрипции Btr НТН-типа		*	*	CLRAG_05910
4513	Белок А углеродного голодания		*	*	CLRAG_06580
4514	АТФ-связывающий белок транспорта олигопептидов OppD		*	*	CLRAG_06890
4515	эпоксиквеозинредуктаза		*	*	CLRAG_06980
4516	гипотетический белок		*	*	CLRAG_07010
4517	GDSL-подобная липаза/ацилгидролаза		*	*	CLRAG_07020
4518	фосфодиэстераза 3',5'-циклического аденозинмонофосфата CpdA		*	*	CLRAG_07200
4519	белок сегрегации хромосом		*	*	CLRAG_07280
4520	предшественник интерналина А		*	*	CLRAG_07290
4521	предшественник интерналина А		*	*	CLRAG_07300
4522	гипотетический белок		*	*	CLRAG_07360
4523	Регулятор транскрипции CynR НТН-типа		*	*	CLRAG_08110
4524	гипотетический белок		*	*	CLRAG_08690
4525	белок-регулятор транскрипции PhoP синтеза щелочной фосфатазы		*	*	CLRAG_08810
4526	гипотетический белок		*	*	CLRAG_08840
4527	гипотетический белок		*	*	CLRAG_08850
4528	гипотетический белок		*	*	CLRAG_08860
4529	белок рестриктазы R 1 типа		*	*	CLRAG_08890
4530	белок, содержащий домен специфичности к ДНК фермента рестрикции-модификации I типа		*	*	CLRAG_08900
4531	предполагаемый белок рестриктазы РМ I типа		*	*	CLRAG_08910
4532	глутаматрацемаза		*	*	CLRAG_08930
4533	ферредоксин		*	*	CLRAG_08950
4534	метил-акцепторный белок MsrC хемотаксиса		*	*	CLRAG_08990
4535	предшественник N-замещенной формамидеформилазы		*	*	CLRAG_09020
4536	белок экспорта множественной лекарственной устойчивости MerA		*	*	CLRAG_09030
4537	белок прорастания спор GerE		*	*	CLRAG_09050
4538	карбоксилэстераза NlhH		*	*	CLRAG_09110

4539	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09120
4540	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09200
4541	белок множественной устойчивости к антибиотикам MarA		*	*	CLRAG_09210
4542	регулятор ответа фосфодиэстеразы циклического ди-ГМФ RpfG		*	*	CLRAG_09300
4543	репрессор ответа на пероксид PerR		*	*	CLRAG_09310
4544	предполагаемый сенсорный белок-преобразователь YfmS		*	*	CLRAG_09350
4545	чувствительный к меди репрессор транскрипции CsoR		*	*	CLRAG_09360
4546	предполагаемая медь-экспортирующая АТФаза V Р-типа		*	*	CLRAG_09370
4547	ДНК-связывающий регулятор транскрипции AgaC		*	*	CLRAG_09380
4548	белок семейства альфа/бета гидролаз		*	*	CLRAG_09390
4549	белок, связывающий правый сайт начала репликации		*	*	CLRAG_09400
4550	деметилребеккамицин-D-глюкозо-O-метилтрансфераза		*	*	CLRAG_09410
4551	АТФ-связывающий/пермеазный белок IrtA импорта железа		*	*	CLRAG_09420
4552	предполагаемый АТФ-связывающий/пермеазный белок экспорта множественных лекарственных веществ		*	*	CLRAG_09430
4553	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09490
4554	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09610
4555	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09620
4556	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09630
4557	белок разделения хромосом Smc		*	*	CLRAG_09640
4558	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09700
4559	фосфоаденозинфосфосульфатредуктаза		*	*	CLRAG_09760
4560	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09770
4561	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09780
4562	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09790
4563	цистеиндесульфураза SufS		*	*	CLRAG_09800
4564	рестриктаза III типа, субъединица ges		*	*	CLRAG_09810
4565	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09820
4566	белок разделения хромосом Smc		*	*	CLRAG_09830
4567	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09840
4568	сигма-фактор RpoS РНК-полимеразы		*	*	CLRAG_09850
4569	белок семейства эндонуклеаз/экзонуклеаз/фосфатаз		*	*	CLRAG_09880
4570	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09890
4571	белок, подобный плазмидному белку pRiA4b ORF-3		*	*	CLRAG_09900
4572	гипотетический белок		*	*	CLRAG_09930
4573	редуктаза гидропероксидных кислот gpx1		*	*	CLRAG_10140
4574	регулятор транскрипции устойчивости к органическим гидропероксидам		*	*	CLRAG_10150
4575	аланин-тРНК-лигаза		*	*	CLRAG_10160
4576	гипотетический белок		*	*	CLRAG_10960
4577	гипотетический белок		*	*	CLRAG_11060
4578	рекомбинационный белок A, ассоциированный с репликацией		*	*	CLRAG_11710
4579	предполагаемый белок множественной лекарственной устойчивости EmrK		*	*	CLRAG_12840

4580	гипотетический белок		*	*	CLRAG_13370
4581	гипотетический белок		*	*	CLRAG_13390
4582	гипотетический белок		*	*	CLRAG_13400
4583	гипотетический белок		*	*	CLRAG_13420
4584	гликозилтрансфераза SunS, происходящая от профага SPBc2		*	*	CLRAG_13430
4585	гипотетический белок		*	*	CLRAG_13440
4586	гипотетический белок		*	*	CLRAG_13450
4587	флагеллин		*	*	CLRAG_13460
4588	гипотетический белок		*	*	CLRAG_13490
4589	белок FlgL, ассоциированный с крючком жгутика		*	*	CLRAG_13580
4590	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-аланинамидазы LytC		*	*	CLRAG_13940
4591	ABC-переносчик, пермеазный белок YxdM		*	*	CLRAG_14390
4592	сенсорная гистидинкиназа GraS		*	*	CLRAG_14410
4593	гликозилат/гидроксипируватредуктаза A		*	*	CLRAG_14820
4594	сахарофосфатаза YidA		*	*	CLRAG_14920
4595	фосфометилпиримидинсинтаза		*	*	CLRAG_15080
4596	предшественник амидофосфорибозилтрансферазы		*	*	CLRAG_15090
4597	предшественник амидофосфорибозилтрансферазы		*	*	CLRAG_15100
4598	гипотетический белок		*	*	CLRAG_15150
4599	изопренилтрансфераза		*	*	CLRAG_15210
4600	предполагаемая сахарокиназа YdjH		*	*	CLRAG_15530
4601	пермеаза цитозина/пуринов, урацила, тиамин, аллантина		*	*	CLRAG_15540
4602	АДФ-рибозилфосфогидролаза		*	*	CLRAG_15550
4603	предполагаемый регулятор транскрипции YurK HTH-типа		*	*	CLRAG_15560
4604	АТФ-связывающая область		*	*	CLRAG_15700
4605	гипотетический белок		*	*	CLRAG_15750
4606	реактивирующий фактор этаноламин-аммиак-лиазы		*	*	CLRAG_15830
4607	формамидаза		*	*	CLRAG_15860
4608	Низкоафинный импортер путресцина PlaP		*	*	CLRAG_15870
4609	гипотетический белок		*	*	CLRAG_15890
4610	ацетоацетатдекарбоксилаза (ADC)		*	*	CLRAG_15900
4611	предполагаемая дигуанилатциклаза YedQ		*	*	CLRAG_15960
4612	предполагаемый фермент биосинтеза тиазола		*	*	CLRAG_15990
4613	белок YdjP суперсемейства АВ-гидролаз		*	*	CLRAG_16030
4614	импортер путресцина PiuP		*	*	CLRAG_16040
4615	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16090
4616	ингибитор пептидаз семейства чагасина I42		*	*	CLRAG_16320
4617	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16330
4618	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16340
4619	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16360
4620	предполагаемая гликозилтрансфераза		*	*	CLRAG_16400
4621	метил-акцепторный белок 4 хемотаксиса		*	*	CLRAG_16630
4622	фактор сборки белка наружной мембраны BamE		*	*	CLRAG_16660
4623	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16690

4624	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16700
4625	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16710
4626	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16720
4627	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16730
4628	тирозинрекомбиназа XerD		*	*	CLRAG_16760
4629	тирозинрекомбиназа XerC		*	*	CLRAG_16770
4630	тирозинрекомбиназа XerD		*	*	CLRAG_16780
4631	белок-шаперон DnaJ		*	*	CLRAG_16810
4632	белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		*	*	CLRAG_16820
4633	белок-шаперон DnaK		*	*	CLRAG_16830
4634	белок GrpE		*	*	CLRAG_16840
4635	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16850
4636	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16860
4637	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16870
4638	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16890
4639	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16900
4640	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16910
4641	ГТФаза Der		*	*	CLRAG_16920
4642	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16930
4643	предполагаемая дигуанилатциклаза YdaM		*	*	CLRAG_16940
4644	предполагаемая дигуанилатциклаза YdaM		*	*	CLRAG_16950
4645	белок множественной лекарственной устойчивости Str		*	*	CLRAG_16960
4646	белок, содержащий домен, родственные нуклеазам		*	*	CLRAG_16970
4647	гипотетический белок		*	*	CLRAG_16990
4648	гипотетический белок		*	*	CLRAG_17010
4649	гипотетический белок		*	*	CLRAG_17020
4650	гипотетический белок		*	*	CLRAG_17040
4651	гипотетический белок		*	*	CLRAG_17050
4652	Активатор транскрипции mta НТН-типа		*	*	CLRAG_17100
4653	гипотетический белок		*	*	CLRAG_17290
4654	гипотетический белок		*	*	CLRAG_17960
4655	предполагаемая метилтрансфераза YcgJ		*	*	CLRAG_18120
4656	предполагаемая ксантидегидрогеназа, субъединица A		*	*	CLRAG_18190
4657	FmdE, оперон молибденформилметанофурандегидрогеназы		*	*	CLRAG_18200
4658	гипотетический белок		*	*	CLRAG_18210
4659	витамин B12-связывающий белок		*	*	CLRAG_18220
4660	S-аденозил-L-метионин-связывающий белок		*	*	CLRAG_18230
4661	молибдоптеринмолибдентрансфераза		*	*	CLRAG_18240
4662	переносчик молибдата, АТФ-связывающий белок		*	*	CLRAG_18250
4663	гипотетический белок		*	*	CLRAG_18270
4664	белок семейства ацетилтрансфераз (GNAT)		*	*	CLRAG_18290
4665	гипотетический белок		*	*	CLRAG_18300
4666	гипотетический белок		*	*	CLRAG_18310
4667	Регулятор транскрипции GltR НТН-типа		*	*	CLRAG_18330
4668	предполагаемая НАД(Ф)Н-зависимая ФМН-содержащая		*	*	CLRAG_18340

	оксидоредуктаза YwqN				
4669	флаводоксин		*	*	CLRAG_18350
4670	гипотетический белок		*	*	CLRAG_18360
4671	1-дезоксид-D-ксилозу-5-фосфатсинтаза		*	*	CLRAG_18640
4672	3-оксоацил-[белок-переносчик ацильных групп]-редуктаза FabG		*	*	CLRAG_18650
4673	предполагаемый переносчик тартрата		*	*	CLRAG_18660
4674	гипотетический белок		*	*	CLRAG_18970
4675	гипотетический белок		*	*	CLRAG_19420
4676	метионинсинтаза		*	*	CLRAG_19430
4677	гипотетический белок		*	*	CLRAG_19450
4678	репрессор пенициллиназы		*	*	CLRAG_19480
4679	регуляторный белок BlaR1		*	*	CLRAG_19490
4680	белок семейства изопренилцистеинкарбоксиметилтрансферазы (ICMT)		*	*	CLRAG_20000
4681	гипотетический белок		*	*	CLRAG_20110
4682	гипотетический белок		*	*	CLRAG_20340
4683	гипотетический белок		*	*	CLRAG_20360
4684	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-аланинамидазы LytC		*	*	CLRAG_20370
4685	гипотетический белок		*	*	CLRAG_20420
4686	белок TetD транспозона Tn10		*	*	CLRAG_20430
4687	анкириновые повторы (3 копии)		*	*	CLRAG_20500
4688	гипотетический белок		*	*	CLRAG_20510
4689	предполагаемый белок множественной лекарственной устойчивости EmrY		*	*	CLRAG_20520
4690	гипотетический белок		*	*	CLRAG_20910
4691	белок-регулятор транскрипции оперона CsgBAC		*	*	CLRAG_20920
4692	Белок семейства пептидаз M28		*	*	CLRAG_20930
4693	предполагаемый пенициллинсвязывающий белок PbpX		*	*	CLRAG_20980
4694	Активатор транскрипции RhaR HTH-типа		*	*	CLRAG_21010
4695	субъединица RsbV электрон-транспортного комплекса		*	*	CLRAG_21020
4696	гипотетический белок		*	*	CLRAG_21030
4697	гипотетический белок		*	*	CLRAG_21080
4698	гипотетический белок		*	*	CLRAG_21220
4699	белок спор YkvP		*	*	CLRAG_21370
4700	предшественник деацетилазы пептидогликан-N-ацетилмурамовой кислоты PdaA		*	*	CLRAG_21380
4701	белок спор YkvP		*	*	CLRAG_21390
4702	гипотетический белок		*	*	CLRAG_21410
4703	гипотетический белок		*	*	CLRAG_21420
4704	предполагаемый переносчик сульфоацетата SauU		*	*	CLRAG_21570
4705	гипотетический белок		*	*	CLRAG_21770
4706	триозофосфатизомераза		*	*	CLRAG_21830
4707	гипотетический белок		*	*	CLRAG_21840
4708	предполагаемый переносчик глюкоарата		*	*	CLRAG_21850
4709	предполагаемая сахарофосфатизомераза YwIF		*	*	CLRAG_21870
4710	Репрессор транскрипции GlcR HTH-типа		*	*	CLRAG_21890

4711	синтаза циклического пираноптеринмонофосфата		*	*	CLRAG_22260
4712	4-гидроксифенилацетатдекарбоксилаза, большая субъединица		*	*	CLRAG_22270
4713	фермент, активирующий гидроксифенилацетатдекарбоксилазу	4-	*	*	CLRAG_22280
4714	метил-акцепторный белок 3 хемотаксиса		*	*	CLRAG_22290
4715	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22300
4716	белок, содержащий домен, родственный нуклеазам		*	*	CLRAG_22310
4717	белок дивергентного домена AAA		*	*	CLRAG_22380
4718	Регулятор транскрипции AcrR НТН-типа		*	*	CLRAG_22390
4719	белок множественной лекарственной устойчивости 3		*	*	CLRAG_22400
4720	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22410
4721	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22420
4722	ферредоксин		*	*	CLRAG_22430
4723	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22460
4724	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22470
4725	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22480
4726	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22490
4727	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22500
4728	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22510
4729	метилаза модификации HaeIII		*	*	CLRAG_22520
4730	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22530
4731	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22540
4732	сенсорный белок FixL		*	*	CLRAG_22550
4733	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22560
4734	гипотетический белок		*	*	CLRAG_22570
4735	белок транспозиции TnsC транспозона Tn7		*	*	CLRAG_22580
4736	белок транспозиции TnsB транспозона Tn7		*	*	CLRAG_22590
4737	белок транспозиции TnsA транспозона Tn7		*	*	CLRAG_22600
4738	метилтрансфераза А малой субъединицы рибосомной РНК		*	*	CLRAG_23630
4739	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23650
4740	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23660
4741	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23670
4742	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23680
4743	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23740
4744	анаэробный регулятор транскрипции катаболизма бензоата		*	*	CLRAG_23750
4745	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23760
4746	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23770
4747	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23780
4748	HNH-эндонуклеаза		*	*	CLRAG_23790
4749	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23800
4750	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23810
4751	Белок репликации и репарации ДНК RecF		*	*	CLRAG_23820
4752	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23830
4753	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23860
4754	серин/треонин-протеинкиназа PrkC		*	*	CLRAG_23870

4755	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23880
4756	галактозид-О-ацетилтрансфераза		*	*	CLRAG_23890
4757	гипотетический белок		*	*	CLRAG_23900
4758	Активатор транскрипции оперона Hca		*	*	CLRAG_23910
4759	НАДН-оксидаза		*	*	CLRAG_23920
4760	деметилменахинонметилтрансфераза		*	*	CLRAG_23970
4761	гипотетический белок		*	*	CLRAG_24030
4762	гипотетический белок		*	*	CLRAG_24240
4763	гипотетический белок		*	*	CLRAG_24250
4764	гипотетический белок		*	*	CLRAG_24260
4765	N-концевая протеаза CAAX аутоиммунитета		*	*	CLRAG_24400
4766	фактор сборки BamD белка наружной мембраны		*	*	CLRAG_24860
4767	предполагаемый белок, связывающийся с клеточной стенкой и содержащий повтор 2		*	*	CLRAG_24870
4768	гипотетический белок		*	*	CLRAG_25030
4769	альтронатдегидратаза		*	*	CLRAG_25040
4770	2-кето-3-дезоксиглюконатпермеаза		*	*	CLRAG_25050
4771	2-дегидро-3-дезоксиглюконокиназа		*	*	CLRAG_25060
4772	регулятор транскрипции KdgR		*	*	CLRAG_25080
4773	метил-акцепторный белок 4 хемотаксиса		*	*	CLRAG_25200
4774	переносчик аммония NrgA		*	*	CLRAG_25480
4775	рибосомный белок S5-аланин-N-ацетилтрансфераза		*	*	CLRAG_26200
4776	белок семейства ацетилтрансфераз (GNAT)		*	*	CLRAG_26210
4777	гипотетический белок		*	*	CLRAG_26230
4778	регулятор эффлюксного переносчика множественных лекарственных веществ 1		*	*	CLRAG_26240
4779	предполагаемая протеаза YdeA		*	*	CLRAG_26400
4780	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-аланинамидазы LytC		*	*	CLRAG_26410
4781	предполагаемая транспозаза		*	*	CLRAG_26740
4782	гипотетический белок		*	*	CLRAG_26800
4783	тирозинрекомбиназа XerC		*	*	CLRAG_26810
4784	тирозинрекомбиназа XerD		*	*	CLRAG_26820
4785	гипотетический белок		*	*	CLRAG_27210
4786	гипотетический белок		*	*	CLRAG_27610
4787	диацилглицеринкиназа		*	*	CLRAG_28550
4788	совместный переносчик натрия/глюкозы		*	*	CLRAG_28930
4789	3-оксоацил-[белок-переносчик ацильных групп]-редуктаза FabG		*	*	CLRAG_28940
4790	Белок, содержащий повтор BNR/Asp-бокс		*	*	CLRAG_28950
4791	белок TabA токсин-антитоксеновой системы биопленок		*	*	CLRAG_28960
4792	транспортный белок внутренней мембраны YajR		*	*	CLRAG_28970
4793	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-аланинамидазы LytC		*	*	CLRAG_28990
4794	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29010
4795	белок staygreen		*	*	CLRAG_29020
4796	метил-акцепторный белок MscC хемотаксиса		*	*	CLRAG_29070
4797	белок P-II, регулирующий обмен азота		*	*	CLRAG_29090

4798	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29100
4799	Предшественник аммонийного канала		*	*	CLRAG_29110
4800	белок хемотаксиса CheY		*	*	CLRAG_29140
4801	CheY-P-фосфатаза CheC		*	*	CLRAG_29150
4802	фосфодиэстераза циклического ди-ГМФ Gmr		*	*	CLRAG_29160
4803	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29340
4804	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29390
4805	белок-шаперон ClpB		*	*	CLRAG_29400
4806	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29410
4807	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29420
4808	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29430
4809	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29440
4810	белок-регулятор транскрипции ZraR		*	*	CLRAG_29480
4811	Белок семейства YvrJ		*	*	CLRAG_29810
4812	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29880
4813	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29900
4814	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29910
4815	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29920
4816	белок-шаперон ClpB		*	*	CLRAG_29930
4817	гипотетический белок		*	*	CLRAG_29940
4818	C-метилтрансфераза UbiE биосинтеза убихинона/менахинона		*	*	CLRAG_29950
4819	регулятор реакции на гем HssR		*	*	CLRAG_29960
4820	сенсорный белок синтеза щелочной фосфатазы PhoR		*	*	CLRAG_29970
4821	насос эффлюкса пуринов PbuE		*	*	CLRAG_29980
4822	транспозаза		*	*	CLRAG_30020
4823	N-ацилгомосеринлактоназа		*	*	CLRAG_30030
4824	альдегидоксидоредуктаза		*	*	CLRAG_30550
4825	Na(+)-транслоцирующая субъединица F НАДН-хинонредуктазы		*	*	CLRAG_30670
4826	гипотетический белок		*	*	CLRAG_30720
4827	белок внутренней мембраны YdgC		*	*	CLRAG_30750
4828	псевдоурдинсинтаза A малой субъединицы рибосомы		*	*	CLRAG_31120
4829	гипотетический белок		*	*	CLRAG_31130
4830	белок, содержащий домен LysM		*	*	CLRAG_31150
4831	глюконат-5-дегидрогеназа		*	*	CLRAG_31660
4832	глутаматметилэстераза-регулятор реакции хемотаксиса		*	*	CLRAG_31670
4833	гипотетический белок		*	*	CLRAG_31950
4834	бактериальный Ig-подобный домен (группа 2)		*	*	CLRAG_31970
4835	гипотетический белок		*	*	CLRAG_31980
4836	бактериальный Ig-подобный домен (группа 2)		*	*	CLRAG_32030
4837	гипотетический белок		*	*	CLRAG_32190
4838	гипотетический белок		*	*	CLRAG_32360
4839	гипотетический белок		*	*	CLRAG_32440
4840	гипотетический белок		*	*	CLRAG_32450
4841	белок рекомбинации и репарации RecT		*	*	CLRAG_32460
4842	гипотетический белок		*	*	CLRAG_32490
4843	формиатдегидрогеназа H		*	*	CLRAG_32520

4844	гипотетический белок		*	*	CLRAG_32740
4845	гипотетический белок		*	*	CLRAG_32950
4846	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33250
4847	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33300
4848	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33320
4849	тирозинрекомбиназа XerC		*	*	CLRAG_33370
4850	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33380
4851	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33430
4852	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33450
4853	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33460
4854	мотив "спираль-петля-спираль"		*	*	CLRAG_33470
4855	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33480
4856	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33520
4857	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33550
4858	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33570
4859	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33610
4860	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33620
4861	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33630
4862	Хеликаза, содержащая DEAD/DEAH-боксы		*	*	CLRAG_33640
4863	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33650
4864	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33660
4865	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33670
4866	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33680
4867	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33690
4868	ДНК-метилаза N-6		*	*	CLRAG_33700
4869	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33710
4870	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33730
4871	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33740
4872	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33750
4873	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33760
4874	ДНК-инвертаза hin		*	*	CLRAG_33770
4875	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33780
4876	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33790
4877	фактор сборки BamD белка наружной мембраны		*	*	CLRAG_33800
4878	белок, содержащий тетратрикопептидный повтор		*	*	CLRAG_33810
4879	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33830
4880	интрон-кодируемый белок LtrA II группы		*	*	CLRAG_33840
4881	белок, подобный транспозазе IS200		*	*	CLRAG_33850
4882	гипотетический белок		*	*	CLRAG_33920
4883	бактериальный Ig-подобный домен (группа 2)		*	*	CLRAG_34030
4884	гипотетический белок		*	*	CLRAG_34040
4885	гипотетический белок		*	*	CLRAG_34050
4886	гипотетический белок		*	*	CLRAG_34060
4887	гипотетический белок		*	*	CLRAG_34070
4888	предполагаемый АТФ-связывающий белок YkoD импорта HMP/тиамина		*	*	CLRAG_34080
4889	переносчик фактора сопряжения энергетического метаболизма,		*	*	CLRAG_34090

	АТФ-связывающий белок EcfA2			
4890	переносчик фактора сопряжения энергетического метаболизма, трансмембранный белок EcfT	*	*	CLRAG_34100
4891	белок, содержащий оксидоредуктазный молибдоптерин-связывающий домен	*	*	CLRAG_34110
4892	гипотетический белок	*	*	CLRAG_34120
4893	белок, содержащий домен межклеточной адгезии	*	*	CLRAG_34130
4894	предшественник каппа-каррагеназы	*	*	CLRAG_34140
4895	гипотетический белок	*	*	CLRAG_34150
4896	фосфодиэстераза 3',5'-циклического аденозинмонофосфата CpdA	*	*	CLRAG_34160
4897	гипотетический белок	*	*	CLRAG_34170
4898	белок, содержащий повтор NHL	*	*	CLRAG_34180
4899	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-аланинамидазы LytC	*	*	CLRAG_34190
4900	IS2 транспозаза TnpB	*	*	CLRAG_34250
4901	транспозаза	*	*	CLRAG_34260
4902	транспозаза	*	*	CLRAG_34270
4903	формиадегидрогеназа H	*	*	CLRAG_34290
4904	гипотетический белок	*	*	CLRAG_34320
4905	гипотетический белок	*	*	CLRAG_34330
4906	гипотетический белок	*	*	CLRAG_34340
4907	гипотетический белок	*	*	CLRAG_35240
4908	гипотетический белок	*	*	CLRAG_35800
4909	карбоксилэстераза NlhH	*	*	CLRAG_35840
4910	интрон II группы, матураза-специфическая область	*	*	CLRAG_36010
4911	белок специфичности рестриктазы EcoKI 1 типа	*	*	CLRAG_36030
4912	гипотетический белок	*	*	CLRAG_36070
4913	белок семейства ацетилтрансфераз (GNAT)	*	*	CLRAG_36080
4914	гипотетический белок	*	*	CLRAG_36160
4915	гипотетический белок	*	*	CLRAG_36170
4916	рестриктаза III типа, субъединица res	*	*	CLRAG_36180
4917	фермент RecBCD, субъединица RecD	*	*	CLRAG_36190
4918	белок семейства фаговых интеграз	*	*	CLRAG_36200
4919	белок, содержащий домен FRG	*	*	CLRAG_36210
4920	серин/треониновый обменник SteT	*	*	CLRAG_36480
4921	гипотетический белок	*	*	CLRAG_36660
4922	гипотетический белок	*	*	CLRAG_37100
4923	предполагаемый металлсодержащий шаперон YciC	*	*	CLRAG_37520
4924	белок семейства ацетилтрансфераз (GNAT)	*	*	CLRAG_37540
4925	ингибитор пептидаз семейства чагасина I42	*	*	CLRAG_37550
4926	гипотетический белок	*	*	CLRAG_37560
4927	гипотетический белок	*	*	CLRAG_37580
4928	гипотетический белок	*	*	CLRAG_37590
4929	гипотетический белок	*	*	CLRAG_37600
4930	гипотетический белок	*	*	CLRAG_37630
4931	гипотетический белок	*	*	CLRAG_37900
4932	Предшественник N-ацетилмурамоил-L-	*	*	CLRAG_38010

	аланинамидазы LytC				
4933	предшественник интерналина В		*	*	CLRAG_38020
4934	предполагаемая YhgA-подобная транспозаза		*	*	CLRAG_38240
4935	ГДФ-маннозо-4,6-дегидратаза		*	*	CLRAG_38610
4936	ГДФ-L-фукозосинтаза		*	*	CLRAG_38620
4937	предполагаемая N-ацетилманнозаминилтрансфераза		*	*	CLRAG_38630
4938	галактозид-O-ацетилтрансфераза		*	*	CLRAG_38640
4939	белок оболочки спор SA		*	*	CLRAG_38650
4940	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38660
4941	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38670
4942	D-инозитол-3-фосфатглицозилтрансфераза		*	*	CLRAG_38680
4943	предполагаемая гликозилтрансфераза		*	*	CLRAG_38690
4944	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38700
4945	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38710
4946	белок семейства гликозилтрансфераз 11		*	*	CLRAG_38720
4947	белок биосинтеза полисахаридов		*	*	CLRAG_38730
4948	УДФ-глюкозо-6-дегидрогеназа YwqF		*	*	CLRAG_38740
4949	УДФ-глюкозо-4-эпимераза		*	*	CLRAG_38760
4950	белок семейства ацилтрансфераз		*	*	CLRAG_38770
4951	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38790
4952	предполагаемая ацетилтрансфераза		*	*	CLRAG_38800
4953	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38810
4954	белок семейства ацилтрансфераз		*	*	CLRAG_38820
4955	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38850
4956	гипотетический белок		*	*	CLRAG_38860
4957	гипотетический белок		*	*	CLRAG_39020
4958	p-аминобензоилглутаматгидролаза, субъединица В		*	*	CLRAG_39040
4959	сенсорная гистидинкиназа YucG		*	*	CLRAG_39300
4960	белок-переносчик семейства ABC-2		*	*	CLRAG_39320
4961	белок-переносчик семейства ABC-2		*	*	CLRAG_39330
4962	эпоксиквеуозинредуктаза		*	*	CLRAG_39350
4963	АТФ-зависимая РНК-хеликаза RhlE		*	*	CLRAG_39540
4964	гипотетический белок		*	*	CLRAG_39580
4965	Регулятор транскрипции CysL НТН-типа		*	*	CLRAG_39800
4966	молибден-птеринсвязывающий белок MorA		*	*	CLRAG_39810
4967	метионин-гамма-лиаза		*	*	CLRAG_39890
4968	предполагаемый белок, содержащий ДНК-связывающий домен транспозазы		*	*	CLRAG_39910
4969	предполагаемая транспозаза		*	*	CLRAG_39920
4970	белок, содержащий домен "спираль-петля-спираль"		*	*	CLRAG_39930
4971	белок В-переносчик двухвалентного железа		*	*	CLRAG_39960
4972	белок, содержащий домен FeoA		*	*	CLRAG_39970
4973	гипотетический белок		*	*	CLRAG_39990
4974	гипотетический белок		*	*	CLRAG_40000
4975	гипотетический белок		*	*	CLRAG_40110
4976	предполагаемая гликозилтрансфераза		*	*	CLRAG_40180

Авторы изобретения также определили ключевые пути и узлы метаболизма у микроорганизмов Вуд-Льюнгдаля (фигура). В настоящем изобретении дополнительно предложены микроорганизмы с нарушенными генами для стратегического отвода потока углерода от ненужных или нежелательных узлов метаболизма через целевые узлы метаболизма. Такие штаммы позволили улучшить продукцию продуктов, получаемых на стадиях, следующих после этих целевых узлов метаболизма.

Наконец, в настоящем изобретении предложены способы получения продуктов путем культивирования микроорганизма согласно настоящему изобретению в присутствии субстрата, например, газообразного субстрата, содержащего один или более из CO , CO_2 и/или H_2 . Возможные комбинации нарушенных генов для оптимизации продукции конкретных продуктов описаны в примерах 2-19.

Как описано в других разделах настоящей заявки, такие продукты могут включать нативные или ненативные продукты микроорганизмов Вуд-Льюнгдаля. Например, такие продукты включают ацетил-КоА, этанол, ацетат, бутанол, бутират, бутирил-КоА, 2,3-бутандиол, лактат, бутен, бутадие, метилэтилкетон, этилен, ацетон, изопропанол, липиды, 3-гидроксипропионат (3-HP), изопрен, фарнезен, жирные

кислоты (этиловые эфиры жирных кислот, бутиловые эфиры жирных кислот), 2-бутанол, 1,2-пропандиол, 1-пропанол, продукты-производные хоризмата, 3-гидроксibuтират, 1,3-бутандиол, C₆-C₈-спирты (гексанол, гептанол, октанол), капроат, октаноат, изопентенилпирофосфат (IPP), диметилаллилпирофосфат (DMAPP), ацетоацетил-КоА, 3-гидроксibuтират-КоА (3-НВ-КоА), малонил-КоА, пируват, дегидрошкимат, хоризмат, пара-гидроксibenзойную кислоту, салицилат, 2-аминобензоат, 2,3-дигидроксibenзоат, 2-гидроксциклогексанкарбовую кислоту, цитрамалат, кетобутират, ацетолактат, ацетон, валин, лейцин и изолейцин, но не ограничиваются ими.

Примеры

Следующие примеры дополнительно иллюстрируют данное изобретение, но, разумеется, никоим образом не должны рассматриваться как ограничивающие его сущность.

Пример 1.

В этом примере описано метаболическое моделирование в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля.

Использовали модель метаболизма *Clostridium autoethanogenum* в масштабе генома, подобную модели, описанной в работе Marcellin, Green Chem, 18: 3020-3028, 2016. Эту модель использовали для моделирования проектирования, конструирования, роста *in silico* и скрининга штаммов с мутациями, вызывающими нарушение генов, с целью прогностического выявления штаммов, которые будут характеризоваться повышенным выходом нативных соединений. Кроме того, построили новые модели в масштабе генома для ряда штаммов, продуцирующих ненативные соединения. Для этого к структуре модели *Clostridium autoethanogenum* дикого типа добавили гетерологичные гены и метаболические реакции, представляющие включение пути получения ненативного соединения. Хотя модель, использованная для экспериментальной работы, описанной в настоящем документе, основана на *Clostridium autoethanogenum*, можно ожидать, что полученные результаты будут применимы и к другим микроорганизмам Вуда-Льонгдаля, учитывая сходство в их метаболизме.

Для каждого штамма для продукции химического соединения выполнили конструирование *in silico* миллионов мутантных штаммов, содержащих различные комбинации мутаций, вызывающих нарушение генов. Булевы ассоциации ген-белок-реакция использовали для определения инактивированных метаболических реакций при нарушении гена (Thiele, Nature Protocols, 5: 93-121, 2010). Проектирование, конструирование и скрининг мутантных штаммов выполняли с использованием sameo версии 0.11.2 (Sonnenschein, Biosustain/Cameo: 0.11.0, doi: doi:10.5281/zenodo.835730, 2017) и эволюционных алгоритмов, реализованных с помощью *inspyred* версии 1.0.1.

Рост этих мутантных штаммов моделировали с использованием двух методов компьютерного моделирования на основе ограничений: анализа баланса потока (FBA) и линейной минимизации метаболической коррекции (LMOMA). Эти методы моделирования роста использовали для выявления двух вероятных метаболических фенотипов после генетического нарушения (Maia, Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion on - GECCO '17, New York, New York, ACM Press, 1661-1668, 2017). Экспериментальный профиль метаболического потока конструировали и использовали в качестве эталонного состояния для LMOMA-моделирования. Моделирование роста выполняли с использованием программных сценариев *cobrapy* версии 0.8.2 (Ebrahim., COBRAPy: COConstraints-Based Reconstruction and Analysis for Python, BMC Syst Biol, 7: 74, 2013), *optlang* версии 1.2.3 ((Jensen, Optlang: An Algebraic Modeling Language for Mathematical Optimization," The Journal of Open Source Software, 2, doi:10.21105/joss.00139, 2017) в качестве интерфейса поиска решений и *Gurobi Optimizer* версии 7.0.2 в качестве средства поиска решений оптимизации.

Скорости роста и основные метаболические потоки, в том числе продуктов ферментации, регистрировали и использовали для скрининга штаммов. Для каждого моделирования штамма рассчитывали взаимосвязанный выход биомассы-продукта (ВРСУ) и молярный выход углерода. Эти значения выхода использовали для определения балльного показателя соответствия.

Кроме того, выполняли анализ изменчивости потока (FVA) с целью определить, требуется ли мутантному штамму продукция соединения, представляющего интерес, для роста (конструирование штаммов, сопряженных с ростом). Если минимальный поток соединения, представляющего интерес, был больше нуля во время роста, штамм классифицировали как сопряженный с ростом. Эти конструкции штаммов, сопряженных с ростом, должны обеспечивать повышенную стабильность ферментации при непрерывной ферментации. Этот минимальный поток преобразовывали в выход углерода (минимальный выход FVA) и использовали для сравнения уровня сопряжения с ростом между штаммами.

Пример 2.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции ацетата в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Ацетат является нативным продуктом микроорганизмов Вуда-Льонгдаля.

#	Методика	Кол-во нарушенных	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	6	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_2754, CAETHG_3293, CAETHG_0909	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + AMФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ -> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), гомоцистеинсинтаза (О-ацетилгомосеринсульфгидролаза) (H2S + О-ацетил-L-гомосерин -> ацетат + Н+ + гомоцистеин), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S), префенат:НАД+-оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат -> НАДН + CO2 + п-гидроксифенилпируват)	0,327282	0,093692
2	Выход - LMOMA	5	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_2754, CAETHG_3293	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + AMФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ -> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), гомоцистеинсинтаза (О-ацетилгомосеринсульфгидролаза) (H2S + О-ацетил-L-гомосерин -> ацетат + Н+ + гомоцистеин), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S)	0,327819	0,093362
3	Выход - LMOMA	6	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_2751, CAETHG_2753, CAETHG_3293, CAETHG_0909	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + AMФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S), префенат:НАД+-оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO2 + п-гидроксифенилпируват)	0,326972	0,09307
4	Выход - LMOMA	5	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_3293, CAETHG_0909	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + AMФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S), префенат:НАД+-оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат -> НАДН + CO2 + п-гидроксифенилпируват)	0,326957	0,092998

5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0233, CAETHG_2753, CAETHG_2932, CAETHG_3293	4-имидазолон-5-пропаноатамидогидролаза (H ₂ O + 4-имидазолон-5-пропаноат --> N-формимино-L-глутамат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322658	0,092572
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2753, CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3293	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322819	0,092318
7	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2753, CAETHG_2932, CAETHG_3293	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322658	0,09231
8	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2753, CAETHG_3293, CAETHG_3924	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <-> рибозо-5-фосфат)	0,325822	0,091762
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_2753, CAETHG_3293	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,325822	0,091762
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_2753, CAETHG_3293	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,325822	0,091762
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_3293	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,324411	0,0913
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_3293, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,327495	0,090854
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2751, CAETHG_2753, CAETHG_3293	Цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322674	0,090674
14	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0233, CAETHG_2753, CAETHG_3293	4-имидазолон-5-пропаноатамидогидролаза (H ₂ O + 4-имидазолон-5-пропаноат --> N-формимино-L-глутамат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322658	0,09027
15	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0234, CAETHG_2753, CAETHG_3293	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролизаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> H ₂ O + уроканат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322658	0,09027

16	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2753, CAETHG_3021, CAETHG_3293	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ⁺), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322819	0,090256
17	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2753, CAETHG_3293	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ⁺), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322658	0,090044
18	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3293	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетоин), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,322658	0,089638
19	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_3293	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,325822	0,0885
20	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_0909	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), префенат:НАД ⁺ -оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат \rightarrow НАДН + CO ₂ + п-гидроксифенилпируват)	0,328306	0,087946
21	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_0909	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \rightleftharpoons PRPP + аденин), префенат:НАД ⁺ -оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат \rightarrow НАДН + CO ₂ + п-гидроксифенилпируват)	0,328306	0,087946
22	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_2721	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ \rightarrow АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват)	0,330562	0,08744
23	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0909	Префенат:НАД ⁺ -оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат \rightarrow НАДН + CO ₂ + п-гидроксифенилпируват)	0,32509	0,0873
24	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0,32887	0,087246
25	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \rightleftharpoons фосфат + Н ⁺ + аденозин)	0,32887	0,087246
26	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \rightleftharpoons PRPP + аденин)	0,32887	0,087246
27	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0,32887	0,087246
28	Выход - LMOMA	1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ \rightarrow АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват)	0,327443	0,0872
29	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин)	0,325831	0,08702

Пример 3.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции этанола в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Этанол является нативным продуктом микроорганизмов Вуда-Льюнгаля.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0,22708	0,205528
2	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,230473	0,205316
3	Выход - LMOMA	5	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,230473	0,205316
4	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2932, CAETHG_3359,	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ +	0,230404	0,205306

			CAETHG_3924, CAETHG_0498	пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)		
5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0160, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,230404	0,205306
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,230404	0,205306
7	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,230833	0,205248
8	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3924	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,230833	0,205248
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_2932, CAETHG_3358	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,230833	0,205248
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,230833	0,205248
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,230833	0,205248
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,228988	0,205226
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,229481	0,205172
14	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,229408	0,205162
15	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,229408	0,205162
16	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,188313	0,194484

17	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_3510	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + H ⁺ + тетрагидродипиколинат \rightleftharpoons 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,221462	0,188812
18	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_3510	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + H ⁺ + тетрагидродипиколинат \rightleftharpoons 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,221395	0,188806
19	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3358, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,230404	0,188442
20	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_3358, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,230404	0,188442
21	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \rightleftharpoons фосфат + H ⁺ + аденозин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,230404	0,188442
22	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,228988	0,188404
23	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,228988	0,188404
24	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_3924	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0,230902	0,188398
25	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \rightleftharpoons PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,230833	0,18839
26	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \rightleftharpoons фосфат + H ⁺ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,230833	0,18839
27	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3924	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0,230833	0,18839
28	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \rightleftharpoons фосфат + H ⁺ + аденозин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0,230833	0,18839
29	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0,229408	0,188348
30	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,229408	0,188348
31	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_2932	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,185926	0,186556
32	Выход -	2	CAETHG_2932,	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-	0,185926	0,186556

	LMOMA		CAETHG_3924	ацетоин), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)		
33	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3293	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S)	0,183754	0,184984
34	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,183906	0,184562
35	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2796, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0,183806	0,18449
36	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2798, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0,183806	0,18449
37	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2799, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0,183806	0,18449
38	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2795, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0,183806	0,18449
39	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2797, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0,183806	0,18449
40	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0248, CAETHG_2932	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ нар. + L-лактат нар. <=> H+ + L-лактат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0,183806	0,184038
41	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2751, CAETHG_2932	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0,183456	0,184024
42	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3924, CAETHG_0498	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,186014	0,183362
43	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0,185926	0,182994
44	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0,185926	0,182994
45	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,185926	0,182994
46	Выход - LMOMA	1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0,185926	0,182756
47	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0,186476	0,182602

Пример 4.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции ацетона в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция ацетона в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля описана, например, в WO 2012/115527. Для моделирования продукции ацетона использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА→КоА+ацетоацетил-КоА; ацетат+ацетоацетил-КоА→ацетил-КоА+ацетоацетат; ацетоацетат→CO₂+ацетон; ацетон→ацетоннар.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_0909	Ацетил-КоА:карбондioxid-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (РРСК) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), префенат:НАД+оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO ₂ + п-гидроксифенилпируват)	0	0,057267
2	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_0909	Ацетил-КоА:карбондioxid-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (РРСК) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), префенат:НАД+оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO ₂ + п-гидроксифенилпируват)	0	0,05724
3	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3359	Ацетил-КоА:карбондioxid-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (РРСК) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,056697
4	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_3359, CAETHG_0909	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (РРСК) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), префенат:НАД+оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO ₂ + п-гидроксифенилпируват)	0	0,056481
5	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (РРСК) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-	0	0,056292

				оксoglутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + H+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксoglутарат + LL-2,6-диаминопимелат)		
6	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_3359	Фосфоенолпируваткарбоккиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксoglутарат + H+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,056154
7	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбоккиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), фосфаттрансациетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,056112
8	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3359	Фосфоенолпируваткарбоккиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,056112
9	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3359	Фосфоенолпируваткарбоккиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,056022
10	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), фосфаттрансациетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,055245
11	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,055245
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0233, CAETHG_3359, CAETHG_3510	4-имидазолон-5-пропаноатамидогидролаза (H2O + 4-имидазолон-5-пропаноат --> N-формимино-L-глутамат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксoglутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + H+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксoglутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,05214
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0234, CAETHG_3359, CAETHG_3510	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролиза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> H2O + уроканат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксoglутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + H+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксoglутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,05214
14	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксoglутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + H+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксoglутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,052041
15	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_3510	Фосфаттрансациетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксoglутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + H+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксoglутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,052041
16	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_3359, CAETHG_0909	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), префенат:НАД+-оксидоредуктаза (декарбоксиллирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO2 + п-гидроксифенилпируват)	0	0,051891
17	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_3359,	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат),	0	0,051678

			CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)		
18	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_1371, CAETHG_2753, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н2О + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,051609
19	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_0160, CAETHG_3021, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,05157
20	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,051567
21	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3358, CAETHG_3924	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,051567
22	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1371, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н2О + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,051567
23	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_3924	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,051567
24	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1270, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (РРi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,051561
25	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,048294
26	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,046551
27	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3293, CAETHG_3359	Цистеиндесульфгидраза (Н2О + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,045591
28	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3299, CAETHG_3359	2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,045288
29	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2475, CAETHG_3359	дГТФ-трифосфогидролаза (Н2О + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,045285
30	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3021, CAETHG_3359	L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,044994
31	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3164, CAETHG_3359	УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> РРi + УМФ), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,044943
32	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,04494
33	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,04494
34	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0234, CAETHG_2751	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролиаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> Н2О + уроканат), цитрамалатсинтаза (Н2О + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,020286
35	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2751	Цитрамалатсинтаза (Н2О + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,020283
36	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н2О + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,020094
37	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (РРi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,020094
38	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020094

Пример 5.

В этом примере описаны нарушения для улучшения продукции изопропанола в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция изопропанола в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля описана, например, в WO 2012/115527. Для моделирования продукции изопропанола в настоящем документе использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА→КоА+ацетоацетил-КоА; ацетат+ацетоацетил-КоА→ацетил-КоА+ацетоацетат; ацетоацетат→CO₂+ацетон; изопропанол→изопропанолнар.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	6	CAETHG_2753, CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,04386
2	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2753, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,043854
3	Выход - LMOMA	6	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,043791

4	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,043782
5	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,04377
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,043758
7	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,043758
8	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,043644
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,043644
10	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,043107
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,043095
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,043095
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_2932, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н2О + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,04308
14	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_2932, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,04308
15	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,043029

16	Выход - LMOMA	3	0, CAETHG_2932, CAETHG_3359	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ СО ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (АЛСТТ --> СО ₂ + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,043023
17	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (АЛСТТ --> СО ₂ + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,043017
18	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (АЛСТТ --> СО ₂ + (R)-ацетонин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,043017
19	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3359, CAETHG_0498, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ О + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,037755
20	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_0686	L-аргининиминогидролаза (Н ₂ О + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,037077
21	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0686	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,037038
22	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,037038
23	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2441, CAETHG_3293, CAETHG_3359	Пируваткиназа (АДФ + фосфоенолпируват --> АТФ + пируват), цистеиндесульфгидраза (Н ₂ О + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,036639
24	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3293, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Цистеиндесульфгидраза (Н ₂ О + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ О + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,036468
25	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3293, CAETHG_3359	Цистеиндесульфгидраза (Н ₂ О + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,035355
26	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0234, CAETHG_3359	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролиаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> Н ₂ О + уроканат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,031752
27	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0233, CAETHG_3359	4-имидазолон-5-пропаноатамидогидролаза (Н ₂ О + 4-имидазолон-5-пропаноат --> N-формимино-L-глутамат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,031752
28	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_3359	L-аргининиминогидролаза (Н ₂ О + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,031737
29	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2475, CAETHG_3359	дГТФ-трифосфогидролаза (Н ₂ О + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,031731
30	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2475, CAETHG_3358	дГТФ-трифосфогидролаза (Н ₂ О + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,031731
31	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,031707
32	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,031707

Пример 6.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции лактата в микроорганизмах Вуд-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Лактат является нативным продуктом микроорганизмов Вуд-Льонгдаля.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	ВРСУ FBA	- 4	CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_3293, CAETHG_3358	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ₂), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ₂ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (Н ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0	0,011882
2	ВРСУ FBA	- 4	CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_3293, CAETHG_3359	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ₂), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ₂ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (Н ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₂ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,011882
3	ВРСУ FBA	- 4	CAETHG_2751, CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (Н ₂ O + пируват + ацетил-КоА \rightleftharpoons КоА + цитрамалат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ₂), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ₂ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0	0,011873
4	ВРСУ FBA	- 4	CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ₂), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ₂ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,011786
5	ВРСУ FBA	- 3	CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_3358	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ₂), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ₂ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0	0,011696
6	ВРСУ FBA	- 3	CAETHG_2751, CAETHG_2909, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (Н ₂ O + пируват + ацетил-КоА \rightleftharpoons КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ₂ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0	0,010722
7	ВРСУ FBA	- 2	CAETHG_2909, CAETHG_3359	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ₂ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₂ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,010534

8	BPCY FBA	- 2	CAETHG_2909, CAETHG_3358	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> PPI + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,010534
9	BPCY FBA	- 2	CAETHG_2909, CAETHG_3358	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> PPI + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,010387
10	BPCY FBA	- 3	CAETHG_2753, CAETHG_3293, CAETHG_3358	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,010038
11	BPCY FBA	- 3	CAETHG_2751, CAETHG_2753, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,00988
12	BPCY FBA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_3358	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,009678
13	BPCY FBA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_3358	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,009586
14	BPCY FBA	- 2	CAETHG_2751, CAETHG_3359	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,008686
15	BPCY FBA	- 2	CAETHG_2751, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,008686
16	BPCY FBA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,008474
17	BPCY FBA	- 1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,008474
18	BPCY FBA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_2909	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> PPI + АМФ + фосфоенолпируват)	0	0,001316
19	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2798, CAETHG_2932, CAETHG_3299	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,036108
20	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2798, CAETHG_2932, CAETHG_3021	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,035997
21	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2475, CAETHG_2798, CAETHG_2932	дГТФ-трифосфогидролаза (H2O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0	0,035826
22	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2798, CAETHG_2932, CAETHG_3164	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PPI	0	0,035799

				+ УМФ)		
23	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2799, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0	0,035754
24	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2795, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0	0,035754
25	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2794, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0	0,035754
26	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2798, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0	0,035754
27	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2798, CAETHG_2932	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 H+ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин)	0	0,035748
28	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2211, CAETHG_2224, CAETHG_2932, CAETHG_3299	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,034086
29	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_1757, CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2932, CAETHG_3299	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,034086
30	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2339, CAETHG_2932, CAETHG_3299	дЦМФ-аминогидролаза (H2O + H+ + дЦМФ --> NH3 + дУМФ), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,034086
31	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2932, CAETHG_3299, CAETHG_3985	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), переносчик арсената (арсенат --> арсенат_нар.)	0	0,034086
32	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2633, CAETHG_2932, CAETHG_3299	N-ацетилнейраминатпируватлиаза (пируватфосфорилирующая) (H2O + фосфоенолпируват + N-ацетил-D-маннозамин --> фосфат + H+ + Neu5Ac), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,034086
33	Выход LMOMA	- 6	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2548, CAETHG_2932, CAETHG_3299, CAETHG_0832	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), синтез тиазолфосфата (АТФ + L-Tyrosine + L-цистеин + 1-дезоксид-ксилулозо-5-фосфат --> H2O + CO2 + PPi + АМФ + L-аланин + 4-метил-5-2-фосфэтилтиазол + 4-гидроксибензиловый спирт)	0	0,034086
34	Выход LMOMA	- 7	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2932, CAETHG_3299,	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,034086

			CAETHG_3850, CAETHG_0417, CAETHG_0461			
35	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2932, CAETHG_3299	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (деоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,034086
36	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2210, CAETHG_2224, CAETHG_2618, CAETHG_2932, CAETHG_3299	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (деоксирибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0	0,034086
37	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_2107, CAETHG_2932, CAETHG_3021	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,026043
38	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2932, CAETHG_3021	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,025995
39	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_2932	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин)	0	0,024423
40	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2932	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин)	0	0,024375
41	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1225, CAETHG_0160	L-серин-аммиак-лиаза (L-серин --> NH3 + пируват), N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,021384
42	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,021204
43	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,021204
44	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,021204
45	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,021204
46	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_3021	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,021012
47	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_2721	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020931
48	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020928
49	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2475, CAETHG_3021	дГТФ-трифосфогидролаза (H2O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,020073
50	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,020058

Пример 7.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции 1,3-бутандиола в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1.

Получение 1,3-бутандиола в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описано, например, в WO 2017/0066498. Для моделирования продукции 1,3-бутандиола в настоящем документе использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА → КоА + ацетоацетил-КоА; НАДФН + Н+ + ацетоацетил-КоА → НАДФ + (R)-3-гидроксибутирил-КоА; фосфат + (R)-3-гидроксибутирил-КоА → КоА + (R)-3-гидроксибутирилфосфат; АДФ + (R)-3-гидроксибутирилфосфат → АТФ + (R)-3-гидроксибутират; (R)-3-гидроксибутират + восстановленный ферредоксин → окисленный ферредоксин + (R)-3-гидроксибутиральдегид; НАДФН + Н+ + (R)-3-гидроксибутиральдегид → НАДФ + 13BDO; НАДН + Н+ + (R)-3-гидроксибутиральдегид → НАД + 13BDO; 13BDO → 13BDO_нар.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	BPCY - FBA	4	CAETHG_2751, CAETHG_2909, CAETHG_3293, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА \Leftrightarrow КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + H+ \rightarrow P _i + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин \Leftrightarrow NH3 + пируват + H2S), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,05315	0,005908
2	BPCY - FBA	3	CAETHG_2909, CAETHG_3293, CAETHG_3358	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + H+ \rightarrow P _i + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин \Leftrightarrow NH3 + пируват + H2S), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,05193	0,005808
3	BPCY - FBA	3	CAETHG_2751, CAETHG_2909, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА \Leftrightarrow КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + H+ \rightarrow P _i + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,05085	0,005774
4	BPCY - FBA	3	CAETHG_2751, CAETHG_2909, CAETHG_3359	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА \Leftrightarrow КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + H+ \rightarrow P _i + АМФ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,05085	0,005774
5	BPCY - FBA	3	CAETHG_2909, CAETHG_3358, CAETHG_0498	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + H+ \rightarrow P _i + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин \rightarrow NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,05054	0,005734
6	BPCY - FBA	2	CAETHG_2909, CAETHG_3359	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + H+ \rightarrow P _i + АМФ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,04960	0,005672
7	BPCY - FBA	2	CAETHG_2909, CAETHG_3358	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + H+ \rightarrow P _i + АМФ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,04960	0,005672
8	BPCY - FBA	3	CAETHG_2751, CAETHG_3293, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА \Leftrightarrow КоА + цитрамалат), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин \Leftrightarrow NH3 + пируват + H2S), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,04193	0,004892
9	BPCY - FBA	2	CAETHG_3293, CAETHG_3359	Цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин \Leftrightarrow NH3 + пируват + H2S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,04068	0,004788
10	BPCY - FBA	2	CAETHG_3293, CAETHG_3358	Цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин \Leftrightarrow NH3 + пируват + H2S), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,04068	0,004788
11	BPCY - FBA	2	CAETHG_2751, CAETHG_3359	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА \Leftrightarrow КоА + цитрамалат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,03923	0,004684
12	BPCY - FBA	2	CAETHG_2751, CAETHG_3358	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА \Leftrightarrow КоА + цитрамалат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,03923	0,004684
13	BPCY - FBA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин \rightarrow NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,03904	0,004667
14	BPCY - FBA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин \rightarrow NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,03904	0,004667
15	BPCY - FBA	1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,03795	0,004575
16	BPCY - FBA	1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,03795	0,004575

Пример 8.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции 2,3-бутандиола в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. 2,3-бутандиол является нативным продуктом по меньшей мере некоторых микроорганизмов Вуда-Льюнгаля.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	5	CAETHG_1147, CAETHG_2753, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0909	Лактатдегидрогеназа (НАД + D-лактат \rightleftharpoons НАДН + пируват + Н+), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат \rightleftharpoons 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), префенат:НАД+оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат \rightarrow НАДН + CO ₂ + п-гидроксибензилпируват)	0,033681	0,049774
2	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1147, CAETHG_2753, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Лактатдегидрогеназа (НАД + D-лактат \rightleftharpoons НАДН + пируват + Н+), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-	0,033681	0,049768

				диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + H ⁺ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)		
3	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0248, CAETHG_2753, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H ⁺ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + H ⁺), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + H ⁺ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,033681	0,049768
4	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + H ⁺ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,03068	0,04884
5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0248, CAETHG_2721, CAETHG_3327, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H ⁺ + L-лактат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PФСК) (АТФ + оксалоацетат + H ⁺ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), пермеазный белок АВС-переносчика фосфата (PФ + H ⁺ --> PФ _{нар.} + H ⁺ _{нар.}), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,026026
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_3924, CAETHG_0476	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), S-аминометилдигидролипоилпротеин:(6S)-тетрагидрофолат (тетрагидрофолат + S-аминометилдигидролипоилпротеин <=> NH ₃ + 5-10-метилтетрагидрофолат + дигидролипоилпротеин)	0	0,02553
7	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_3924, CAETHG_0475	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), S-аминометилдигидролипоилпротеин:(6S)-тетрагидрофолат (тетрагидрофолат + S-аминометилдигидролипоилпротеин <=> NH ₃ + 5-10-метилтетрагидрофолат + дигидролипоилпротеин)	0	0,02553
8	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_3924, CAETHG_0474	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), глицин-липоилпротеиноксидоредуктаза (декарбоксилирующая и акцепторно-аминометилирующая) (глицин + H ⁺ + липоилпротеин --> CO ₂ + S-аминометилдигидролипоилпротеин)	0	0,02553
9	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1270, CAETHG_0248, CAETHG_2753, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PФ + АМФ <=> PРРР + аденин), обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H ⁺ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + H ⁺), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,025452
10	Выход -	4	CAETHG_0248,	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами	0	0,025452

	LMOMA		CAETHG_2753, CAETHG_3359, CAETHG_3924	(H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + H+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5- фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)		
11	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета- синтаза (L-серин + гомоцистеин <=> H ₂ O + цистатионин)	0	0,025422
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_0248, CAETHG_3359	5'-нуклеотидаза (дУМФ) (H ₂ O + дУМФ --> фосфат + H+ + дезоксигуанидин), обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,025412
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1147, CAETHG_3359, CAETHG_3924	Лактатдегидрогеназа (НАД + D-лактат <=> НАДН + пируват + H+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,025412
14	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_0248, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,025412
15	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_3924	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,025412
16	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_2721, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), фосфоенолпируваткарбоккиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,02517
17	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1147, CAETHG_2753, CAETHG_3359	Лактатдегидрогеназа (НАД + D-лактат <=> НАДН + пируват + H+), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + H+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024914
18	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_2753, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + H+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024914
19	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3299, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), 2-дезоксид- рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5- фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,0249
20	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0248, CAETHG_2475, CAETHG_3164, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), дГТФ- трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ --> H+ + дезоксигуанозин + трифосфат), УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PРi + УМФ), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,0249
21	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_2475,	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+ _{нар.} + L-лактат _{нар.} <=> H+ + L-лактат), дГТФ-	0	0,024882

			CAETHG_3359	трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ --> H ⁺ + дезоксигуанозин + трифосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)		
22	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1607, CAETHG_0248, CAETHG_3359	S-аминометилдигидролипоилпротеин:(6S)-тетрагидрофолат (тетрагидрофолат + S-аминометилдигидролипоилпротеин <=> NH ₃ + 5-10-метилентетрагидрофолат + дигидролипоилпротеин), обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024808
23	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_0475	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), S-аминометилдигидролипоилпротеин:(6S)-тетрагидрофолат (тетрагидрофолат + S-аминометилдигидролипоилпротеин <=> NH ₃ + 5-10-метилентетрагидрофолат + дигидролипоилпротеин)	0	0,024808
24	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_0474	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), глицин:липоилпротеиноксидоредуктаза (декарбоксилирующая и акцепторно-аминометилирующая) (глицин + H ⁺ + липоилпротеин --> CO ₂ + S-аминометилдигидролипоилпротеин)	0	0,024808
25	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3327, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), пермеазный белок ABC-переносчика фосфата (PPi + H ⁺ --> PPi_нар. + H ⁺ _нар.), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024802
26	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3359, CAETHG_0473	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), глицин:липоилпротеиноксидоредуктаза (декарбоксилирующая и акцепторно-аминометилирующая) (глицин + H ⁺ + липоилпротеин --> CO ₂ + S-аминометилдигидролипоилпротеин)	0	0,024788
27	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1147, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Лактатдегидрогеназа (НАД + D-лактат <=> НАДН + пируват + H ⁺), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-синтаза (L-серин + гомоцистеин <=> H ₂ O + цистатионин)	0	0,024756
28	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0248, CAETHG_3164, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PPi + УМФ), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024426
29	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1147, CAETHG_3359	Лактатдегидрогеназа (НАД + D-лактат <=> НАДН + пируват + H ⁺), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024408
30	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0248, CAETHG_3359	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024408
31	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0160, CAETHG_0248, CAETHG_2753,	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. <=> H ⁺ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ +	0	0,013792

			CAETHG_3327	2-оксоглутарат + Н+), пермеазный белок АВС-переносчика фосфата (PPI + H+ --> PPI_нар. + H+_нар.)		
32	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_0248, CAETHG_2753, CAETHG_3327, CAETHG_3924	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+_нар. + L-лактат_нар. <=> H+ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), пермеазный белок АВС-переносчика фосфата (PPI + H+ --> PPI_нар. + H+_нар.), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,013792
33	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_1270, CAETHG_0248, CAETHG_2753, CAETHG_3327	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPI + АМФ <=> PRPP + аденин), обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+_нар. + L-лактат_нар. <=> H+ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), пермеазный белок АВС-переносчика фосфата (PPI + H+ --> PPI_нар. + H+_нар.)	0	0,013792
34	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2753, CAETHG_3359, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-синтаза (L-серин + гомоцистеин <=> H2O + цистатионин)	0	0,013708
35	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_2753, CAETHG_3359, CAETHG_3924	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,0137
36	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_1270, CAETHG_2753, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPI + АМФ <=> PRPP + аденин), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,0137
37	Выход LMOMA	- 3	0, CAETHG_2753, CAETHG_3359	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,013628
38	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,03068	0,013564
39	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_3359	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,01353
40	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_3359	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,013514
41	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0248, CAETHG_2753	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+_нар. + L-лактат_нар. <=> H+ + L-лактат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+)	0	0,011978
42	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_3924	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,011892
43	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_2753	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+)	0	0,011892
44	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_0498	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), цистатионин-бета-синтаза (L-серин + гомоцистеин <=> H2O + цистатионин)		
45	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_3327	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), пермеазный белок АВС-переносчика фосфата (PPI + H+ --> PPI_нар. + H+_нар.)	0	0,01184
46	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_2753	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+)	0	0,011832
47	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2753	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+)	0	0,011772

Пример 9.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции 2-бутанола в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция 2-бутанола в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описана, например, в WO 2013/185123. Для моделирования продукции 2-бутанола в настоящем документе использовали следующий путь:
 НАДН+Н⁺(R)-ацетоин→НАД+мезо-2,3-бутандиол; мезо-2,3-бутандиол→Н₂О+МЕК;
 МЕК+НАДФН+Н⁺→2-бутанол+НАДФ; 2-бутанол→2-бутанол_нар.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_3924, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ О + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020756
2	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н ₂ О + АМФ <=> фосфат + Н ⁺ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ О + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020756
3	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1270, CAETHG_2721, CAETHG_0498, CAETHG_0686	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ О + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020756
4	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_3293, CAETHG_0686	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н ₂ О + АМФ <=> фосфат + Н ⁺ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (Н ₂ О + L-	0	0,02064

				цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)		
5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1270, CAETHG_2721, CAETHG_3293, CAETHG_0686	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \rightleftharpoons PRPP + аденин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ \rightarrow АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (Н ₂ О + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0	0,02064
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_3021, CAETHG_0686	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н ₂ О + АМФ \rightleftharpoons фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ \rightarrow АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), L-аргининиминогидролаза (Н ₂ О + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0	0,020476
7	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_3021, CAETHG_3924, CAETHG_0686	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ \rightarrow АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), L-аргининиминогидролаза (Н ₂ О + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0	0,020476
8	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_0686	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н ₂ О + АМФ \rightleftharpoons фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ \rightarrow АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0	0,020468
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_2721, CAETHG_0686	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \rightleftharpoons PRPP + аденин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ \rightarrow АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0	0,020468
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_3924, CAETHG_0686	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ \rightarrow АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0	0,020468
11	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_3924, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ \rightarrow АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ О + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0	0,020756

Пример 10.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции 2-гидроксиизомасляной кислоты в микроорганизмах Вуда-Льонгдала. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция 2-гидроксиизомасляной кислоты в микроорганизмах Вуда-Льонгдала описана, например, в WO 2017/0066498.

Для моделирования продукции 2-гидроксиизомасляной кислоты в строках 1-40 ниже использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА \rightarrow КоА+ацетоацетил-КоА; НАДН+Н++ацетоацетил-КоА \rightarrow НАД+(S)-3-гидроксибутирил-КоА; (S)-3-гидроксибутирил-КоА \rightarrow 2НИБ-КоА; 2НИБ-КоА+Н₂О \rightarrow 2hib+КоА; 2hib \rightarrow 2hib_нар.

Для моделирования продукции 2-гидроксиизомасляной кислоты в строках 41-93 ниже использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА \rightarrow КоА+ацетоацетил-КоА; НАДН+Н++ацетоацетил-КоА \rightarrow НАД+(S)-3-гидроксибутирил-КоА; (S)-3-гидроксибутирил-КоА \rightarrow 2НИБ-КоА; 2НИБ-КоА+АДФ+фосфат \rightarrow 2hib+АТФ+КоА; 2hib \rightarrow 2hib_нар.

Для моделирования продукции 2-гидроксиизомасляной кислоты в строках 94-103 ниже использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА \rightarrow КоА+ацетоацетил-КоА; НАДН+Н++ацетоацетил-КоА \rightarrow НАД+(S)-3-гидроксибутирил-КоА; (S)-3-гидроксибутирил-КоА \rightarrow 2НИБ-КоА; 2НИБ-КоА+ацетат \rightarrow 2hib+ацетил-КоА; 2hib \rightarrow 2hib_нар.

#	Методика	Кол-во нарушенных	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,074552
2	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,074552
3	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,071296
4	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0160, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,05776
5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2475, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	дГТФ-трифосфогидролаза (H2O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза	0	0,055144

				(H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)		
6	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,055008
7	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,054724
8	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2107, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,054364
9	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1371, CAETHG_2107, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), поглощение калия (K+_нар. <=> K+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,054364
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,05436
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,05436
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,05436
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_2932, CAETHG_3358	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,05436
14	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3299, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,051804
15	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2475, CAETHG_2932, CAETHG_3358	дГТФ-трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,051796
16	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,051492
17	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2107, CAETHG_2932, CAETHG_3164, CAETHG_3358	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PPi + УМФ), фосфаттрансацетилаза	0	0,051376

				(фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)		
18	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2107, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,051368
19	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,051364
20	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,051364
21	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2751, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Цитрамалатсинтаза (Н2О + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,047452
22	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_0498	L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,045856
23	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2475, CAETHG_3358, CAETHG_0498	дГТФ-трифосфогидролаза (Н2О + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,04582
24	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,045768
25	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,045768
26	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3924	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,04472
27	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н2О + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,04472
28	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,04472
29	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,04472
30	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треониначетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,04366
31	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_3359	L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,043384
32	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2107, CAETHG_3359	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,0433

33	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,043296
34	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,043296
35	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,020432
36	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,020432
37	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,020432
38	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020432
39	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020356
40	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,020028
41	ВРСУ FBA	- 1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21671	0,048129
42	ВРСУ FBA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21671	0,048129
43	ВРСУ FBA	- 1	CAETHG_2909	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> PPi + АМФ + фосфоенолпируват)	0,21241	0,000573
44	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_0234, CAETHG_2751, CAETHG_3359, CAETHG_3510	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> H2O + уроканат), цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,21241	0,11296
45	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_0233, CAETHG_2751, CAETHG_3359, CAETHG_3510	4-имидазолон-5-пропаноатамидогидролаза (H2O + 4-имидазолон-5-пропаноат --> N-формимино-L-глутамат), цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,21058	0,11296
46	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3358, CAETHG_3510	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,21058	0,111576
47	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,21544	0,111576
48	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат),	0,21528	0,104448

				цистатинин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатинин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)		
49	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатинин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатинин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,21528	0,104424
50	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,21528	0,102516
51	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_2721, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21221	0,102476
52	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,21204	0,102476
53	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_2721, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21204	0,102464
54	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_3021, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21204	0,102348
55	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21204	0,102324
56	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2107, CAETHG_2721, CAETHG_3358	Поглощение калия (K _{нар.} <=> K ₊), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21353	0,102304
57	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21353	0,1023
58	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3359	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,1023
59	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетонин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21241	0,090748

60	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \Leftrightarrow PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,21171	0,090656
61	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,21171	0,089548
62	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат)	0,21171	0,089548
63	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2475, CAETHG_3358, CAETHG_0686	дГТФ-трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ \rightarrow Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0,21646	0,083936
64	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0,21753	0,083768
65	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0686	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow глицин + ацетальдегид)	0,21753	0,083768
66	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_3358, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \Leftrightarrow никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,21753	0,082284
67	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2475, CAETHG_3358, CAETHG_0498	дГТФ-трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ \rightarrow Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,21753	0,080496
68	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2475, CAETHG_3359, CAETHG_0498	дГТФ-трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ \rightarrow Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,21353	0,080496
69	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,21353	0,080204
70	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \Leftrightarrow КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,21353	0,080204
71	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \Leftrightarrow никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,21353	0,077112
72	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \Leftrightarrow фосфат + Н+ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,077112
73	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3924	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \Leftrightarrow рибозо-5-фосфат)	0,21236	0,077112
74	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \Leftrightarrow PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ +	0,21241	0,077028

				H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)		
75	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3299, CAETHG_3359	2-дезоксидрибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,075868
76	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3021, CAETHG_3359	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,075712
77	Выход LMOMA	- 2	0, CAETHG_3359	Ацетил-КоА:карбондioxid-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + H+ + малонил-КоА), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,075524
78	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_3359	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,075492
79	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_3358	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21241	0,075492
80	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3164, CAETHG_3359	УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PPI + УМФ), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,075488
81	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3164, CAETHG_3358	УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PPI + УМФ), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21671	0,075488
82	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + H+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0,21671	0,075484
83	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0,21241	0,075484
84	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1224, CAETHG_0160	L-серин-аммиак-лиаза (L-серин --> NH3 + пируват), N- рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,0213
85	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_2107	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), поглощение калия (K+_нар. <=> K+)	0	0,021224
86	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPI + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,02122
87	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо- 5-фосфат)	0	0,02122
88	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + H+ + аденозин)	0	0,02122
89	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,02122
90	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0248, CAETHG_2721	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H+_нар. + L-лактат_нар. <=> H+ + L-лактат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020644
91	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_2721	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + H+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020584
92	Выход	- 1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ +	0	0,02058

	LMOMA			оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)		
93	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,02006
94	ВРСУ - FBA	4	CAETHG_2751, CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_3293	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S)	0,05233	0,012686
95	ВРСУ - FBA	3	CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_0498	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,02686	0,00855
96	ВРСУ - FBA	3	CAETHG_2751, CAETHG_2753, CAETHG_2909	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват)	0,02545	0,008366
97	ВРСУ - FBA	2	CAETHG_2753, CAETHG_2909	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват)	0,01873	0,007195
98	ВРСУ - FBA	3	CAETHG_2751, CAETHG_2909, CAETHG_3293	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S)	0	0,002528
99	ВРСУ - FBA	3	CAETHG_2751, CAETHG_2909, CAETHG_3611	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват), треониндегидратаза (L-треонин --> NH3 + 2-оксобутират)	0	0,002508
100	ВРСУ - FBA	2	CAETHG_2751, CAETHG_2909	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват)	0	0,001842
101	ВРСУ - FBA	2	CAETHG_2909, CAETHG_3293	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S)	0	0,001323
102	ВРСУ - FBA	2	CAETHG_2753, CAETHG_3293	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), цистеиндесульфгидраза (H2O + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S)	0	0,000573
103	ВРСУ - FBA	1	CAETHG_2909	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> РРi + АМФ + фосфоенолпируват)	0	0,000573

Пример 11.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции 3-гидроксибутирата в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция 3-гидроксибутирата в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описана, например, в WO 2017/066498. Для моделирования продукции 3-гидроксибутирата а настоящем документе использовали следующий путь: 3-гидроксибутират→3-гидроксибутират_нар.; ацетат+ацетоацетил-КоА→ацетил-КоА+ацетоацетат; НАДН+Н++ацетоацетат→НАД+3-гидроксибутират; 2,0 ацетил-КоА→КоА+ацетоацетил-КоА.

#	Методика	Кол-во нарушенных	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	ВРСУ FBA	- 3	CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_3293	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ⁺), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистеиндесульфгидраза (Н ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0,01233	0,00434
2	ВРСУ FBA	- 3	CAETHG_2753, CAETHG_2909, CAETHG_0498	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ⁺), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,002583
3	ВРСУ FBA	- 3	CAETHG_2751, CAETHG_2753, CAETHG_2909	Цитрамалатсинтаза (Н ₂ O + пируват + ацетил-КоА \rightleftharpoons КоА + цитрамалат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ⁺), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват)	0	0,002477
4	ВРСУ FBA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_2909	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ⁺), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват)	0	0,001788
5	ВРСУ FBA	- 2	CAETHG_2753, CAETHG_2909	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ⁺), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ \rightarrow РРi + АМФ + фосфоенолпируват)	0	0,001475
6	Выход LMOMA	- 6	CAETHG_0160, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0475, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (РРСК) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ \rightarrow АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (АЛСТ \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ⁺ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,090072
7	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_0160, CAETHG_2721,	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид +	0	0,088912

			CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0475	рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)		
8	Выход - LMOMA	5	CAETHG_0160, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0475	N-рибозилникотинамид; ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,088912
9	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,08852
10	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0474	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), глицин:липоилпротеиноксидоредуктаза (декарбоксилирующая и акцепторно-аминометилирующая) (глицин + Н+ + липоилпротеин --> CO2 + S-аминометилдигидролипоилпротеин)	0	0,0884
11	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0475	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,0884
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,087852
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3510	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,087504
14	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,087464
15	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3359	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,079284
16	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА	0	0,079284

				+ ацетилфосфат)		
17	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,073692
18	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0686	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин -> глицин + ацетальдегид)	0	0,057428
19	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,054844
20	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,054664
21	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_3924	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,054664
22	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,054664
23	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_3358	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,054664
24	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,05458
25	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2475, CAETHG_3358	дГТФ-трифосфогидролаза (H2O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,053004
26	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2799, CAETHG_3358	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
27	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2789, CAETHG_3358	Формиатгидрогеназа (также известная как водород-зависимая CO2-редуктаза) (CO2 + H2 --> формиат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
28	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2795, CAETHG_3358	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
29	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2794, CAETHG_3358	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
30	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2796, CAETHG_3358	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H2 <=> НАДФН + 3,0 Н+ + восстановленный ферредоксин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
31	Выход -	2	CAETHG_2791,	Формиатгидрогеназа (также известная как водород-	0	0,052724

	LMOMA		CAETHG_3358	зависимая CO ₂ -редуктаза (CO ₂ + H ₂ --> формиат + H ⁺), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)		
32	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2790, CAETHG_3358	Формиатгидрогеназа (также известная как водород-зависимая CO ₂ -редуктаза) (CO ₂ + H ₂ --> формиат + H ⁺), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
33	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2798, CAETHG_3358	НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H ₂ <=> НАДФН + 3,0 H ⁺ + восстановленный ферредоксин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
34	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2793, CAETHG_3358	Формиатгидрогеназа (также известная как водород-зависимая CO ₂ -редуктаза) (CO ₂ + H ₂ --> формиат + H ⁺), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052724
35	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3293, CAETHG_3358	Цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052712
36	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_3358	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052652
37	Выход - LMOMA	2	0, CAETHG_3358	Ацетил-КоА:карбондioxid-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + H ⁺ + малонил-КоА), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052616
38	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0233, CAETHG_3358	4-имидазолон-5-пропаноатамидогидролаза (H ₂ O + 4-имидазолон-5-пропаноат --> N-формимино-L-глутамат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052616
39	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0234, CAETHG_3358	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> H ₂ O + уроканат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052616
40	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0234, CAETHG_3359	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> H ₂ O + уроканат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,052616
41	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3164, CAETHG_3358	УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PРi + УМФ), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052584
42	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2107, CAETHG_3358	Поглощение калия (K ₊ нар. <=> K ⁺), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,05258
43	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,052576
44	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + H ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,052576
45	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_2751	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PРCK) (АТФ + оксалоацетат + H ⁺ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,02074
46	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2721, CAETHG_0498	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PРCK) (АТФ + оксалоацетат + H ⁺ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,0207

47	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1270, CAETHG_2721	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020628
48	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020628
49	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1224, CAETHG_2721	L-серин-аммиак-лиаза (L-серин --> NH3 + пируват), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,02054
50	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1225, CAETHG_2721	L-серин-аммиак-лиаза (L-серин --> NH3 + пируват), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,02054
51	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_2721	Поглощение калия (K+ нар. <=> K+), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020448
52	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020444
53	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,020432
54	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,020432
55	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,020432
56	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020432
57	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0234, CAETHG_3021	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> H2O + уроканат), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,020032

Пример 12.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции метилэтилкетона (МЕК), т.е. 2-бутанона, в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция МЕК в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описана, например, в WO 2012/024522 и WO 2013/185123. Для моделирования продукции метилэтилкетона в настоящем документе использовали следующий путь: НАДН+Н++(R)-ацетоин→НАД+мезо-2,3-бутандиол; мезо-2,3-бутандиол→H₂O+МЕК; Н++МЕК→Н+нар.+МЕК_нар.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_0160, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,04120	0,028524
2	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_1371, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,04120	0,028524
3	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,04120	0,028524
4	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_1270, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,04120	0,028524
5	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_0160, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,04120	0,028508
6	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_0160, CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), L-аргининминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,04120	0,028476

7	Выход - LMOMA	5	CAETHG_0160, CAETHG_2751, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,04287	0,028464
8	Выход - LMOMA	4	0, CAETHG_0160, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,04120	0,02844
9	Выход - LMOMA	4	0, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_3924	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0,04120	0,02844
10	Выход - LMOMA	4	0, CAETHG_1270, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,04120	0,02844
11	Выход - LMOMA	4	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,04120	0,028296
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0,04120	0,02828
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3510	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,04120	0,028256
14	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H2O +	0,04120	0,028252

				цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)		
15	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3293, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,04120	0,028248
16	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,04120	0,02824
17	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3358, CAETHG_3510	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,02824
18	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3510	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,028224
19	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,028216
20	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_0160, CAETHG_3359, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,02774
21	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3359, CAETHG_3924, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,02774
22	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_1270, CAETHG_3359, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,02774
23	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_1371, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,02774
24	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,027712
25	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3924	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,027688
26	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1270, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,027676

27	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,027676
28	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1371, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \rightleftharpoons фосфат + Н+ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,027676
29	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_3924	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0	0,027676
30	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1270, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \rightleftharpoons PRPP + аденин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0	0,027676
31	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3021, CAETHG_3359	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,027656
32	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,027644
33	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0	0,027644

Пример 13.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции ацетолактата в микроорганизмах Вуда-Льюнгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Ацетолактат является нативным продуктом по меньшей мере некоторых микроорганизмов Вуда-Льюнгдаля.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_2751, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА \rightleftharpoons КоА + цитрамалат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат \rightleftharpoons 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,079303	0,19563
2	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_1371, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \rightleftharpoons фосфат + Н+ + аденозин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT \rightarrow CO ₂ + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат \rightleftharpoons 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,077232	0,195495
3	Выход LMOMA	- 5	CAETHG_0160, CAETHG_2932, CAETHG_3359,	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT -	0,077232	0,195495

			CAETHG_3510, CAETHG_0498	-> CO ₂ + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₂ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н ₂ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)		
4	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₂ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н ₂ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,077232	0,195495
5	Выход - LMOMA	5	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₂ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н ₂ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0,077232	0,195495
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_2753, CAETHG_3358, CAETHG_0686	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ₂ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ₂), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,16721
7	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2753, CAETHG_3293, CAETHG_3358, CAETHG_0686	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н ₂), цистеиндесульфгидраза (Н ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,16456
8	Выход - LMOMA	4	CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н ₂ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,16301
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н ₂ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,162785
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_3924	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н ₂ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,16169
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_3358, CAETHG_3510	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н ₂ + аденозин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₂ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н ₂ O + L-глутамат + Н ₂ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат	0	0,16169

				+ LL-2,6-диаминопимелат)		
12	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_0160, CAETHG_3358, CAETHG_3510	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,16169
13	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3510	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,077231	0,15909
14	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3293, CAETHG_3358, CAETHG_3510	Цистеиндесульфгидраза (Н2О + L-цистеин <=> NH3 + пируват + H2S), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,15344
15	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_0909	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), префенат:НАД+оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO2 + п-гидроксифенилпируват)	0	0,150755
16	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_3510	L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,15038
17	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,150325
18	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3358, CAETHG_3510	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (Н2О + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,150325
19	Выход LMOMA	- 4	CAETHG_0160, CAETHG_2753, CAETHG_3358, CAETHG_0686	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,13579
20	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_2753, CAETHG_3358, CAETHG_0686	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO2 + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,1302
21	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_2721, CAETHG_3358, CAETHG_0686	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА +	0	0,127735

				ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)		
22	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,12009
23	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_1371, CAETHG_3358, CAETHG_0686	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,110555
24	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_0160, CAETHG_3358, CAETHG_0686	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,110555
25	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3358, CAETHG_0498, CAETHG_0686	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин -> NH3 + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,10917
26	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_0686	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,10734
27	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3164, CAETHG_3358, CAETHG_0686	УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP -> PPI + УМФ), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,10725
28	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3358, CAETHG_0686	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,10722
29	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3359, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,10722
30	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3358, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,104905
31	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_1270, CAETHG_3358, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPI + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,104905
32	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_0160, CAETHG_3358, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,104905
33	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3299, CAETHG_3358, CAETHG_0498	2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,10331
34	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_0498	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O +	0	0,10228

				цистатинин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)		
35	Выход LMOMA	- 3	CAETHG_3164, CAETHG_3358, CAETHG_0498	УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP -> PPI + УМФ), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатинин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатинин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,10218
36	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатинин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатинин -> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,102155
37	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1371, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,10147
38	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1270, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPI + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,10147
39	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3358, CAETHG_3924	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,10147
40	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_3358	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,10147
41	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3299, CAETHG_3358	2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,09974
42	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2475, CAETHG_3358	дГТФ-трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,099725
43	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3021, CAETHG_3358	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,0988
44	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_3164, CAETHG_3358	УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP -> PPI + УМФ), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,098685
45	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_3358	Поглощение калия (K ⁺ нар. <=> K ⁺), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,098675
46	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,09867
47	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,09867
48	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2932, CAETHG_3924	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,048115
49	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2932	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0	0,04552
50	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_0909	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват), префенат:НАД+-оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO ₂ + п-гидроксифенилпируват)	0	0,021365
51	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0248, CAETHG_2721	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (Н ⁺ нар. + L-лактат нар. <=> Н ⁺ + L-лактат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват)	0	0,021235

52	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_1270, CAETHG_2721	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,02115
53	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_2721	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,02115
54	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,02115
55	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_2751	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,021085
56	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,020825
57	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,020825
58	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,020825
59	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020825
60	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2721, CAETHG_3021	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,02046
61	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_2107, CAETHG_2721	Поглощение калия (K+_нар. <=> K+), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020425
62	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,02042
63	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2751	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,020095
64	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,020045

Пример 14.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции изопрена в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция изопрена в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описана, например, в WO 2013/180584. Для моделирования продукции изопрена в настоящем документе использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА→КоА+ацетоацетил-КоА; 2,0 НАДН+2,0 Н++(S)-3-гидрокси-3-метилглутарил-КоА→2,0 НАД+КоА+(R)-мевалонат; АТФ+(R)-мевалонат→АДФ+(R)-5-фосфомевалонат; АТФ+(R)-5-фосфомевалонат→АДФ+(R)-5-дифосфомевалонат; АТФ+(R)-5-дифосфомевалонат→АДФ+фосфат+СО₂+изопентенилдифосфат; изопентенилдифосфат→DMAPP; DMAPP→PPi+изопрен; H₂O+ацетил-КоА+ацетоацетил-КоА→КоА+(S)-3-гидрокси-3-метилглутарил-КоА; изопрен→изопренар. Эти нарушения также можно применять для улучшения продукции IPP/DMAPP и/или продуктов, получаемых на следующих этапах после IPP/DMAPP, например, фарнезена и других терпеноидов.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> СО ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,05024
2	Выход - LMOMA	5	CAETHG_0160, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> СО ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (Н ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,049965
3	Выход - LMOMA	5	CAETHG_0160, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> СО ₂ + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (Н ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,04994
4	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> СО ₂ + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (Н ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,04994
5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> СО ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,04993
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0160, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + Н ⁺ --> АДФ + СО ₂ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> СО ₂ + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ⁺ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,04993

7	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0160, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,04993
8	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1270, CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,04991
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2721, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Фосфоенолпируваткарбокскиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,049595
10	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3510, CAETHG_3924	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,04102
11	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3510	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,04102
12	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2932, CAETHG_3021, CAETHG_3358, CAETHG_3510	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,04041
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,040385
14	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3510	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,040385
15	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_2932, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,035525
16	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_2932, CAETHG_3358	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА +	0	0,035525

				ацетилфосфат)		
17	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_3924	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,035525
18	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2475, CAETHG_2932, CAETHG_3358	дГТФ-трифосфогидролаза (H2O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,03288
19	Выход - LMOMA	3	0, CAETHG_2932, CAETHG_3358	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,03003
20	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,029935
21	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0234, CAETHG_2932, CAETHG_3358	4,5-дигидро-4-оксо-5-имидазолпропаноатгидролаза (4-имидазолон-5-пропаноат <=> H2O + уроканат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,029835
22	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0233, CAETHG_2932, CAETHG_3358	4-имидазолон-5-пропаноатамидогидролаза (H2O + 4-имидазолон-5-пропаноат --> N-формимино-L-глутамат), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,029835
23	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3164, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PPI + УМФ), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,02962
24	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2932, CAETHG_3358, CAETHG_0909	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), префенат:НАД+-оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO2 + п-гидроксифенилпируват)	0	0,02948
25	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,029455
26	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3358	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетоин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,029455
27	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_3510	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,028035
28	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,027595
29	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_3358	L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,027555
30	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,02754

31	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,02754
32	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0102, CAETHG_0092		0	0,021305
33	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_2721	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,02015
34	Выход LMOMA	- 2	CAETHG_0160, CAETHG_3021	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,020115
35	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,02011
36	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (Н2О + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,02011
37	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,02011
38	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,02011
39	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_0498	Цистатионин-бета-лиаза (Н2О + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,020055
40	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PPCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO2 + фосфоенолпируват)	0	0,020055
41	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_2751	Цитрамалатсинтаза (Н2О + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,02003
42	Выход LMOMA	- 1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (Н2О + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин)	0	0,020005

Пример 15.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции адипиновой кислоты в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция адипиновой кислоты в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описана, например, в WO 2017/0066498. Для моделирования продукции адипиновой кислоты использовали следующий путь: АТФ+КоА+сукцинат→АДФ+фосфат+сукцинил-КоА; НАД+КоА+2-оксоглутарат→НАДН+СО₂+сукцинил-КоА; ацетил-КоА+сукцинил-КоА→КоА+3-оксоадипил-КоА; НАДН+Н⁺+3-оксоадипил-КоА→НАД+3-гидроксиадипил-КоА; 3-гидроксиадипил-КоА→2,3-дегидроадипил-КоА; НАДН+Н⁺+2,3-дегидроадипил-КоА→НАД+адипил-КоА; фосфат+адипил-КоА→КоА+адипил-Р; АДФ+адипил-Р→АТФ+адипат; адипат→адипатнар.

#	Методика	Кол-во нарушенных	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	ВРСУ - FVA	1	CAETHG_2024	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺)	0,02858	0,003813
2	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2062, CAETHG_2479	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺)	0,09198	0,057966
3	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2024, CAETHG_2799, CAETHG_2909, CAETHG_2932, CAETHG_0909	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 Н ₂ <=> НАДФН + 3,0 Н ⁺ + восстановленный ферредоксин), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ --> P _i + АМФ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолаттадекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), префенат:НАДФ-оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO ₂ + п-гидроксибензилпируват)	0,02786	0,028758
4	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2024, CAETHG_2796, CAETHG_2909, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 Н ₂ <=> НАДФН + 3,0 Н ⁺ + восстановленный ферредоксин), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ --> P _i + АМФ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолаттадекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02787	0,028566
5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2024, CAETHG_2795, CAETHG_2909, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 Н ₂ <=> НАДФН + 3,0 Н ⁺ + восстановленный ферредоксин), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ --> P _i + АМФ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолаттадекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02787	0,028566
6	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2909, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н ⁺ --> P _i + АМФ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолаттадекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02787	0,028464
7	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2794, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 Н ₂ <=> НАДФН + 3,0 Н ⁺ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолаттадекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02858	0,028086
8	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2795, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 Н ₂ <=> НАДФН + 3,0 Н ⁺ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолаттадекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02858	0,028086
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2799, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + Н ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Hyt)	0,02858	0,028086

				(НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H ₂ <=> НАДФН + 3,0 H ⁺ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолататдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)		
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2796, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H ₂ <=> НАДФН + 3,0 H ⁺ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолататдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02858	0,028086
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2798, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H ₂ <=> НАДФН + 3,0 H ⁺ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолататдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02858	0,028086
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2797, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), НАДФ-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-дегидрогеназа (Нут) (НАДФ + окисленный ферредоксин + 2,0 H ₂ <=> НАДФН + 3,0 H ⁺ + восстановленный ферредоксин), альфа-ацетолататдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02858	0,028086
13	Выход - LMOMA	3	CAETHG_2024, CAETHG_2932, CAETHG_3021	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), альфа-ацетолататдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин)	0,02854	0,028074
14	Выход - LMOMA	3	0, CAETHG_2024, CAETHG_2932	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + H ⁺ + малонил-КоА), глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), альфа-ацетолататдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02858	0,028032
15	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2024, CAETHG_2932	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), альфа-ацетолататдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0,02858	0,028002
16	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2024, CAETHG_2475	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), дГТФ-трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ --> H ⁺ + дезоксигуанозин + трифосфат)	0,02858	0,027156
17	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2024, CAETHG_3299	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), 2-дезоксид-Д-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат)	0,02858	0,027156
18	Выход - LMOMA	1	CAETHG_2024	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺)	0,02858	0,02715
19	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2024, CAETHG_3510	Глутаминсинтетаза (GOGAT) (АТФ + NH ₃ + L-глутамат --> АДФ + фосфат + L-глутамин + H ⁺), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + H ⁺ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0,02858	0,027126
20	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3021	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + H ⁺ + аденозин), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин)	0	0,020616
21	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + H ⁺ + аденозин)	0	0,020592
22	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020592
23	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,020592
24	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,020592
25	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин)	0	0,020034

Пример 16.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции 2-аминобензоата в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция 2-аминобензоата в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описана, например, в ВО

2016/191625. Для моделирования продукции 2-аминобензоата в настоящем документе использовали следующий путь: $\text{NH}_3 + \text{хоризмат} \Rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{пируват} + \text{H} + 2\text{-аминобензоат}$.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_3924	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), L-аргининиминогидролаза ($\text{H}_2\text{O} + \text{L-аргинин} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{цитруллин}$), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза ($\text{H}_2\text{O} + \text{L-глутамат} + \text{H} + \text{тетрагидродипиколинат} \leftarrow 2\text{-оксоглутарат} + \text{LL-2,6-диаминопимелат}$), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0	0,025375
2	Выход - LMOMA	4	0, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_3924	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза ($\text{H}_2\text{O} + \text{L-глутамат} + \text{H} + \text{тетрагидродипиколинат} \leftarrow 2\text{-оксоглутарат} + \text{LL-2,6-диаминопимелат}$), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0	0,025368
3	Выход - LMOMA	4	0, CAETHG_1270, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза ($\text{PPi} + \text{АМФ} \rightleftharpoons \text{PRPP} + \text{аденин}$), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза ($\text{H}_2\text{O} + \text{L-глутамат} + \text{H} + \text{тетрагидродипиколинат} \leftarrow 2\text{-оксоглутарат} + \text{LL-2,6-диаминопимелат}$)	0	0,025368
4	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2753, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0686	Изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат \rightleftharpoons НАДН + CO_2 + 2-оксоглутарат + Н+), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза ($\text{H}_2\text{O} + \text{L-глутамат} + \text{H} + \text{тетрагидродипиколинат} \leftarrow 2\text{-оксоглутарат} + \text{LL-}$	0	0,025361

				2,6-диаминопимелат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин -> глицин + ацетальдегид)		
5	Выход - LMOMA	5	0, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондioxid-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (АЛСТТ --> CO ₂ + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,025305
6	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_3924, CAETHG_0498	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (АЛСТТ --> CO ₂ + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,025277
7	Выход - LMOMA	3	0, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Ацетил-КоА:карбондioxid-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025256
8	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0160, CAETHG_2753, CAETHG_3358, CAETHG_3510	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), изоцитратдегидрогеназа (НАД + изоцитрат <=> НАДН + CO ₂ + 2-оксоглутарат + Н+), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025235
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_3924	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,025221
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_3359, CAETHG_3510	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025221
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_3358, CAETHG_3510	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025221
12	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_3359, CAETHG_3510	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-	0	0,025221

				диаминопимелат)		
13	Выход - LMOMA	4	CAETHG_3021, CAETHG_3293, CAETHG_3359, CAETHG_3510	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н ₊ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025088
14	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3293, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н ₊ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025081
15	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_3510	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н ₊ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025081
16	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н ₊ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025074
17	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_3510	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₊ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н ₊ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025074
18	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + Н ₊ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,025067
19	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3359, CAETHG_0498	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,024752
20	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,024745
21	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₊ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,024738
22	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_3359	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024724
23	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацетилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н ₊ \rightleftharpoons КоА + ацетилфосфат)	0	0,024717
24	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н ₊ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат)	0	0,024717
25	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3293	Цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S)	0	0,020384
26	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0498, CAETHG_0686	Цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин \rightarrow NH ₃ + пируват + гомоцистеин), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин \rightarrow	0	0,020307

				глицин + ацетальдегид)		
27	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2751, CAETHG_0498	Цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,020167
28	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_0498	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,020132
29	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0498	Цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,020125
30	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2751, CAETHG_3021	Цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин)	0	0,020076
31	Выход - LMOMA	1	CAETHG_2751	Цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,020069
32	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,020013
33	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,020013
34	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,020013
35	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020013
36	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0686	L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020006

Пример 17.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции салицилата в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция салицилата в микроорганизмах Вуда-Льонгдаля описана, например, в WO 2016/191625. Для моделирования продукции салицилата в настоящем документе использовали следующий путь: хоризмат→изохоризмат; исохоризмат→салицилат+пируват.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	3	0, CAETHG_3164, CAETHG_0686	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), УМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (урацил + PRPP --> PPi + УМФ), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020174
2	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3299, CAETHG_0686	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), 2-дезоксид-рибозо-5-фосфатацетальдегидлиаза (дезоксидрибозо-5-фосфат <=> ацетальдегид + глицеральдегид-3-фосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020174
3	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0686	L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020167

Пример 18.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции хоризмата в микроорганизмах Вуда-Льонгдала. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция хоризмата в микроорганизмах Вуда-Льонгдала описана, например, в WO 2016/191625. Хоризмат является нативным продуктом по меньшей мере некоторых микроорганизмов Вуда-Льонгдала. Можно ожидать, что эти же нарушения также увеличат поток через дегидрошкимаат - метаболический узел, расположенный непосредственно на предыдущей стадии перед хоризматом.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	4	CAETHG_1270, CAETHG_2107, CAETHG_3021, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), поглощение калия (K+_нар. <=> K+), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02128
2	Выход - LMOMA	4	CAETHG_0160, CAETHG_3021, CAETHG_3510, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), L-аргининиминогидролаза (H2O + L-аргинин <=> NH3 + цитруллин), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + H+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02128
3	Выход -	4	CAETHG_0160,	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза	0	0,02128

	LMOMA		CAETHG_2107, CAETHG_3021, CAETHG_0498	(фосфат + N-рибозилникотинамид \Leftrightarrow никотинамид + рибозо-1-фосфат), поглощение калия (K^+ _нар. \Leftrightarrow K^+), L-аргининиминогидролаза (H_2O + L-аргинин \Leftrightarrow NH_3 + цитруллин), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)		
4	Выход - LMOMA	4	CAETHG_3021, CAETHG_3510, CAETHG_3924, CAETHG_0498	L-аргининиминогидролаза (H_2O + L-аргинин \Leftrightarrow NH_3 + цитруллин), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H_2O + L-глутамат + H^+ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \Leftrightarrow рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02128
5	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_3021, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PP_i + АМФ \Leftrightarrow $PRPP$ + аденин), L-аргининиминогидролаза (H_2O + L-аргинин \Leftrightarrow NH_3 + цитруллин), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02127
6	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_3021, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \Leftrightarrow никотинамид + рибозо-1-фосфат), L-аргининиминогидролаза (H_2O + L-аргинин \Leftrightarrow NH_3 + цитруллин), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02127
7	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1371, CAETHG_3021, CAETHG_0498	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H_2O + АМФ \Leftrightarrow фосфат + H^+ + аденозин), L-аргининиминогидролаза (H_2O + L-аргинин \Leftrightarrow NH_3 + цитруллин), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02127
8	Выход - LMOMA	3	CAETHG_3021, CAETHG_3924, CAETHG_0498	L-аргининиминогидролаза (H_2O + L-аргинин \Leftrightarrow NH_3 + цитруллин), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \Leftrightarrow рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02127
9	Выход - LMOMA	3	CAETHG_0160, CAETHG_2107, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \Leftrightarrow никотинамид + рибозо-1-фосфат), поглощение калия (K^+ _нар. \Leftrightarrow K^+), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,0211
10	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_3510, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PP_i + АМФ \Leftrightarrow $PRPP$ + аденин), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H_2O + L-глутамат + H^+ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,0211
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_2107, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PP_i + АМФ \Leftrightarrow $PRPP$ + аденин), поглощение калия (K^+ _нар. \Leftrightarrow K^+), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,0211
12	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3924, CAETHG_0498	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \Leftrightarrow рибозо-5-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02109
13	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PP_i + АМФ \Leftrightarrow $PRPP$ + аденин), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02109
14	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_0498	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H_2O + АМФ \Leftrightarrow фосфат + H^+ + аденозин), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02109
15	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_0498	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \Leftrightarrow никотинамид + рибозо-1-фосфат), цистатионин-бета-лиаза (H_2O + цистатионин \rightarrow NH_3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02109

16	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_3924	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0	0,02065
17	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0248, CAETHG_3924	Обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (H ⁺ _нар. + L-лактат_нар. \rightleftharpoons H ⁺ + L-лактат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0	0,02064
18	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ \rightleftharpoons фосфат + H ⁺ + аденозин)	0	0,02062
19	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат \rightleftharpoons рибозо-5-фосфат)	0	0,02062
20	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид \rightleftharpoons никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,02062
21	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ \rightleftharpoons PRPP + аденин)	0	0,02062
22	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин \rightleftharpoons NH ₃ + цитруллин)	0	0,02003

Пример 19.

В данном примере описаны нарушения для улучшения продукции фарнезена в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1. Продукция фарнезена в микроорганизмах Вуда-Льюнгаля описана, например, в WO 2013/180584. Для моделирования продукции фарнезена в настоящем документе использовали следующий путь: 2,0 ацетил-КоА→КоА+ацетоацетил-КоА; H₂O+ацетил-КоА+ацетоацетил-КоА→КоА+(S)-3-гидрокси-3-метилглутарил-КоА; 2,0 НАДН+2,0 H⁺+(S)-3-гидрокси-3-метилглутарил-КоА→2,0 НАД+КоА+(R)-мевалонат; АТФ+(R)-мевалонат→АДФ+(R)-5-фосфомевалонат; АТФ+(R)-5-дифосфомевалонат→АДФ+фосфат+СО₂+изопентенилдифосфат; АТФ+(R)-5-дифосфомевалонат→АДФ+фосфат+СО₂+изопентенилдифосфат; изопентенилдифосфат→DMAPP; 2,0 изопентенилдифосфат+DMAPP→PPi+транс,транс-фарнезилдифосфат; транс,транс-фарнезилдифосфат→фарнезен+PPi; фарнезен→фарнезеннар.

#	Методика	Кол-во	Нарушенные гены	Нарушенные реакции	Минимальный выход FVA	Балльный показатель соответствия
1	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_3293, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Цистеиндисульфидраза (H ₂ O + L-цистеин \rightleftharpoons NH ₃ + пируват + H ₂ S), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + H ⁺ + пропионат \rightarrow АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H ₂ O + L-глутамат + H ⁺ + тетрагидродипиколинат \leftarrow 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,023775

2	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_3359, CAETHG_3510, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,02376
3	Выход - LMOMA	6	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_2751, CAETHG_2909, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Цитрамалатсинтаза (H2O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат), АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> PPi + АМФ + фосфоенолпируват), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,02376
4	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_3510	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,02376
5	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,023745
6	Выход - LMOMA	4	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_3359, CAETHG_3510	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), 2,6-диаминогептандиоат:2-оксоглутаратаминотрансфераза (H2O + L-глутамат + Н+ + тетрагидродипиколинат <-- 2-оксоглутарат + LL-2,6-диаминопимелат)	0	0,02373
7	Выход - LMOMA	5	CAETHG_2062, CAETHG_2479, CAETHG_2932, CAETHG_3359, CAETHG_0686	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO2 + (R)-ацетонин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,02364
8	Выход - LMOMA	4	0, CAETHG_1270, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,0234
9	Выход - LMOMA	3	0, CAETHG_1270, CAETHG_3359	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,023385
10	Выход - LMOMA	3	0, CAETHG_3359, CAETHG_0498	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H2CO3 --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,023325
11	Выход - LMOMA	3	CAETHG_1270, CAETHG_3359, CAETHG_0498	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H2O + цистатионин --> NH3 + пируват + гомоцистеин)	0	0,02331
12	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3358	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H2O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,023295

13	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3359	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,023295
14	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_3359	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,023295
15	Выход - LMOMA	2	CAETHG_0160, CAETHG_3359	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,023295
16	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_3924	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,023295
17	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_3358	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,023295
18	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0498	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,02268
19	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3358, CAETHG_0498	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,02268
20	Выход - LMOMA	2	0, CAETHG_3359	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,022665
21	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0909	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), префенат:НАД+-оксидоредуктаза (декарбоксилирующая) (НАД + префенат --> НАДН + CO ₂ + п-гидроксибензилпируват)	0	0,022665
22	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3359, CAETHG_0686	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,022605
23	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2932, CAETHG_3359	Альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,02235
24	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3021, CAETHG_3359	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин), АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,022305
25	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3358	Фосфаттрансацилаза (фосфат + ацетил-КоА + Н+ <=> КоА + ацетилфосфат)	0	0,021945
26	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3359	АТФ:ацетатфосфотрансфераза (АТФ + Н+ + пропионат --> АДФ + пропионилфосфат)	0	0,021945
27	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1270, CAETHG_0686	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020235
28	Выход - LMOMA	2	CAETHG_3293, CAETHG_0686	Цистеиндесульфгидраза (H ₂ O + L-цистеин <=> NH ₃ + пируват + H ₂ S), L-треонинаяцетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,020205
29	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_2721	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват)	0	0,02016
30	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371,	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=>	0	0,020145

	LMOMA		CAETHG_0498	фосфат + Н+ + аденозин), цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)		
31	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2475, CAETHG_0686	дГТФ-трифосфогидролаза (H ₂ O + дГТФ --> Н+ + дезоксигуанозин + трифосфат), L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,02013
32	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_2751	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,020115
33	Выход - LMOMA	2	0, CAETHG_1371	Ацетил-КоА:карбондиоксид-лигаза (АДФ-образующая) (АТФ + ацетил-КоА + H ₂ CO ₃ --> АДФ + фосфат + Н+ + малонил-КоА), аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,0201
34	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_3021	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин)	0	0,0201
35	Выход - LMOMA	2	CAETHG_1371, CAETHG_0248	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин), обратимый транспорт L-лактата в симпорте с протонами (Н+_нар. + L-лактат_нар. <=> Н+ + L-лактат)	0	0,0201
36	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0686	L-треонинацетальдегидлиаза (L-треонин --> глицин + ацетальдегид)	0	0,0201
37	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1270	АМФ:пирофосфатфосфорибозилтрансфераза (PPi + АМФ <=> PRPP + аденин)	0	0,020085
38	Выход - LMOMA	1	CAETHG_1371	Аденозин-5'-монофосфатфосфогидролаза (H ₂ O + АМФ <=> фосфат + Н+ + аденозин)	0	0,020085
39	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3924	D-рибозо-1,5-фосфомутаза (рибозо-1-фосфат <=> рибозо-5-фосфат)	0	0,020085
40	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0160	N-рибозилникотинамид:ортофосфатрибозилтрансфераза (фосфат + N-рибозилникотинамид <=> никотинамид + рибозо-1-фосфат)	0	0,020085
41	Выход - LMOMA	1	CAETHG_2721	Фосфоенолпируваткарбоксикиназа (PFCK) (АТФ + оксалоацетат + Н+ --> АДФ + CO ₂ + фосфоенолпируват)	0	0,02007
42	Выход - LMOMA	1	CAETHG_0498	Цистатионин-бета-лиаза (H ₂ O + цистатионин --> NH ₃ + пируват + гомоцистеин)	0	0,020055
43	Выход - LMOMA	1	CAETHG_2751	Цитрамалатсинтаза (H ₂ O + пируват + ацетил-КоА <=> КоА + цитрамалат)	0	0,020025
44	Выход - LMOMA	2	CAETHG_2909, CAETHG_2932	АТФ:пируват-ортофосфатфосфотрансфераза (АТФ + фосфат + пируват + Н+ --> PPi + АМФ + фосфоенолпируват), альфа-ацетолактатдекарбоксилаза (ALCTT --> CO ₂ + (R)-ацетоин)	0	0,020025
45	Выход - LMOMA	1	CAETHG_3021	L-аргининиминогидролаза (H ₂ O + L-аргинин <=> NH ₃ + цитруллин)	0	0,02001

Пример 20.

В данном примере описаны мишени нарушения генов, общие для разных путей продукции. Оптимизации выполняли с использованием эволюционного алгоритма на 444 путях. Каждую конструкцию штамма оценивали на основании достигнутого выхода (конструирование, не сопряженное с ростом) и выхода, сопряженного с продукцией биомассы (конструирование, сопряженное с ростом). Каждому гену присваивали ранг на основе частоты его появления в конструкциях штаммов. Для нарушения в оптимизированных штаммах часто выявляли 19 генов.

#	Ген	Оценка сопряжения с ростом	Оценка без сопряжения с ростом	Общая балльная оценка
1	CAETHG_3359	6,039281	14,18996	20,22924
2	CAETHG_2932	0	16,79651	16,79651
3	CAETHG_3293	2,508019	13,12476	15,63278
4	CAETHG_3510	0	12,77112	12,77112
5	CAETHG_3924	0	11,15045	11,15045
6	CAETHG_1371	0	11,03476	11,03476
7	CAETHG_2006	0	10,68385	10,68385
8	CAETHG_2909	1,515088	8,61957	10,13466
9	CAETHG_2721	0	9,82919	9,82919
10	CAETHG_2753	0,50272	9,082944	9,585664
11	CAETHG_0160	0	8,767024	8,767024
12	CAETHG_3299	0	7,876761	7,876761
13	CAETHG_2751	4,149778	3,457399	7,607177
14	CAETHG_0233	0	7,516631	7,516631
15	CAETHG_1270	0	7,501854	7,501854
16	CAETHG_0234	0	7,213378	7,213378
17	CAETHG_2790	0	6,668087	6,668087
18	CAETHG_2791	0	6,554927	6,554927
19	CAETHG_2796	0	6,324132	6,324132

Пример 21.

В данном примере описаны мишени нарушения генов для увеличения продукции целевого соединения во время автотрофного роста. Эта стратегия включает устранение или уменьшение продукции других побочных продуктов ферментации, что делает целевое соединение необходимым побочным продуктом роста. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1.

Данные моделирования демонстрируют, что эта стратегия подходит для целевых соединений, продукция которых приводит к минимальной АТФ-нагрузке. Эта стратегия не очень подходит для продуктов со значительной АТФ-нагрузкой во время автотрофного роста. Это связано с тем, что данная стратегия снижает выход клеточного АТФ за счет устранения фосфорилирования на субстратном уровне, катализируемого ацетаткиназой.

В частности, можно улучшить продукцию таких продуктов, как ацетон, изопропанол, 1,3-бутандиол, 3-гидроксибутират, 2-гидроксиизобутират, 3-гидроксиизовалерат и адипиновая кислота, путем введения мутации, приводящей к нарушениям, в гены, кодирующие ацетаткиназу и/или фосфат-трансацилазу и, необязательно, дополнительного введения мутации, приводящей к нарушениям, в один или более генов, кодирующих ацетолактатдекарбоксилазу, лактатдегидрогеназу, альдегиддегидрогеназу или цитрамалатсинтазу.

Каждую модель оценивали с использованием анализа изменчивости потока, определяя минимально необходимый поток к целевому соединению во время нормального роста. Затем предложенный набор генных мутаций, приводящих к нарушениям, применяли к каждой модели. Повторно выполняли анализ изменчивости потока для выявления наличия какого-либо сопряжения между продукцией соединения и ростом. Моделирование выполняли с использованием сборки версии 0.13.4.

Продукт	Минимальный выход при росте клеток	Минимальный выход при росте клеток с нарушенными генами-мишенями
Ацетон	0,00	0,301
1,3-бутандиол	0,00	0,323
3-гидроксибутират	0,00	0,395
2-гидроксиизобутират	0,00	0,395
3-гидроксиизовалерат	0,00	0,368
Адипиновая кислота	0,00	0,428

Пример 22.

В данном примере описано увеличение продукции целевого соединения во время автотрофного роста на газовых смесях с низкой долей CO за счет снижения требуемой совместной продукции ацетата. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1.

Стратегия включает регулировку равновесия окислительно-восстановительных кофакторов и обеспечения избытка НАДФН. Для поддержания окислительно-восстановительного гомеостаза клетка должна синтезировать продукты, путь продукции которых требует НАДФН. Поскольку продукция ацетата не соответствует этим требованиям, клетка должна продуцировать другие продукты для достижения максимальных скоростей роста.

Данные моделирования демонстрируют, что эта стратегия подходит для целевых соединений с АТФ-нагрузкой, требующей совместной продукции ацетата. Эта стратегия также подходит для штаммов, продуцирующих этанол в качестве основного продукта. Предполагается, что данная стратегия будет работать на газах с низким содержанием CO, где клетка может использовать гидрогеназу для восстановления ферредоксина и НАД(Ф)⁺. В некоторых случаях максимально возможный выход целевого соединения будет снижаться, так как данная стратегия снижает эффективность энергетического метаболизма клетки.

В частности, продукцию таких продуктов, как этанол, ацетон, изопропанол, 1,3-бутандиол, 2-бутанол, 2-гидроксиизобутират, 3-гидроксиизовалерат, адипиновая кислота, метилэтилкетон, изопрен, салицилат, хоризмат и фарнезен, можно улучшить путем введения мутаций, приводящих к нарушениям, в ген, кодирующий НАД-зависимую электрон-бифуркационную [FeFe]-гидрогеназу (например, Hyd), и необязательного дополнительного введения мутаций, приводящих к нарушениям, в один или более генов, кодирующих глутаматсинтазу, цитрамалатсинтазу, ацетолактатдекарбоксилазу или лактатдегидрогеназу.

Каждую модель оценивали с использованием анализа изменчивости потока, определяя минимально необходимый поток к ацетату при высокой скорости роста. Затем предложенный набор генных мутаций, приводящих к нарушениям, применяли к каждой модели. НАД-зависимую гидрогеназу (Hyd) удаляли из стехиометрической матрицы с целью представления нокаута этого фермента. Поток через реакцию глутаматсинтазы снижали на 30% с целью представления нарушения этого фермента. Повторно выполняли анализ изменчивости потока, определяя минимальные требования к продукции ацетата для достижения максимального роста. Моделирование выполняли с использованием софтвера версии 0.13.4.

Минимальный требуемый выход ацетата при максимальной скорости роста (С-моль продукта/моль поглощения CO + H ₂)			
Продукт	Родительский штамм	Нарушенная НАД-зависимая электрон-бифуркационная гидрогеназа (Hyd)	Нарушенная НАД-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-гидрогеназа (Hyd) и нарушенная глутаматсинтаза (при экспрессии)
Этанол	0,430	0,356	0,0002
Ацетон	0,430	0,356	0,0002
Изопропанол	0,430	0,356	0,0002
1,3-бутандиол	0,430	0,356	0,0000
2-бутанол	0,430	0,356	0,0002
2-гидроксиизобутират	0,430	0,356	0,0000
3-гидроксиизовалерат	0,430	0,356	0,0000
Адипиновая кислота	0,430	0,356	0,0002
Метилэтилкетон	0,430	0,356	0,0002
Изопрен	0,430	0,355	0,0000
Салицилат	0,430	0,356	0,0002
Хоризмат	0,430	0,356	0,0002
Фарнезен	0,430	0,356	0,0002

Пример 23.

В данном примере описано увеличение потока через ацетоацетил-КоА - центральный метаболический узел. Увеличение потока через этот узел позволит увеличить продукцию продуктов, находящихся на следующих стадиях, например, ацетона, изопропилового спирта, 3-гидроксиизовалерил-КоА, 3-гидроксиизовалерата, изобутилена, изопентенилпирофосфата (IPP), диметилаллилпирофосфата

(DMAPP), изопрена, терпеноидов, например, фарнезена, 3-гидроксibuтирил-КоА, кротонил-КоА, 3-гидроксibuтирата, 3-гидроксibuтиралальдегида, 1,3-бутандиола, 2-гидроксиизобутирил-КоА, 2-гидроксиизобутирата, бутирил-КоА, бутирата, бутанола, капроата, гексанола, октаноата, октанола, 1,3-гександиола, 2-бутен-1-ола, изовалерил-КоА, изовалерата или изоамилового спирта. Эксперименты по метаболическому моделированию выполняли, как описано в примере 1.

Большинство микроорганизмов Вуда-Льюнгаля не способны к естественному преобразованию ацетил-КоА в ацетоацетил-КоА, так что на этом этапе может потребоваться введение гетерологичного фермента, например, тиолазы (т.е. ацетил-КоА-ацетилтрансферазы) (EC 2.3.1.9). Тиолаза может представлять собой, например, Th1A из *Clostridium acetobutylicum* (WP_010966157.1), PhaA из *Cupriavidus necator* (WP013956452.1), BktB из *Cupriavidus necator* (WP011615089.1), AtoB из *Escherichia coli* (NP_416728.1) или аналогичный фермент.

В частности, можно улучшить поток через ацетоацетил-КоА путем введения мутаций, приводящих к нарушениям, в один или более генов, кодирующих один или более, два или более, три или более, четыре или более, или пять или более из НАД-зависимой электрон-бифуркационной [FeFe]-гидрогеназы (например, Hyd), глутаматсинтазы, цитрамалатсинтазы, ацетолактатдекарбоксилазы, лактатдегидрогеназы, ацетаткиназы, фосфаттрансацилазы или альдегиддегидрогеназы.

Название фермента	Учетный номер в <i>C. autothanogenum</i>
НАД-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-гидрогеназа	CAETHG_1576, CAETHG_1578, CAETHG_3569, CAETHG_3570, CAETHG_3571
Глутаматсинтаза	CAETHG_0477, CAETHG_1580, CAETHG_3850, CAETHG_3851
Цитрамалатсинтаза	CAETHG_2751
Ацетолактатдекарбоксилаза	CAETHG_2932
Лактатдегидрогеназа	CAETHG_1147
Ацетаткиназа	CAETHG_3359
Фосфаттрансацилаза	CAETHG_3358
Альдегиддегидрогеназа	CAETHG_1819, CAETHG_3287, CAETHG_1830

Все источники, в том числе публикации, патентные заявки и патенты, приведенные в настоящем документе, включены в настоящий документ посредством ссылок в той же степени, как если бы каждый источник был отдельно и конкретно указан для включения посредством ссылки и изложен в настоящем документе в полном объеме. Упоминание любого известного уровня техники в настоящей заявке не является и не должно рассматриваться как признание того, что известный уровень техники образует часть широко известных общих знаний в рассматриваемой области в какой-либо стране.

Следует считать, что применение форм единственного числа и аналогичных обозначений в контексте описания настоящего изобретения (особенно в контексте нижеприведенной формулы изобретения) включает как единственное, так и множественное число, если в настоящем документе не указано иное или это не противоречит контексту явным образом. Термины "состоящий из", "имеющий", "включающий" и "содержащий" следует рассматривать как неограничивающие термины (т.е. означающие "в том числе, но не ограничиваясь"), если не указано иное. Термин "состоящий по существу из" ограничивает сущность композиции, процесса или способа указанными материалами или этапами или материалами или этапами, не оказывающими существенного влияния на основные и новые характеристики композиции, процесса или способа. Использование альтернативы (например, "или") следует понимать как означающее одну альтернативу, обе альтернативы либо любую комбинацию альтернатив. В настоящем документе термин "приблизительно" означает $\pm 20\%$ указанного диапазона, значения или структуры, если не указано иное.

Перечисление в настоящем документе диапазонов значений предназначено исключительно для использования в качестве сокращенного способа упоминания каждого отдельного значения, попадающего в такой диапазон, если в настоящем документе не указано иное, при этом каждое отдельное значение включено в настоящий документ, как если бы оно было отдельно приведено в настоящем документе. Например, следует понимать, что любой диапазон концентраций, процентный диапазон, диапазон соотношений, диапазон целых чисел, диапазон размеров или диапазон толщины включает значение любого целого числа в указанном диапазоне и, при необходимости, его доли (например, одну десятую и одну сотую целого числа), если не указано иное.

Все способы, описанные в данном документе, можно выполнять в любом подходящем порядке, если в настоящем документе не указано иное или иное явно не противоречит контексту. Использование всевозможных примеров или типичных формулировок (например, "такой, как"), приведенных в настоящем документе, предназначено исключительно для лучшего освещения настоящего изобретения и не налагает ограничения на сущность настоящего изобретения, если не заявлено иное. Ни одно выражение, приведенное в настоящей заявке, не следует понимать как указание на какой-либо элемент, не содержащийся в формуле изобретения, как необходимый для практической реализации настоящего изобретения.

В настоящем документе описаны предпочтительные варианты реализации настоящего изобретения. Вариации таких предпочтительных вариантов реализации могут стать очевидными для специалистов в

данной области техники после прочтения приведенного выше описания. Авторы настоящего изобретения ожидают, что квалифицированные специалисты в соответствующих случаях будут использовать такие варианты, при этом авторы настоящего изобретения предполагают, что оно будет реализовано на практике иначе, чем конкретно описано в настоящем документе. Соответственно, настоящее изобретение включает все модификации и эквиваленты предмета изобретения, приведенные в прилагаемой формуле изобретения, как это установлено действующим законодательством. Кроме того, любая комбинация описанных выше элементов во всех возможных вариациях включена в настоящее изобретение, если в настоящем документе не указано иное или иное явно не противоречит контексту.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Не встречающаяся в природе бактерия Вуда-Льонгдаля, представляющая собой бактерию *Clostridium autoethanogenum*, содержащую гетерологичную тиолазу и мутацию, приводящую к нарушениям, в одном или более генах, кодирующих одну или более из НАД-зависимой электрон-бифуркационной [FeFe]-гидрогеназы, глутаматсинтазы, цитрамалатсинтазы, ацетолактатдекарбоксилазы, лактатдегидрогеназы, ацетаткиназы, фосфаттрансацетилазы и альдегиддегидрогеназы, причем указанная не встречающаяся в природе бактерия характеризуется улучшенным потоком углерода через ацетоацетил-КоА по сравнению с бактерией дикого типа.

2. Не встречающаяся в природе бактерия по п.1, продуцирующая продукт, выбранный из группы, состоящей из ацетона, изопропанола, 3-гидроксиизовалерил-КоА, 3-гидроксиизовалерата, изобутилена, изопентенилпирофосфата, диметилаллилпирофосфата, изопрена, фарнезена, 3-гидроксибутирил-КоА, кротонил-КоА, 3-гидроксибутирата, 3-гидроксибутиральдегида, 1,3-бутандиола, 2-гидроксиизобутирил-КоА, 2-гидроксиизобутирата, бутирил-КоА, бутирата, бутанола, капроата, гексанола, октаноата, октанола, 1,3-гександиола, 2-бутен-1-ола, изовалерил-КоА, изовалерата или изоамилового спирта.

3. Не встречающаяся в природе бактерия по п.1, отличающаяся тем, что:

(a) НАД-зависимая электрон-бифуркационная [FeFe]-гидрогеназа выбрана из группы, состоящей из CAETHG_1576, CAETHG_1578, CAETHG_3569, CAETHG_3570 и CAETHG_3571,

(b) глутаматсинтаза выбрана из группы, состоящей из CAETHG_0477, CAETHG_1580, CAETHG_3850 и CAETHG_3851,

(c) цитрамалатсинтаза представляет собой CAETHG_2751,

(d) ацетолактатдекарбоксилаза представляет собой CAETHG_2932,

(e) лактатдегидрогеназа представляет собой CAETHG_1147,

(f) ацетаткиназа представляет собой CAETHG_3359,

(g) фосфаттрансацетилаза представляет собой CAETHG_3358 или

(h) альдегиддегидрогеназа выбрана из группы, состоящей из CAETHG_1819, CAETHG_3287 и CAETHG_1830.

4. Способ получения продукта путем культивирования не встречающейся в природе бактерии по п.1 в присутствии газообразного субстрата, который содержит CO и/или CO₂ и может содержать H₂.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что продукт выбран из группы, состоящей из ацетона, изопропанола, 3-гидроксиизовалерил-КоА, 3-гидроксиизовалерата, изобутилена, изопентенилпирофосфата, диметилаллилпирофосфата, изопрена, фарнезена, 3-гидроксибутирил-КоА, кротонил-КоА, 3-гидроксибутирата, 3-гидроксибутиральдегида, 1,3-бутандиола, 2-гидроксиизобутирил-КоА, 2-гидроксиизобутирата, бутирил-КоА, бутирата, бутанола, капроата, гексанола, октаноата, октанола, 1,3-гексанола, 2-бутен-1-ола, изовалерил-КоА, изовалерата или изоамилового спирта.

