Государственное учреждение образования «Лицей №2 г. Минска»

220095, г. Минск, ул. Якубова, 74, (8017) 369 25 76

**Тихоходки. Ген бессмертия**

Секция: Информатика

**Авторы**:

Антоневич Милана Геннадьевна Государственное учреждение образования «Лицей № 2 г. Минска», 11 «БХ-3» класс

Переверзев Марат Атаджанович Государственное учреждение образования «Лицей № 2 г. Минска», 10 «МИФ» класс

**Научный руководитель:**

Николаев Григорий Игоревич, Государственное учреждение образования «Лицей № 2 г. Минска», учитель информатики, тел. моб. +37529 5041225

Минск, 2021

Содержание

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc87010493)

[Глава 1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ 5](#_Toc87010494)

[1.1 Общие сведения об анабиозе 5](#_Toc87010495)

[1.2 Особенности анабиоза тихоходок 6](#_Toc87010496)

[1.3 Алгоритмы выравнивания генетических последовательностей 7](#_Toc87010497)

[Глава 2. СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЗМА АНАБИОЗА ТИХОХОДОК И ДРУГИХ ОРАГНИЗМОВ 10](#_Toc87010498)

[2.1 Сравнение геномов 10](#_Toc87010499)

[2.2 Сравнение белков 10](#_Toc87010500)

[2.3 Разработка алгоритма поиска белков со схожими свойствами 11](#_Toc87010501)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 13](#_Toc87010502)

[Список информационных источников 14](#_Toc87010503)

[Приложение 1 15](#_Toc87010504)

# ВВЕДЕНИЕ

Человечество всегда интересовало, как устроена жизнь на Земле. Попытки понять мир начинаются еще до нашей эры. Именно в это время начинается основание анатомии, ботаники, зоологии, медицины.

Люди стремились узнать причины болезней, найти волшебные лекарства для того, чтобы продлить жизнь. А некоторые – для того, чтобы жить вечно.

В наше время ученые не перестают искать средства, чтобы вылечить заболевания. Со времен Гиппократа был совершен огромный научный прорыв. Те болезни, которые не могли вылечить древние люди, сейчас не представляют никакой опасности. Но есть то, от чего даже в наше время не могут найти спасение. И это смерть.

Однако то, от чего не могут спастись люди, не является проблемой для некоторых животных. Такое состояние называется «анабиоз». Анабиоз — приостановка жизнедеятельности с последующим её восстановлением при благоприятных условиях. Он характерен, например, для бактерий, простейших, некоторых лягушек.

Хотя этот процесс носит одинаковое название, у разных организмов он протекает с помощью разных механизмов. И, как следствие, разные организмы в одном и том же состоянии могут выдерживать разные условия

Рекордсменом по выживаемости в состоянии анабиоза считается тихоходка. Это тип микроскопических (0,1—1,5 мм) беспозвоночных животных. На сегодняшний день известно более 1200 видов тихоходок. Это водные животные, которые могут жить в водоемах и тонких пленках воды на суше (во мхах, лишайниках, листовой подстилке и др.) [1].

В биологии становится все больше данных, которые необходимо хранить, обрабатывать и анализировать, одним из ярких примеров является геном, который составляет несколько миллиардов пар нуклеотидов для любого живого существа. Для решения этих задач используются методы биоинформатики, которые включают в себя, в том числе, и алгоритмы обработки генетических данных, что дает нам возможность лучшего понимания окружающего нас мира.

**Цель работы** – определить наличие схожих участков генома живых организмов с генетической последовательностью тихоходок, отвечающими за анабиоз методами компьютерного моделирования.

Для реализации цели работы были поставлены следующие задачи:

1) изучить особенности анабиоза тихоходок;

2) изучить алгоритмы выравнивания генетических последовательностей;

3) сравнить белки и участки генома тихоходок, отвечающих за анабиоз, с геномом и белками других живых организмов методами компьютерного моделирования;

4) разработка алгоритма поиска белков со схожими свойствами.

**Объектом исследования** является механизм анабиоза у живых организмов, **предметом** – генетические последовательности живых организмов, отвечающие за анабиоз.

Основными методами данного исследования являются: изучение и анализ литературы и Интернет-источников; анализ данных о белках и участках генома тихоходок; выравнивание генетических и белковых последовательностей с помощью программы BLAST; анализ полученных результатов.

Новизна работы состоит в использовании биоинформатических методов, таких как глобальное и локальное выравнивание генетических последовательностей, для поиска живых существ, обладающих схожим с тихоходками генетическим материалом, отвечающим за анабиоз.

# Глава 1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

# 1.1 Общие сведения об анабиозе

Анабиоз у животных открыл 1 сентября 1701 года голландский ученый Антони ван Левенгук. Он положил в стеклянную трубку с водой немного влажного песка, взятого с крыши своего дома в Делфте и начал рассматривать его в самодельный микроскоп. Свои наблюдения он отправил в Лондонское королевское общество [2, 3].

Суть анабиоза заключается в следующем: организм «высушивает» большой процент воды до того состояния, когда метаболизм сильно замедляется или становится невозможным. Так он пережидает неблагоприятные условия. Когда же он попадает в водную среду (или при помощи дождя, например), все жизненные функции организма восстанавливаются.

За данное состояние отвечают различные вещества. В таблице 1 приведены некоторые организмы, способные к анабиозу, и вещества, отвечающие за него.

**Таблица 1**. Организмы, способные к анабиозу, и вещества, отвечающие за него [4]

|  |  |
| --- | --- |
| **Микроорганизмы** | **Вещества** |
| Микроводоросли | Сахароза, глицерин, маннитол, пролин, глицинбетаин (бетаин), диметилсульфониопропионат |
| Дрожжи | Глицерин, арабиол, сорбитол, трегалоза |
| Цианобактерии | Сахароза, трегалоза, глюкозилглицерин, глицинбетаин |
| Фототрофные бактерии | Сахароза, трегалоза, глицинбетаин, эктоин, гидроксиэктоин, N-ацетилглютаминилглютаминамид |
| Сульфатредуцирующие бактерии | Трегалоза, глицинбетаин |

*Продолжение таблицы 1*

|  |  |
| --- | --- |
| Гетеротрофные бактерии | Пролин, глютамат, N-ацетилглютаминилглютаминамид, глицинбетаин, эктоин, гидроксиэктоин, трегалоза |
| Актиномицеты | Эктоин, гидроксиэктоин, трегалоза, пролин, глютамат, аланин |
| Археи | Глицинбетаин, β-глютамат |

Наиболее часто встречающимся веществом является трегалоза. Этот углевод, однако, встречается не у всех и, как следствие, не является обязательным веществом.

# 1.2 Особенности анабиоза тихоходок

Самая необычная особенность тихоходок - их способность выдерживать экстремально низкие температуры и высыхание (экстремальное высыхание). В неблагоприятных условиях они переходят в состояние анабиоза, при котором тело высыхает и выглядит как безжизненный шар. В этом состоянии их метаболизм может снизиться до 0,01 процента от его нормальной скорости. Тихоходки могут выжить в течение многих лет или даже десятилетий, переждать засушливые условия. Кроме того, образцы, выдержанные в течение восьми дней в вакууме, перенесенные в течение трех дней в газообразный гелий при комнатной температуре, а затем выдержанные в течение нескольких часов при температуре -272 °C, снова ожили, когда они были доведен до нормальной комнатной температуры [5].

Поэтому анабиоз тихоходок так сильно интересует ученых: в этом состоянии они – самые выносливые существа на Земле. Их механизмы выживания активно исследуются, т.к. в дальнейшем их можно использовать для того, чтобы поместить в подобное состояние человека. И, как следствие, сделать человека бессмертным.

Кроме того, тихоходки – первые живые существа, способные выжить в открытом космосе. Они справляются не только с вакуумом, но и с космической радиацией, которая является проблемой для космонавтов. Поэтому они являются объектом исследования еще и ученых, изучающих космос [6]. Космологи продолжают отправлять тихоходок в космос и сейчас [7], однако есть тихоходки, которые находятся там с 2019 года. Так, один израильский космический проект, на борту которого были тихоходки, потерпел крушение на Луне. Однако исследователи считают, что тихоходки могли выжить, и сейчас они находятся там в состоянии анабиоза, и, если их вернуть на Землю, они смогут вернуться в свой первоначальный вид [8].

Помимо выживаемости в вакууме и при экстремальных температурах, некоторые виды способны защититься от потенциально смертельной вспышки ультрафиолетового излучения, образуя защитный светящийся экран. Они просто поглощают вредное ультрафиолетовое излучение, а затем излучают его в виде безвредного синего света [9].

Анабиоз тихоходок вызывает большой интерес и с биохимической стороны. Так как для многих организмов «главным веществом» в анабиозе считается трегалоза, ранее было предположение, что этот же углевод контролирует анабиоз и у тихоходок. Однако разные исследования дают разные результаты: он был обнаружен или на очень низких уровнях развития, или вообще не был обнаружен. Из этого можно сделать вывод, что трегалоза не участвует в анабиозе тихоходок.

Для этого состояния используются некоторые участки генома и некоторые белки, включая семейства внутренне неупорядоченных белков (IDP).  Этот класс белков загадочен тем, что, в отличие от типичных глобулярных белков, у них отсутствует постоянная третичная структура. За последние два десятилетия появилось множество ролей для IDP, включая роли в транскрипции, развитии, клеточной организации и др. [10].

Хотя окончательная роль IDP в анабиозе тихоходок до сих пор не изучена, исследование [10] подтверждает, что влияние они всё-таки оказывают. Так же, помимо этих белков, на анабиоз непосредственное влияние оказывают некоторые участки генома.

# 1.3 Алгоритмы выравнивания генетических последовательностей

Работа с большими объемами данных всегда вызывала трудности. Человек не может воспринимать много схожих последовательностей данных (например, геном, который состоит только из азотистых оснований (аденин (А), гуанин (G), цитозин (С), тимин (Т), урацил (U))). Для работы с подобным материалом существует целая отрасль в биоинформатике – так называемая «сухая» биоинформатика.

«Сухая» биоинформатика – биология, для которой не нужны пробирки и материалы для исследования. Эти материалы «закодированы» и находятся на специальных ресурсах. В дальнейшем эти материалы можно использовать так же с помощью специальных программ. Такая биология имеет свои преимущества в сравнении с «мокрой» биоинформатикой. Например, исследования не нуждаются в высоком финансировании в связи с отсутствием необходимости наличия биологического материала. Исследования можно проводить в удобное время практически в любом месте. Необходим только компьютер и доступ в Интернет.

Одной из главных проблем современных генетических исследований является неупорядоченность полученных данных. Геном невозможно прочитать за один проход (в силу технологических ограничений), поэтому делается множество коротких прочтений (ридов). Выравнивание множества ридов, которые прочтены с определенным смещением, позволяет получить прочтение всего генома. Так же подобные алгоритмы выравнивания могут использоваться для сравнения генетических последовательностей, поиска похожих участков (генов) и т.д.

Основная идея выравнивания двух генетических последовательностей S = (S1, ..., Sn) и T = (T1, ..., Tm) состоит в поиске самой длинной общей подпоследовательности. Вычислим общую подпоследовательность с оптимальным значением функции оценки. Пусть d обозначает стоимость штрафа за пропуск, а s(x; y) - оценку выравнивания основания x и основания y. Они выводятся из вероятностей вставки / удаления и замены, которые могут быть определены экспериментально или путем изучения последовательностей, которые тесно связаны. Алгоритм для решения задачи выравнивания последовательностей, известен как алгоритм Нидлмана-Вунша [11].

Предположим, у нас есть оптимальное выравнивание для двух последовательностей S1… n и T1… m, в которых Si совпадает с Tj. Ключевым моментом является то, что это оптимальное выравнивание состоит из оптимального выравнивания между (S1,…, Si − 1) и (T1,…, Ti − 1) и оптимального выравнивания между (Si + 1,…, Sn) и ( Tj + 1,…, Tm). Это следует из аргумента «вырезать и вставить»: если одно из этих частичных выравниваний является неоптимальным, мы вырезаем и вставляем лучшее выравнивание вместо неоптимального. Таким образом достигается более высокая оценка общего выравнивания, что противоречит оптимальности первоначального глобального выравнивания. Другими словами, каждый подпуть в оптимальном пути также должен быть оптимальным. Обратите внимание, что оценки суммируются, поэтому оценка общего выравнивания равна сумме оценок выравниваний подпоследовательностей. Это неявно предполагает, что подзадачи вычисления оптимального выравнивания оценок подпоследовательностей независимы.

Пространство подзадач - это {Fi, j, i∈ [0, | S |], j∈ [0, | T |]}. Это позволяет определить матрицу F (m + 1) × (n + 1) с оптимальными оценками для всех подзадач. Нахождение оптимального выравнивания получается путем обратной трассировки матрицы, начиная с нижнего правого угла до верхнего левого, как показано на рисунке 1.

Рисунок 1. Алгоритм Нидлмана-Вунша 

Так же широкое применения нашел алгоритм Смита-Ватермана [12], который позволяет выравнивать последовательности не целиком, а использовать отрезки всевозможных длин.

Оба этих алгоритма реализованы в семействе компьютерных программ BLAST [13] и использовались при решении поставленных в работе задач.

# Глава 2. СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЗМА АНАБИОЗА ТИХОХОДОК И ДРУГИХ ОРАГНИЗМОВ

# 2.1 Сравнение геномов

Для поиска схожего генетического материала использовалась программа BLAST [13], расширение blastn. В качестве исходного генетического материала брались последовательности 1-4 из приложения 1, поиск осуществлялся по следующим базам данных:

* nucleotide collection; nt
* expressed sequence tags; est
* genomic survey sequence; gss

Другие базы данных не находили сходств.

Использовались алгоритмы discontiguous megablast и blastn для того, чтобы допустить сравнение для разных видов/родов/пр.

Самое большое количество совпадений было в базе данных est (100), самое маленькое – nt (2). Алгоритм blastn дает наибольшее разнообразие видов. Но, если новые совпадения и находились, то процент сходства был меньше, хоть и незначительно (например, минимальный процент в базе данных est для алгоритма discontiguous megablast – 67.97%, для blastn - 66.97%). Т.к. процент различия незначительный, для нахождения большего разнообразия видов в приоритет ставился алгоритм blastn.

BLAST содержит более 200 млн. последовательностей из более чем 100 тыс. живых организмов (на 2013 г.). Однако схожести с геномами организмов других типов обнаружено не было.

В базе данных содержится информация о геноме около 10 различных видов тихоходок. Схожие участки были в некоторых образцах геномов *Hypsibius* *dujardini* и *Ramazzottius* *varieornatus*. Организмы вида *Ramazzottius* *varieornatus* имели процентное сходство от 66.21% до 75% во всех четырех последовательностях. Вид *Hypsibius* *dujardini* имел сходство от 85.64% до 99.87% для последовательностей 1-2, и от 72.25% до 79.21% для последовательностей 3-4.

# 2.2 Сравнение белков

Для поиска схожих участков белков использовалась программа BLAST [13], расширение blastp. В качестве исходного генетического материала брались последовательности 5-6 из приложения 1, поиск осуществлялся по следующим базам данных:

* non-redundant protein sequences (nr);
* UniProtKB/Swiss-Prot (swissptot).

Другие базы данных не находили сходств.

Использовался алгоритм blastp.

Были взяты данные тихоходок видов *Hypsibius* *dujardini* и Paramacrobiotus richtersi (представители двух основных классов тихоходок - *Heterotardigrada* и *Eutardigrada* соответственно).

Сходств с организмами других типов обнаружено не было

Для более достоверных результатов в статистике не учитывались образцы, которые возможно принадлежат определенным организмам.

Схожие участки были в некоторых образцах геномов *Hypsibius dujardini*, Paramacrobiotus richtersi и *Ramazzottius varieornatus*. Для вида *Hypsibius dujardini* процент сходства для последовательности 5 был от 44% до 100%. Для последовательности 6 – от 42.02% до 57.95%. Вид Paramacrobiotus richtersi имел сходство от 40.54% до 43.46% для последовательности 5, и от 76.99% до 100% для последовательности 6. Вид *Ramazzottius varieornatus* имел сходство от 32.90% до 56.19% для последовательности 5, и от 33.04% до 66.67% для последовательности 6.

# 2.3 Разработка алгоритма поиска белков со схожими свойствами

Поиск белков со схожими свойствами является очень важной задачей, поскольку из различных генетических последовательностей могут быть транслированы белки со схожими свойствами, что невозможно определить методами выравнивания последовательностей. В данной работе предложен алгоритм поиска белков со схожими свойствами. (Рисунок 2).

**Рисунок 2**. Схема работы алгоритма поиска белков со схожими свойствами

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над темой исследования были решены все поставленные задачи:

* изучены механизмы и особенности анабиоза в жизни тихоходок;
* изучен алгоритм использования программ BLAST и GenBank;
* белки и участки генома тихоходок, отвечающих за анабиоз, сравнили с геномом и белками других организмов;

Оригинальность идеи заключается в том, что ранее открытые белки и участки генома, отвечающие за анабиоз тихоходок, не сравнивались с аналогичным процессом у других живых существ.

Исходя из полученных данных, можно сделать следующие выводы:

1. Механизм анабиоза у тихоходок не имеет биохимического сходства с механизмом этого же процесса у других организмов.
2. Одни и те же гены или белки могут встречаться у тихоходок разных классов, однако не встречаться у тихоходок одного класса.
3. Рассматриваемые гены и белки можно обнаружить в разном процентном содержании в одном и том же виде. Иногда он вообще не встречается у некоторых организмов одного и того же вида.

Проделанная работа показывает, что за анабиоз тихоходок отвечает уникальный набор белков, который не был обнаружен у других известных живых организмов. Дальнейшее изучение этих белков может оказать серьезное влияние на разработку новых лекарственных препаратов, направленных на предотвращение преждевременного старения. В связи с этим выполненная работа является перспективной для дальнейших исследований.

# Список информационных источников

1.Шуба В. Всесильные водяные медведи – в чем их секрет? **//** Биомолекула [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://biomolecula.ru/articles/vsesilnye-vodianye-medvedi-v-chem-ikh-sekret> - Дата доступа: 30.10.2021

2. Kеilin D. The Leeuwenhoek lecture. The problem of anabiosis or latent life: history and current concept. // Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences - Vol. 150 - No. 939 - Mar. 17, 1959 - pp. 149-191

3. Пучков Е. От живого к неживому и обратно // Биомолекула [Электронный ресурс]. – 2015 – Режим доступа: <https://biomolecula.ru/articles/ot-zhivogo-k-nezhivomu-i-obratno> - Дата доступа: 30.10.2021

4. Аккизов А., Ястребова С. Анабиоз II. Смерть до востребования // Биомолекула [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://biomolecula.ru/articles/anabioz-ii-smert-do-vostrebovaniia>- Дата доступа: 30.10.2021

4. Шмидт П.Ю. Анабиоз // Научно-популярная монография. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: АН СССР, 1948. — 381 с.

5. The Editors of Encyclopaedia Britannica // Encyclopaedia Britannica [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://www.britannica.com/animal/tardigrade> - Дата доступа: 30.10.2021

6. [Rachel Courtland](https://www.newscientist.com/author/rachel-courtland/). 'Water bears' are first animal to survive space vacuum // New Scientist [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.newscientist.com/article/dn14690-water-bears-are-first-animal-to-survive-space-vacuum/?ignored=irrelevant#.U-OzhIBdWd4> - Дата доступа: 30.10.2021

7. Abby Tabor. Microscopic Superheroes to Help Protect Astronaut Health in Space// NASA's Ames Research Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nasa.gov/feature/ames/microscopic-superheroes-to-help-protect-astronaut-health-in-space> - Дата доступа: 30.10.2021

8. Daniel Oberhaus. A Crashed Israeli Lunar Lander Spilled Tardigrades on the Moon // Wired [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wired.com/story/a-crashed-israeli-lunar-lander-spilled-tardigrades-on-the-moon/?verso=true> - Дата доступа: 30.10.2021

9. [Harikumar R. Suma](https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2020.0391), [Swathi Prakash](https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2020.0391), [Sandeep M. Eswarappa](https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2020.0391). Naturally occurring fluorescence protects the eutardigrade *Paramacrobiotus* sp. from ultraviolet radiation // Journal of the Royal Society Interface [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2020.0391> - Дата доступа: 30.10.2021

10. Thomas C. Boothby, Hugo Tapia, Alexandra H. Brozena, Samantha Piszkiewicz, Austin E. Smith, Ilaria Giovannini, Lorena Rebecchi, Gary J. Pielak, Doug Koshland, Bob Goldstein Tardigrades Use Intrinsically Disordered Proteins to Survive Desiccation // Molecular Cell - Mar 16, 2017 - Volume 65 - Issue 6 - p957-1136

11. Needleman, Saul B.; and Wunsch, Christian D. [A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins](http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022-2836(70)90057-4) // [Journal of Molecular Biology](https://en.wikipedia.org/wiki/Journal_of_Molecular_Biology): journal. — 1970. — Vol. 48, no. 3. — P. 443—453. — [doi](https://ru.wikipedia.org/wiki/Doi):[10.1016/0022-2836(70)90057-4](https://dx.doi.org/10.1016%2F0022-2836%2870%2990057-4). — [PMID 5420325](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5420325?dopt=Abstract)

12. Smith, Temple F.; and Waterman, Michael S. [Identification of Common Molecular Subsequences](http://gel.ym.edu.tw/~chc/AB_papers/03.pdf) // [Journal of Molecular Biology](https://en.wikipedia.org/wiki/Journal_of_Molecular_Biology) : journal. — 1981. — Vol. 147. — P. 195—197. — [doi](https://ru.wikipedia.org/wiki/Doi):[10.1016/0022-2836(81)90087-5](https://dx.doi.org/10.1016%2F0022-2836%2881%2990087-5). — [PMID 7265238](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7265238?dopt=Abstract)

13. S. Altschul, W. Gish, W. Miller, E. Myers, and D. Lipman. Basic local alignment search tool. Journal of Molecular Biology, 215(3):403-410, October 5, 1990

# Приложение 1

**Таблица 2**. Генетические последовательности тихоходок, отвечающие за анабиоз

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Эндогенная нуклеотидная последовательность | Используемая нуклеотидная последовательность | Белковая последовательность | Вид |
| 1 | ATGTCTAACTACCAGCAAGAATCCAGCTATCAGTACAGCGACCGGAGCAACAATGGTCAACAGCAAGAGCAACAGGAGAAGAAGGAGGTCGAACACTCCAGCTATACCCACACCGACGTCAAAGTGAACATGCCCAACTTAATCGCACCTTTCATCAGCTCTTCCGCGGGTTTGGCTCAAGAACTGGTCGGGGAAGGTTTCCAGGCGTCCGTCTCTCGCATCACCGGCGCATCCGGGGAGCTCACCGTCATCGACACCGAGGCCGAAACCGAGGAGGCACGTCGGGACATGGAAGCCAAGGCCCGCGAGCAGGAGCTCCTGTCGCGACAGTTTGAGAAGGAGCTGGAGCGAAAGACCGAAGCGTATCGCAAGCAGCAAGAAGTTGAGACCGAGAAGATCCGGAAGGAACTTGAGAAGCAACATCTGCGGGATGTCGAGTTCCGCAAGGAGTTGATGGAGCAGACCATCGAGAATCAGAAGCGTCAGATCGACCTGGAGGCACGCTATGCCAAGAAGGAGCTTGAGCGGGAACGGAACAAGGTCAAGCGTGTGCTGGAACGCTCCAAATTCCACACCGATATCCAGGTCAACATGGAAGCCGCTGCGGGTTCAACTCATTCCGGATCATCCAGCGTTGCCGTGTCGGAGTCGGAAAAGTTCCAGACCAACAACTGA | ATGAGTAACTATCAGCAAGAATCCAGCTATCAATATAGCGATCGCAGTAATAATGGCCAGCAACAAGAACAGCAAGAAAAGAAGGAAGTAGAACACTCGAGTTACACGCACACTGACGTAAAAGTAAATATGCCGAACTTGATTGCCCCTTTTATTTCATCTTCTGCGGGTCTGGCGCAGGAATTGGTCGGCGAGGGTTTCCAAGCAAGCGTATCTCGTATCACTGGCGCATCGGGCGAATTAACTGTGATTGATACTGAAGCAGAAACCGAGGAAGCTCGCCGTGACATGGAAGCCAAGGCACGTGAACAGGAGCTCCTGAGTCGTCAGTTTGAAAAAGAACTGGAACGTAAAACCGAGGCCTATCGCAAACAGCAGGAAGTTGAAACTGAAAAAATCCGCAAAGAATTAGAAAAACAGCATCTGCGCGATGTGGAGTTCCGTAAAGAACTCATGGAACAGACTATTGAAAACCAAAAACGCCAGATTGACCTCGAAGCGCGCTACGCTAAGAAAGAGCTCGAGCGTGAGCGGAATAAAGTCAAACGCGTTCTGGAACGTAGCAAATTTCATACAGACATCCAGGTAAACATGGAAGCGGCTGCGGGTTCTACTCACAGCGGCTCAAGCTCTGTGGCTGTTAGCGAAAGTGAAAAGTTCCAGACCAATAACTAA | MSNYQQESSYQYSDRSNNGQQQEQQEKKEVEHSSYTHTDVKVNMPNLIAPFISSSAGLAQELVGEGFQASVSRITGASGELTVIDTEAETEEARRDMEAKAREQELLSRQFEKELERKTEAYRKQQEVETEKIRKELEKQHLRDVEFRKELMEQTIENQKRQIDLEARYAKKELERERNKVKRVLERSKFHTDIQVNMEAAAGSTHSGSSSVAVSESEKFQTNN- | *Hypsibius dujardini* |
| 2 | ATGTCTAACTACCAGCAAGAATCCAGCTATCAGTACAGCGACCGGAGCAACAATGGTCAACAGCAAGAGCAACAGGAGAAGAAGGAGGTCGAACACTCCAGCTATACCCACACCGACGTCAAAGTGAACATGCCCAACTTAATCGCACCTTTCATCAGCTCTTCCGCGGGTTTGGCTCAAGAACTGGTCGGGGAAGGTTTCCAGGCGTCCGTCTCTCGCATCACCGGCGCATCCGGGGAGCTCACCGTCATCGACACCGAGGCCGAAACCGAGGAGGCACGTCGGGACCTGGAAGCCAAGGCCCGCGAGCAGGAGCTCCTGTCGCGACAGTTTGAGAAGGAGCTAGAGCGAAAGACCGAAGCGTATCGCAAGCAGCAAGAAGTCGAGACCGAGAAGATCCGGAAGGAGCTTGAGAAGCAACATCTGCGGGATGTCGAGTTCCGCAAGGAGTTGATGGAGCAGACCATCGAGAATCAGAAGCGTCAGATCGACCTGGAGGCACGCTATGCCAAGAAGGAGCTTGAGCGGGAACGGAACAAGGTCAAGCGTGTGCTGGAACGCTCCAAATTCCACACCGATATCCAGGTCAACATGGAAGCCGCTGCGGGTTCAACTCATTCCGGATCATCCAGCGTTGCCGTGTCGGAGTCGGAAAAGTTCCAGACCAACAACTGA | ATGTCTAACTACCAGCAAGAATCCAGCTATCAGTACAGCGACCGGAGCAACAATGGTCAACAGCAAGAGCAACAGGAGAAGAAGGAGGTCGAACACTCCAGCTATACCCACACCGACGTCAAAGTGAACATGCCCAACTTAATCGCACCTTTCATCAGCTCTTCCGCGGGTTTGGCTCAAGAACTGGTCGGGGAAGGTTTCCAGGCGTCCGTCTCTCGCATCACCGGCGCATCCGGGGAGCTCACCGTCATCGACACCGAGGCCGAAACCGAGGAGGCACGTCGGGACCTGGAAGCCAAGGCCCGCGAGCAGGAGCTCCTGTCGCGACAGTTTGAGAAGGAGCTAGAGCGAAAGACCGAAGCGTATCGCAAGCAGCAAGAAGTCGAGACCGAGAAGATCCGGAAGGAGCTTGAGAAGCAACATCTGCGGGATGTCGAGTTCCGCAAGGAGTTGATGGAGCAGACCATCGAGAATCAGAAGCGTCAGATCGACCTGGAGGCACGCTATGCCAAGAAGGAGCTTGAGCGGGAACGGAACAAGGTCAAGCGTGTGCTGGAACGCTCCAAATTCCACACCGATATCCAGGTCAACATGGAAGCCGCTGCGGGTTCAACTCATTCCGGATCATCCAGCGTTGCCGTGTCGGAGTCGGAAAAGTTCCAGACCAACAACTGA | MSNYQQESSYQYSDRSNNGQQQEQQEKKEVEHSSYTHTDVKVNMPNLIAPFISSSAGLAQELVGEGFQASVSRITGASGELTVIDTEAETEEARRDLEAKAREQELLSRQFEKELERKTEAYRKQQEVETEKIRKELEKQHLRDVEFRKELMEQTIENQKRQIDLEARYAKKELERERNKVKRVLERSKFHTDIQVNMEAAAGSTHSGSSSVAVSESEKFQTNN- | *Hypsibius dujardini* |

*Продолжение таблицы 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 | ATGTCTGGACGTAACGTAGAAAGCCACATGGAGCGGAATGAGAAGGTTGTGGTCAACAATTCCGGTCATGCTGACGTGAAGAAGCAACAGCAACAAGTGGAGCACACCGAATTCACCCACACCGAGGTTAAAGCCCCGTTGATCCATCCCGCACCTCCGATCATCTCAACTGGAGCTGCCGGACTCGCCGAGGAGATTGTGGGACAAGGGTTCACCGCGAGTGCCGCGCGCATCAGTGGAGGTACCGCTGAAGTACATCTCCAGCCTTCGGCCGCAATGACGGAAGAGGCCCGTCGCGATCAAGAGCGCTACCGCCAGGAACAGGAGTCGATCGCCAAGCAGCAGGAACGTGAGATGGAAAAGAAGACTGAGGCATACCGCAAGACCGCCGAGGCGGAAGCTGAGAAGATCCGAAAGGAGCTGGAGAAGCAACACGCGCGTGATGTCGAGTTCCGTAAGGATCTCATCGAGAGCACGATTGACCGGCAAAAACGCGAGGTCGATCTGGAAGCGAAAATGGCCAAGCGGGAATTGGATCGTGAAGGGCAGTTGGCCAAGGAGGCGTTGGAACGATCACGTTTGGCCACCAACGTTGAGGTCAATTTCGACAGTGCAGCTGGTCATACCGTGTCCGGTGGGACGACCATCTCCAGCTCTGACAAGATGGAAATCAAGCGCAACTAG | ATGTCTGGACGTAACGTAGAAAGCCACATGGAGCGGAATGAGAAGGTTGTGGTCAACAATTCCGGTCATGCTGACGTGAAGAAGCAACAGCAACAAGTGGAGCACACCGAATTCACCCACACCGAGGTTAAAGCCCCGTTGATCCATCCCGCACCTCCGATCATCTCAACTGGAGCTGCCGGACTCGCCGAGGAGATTGTGGGACAAGGGTTCACCGCGAGTGCCGCGCGCATCAGTGGAGGTACCGCTGAAGTACATCTCCAGCCTTCGGCCGCAATGACGGAAGAGGCCCGTCGCGATCAAGAGCGCTACCGCCAGGAACAGGAGTCGATCGCCAAGCAGCAGGAACGTGAGATGGAAAAGAAGACTGAGGCATACCGCAAGACCGCCGAGGCGGAAGCTGAGAAGATCCGAAAGGAGCTGGAGAAGCAACACGCGCGTGATGTCGAGTTCCGTAAGGATCTCATCGAGAGCACGATTGACCGGCAAAAACGCGAGGTCGATCTGGAAGCGAAAATGGCCAAGCGGGAATTGGATCGTGAAGGGCAGTTGGCCAAGGAGGCGTTGGAACGATCACGTTTGGCCACCAACGTTGAGGTCAATTTCGACAGTGCAGCTGGTCATACCGTGTCCGGTGGGACGACCATCTCCAGCTCTGACAAGATGGAAATCAAGCGCAACTAG | MSGRNVESHMERNEKVVVNNSGHADVKKQQQQVEHTEFTHTEVKAPLIHPAPPIISTGAAGLAEEIVGQGFTASAARISGGTAEVHLQPSAAMTEEARRDQERYRQEQESIAKQQEREMEKKTEAYRKTAEAEAEKIRKELEKQHARDVEFRKDLIESTIDRQKREVDLEAKMAKRELDREGQLAKEALERSRLATNVEVNFDSAAGHTVSGGTTISSSDKMEIKRN- | *Hypsibius dujardini* |
| 4 | ATGGCTCGCTTCCTCGTCGCTCTCGCTCTTTTCGGTGTGGTCGCCATGACCGCCGCCTCTGGTGATGCGCCAAAAGAATGGTCTGGAAAGCCTTGGCTTGGTAAATTTGTCGCTGAGGTCTCAGACAAGTCTGAAAACTGGGAAGCCTTCGTTGATGCTCTTGGTCTGCCCGATCAGTATCCCCGTGCCCAGCTGAAGACCATCCACTCGTTCTACAAGCAGGGTGAGCACTACCACCACATTCTCTCCCTGCCCGACAAGAACATCAACAAGGACATTGAGTTCACCCTCGGCCAGGAGGTTGAGATCAAACACGGCGAGCACAGCCTGAAGATCAAGTACTTCGAGGACGGTAACAAGCTCGTCGCTGATGTTTCAATTCCCGCCAAGGGCAAGTCAATCCATGATGTGTATGATGTTCAGGGAGATCAGCTCATCAAGTCGTATAAGGTCGGCGATGTCGTCGCCAAGAAGTGGTTCAAGAAGGTCGCCAACCCTGCTGCCTAAAC | ATGGCTCGCTTCCTCGTCGCTCTCGCTCTTTTCGGTGTGGTCGCCATGACCGCCGCCTCTGGTGATGCGCCAAAAGAATGGTCTGGAAAGCCTTGGCTTGGTAAATTTGTCGCTGAGGTCTCAGACAAGTCTGAAAACTGGGAAGCCTTCGTTGATGCTCTTGGTCTGCCCGATCAGTATCCCCGTGCCCAGCTGAAGACCATCCACTCGTTCTACAAGCAGGGTGAGCACTACCACCACATTCTCTCCCTGCCCGACAAGAACATCAACAAGGACATTGAGTTCACCCTCGGCCAGGAGGTTGAGATCAAACACGGCGAGCACAGCCTGAAGATCAAGTACTTCGAGGACGGTAACAAGCTCGTCGCTGATGTTTCAATTCCCGCCAAGGGCAAGTCAATCCATGATGTGTATGATGTTCAGGGAGATCAGCTCATCAAGTCGTATAAGGTCGGCGATGTCGTCGCCAAGAAGTGGTTCAAGAAGGTCGCCAACCCTGCTGCCTAAAC | MARFLVALALFGVVAMTAASGDAPKEWSGKPWLGKFVAEVSDKSENWEAFVDALGLPDQYPRAQLKTIHSFYKQGEHYHHILSLPDKNINKDIEFTLGQEVEIKHGEHSLKIKYFEDGNKLVADVSIPAKGKSIHDVYDVQGDQLIKSYKVGDVVAKKWFKKVANPAA- | *Hypsibius dujardini* |
| 5 | ATGGCTCGCCTTTTCGTCGCTGTCGCCCTTTTCGGTGTCGTGGCTTTCGCTGCTGCGGAAAAAGAATGGACTGGAAAGACCTGGCTTGGCTCGTGGGCGTCCACCGACCGCGCGGAGAACTGGGAAGCCTTCGTCGATGCTCTCGGTCTGCCGTCCGATCAGTATCCCCGTGAGGTCCAGCGGACCATCCACACCATCTACAAGCAGGGCGACAAGTACCACCACGAGGTGAGCATCCCCTCGAAGAACTTCAAGAAGGCCATCGAGTACACCCTTGGCACCGAGACCGACGTCCAACACGGCCCGCACACCATCAAGCTCAAGTACACCGAGGACGGTGAGAAGCTCGTCGCTGACGTGCAGATCCCCTCCAAGAACAAGCAAATCCACGACATCTATGAAGTTCAGGGAGACACCCTCACGAAGACGTACAAGGTCGGTGATGTCGTCGCCAAGCGGTGGTTCACGCGGGAGGCCAATCCCACTGCTTAAAC | ATGGCTCGCCTTTTCGTCGCTGTCGCCCTTTTCGGTGTCGTGGCTTTCGCTGCTGCGGAAAAAGAATGGACTGGAAAGACCTGGCTTGGCTCGTGGGCGTCCACCGACCGCGCGGAGAACTGGGAAGCCTTCGTCGATGCTCTCGGTCTGCCGTCCGATCAGTATCCCCGTGAGGTCCAGCGGACCATCCACACCATCTACAAGCAGGGCGACAAGTACCACCACGAGGTGAGCATCCCCTCGAAGAACTTCAAGAAGGCCATCGAGTACACCCTTGGCACCGAGACCGACGTCCAACACGGCCCGCACACCATCAAGCTCAAGTACACCGAGGACGGTGAGAAGCTCGTCGCTGACGTGCAGATCCCCTCCAAGAACAAGCAAATCCACGACATCTATGAAGTTCAGGGAGACACCCTCACGAAGACGTACAAGGTCGGTGATGTCGTCGCCAAGCGGTGGTTCACGCGGGAGGCCAATCCCACTGCTTAAAC | MARLFVAVALFGVVAFAAAEKEWTGKTWLGSWASTDRAENWEAFVDALGLPSDQYPREVQRTIHTIYKQGDKYHHEVSIPSKNFKKAIEYTLGTETDVQHGPHTIKLKYTEDGEKLVADVQIPSKNKQIHDIYEVQGDTLTKTYKVGDVVAKRWFTREANPTA- | *Hypsibius dujardini* |

*Продолжение таблицы 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 6 | ATGTCTCGAACGATCGTCGCCTTGATCCTCCTCGGCCTTGCTGCGCTTGCCGCAGCGGACCACCATGAAGGTCACGGAGCGGAAAAAGAATGGGCAGGCAAGGCTTGGCTTGGAAAATGGGTGTCCACCGATCGGTCAGAAAATTGGGACGCCTTTGTTGAGGCCCTGGGTCTTCCTCTGGCGGCCTATGGCGGAAATCACAAGACCGTCCACAAGCTCTGGAAGGAGGGTGATCACTATCACCATCAAATCATCATTGCGGACAAGTCCTACAAGCAGGACATCCAGTTCAAGCTGGGCGAGGAAGGCCGGACCGCGCACAACGGCACGGAAGTCACTTTCAAGTACACCGAGGTCGGTGACAACCTCCAAAACGAAGTCAAGATCCCCTCCAAGAACAAGACCATCTCCGACTCGTACGTCGTGAAAGGAGACGAACTCGAGAAGACGTACAAGATCAATGATGTCGTCGCGAAGCGCTGGTACAAAAAGCACGCCCACGAGCCCAGCACAGCTTGAAT | ATGTCTCGAACGATCGTCGCCTTGATCCTCCTCGGCCTTGCTGCGCTTGCCGCAGCGGACCACCATGAAGGTCACGGAGCGGAAAAAGAATGGGCAGGCAAGGCTTGGCTTGGAAAATGGGTGTCCACCGATCGGTCAGAAAATTGGGACGCCTTTGTTGAGGCCCTGGGTCTTCCTCTGGCGGCCTATGGCGGAAATCACAAGACCGTCCACAAGCTCTGGAAGGAGGGTGATCACTATCACCATCAAATCATCATTGCGGACAAGTCCTACAAGCAGGACATCCAGTTCAAGCTGGGCGAGGAAGGCCGGACCGCGCACAACGGCACGGAAGTCACTTTCAAGTACACCGAGGTCGGTGACAACCTCCAAAACGAAGTCAAGATCCCCTCCAAGAACAAGACCATCTCCGACTCGTACGTCGTGAAAGGAGACGAACTCGAGAAGACGTACAAGATCAATGATGTCGTCGCGAAGCGCTGGTACAAAAAGCACGCCCACGAGCCCAGCACAGCTTGAAT | MSRTIVALILLGLAALAAADHHEGHGAEKEWAGKAWLGKWVSTDRSENWDAFVEALGLPLAAYGGNHKTVHKLWKEGDHYHHQIIIADKSYKQDIQFKLGEEGRTAHNGTEVTFKYTEVGDNLQNEVKIPSKNKTISDSYVVKGDELEKTYKINDVVAKRWYKKHAHEPSTA- | *Hypsibius dujardini* |
| 7 | ATGGCTCGCTTTCTCGTCGCCCTCGCCCTTTTCGGTGTGGTCGCAATGACCGCCGCCACTGGTGATGCGCCAAAAGAGTGGTCTGGAAAACCTTGGCTCGGTAAATTTGTCGCTGAGGTCACAGACAAGTCCGAGAACTGGGAAGCCTTCGTCGACGCGCTTGGTCTGCCCGAACAATTTGGTCGTGCCCCGGTGAAGACCATCCAAAAAATCTATAAGCAAGGTGACCACTACCATCACATCTTCGCCCTTCCCGACAAGAACTTTGAGAAGGACATTGAGTTCACTCTCGGCCAGGAGGTGGAGATCAAGCAAGGCGAACACATCGCGAAGACCAAGTACTCCGAGGACGGTGAGAAGCTCGTTGCTGACGTCTCAATCCCCACCAAGGGCAAGACCATCCGTAGTGAATATGAGGTCCAGGGAGATCAACTCATCAAGACATATAAGACCGGTGATATCGTGGCCAAGAAATGGTTCAAGAAGGTGGCCAACCCCACCGAGGCCCCTGCCCAAGCAGCCTAG | ATGGCTCGCTTTCTCGTCGCCCTCGCCCTTTTCGGTGTGGTCGCAATGACCGCCGCCACTGGTGATGCGCCAAAAGAGTGGTCTGGAAAACCTTGGCTCGGTAAATTTGTCGCTGAGGTCACAGACAAGTCCGAGAACTGGGAAGCCTTCGTCGACGCGCTTGGTCTGCCCGAACAATTTGGTCGTGCCCCGGTGAAGACCATCCAAAAAATCTATAAGCAAGGTGACCACTACCATCACATCTTCGCCCTTCCCGACAAGAACTTTGAGAAGGACATTGAGTTCACTCTCGGCCAGGAGGTGGAGATCAAGCAAGGCGAACACATCGCGAAGACCAAGTACTCCGAGGACGGTGAGAAGCTCGTTGCTGACGTCTCAATCCCCACCAAGGGCAAGACCATCCGTAGTGAATATGAGGTCCAGGGAGATCAACTCATCAAGACATATAAGACCGGTGATATCGTGGCCAAGAAATGGTTCAAGAAGGTGGCCAACCCCACCGAGGCCCCTGCCCAAGCAGCCTAG | MARFLVALALFGVVAMTAATGDAPKEWSGKPWLGKFVAEVTDKSENWEAFVDALGLPEQFGRAPVKTIQKIYKQGDHYHHIFALPDKNFEKDIEFTLGQEVEIKQGEHIAKTKYSEDGEKLVADVSIPTKGKTIRSEYEVQGDQLIKTYKTGDIVAKKWFKKVANPTEAPAQAA- | *Hypsibius dujardini* |
| 8 | ATGTCGCAGCAATATGAGAAGAAGGTTGAGCGGACGGAAGTCGTCTACGGAGGAGATCGTCGTGTCGAGGGATCCGCGTCCGCATCCGCCGAGAAGACCACCAACTACACCCACACTGAGATCCGCGCTCCGATGGTGAATCCTCTGCCGCCGATCATTTCAACGGGTGCCGCTGGCCTGGCACAGGAGATTGTTGGGGAGGGCTTTACAGCCTCTGCCACACGTATATCCGGAGCTGCCGCCACCACCCAAGTCCTCGAATCTCAGGCATCCCGCGAACAGGCCTTCAAGGACCAGGAGAAGTACTCACGCGAGCAGGCCGCCATCGCCCGGGCGCACGACAAGGACCTTGAGAAGAAGACTGAGGAATATCGCAAGACTGCCGAGGCTGAAGCTGAAAAGATCCGCAAGGAGCTGGAGAAGCAACACGCCCGCGATGTGGAATTCCGCAAGGATCTCGTAGAATCCGCCATTGACCGCCAGAAACGGGAGGTGGATTTGGAAGCCAAGTACGCCAAGAAGGAGCTGGAACACGAGCGTGAACTGGCCATGAACGCGCTAGAGCAGTCGAAGATGGCCACCAATGTGCAAGTCCAAATGGACACCGCTGCTGGTACCACGGTCAGCGGAGGAACGACAGTCTCCGAACACACTGAAGTCCATGATGGGAAGGAGAAAAAAAGCCTCGGCGAGAAGATAAAGTCCCTTTTTTGA | ATGTCGCAGCAATATGAGAAGAAGGTTGAGCGGACGGAAGTCGTCTACGGAGGAGATCGTCGTGTCGAGGGATCCGCGTCCGCATCCGCCGAGAAGACCACCAACTACACCCACACTGAGATCCGCGCTCCGATGGTGAATCCTCTGCCGCCGATCATTTCAACGGGTGCCGCTGGCCTGGCACAGGAGATTGTTGGGGAGGGCTTTACAGCCTCTGCCACACGTATATCCGGAGCTGCCGCCACCACCCAAGTCCTCGAATCTCAGGCATCCCGCGAACAGGCCTTCAAGGACCAGGAGAAGTACTCACGCGAGCAGGCCGCCATCGCCCGGGCGCACGACAAGGACCTTGAGAAGAAGACTGAGGAATATCGCAAGACTGCCGAGGCTGAAGCTGAAAAGATCCGCAAGGAGCTGGAGAAGCAACACGCCCGCGATGTGGAATTCCGCAAGGATCTCGTAGAATCCGCCATTGACCGCCAGAAACGGGAGGTGGATTTGGAAGCCAAGTACGCCAAGAAGGAGCTGGAACACGAGCGTGAACTGGCCATGAACGCGCTAGAGCAGTCGAAGATGGCCACCAATGTGCAAGTCCAAATGGACACCGCTGCTGGTACCACGGTCAGCGGAGGAACGACAGTCTCCGAACACACTGAAGTCCATGATGGGAAGGAGAAAAAAAGCCTCGGCGAGAAGATAAAGTCCCTTTTTTGA | MSQQYEKKVERTEVVYGGDRRVEGSASASAEKTTNYTHTEIRAPMVNPLPPIISTGAAGLAQEIVGEGFTASATRISGAAATTQVLESQASREQAFKDQEKYSREQAAIARAHDKDLEKKTEEYRKTAEAEAEKIRKELEKQHARDVEFRKDLVESAIDRQKREVDLEAKYAKKELEHERELAMNALEQSKMATNVQVQMDTAAGTTVSGGTTVSEHTEVHDGKEKKSLGEKIKSLF- | *Hypsibius dujardini* |

*Продолжение таблицы 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 9 | ATGGCCACCAAGGAATCAAAGTATGAACGCGTGGAGAAGGTCAACGTGGACGCGGATGGCGCCACACTGGTCAAGAATATCGGCGAGGACCGCGGCAAGGAGGATCCCGGGATGAATTTCCAGGACAAACGCCCGGCCAATTTGGTGCCCGGAGCGCCGGCCGGAGTCATTCCCAACCGTATCGAGTCATTGCCGACGGATCGTGCCGGGCAACGTCTCCGTGAGCATCTCAGCGAGAGCGAACGCCTTCGCGTCTCCCGCAGCAGCACCAGCAGCAAGTCTTCCAGCTTCGTGGAGCCCAGCCTCAAGTACCGCGGTGAGATCGGACCGATCGGAAAAAACGGCGAGTTCGTCGCCTCGTCGAACCGTCAGAACTCCAGCAGCAACGTCTCGTCCTCCGACAACAGCGAGCGTGCGTCTCCGGCGTCCCGCAACTCCAACCCCGGGATGAACAACGGCATGACGACCCAACGCACCACGGTGATCACGGAGAGCTCGGTTCAGGGCCTCGGCGCGCAACGCACCGTCCCGATCCAGCCGCATCAGCAGCGCGAAGACCACGAGGTGATCACCCACGAATCGCATGCTCGAGCTCCGGAAACGACCGTGGTGACCATTCCCACGACGCGCTTCGAGTCCGCGCAGCTGGAGTCGCGCCGCGACGGCAGAACCTACACCGAGGACAAGGAGCTGACCATTCCGGCGCCGGTGGTCGCGCCGCAGATCCACGCCCACCAGCAGGTTAACATGTCCGGAGGAACTTCGGCGACGATCCACGCCACGACCGATTTACATTTGGCTAGCGAGGCACAGATCAATGACATGGGACCAGAGGAGTATGAGCGCTACCGTGCCAAGGTGGAAGCCTTGGCTCGCATACATGAGGACGAAACGTCGCGCAAAGCGGCGGCCTACCGTAATGCCGTTGAGGCCGATGCGGAACTCATCCGCCAAACTCTGGAGCGCCAACACATGCGTGACATTGAATTCCGCAAGGATCTAGTTGAAAGCTCGGTGGATCGTCAACAGCAGGAGATCCGCCTGGAGGCCGAGTACGCCATGCGAGCCCTGGAACAGGAACGTGTCAATGCTCGCGCTGCTCTTGACCAAGCCATGGCGTCGACGAACATCGACGTGAACATTGACTCCGCTATCGGCACGACCCATTCCCAGGGAAGGGTTACGACGACCTCTGAAAGCCGAACAAGTCAGGCACGTGGACCCGCCACTGCCGCAGTTATCTGA | ATGGCTACCAAGGAATCAAAATATGAACGGGTGGAGAAAGTGAACGTTGATGCTGACGGGGCTACACTGGTCAAGAACATCGGCGAGGATCGGGGGAAAGAAGACCCTGGCATGAACTTTCAAGACAAGCGCCCTGCAAATCTTGTCCCAGGCGCCCCGGCCGGTGTTATCCCGAACCGCATCGAATCGCTGCCGACTGATCGCGCGGGCCAACGTCTGCGTGAACACCTGAGTGAGTCGGAACGGCTCCGTGTGTCGCGTTCGTCCACCAGTAGTAAATCGAGTTCGTTCGTCGAACCCTCCCTGAAATATCGCGGGGAAATCGGACCGATCGGTAAAAACGGTGAGTTCGTGGCGAGCAGCAATCGGCAAAATAGTAGTTCCAACGTCAGCAGTAGTGATAACAGCGAGCGCGCCAGCCCAGCCTCTCGCAATTCGAATCCAGGCATGAACAACGGAATGACAACACAACGCACTACCGTGATCACCGAATCGAGCGTGCAGGGCCTGGGTGCGCAGCGGACCGTTCCGATTCAGCCGCATCAGCAGCGCGAAGATCATGAAGTGATTACGCATGAATCTCATGCTCGCGCTCCCGAGACTACGGTGGTGACAATCCCGACAACGCGCTTTGAAAGCGCGCAGCTGGAATCTCGCCGCGACGGCCGCACCTATACCGAGGATAAAGAACTCACCATTCCGGCGCCGGTGGTGGCGCCGCAGATTCATGCGCACCAGCAAGTGAATATGTCGGGCGGGACGTCGGCTACAATTCACGCCACTACGGATCTTCATTTAGCGTCAGAGGCGCAGATCAATGACATGGGCCCGGAGGAGTATGAGCGCTATCGGGCGAAAGTAGAGGCGCTGGCTCGCATTCATGAAGATGAAACAAGCCGTAAGGCGGCAGCATATCGTAACGCCGTCGAGGCAGACGCAGAATTGATTCGCCAGACTCTGGAACGGCAGCATATGCGGGATATCGAGTTCCGCAAGGATCTGGTCGAGAGTTCCGTTGATCGTCAACAGCAAGAGATCCGCTTAGAAGCCGAGTATGCGATGCGTGCCCTGGAGCAGGAGCGTGTTAATGCGCGCGCGGCGCTCGATCAGGCGATGGCGAGTACCAACATTGATGTCAACATTGATTCGGCAATCGGCACGACGCACTCGCAGGGACGCGTTACAACCACCTCCGAGTCACGGACATCACAAGCCCGCGGTCCAGCAACCGCAGCAGTCATCTAA | MATKESKYERVEKVNVDADGATLVKNIGEDRGKEDPGMNFQDKRPANLVPGAPAGVIPNRIESLPTDRAGQRLREHLSESERLRVSRSSTSSKSSSFVEPSLKYRGEIGPIGKNGEFVASSNRQNSSSNVSSSDNSERASPASRNSNPGMNNGMTTQRTTVITESSVQGLGAQRTVPIQPHQQREDHEVITHESHARAPETTVVTIPTTRFESAQLESRRDGRTYTEDKELTIPAPVVAPQIHAHQQVNMSGGTSATIHATTDLHLASEAQINDMGPEEYERYRAKVEALARIHEDETSRKAAAYRNAVEADAELIRQTLERQHMRDIEFRKDLVESSVDRQQQEIRLEAEYAMRALEQERVNARAALDQAMASTNIDVNIDSAIGTTHSQGRVTTTSESRTSQARGPATAAVI- | *Hypsibius dujardini* |
| 10 | ATGTCTGCTGAAGCGATGAACATGAACATGAACCAGGACGCCGTGTTTATTCCCCCGCCCGAGGGTGAGCAGTACGAGCGAAAGGAGAAGCAGGAGATCCAGCAGACCAGCTACCTGCAGTCCCAGGTCAAGGTGCCCCTTGTCAACCTCCCCGCTCCGTTCTTCAGCACTTCCTTTTCTGCCCAAGAAATTCTCGGCGAAGGTTTCCAGGCTTCGATTTCGCGCATCAGCGCCGTCTCGGAAGAGCTGTCGTCCATCGAGATTCCCGAACTGGCCGAAGAGGCCCGTCGCGACTTCGCTGCCAAAACCCGTGAGCAGGAGATGCTGTCAGCCAATTATCAGAAGGAAGTGGAGCGCAAGACCGAGGCCTACCGCAAGCAGCAGGAAGTCGAGGCCGACAAGATCCGCAAAGAACTGGAGAAGCAGCATCTGCGTGACGTTGAGTTCCGCAAGGACATTGTCGAGATGGCCATCGAGAACCAGAAGAAAATGATCGACGTGGAGAGCCGCTACGCCAAGAAGGACATGGACCGCGAACGCGTCAAGGTTCGAATGATGCTCGAGCAGCAAAAGTTCCACAGCGACATCCAGGTCAATCTGGATTCTTCGGCTGCTGGCACGGAAACTGGAGGTCAGGTGGTGTCGGAATCTCAAAAGTTCACCGAACGAAACCGCCAGATAAAGCAATAA | ATGTCAGCGGAAGCTATGAACATGAACATGAACCAGGATGCAGTTTTTATTCCTCCTCCGGAAGGCGAACAGTATGAACGCAAAGAGAAACAAGAGATTCAACAGACGTCGTACCTGCAGAGCCAGGTAAAGGTTCCGCTGGTCAACCTGCCCGCACCTTTCTTCTCAACCTCCTTCTCCGCGCAGGAGATCCTTGGGGAAGGTTTCCAGGCTAGTATTTCTCGGATTTCCGCCGTTAGTGAAGAACTGTCCTCTATCGAAATTCCGGAGCTGGCGGAAGAGGCCCGTCGTGACTTTGCGGCCAAAACGCGCGAACAGGAGATGCTGTCTGCTAACTATCAAAAAGAAGTTGAGCGCAAAACTGAAGCCTATCGGAAGCAGCAAGAAGTGGAGGCAGACAAAATTCGGAAAGAGCTGGAAAAGCAGCATCTGCGTGACGTGGAGTTCCGCAAAGATATTGTAGAGATGGCAATCGAAAACCAGAAAAAAATGATTGATGTCGAAAGCCGTTATGCAAAAAAAGATATGGACCGCGAACGTGTGAAAGTCCGTATGATGCTCGAGCAGCAAAAATTTCATAGCGACATCCAGGTAAATCTCGATTCTAGCGCTGCAGGGACCGAAACTGGAGGCCAAGTTGTTTCAGAATCTCAGAAATTTACCGAACGTAATCGTCAGATTAAACAGTGA | MSAEAMNMNMNQDAVFIPPPEGEQYERKEKQEIQQTSYLQSQVKVPLVNLPAPFFSTSFSAQEILGEGFQASISRISAVSEELSSIEIPELAEEARRDFAAKTREQEMLSANYQKEVERKTEAYRKQQEVEADKIRKELEKQHLRDVEFRKDIVEMAIENQKKMIDVESRYAKKDMDRERVKVRMMLEQQKFHSDIQVNLDSSAAGTETGGQVVSESQKFTERNRQIKQ- | *P. richtersi* |

*Продолжение таблицы 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 | ATGTCTGGACGTAACGTAGAAAGCCACATGGAGCGGAATGAGAAGGTTGTGGTCAACAATTCCGGTCATGCTGACGTGAAGAAGCAACAGCAACAAGTGGAGCACACCGAATTCACCCACACCGAGGTTAAAGCCCCGTTGATCCATCCCGCACCTCCGATCATCTCAACTGGAGCTGCCGGACTCGCCGAGGAGATTGTGGGACAAGGGTTCACCGCGAGTGCCGCGCGCATCAGTGGAGGTACCGCTGAAGTACATCTCCAGCCTTCGGCCGCAATGACGGAAGAGGCCCGTCGCGATCAAGAGCGCTACCGCCAGGAACAGGAGTCGATCGCCAAGCAGCAGGAACGTGAGATGGAAAAGAAGACTGAGGCATACCGCAAGACCGCCGAGGCGGAAGCTGAGAAGATCCGAAAGGAGCTGGAGAAGCAACACGCGCGTGATGTCGAGTTCCGTAAGGATCTCATCGAGAGCACGATTGACCGGCAAAAACGCGAGGTCGATCTGGAAGCGAAAATGGCCAAGCGGGAATTGGATCGTGAAGGGCAGTTGGCCAAGGAGGCGTTGGAACGATCACGTTTGGCCACCAACGTTGAGGTCAATTTCGACAGTGCAGCTGGTCATACCGTGTCCGGTGGGACGACCATCTCCAGCTCTGACAAGATGGAAATCAAGCGCAACTAG | ATGTCTGGCCGCAACGTTGAGTCACACATGGAAAGAAATGAGAAGGTGGTAGTGAACAACAGTGGCCATGCGGATGTGAAAAAGCAACAACAGCAAGTGGAGCATACGGAGTTCACCCACACCGAAGTCAAAGCCCCCTTGATTCATCCAGCACCTCCCATCATCAGCACAGGGGCCGCCGGCCTTGCCGAAGAAATCGTGGGCCAGGGCTTCACGGCCTCCGCGGCAAGAATAAGCGGCGGCACAGCCGAAGTCCATCTTCAGCCGTCCGCCGCCATGACAGAGGAGGCCAGAAGGGATCAGGAACGCTACCGGCAGGAGCAAGAGTCAATTGCTAAGCAGCAGGAAAGGGAGATGGAAAAGAAGACCGAAGCTTACCGGAAAACAGCCGAAGCTGAGGCTGAGAAGATTCGCAAGGAGTTGGAAAAGCAGCACGCCAGGGACGTGGAGTTTCGAAAAGATCTGATAGAGTCAACCATTGATCGCCAGAAACGCGAAGTCGATCTGGAGGCAAAAATGGCTAAGAGAGAGCTGGATAGAGAAGGCCAGCTGGCCAAGGAAGCCCTTGAAAGGAGTCGACTCGCTACTAACGTGGAGGTCAACTTCGACTCAGCTGCTGGCCATACAGTTTCCGGAGGCACGACCGTGAGCACTTCTGACAAGATGGAAATCAAACGGAAC | MSGRNVESHMERNEKVVVNNSGHADVKKQQQQVEHTEFTHTEVKAPLIHPAPPIISTGAAGLAEEIVGQGFTASAARISGGTAEVHLQPSAAMTEEARRDQERYRQEQESIAKQQEREMEKKTEAYRKTAEAEAEKIRKELEKQHARDVEFRKDLIESTIDRQKREVDLEAKMAKRELDREGQLAKEALERSRLATNVEVNFDSAAGHTVSGGTTVSTSDKMEIKRN | *Hypsibius dujardini* |
| 12 | ATGTTTCTAGCACGCAATGTCAGTCGAGTTGCCCTGCGCAGTGCCAGTCTTTCGCCTGCCGCCATTCCCCAGCAACAACATGCTGGTGTCGCGGCCGTTTACGCCGTCCGATTCGCCAGTTCTTCGGGATCCGGCCGGCCAGCGGACAACTGGGCCGAGTCGCAGAAGGAGAAAGCCAAGGCCGGACTCAAAGACGCCCAGGCGGAAGTCGGTAAAGTCGCCCGAGAAGTGAAAGACAAAGCAGCCGGCGGAATCGAACAAGCCAAAGACGCGGTGAAACAGGGCGCCAACGATCTCAAGCGCAGCGGCAGTCGCACCTTCGAGAACGCCAAGGATGACATCCAGGCAAAGGCCCAACACGCCAAGTCGGACTTGAAGGGTGCCAAGCACCAGGCTGAGGGTGTGGTGGAGAACGTCAAGGAGGCCGCCGAGAACGCCTGGGAGAAGACCAAGGATGTGGCGGAAAACCTTAAGGACAAGGTCCAGTCACCCGGTGGACTGGCCGACAAGGCCGCGAATGCCTGGGAGACAGTCAAGGATCGGGCACAGGATGCGGCAAGTGAAGTCAAGCATAAGGCTGGAGATTTGAAGGACAAGGCGCAGCAGGTGATCCACGACGCCACGACACAATCGGGAGACAATCGGAAGCAAGACCAGCAGCAGCGACGGGACAGTCAAGGATCGCAGTCGGGCCAGAATTCCAGGAGTCGAAACTGA+B12 | ATGTTTCTGGCCCGCAATGTAAGCAGAGTGGCTCTTCGATCTGCGAGCCTCTCTCCTGCAGCGATCCCACAGCAGCAGCATGCAGGAGTGGCTGCCGTCTATGCGGTCAGGTTCGCCTCATCATCCGGGTCAGGGCGGCCCGCTGACAACTGGGCCGAGTCTCAAAAGGAGAAGGCCAAAGCCGGCCTCAAGGACGCTCAGGCCGAGGTCGGGAAGGTGGCTAGAGAAGTTAAGGACAAGGCCGCTGGAGGGATCGAGCAGGCCAAGGATGCCGTGAAGCAGGGAGCCAATGACCTGAAACGGTCAGGGAGTAGGACCTTTGAAAATGCCAAGGATGACATTCAGGCGAAAGCCCAGCACGCGAAATCCGACCTGAAGGGGGCGAAGCACCAGGCCGAAGGCGTCGTTGAAAATGTGAAAGAAGCAGCAGAAAATGCATGGGAGAAGACAAAGGACGTCGCTGAGAACCTGAAAGACAAGGTGCAATCCCCGGGTGGGCTCGCAGACAAAGCTGCGAATGCCTGGGAGACAGTAAAGGATAGGGCTCAGGACGCTGCCTCTGAAGTTAAGCACAAGGCTGGCGACCTGAAAGATAAGGCCCAGCAGGTAATTCACGATGCGACCACACAAAGCGGAGACAATAGGAAGCAGGATCAGCAGCAACGAAGAGACAGCCAGGGTTCTCAGTCAGGTCAGAATTCTCGGTCTCGGAAC | MFLARNVSRVALRSASLSPAAIPQQQHAGVAAVYAVRFASSSGSGRPADNWAESQKEKAKAGLKDAQAEVGKVAREVKDKAAGGIEQAKDAVKQGANDLKRSGSRTFENAKDDIQAKAQHAKSDLKGAKHQAEGVVENVKEAAENAWEKTKDVAENLKDKVQSPGGLADKAANAWETVKDRAQDAASEVKHKAGDLKDKAQQVIHDATTQSGDNRKQDQQQRRDSQGSQSGQNSRSRN | *Hypsibius dujardini* |
| 13 | ATGTCTGGACGTAACGTAGAAAGCCACATGGAGCGGAATGAGAAGGTTGTGGTCAACAATTCCGGTCATGCTGACGTGAAGAAGCAACAGCAACAAGTGGAGCACACCGAATTCACCCACACCGAGGTTAAAGCCCCGTTGATCCATCCCGCACCTCCGATCATCTCAACTGGAGCCGCCGGACTCGCCGAGGAGATTGTGGGACAAGGGTTCACCGCGAGTGCCGCGCGCATCAGTGGAGGTACCGCTGAAGTACATCTCCAGCCTTCGGCCGCAATGACGGAAGAGGCCCGTCGCGATCAAGAGCGCTACCGCCAGGAACAGGAGTCGATCGCCAAGCAGCAGGAACGTGAGATGGAAAAGAAGACTGAGGCATACCGCAAGACCGCCGAGGCGGAAGCTGAGAAGATCCGAAAGGAGCTGGAGAAGCAACACGCGCGTGATGTCGAGTTCCGTAAGGATCTCATCGAGAGCACGATTGACCGGCAAAAACGCGAGGTCGATCTGGAAGCGAAAATGGCCAAGCGGGAATTGGATCGTGAAGGGCAGTTGGCCAAGGAGGCGTTGGAACGATCACGTTTGGCCACCAACGTTGAGGTCAATTTCGACAGTGCAGCTGGTCATACCGTGTCCGGTGGGACGACCGTATCCACTTCGGACAAGATGGAAATCAAGCGAAACTAG | ATGTCAGGGCGTAACGTGGAGTCCCATATGGAGCGCAACGAAAAAGTGGTAGTGAATAACTCCGGTCATGCGGACGTGAAAAAACAGCAACAACAGGTTGAACATACGGAGTTCACGCATACAGAAGTAAAAGCCCCGCTCATCCACCCAGCCCCTCCGATTATTTCGACTGGCGCCGCGGGCTTAGCGGAGGAAATTGTGGGCCAGGGTTTTACTGCGTCAGCAGCGCGTATCTCAGGTGGCACTGCCGAAGTGCATCTGCAGCCGTCAGCGGCGATGACAGAAGAAGCTCGCCGTGATCAGGAACGTTATCGGCAGGAGCAGGAAAGTATTGCGAAACAACAGGAACGGGAAATGGAAAAGAAGACCGAAGCGTACCGCAAGACGGCGGAGGCGGAAGCTGAAAAAATTCGTAAAGAACTGGAAAAACAACATGCGCGCGATGTCGAATTCCGTAAAGATCTGATCGAATCCACGATCGATCGTCAGAAACGTGAAGTGGATCTGGAAGCGAAAATGGCTAAACGCGAGTTAGATCGTGAAGGTCAGCTGGCTAAAGAAGCCCTGGAACGCTCTCGGTTAGCCACGAACGTCGAAGTTAACTTCGATTCGGCAGCCGGGCATACAGTCAGTGGAGGGACCACTGTTAGCACTAGCGATAAGATGGAAATTAAACGCAACTAA | MSGRNVESHMERNEKVVVNNSGHADVKKQQQQVEHTEFTHTEVKAPLIHPAPPIISTGAAGLAEEIVGQGFTASAARISGGTAEVHLQPSAAMTEEARRDQERYRQEQESIAKQQEREMEKKTEAYRKTAEAEAEKIRKELEKQHARDVEFRKDLIESTIDRQKREVDLEAKMAKRELDREGQLAKEALERSRLATNVEVNFDSAAGHTVSGGTTVSTSDKMEIKRN- | *Hypsibius dujardini* |

*Продолжение таблицы 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 14 | ATGGAAGCGATGAATATGAACATTCCCCGGGATGCCATGTTTGTGCCGCCGCCCGAGAGCGAGCAAAATGGGTACCATGAGAAGAGCGAGGTCCAGCAGACCAGCTACATGCAGTCGCAGGTTAAGGTGCCCCATTATAATTTCCCCACGCCCTATTTCACCACATCTTTCTCGGCACAAGAGCTCCTTGGCGAGGGATTTCAGGCATCGATTTCTCGCATCAGCGCCGTGACGGAAGATATGCAATCAATGGAGATCCCCGAGTTCGTCGAAGAAGCCCGTCGCGATTACGCCGCTAAGACCAGGGAGAATGAGATGCTGGGGCAGCAGTACGAGAAGGAGTTGGAGCGGAAATCGGAGGCGTACCGAAAGCATCAGGAAGTGGAGGCCGACAAGATCCGTAAAGAACTGGAGAAGCAGCACATGCGCGACATTGAGTTCCGCAAGGAGATCGCCGAGCTGGCCATCGAGAACCAGAAGCGCATGATCGACCTCGAATGCCGCTATGCCAAAAAGGATATGGACCGTGAACGCACCAAGGTTCGAATGATGCTCGAACAACAAAAGTTCCACAGCGATATCCAGGTCAATCTGGATTCGTCGGCTGCCGGCACGGAATCTGGTGGTCATGTGGTGTCACAGTCCGAGAAGTTTACCGAACGAAACCGCGAGATGAAGCGATAA | ATGGAGGCCATGAATATGAATATCCCCCGCGATGCCATGTTTGTTCCGCCACCGGAATCTGAGCAAAATGGGTATCATGAGAAGTCAGAAGTTCAGCAAACAAGTTATATGCAGAGTCAAGTCAAAGTGCCACATTATAATTTCCCGACACCATATTTTACGACTTCCTTTTCTGCGCAAGAGCTGCTGGGCGAAGGGTTTCAAGCCTCAATTTCCCGTATTTCAGCCGTTACGGAAGACATGCAGAGCATGGAAATCCCGGAGTTCGTTGAAGAGGCCCGCCGTGATTACGCAGCCAAAACACGTGAAAATGAGATGCTGGGGCAACAATATGAAAAAGAGCTGGAACGTAAGTCCGAAGCCTACCGCAAACATCAGGAAGTAGAGGCCGACAAAATCCGCAAAGAACTTGAAAAACAGCATATGCGTGATATTGAATTTCGGAAAGAAATTGCAGAACTGGCGATTGAGAACCAAAAACGTATGATCGATCTTGAATGCCGCTATGCAAAAAAAGACATGGACCGGGAACGCACAAAAGTTCGTATGATGCTGGAGCAACAGAAATTCCATAGTGATATCCAGGTAAATCTGGATTCTTCTGCGGCTGGGACCGAGAGCGGAGGTCATGTAGTGAGCCAGTCTGAAAAGTTCACCGAACGTAACCGCGAGATGAAACGCTAA | MEAMNMNIPRDAMFVPPPESEQNGYHEKSEVQQTSYMQSQVKVPHYNFPTPYFTTSFSAQELLGEGFQASISRISAVTEDMQSMEIPEFVEEARRDYAAKTRENEMLGQQYEKELERKSEAYRKHQEVEADKIRKELEKQHMRDIEFRKEIAELAIENQKRMIDLECRYAKKDMDRERTKVRMMLEQQKFHSDIQVNLDSSAAGTESGGHVVSQSEKFTERNREMKR- | *P. richtersi* |

# 