

# Домашнее задание №3 (ChromHMM)

---

## Введение

Целью данного домашнего задания является разбивка (аннотация) генома человека на разные типы эпигенетических состояний. Это будет сделано на основании данных о наличии различных гистоновых модификаций (гистоновый код) в соответствующих участках генома. Для выполнения этого задания мы будем работать с чтениями, полученными в ChIP-seq экспериментах из проекта ENCODE (<https://www.encodeproject.org/>), которые были выровнены на геном человека (версия hg19) – т.е. у нас будут уже готовые bam-файлы. Автоматическая разбивка генома на эпигенетические типы будет осуществляться с помощью программы ChromHMM. В результате итеративной процедуры (алгоритм Баума-Велша) программа определит сочетание гистоновых меток, которые характерны для каждого из N разных эпигенетических типов (число N указывается пользователем при запуске программы). Наша задача будет заключаться в том, чтобы на основании косвенных независимых наблюдений вручную приписать каждому из N эпигенетических типов возможную биологическую функцию.

Данное задание было подготовлено с использованием руководства пользователя программы ChromHMM ([http://compbio.mit.edu/ChromHMM/ChromHMM\\_manual.pdf](http://compbio.mit.edu/ChromHMM/ChromHMM_manual.pdf)), а также аналогичного задания с сайта ENCODE:

[https://www.encodeproject.org/documents/d0a10470-b049-4da1-9de2-01449ddfa6a5/@@download/attachment/ChromHMM\\_tutorial.pdf](https://www.encodeproject.org/documents/d0a10470-b049-4da1-9de2-01449ddfa6a5/@@download/attachment/ChromHMM_tutorial.pdf)

## Обязательная часть задания (8 баллов)

- На сайте github.com создаем публичный репозиторий «hse\_hw3\_chromhmm» и приводим ссылку на этот репозиторий в общей гугл-таблице в лист HW3.
  - [https://docs.google.com/spreadsheets/d/10r73G68KiXa-7Kf\\_u1Nir1cITd-3xy1NbBX7\\_kGk0A/edit#gid=0](https://docs.google.com/spreadsheets/d/10r73G68KiXa-7Kf_u1Nir1cITd-3xy1NbBX7_kGk0A/edit#gid=0)
  - Мы продолжаем работу данными из ENCODE желательно с той же клеточной линией, для которой вы делали ДЗ-2 (про ChIP-seq на гистоновую метку) -- повторите название этой клеточной линии и на вкладке HW3 и общей гугл таблице
- Для начала работы необходимо скачать набор bam-файлов для «своего» типа клеток с сайта UCSC Genome Browser:
  - Все доступные ChIP-seq эксперименты для всех типов клеток указаны в табличке: <https://genome.ucsc.edu/ENCODE/dataMatrix/encodeChipMatrixHuman.html>
  - Сами bam-файлы находятся тут: <http://hgdownload.cse.ucsc.edu/goldenPath/hg19/encodeDCC/wgEncodeBroadHistone/>
  - Соответствие между меткой из матрицы экспериментов и bam-файлом можно узнать “вручную” следующим образом:

**Antibody Targets**

search for: ☒ tracks ☐ files

**Cell Types**

| Tier    | H2AFZ | H3K27ac | H3K27me3 | H3K27me3 |
|---------|-------|---------|----------|----------|
| GM12878 | 1     | 1       | 2        | 2        |
| H1-hESC | 1     | 1       | 1        | 1        |
| K562    | 1     | 1       | 3        | 2        |

| Visibility                    | Track Name   | Sort: <input checked="" type="radio"/> by Relevance <input type="radio"/> Alphabetically <input type="radio"/> by                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> hide | K562 H3K27m3 | <p>K562 H3K27me3 Histone Mods by ChIP-seq Peaks from ENCODE/Broad</p> <p>Principal Investigator on grant: Bernstein</p> <p>Lab producing data: Bernstein - Broad Institute</p> <p>Experiment (Assay) type: ChIP-seq</p> <p>View - Peaks or Signals: Peaks</p> <p>Cell, tissue or DNA sample: K562</p> <p>Treatment: None</p> <p>Antibody or target protein: H3K27me3 (07-449)</p> <p>Control or Input for ChIP-seq: Standard Control</p> <p>Assembly originally mapped to: hg18</p> <p>ENCODE Data Freeze: ENCODE Jan 2011 Freeze</p> <p>UCSC Accession: wgEncodeEH000044</p> <p>Date submitted to UCSC: 2010-11-05</p> <p>Date resubmitted to UCSC: 2010-11-05</p> <p>Date restrictions end: 2011-05-05</p> <p>Submission ID: 2886</p> <p>GEO sample accession: GSM733658</p> <p>Experiment or input: exp</p> <p>Controlld - explicit relationship: wgEncodeEH000052</p> <p>Lab specific informatics: ScriptureVPaperR3</p> <p>tableName: wgEncodeBroadHistoneK562H3k27me3StdPk</p> <p>fileName: wgEncodeBroadHistoneK562H3k27me3StdPk.brc</p> |

|                                                                        |             |       |      |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|------|
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562H3k27acStdRawDataRepl.fastq.gz</a> | 26-Oct-2010 | 12:34 | 782M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562H3k27acStdRawDataRep2.fastq.gz</a> | 06-Jan-2009 | 15:27 | 496M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562H3k27acStdSig.bigWig</a>           | 27-Jan-2011 | 21:18 | 292M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562H3k27me3StdAlnRepl.bam</a>         | 29-Oct-2010 | 11:16 | 518M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562H3k27me3StdAlnRepl.bam.bai</a>     | 05-Nov-2010 | 15:12 | 5.8M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562H3k27me3StdAlnRep2.bam</a>         | 29-Oct-2010 | 12:46 | 473M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562H3k27me3StdAlnRep2.bam.bai</a>     | 05-Nov-2010 | 15:14 | 5.7M |

- Желательно скачать выравнивания для по крайней мере 10-ти разных модификаций гистонов. Одной реплики для каждой модификации будет достаточно.
- Также необходимо скачать файл с контрольным экспериментом для соответствующего типа клеток, например:

|                                                                           |             |       |      |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|------|
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562Chd7a301223a1RawDataRepl.fastq.gz</a> | 25-Jul-2012 | 20:02 | 488K |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562Chd7a301223a1RawDataRepl.fastq.gz</a> | 18-Jul-2012 | 08:51 | 1.2G |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562Chd7a301223a1Sig.bigWig</a>           | 18-Jul-2012 | 02:20 | 318M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562ControlStdAlnRepl.bam</a>             | 29-Oct-2010 | 13:55 | 759M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562ControlStdAlnRepl.bam.bai</a>         | 05-Nov-2010 | 15:18 | 6.0M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562ControlStdRawDataRepl.fastq.gz</a>    | 26-Oct-2010 | 12:50 | 801M |
| <a href="#">wgEncodeBroadHistoneK562ControlStdSig.bigWig</a>              | 27-Jan-2011 | 21:00 | 394M |

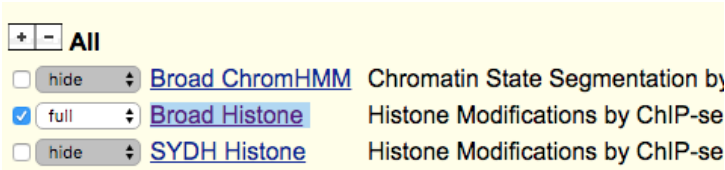
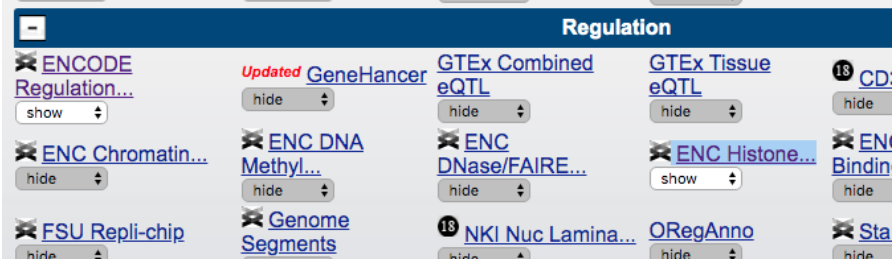
- Необходимо проанализировать все эти метки с помощью ChromHMM и получить разбивку генома по состояниям.
  - Образец Google Colab ноутбука с примерами запуска ChromHMM доступен по ссылке: <https://colab.research.google.com/drive/1w7wjrlX3FM55tfiWkeTww6T5VEfTcLG?usp=sharing>
- Наша дальнейшая задача заключается в том, чтобы «вручную» присвоить каждому из полученных эпигенетических состояний (на которые был разбит геном) имя, описывающее его возможную биологическую роль. Для этого необходимо визуализировать расположение на геноме полученных состояний:
  - Открываем UCSC GenomeBrowser (<http://genome.ucsc.edu>) и выбираем версию генома человека hg19. Переходим в раздел My Data => Custom Tracks и загружаем один из .bed файлов (\*\_dense.bed или \*\_expanded.bed) созданных программой ChromHMM.

Paste URLs or data:

Or upload:  No file chosen

[https://bioinf\\_omics.mipt.ru/~student/2019\\_omics/antonov/hw4/out\\_ChromHMM/K562\\_10\\_dense.bed](https://bioinf_omics.mipt.ru/~student/2019_omics/antonov/hw4/out_ChromHMM/K562_10_dense.bed)

- o Также можно добавить панели с профилями гистоновых модификаций, на основании которых и были определены эпигенетические пики. Не забывайте выбрать именно тот тип клеток, с которым вы работали:

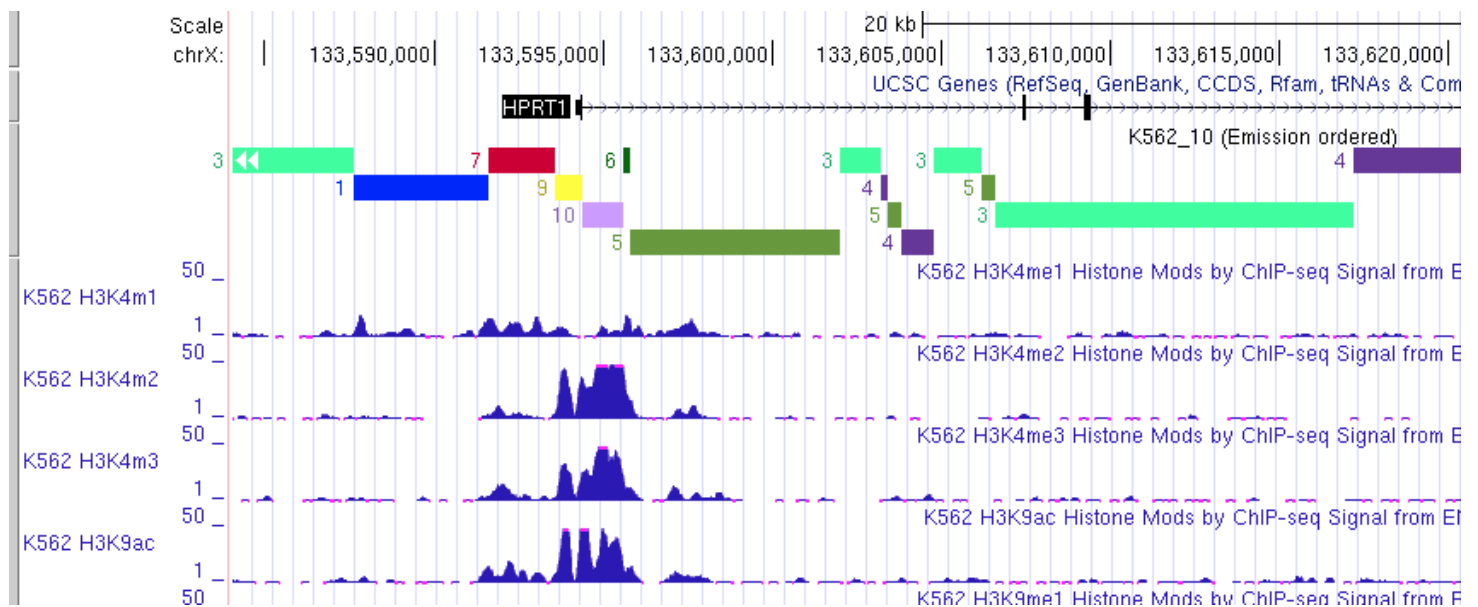


| Cell Line        | Antibody                            | Antibody                            |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                  |                                     | CBP (SC-369)                        | CBX2                                | CBX3 (SC-1010)                      | CBX8                                | CHD1 (A301-21)                      | CHD4 Mi2                            | CHD7 (A301-22)                      | CTCF                                | EZH2 (39875)                        | H2A.Z                               | H3K4me1                             | H3K4me2                             | H3K4me3                             | H3K9ac                              | H3K9me1                             | H3K9me3                             | H3K27ac                             | H3K27me3                            | H3K36me3                            | H3K79me3                            | H4K20me2                            | HDAC7                               |                                     |
|                  |                                     | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>-</div></div> |
| GM12878 (Tier 1) | <div><div>+</div><div>-</div></div> |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   |                                     |
| H1-hESC (Tier 1) | <div><div>+</div><div>-</div></div> |                                     |                                     |                                     |                                     | <div><div></div><div></div></div>   |                                     | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   |                                     |
| K562 (Tier 1)    | <div><div>+</div><div>-</div></div> | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   |                                     |
| A549 (Tier 2)    | <div><div>+</div><div>-</div></div> |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   | <div><div></div><div></div></div>   |                                     |

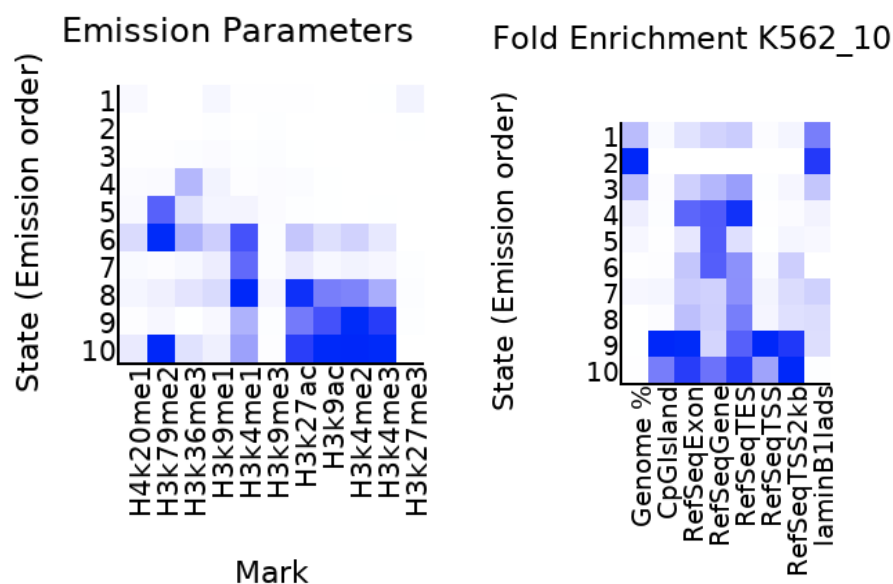
List subtracks: ☒ only selected/visible ☐ all (12 of 573 selected)

|                                     | Cell Line <sup>1,2</sup> | Antibody <sup>1,3</sup> | Treatment <sup>1,4</sup> | views <sup>1,1</sup> |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K4me1                  | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K4me2                  | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K4me3                  | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K9ac                   | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K9me1                  | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K9me3                  | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K27ac                  | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K27me3                 | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K36me3                 | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H3K79me2                 | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | H4K20me1                 | Signal               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | full                     | K562                    | Input Control            | Signal               |

- o Это позволит сразу увидеть и разбивку ChromHMM, и соответствующие профили гистоновых меток, например:



- Дальше смотрим, где на геноме (относительно аннотированных генов) располагаются разные состояния, а также смотрим на картинки из HTML-отчета ChromHMM о том, какие метки типичны для разных состояний:



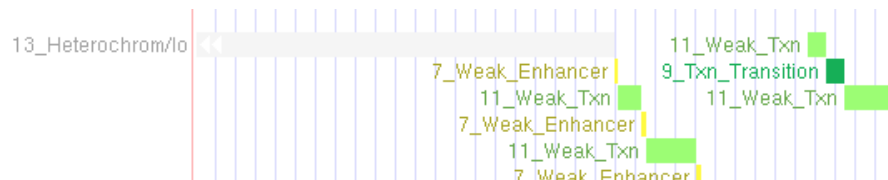
- Для каждого из типов (state -- состояния) можно посмотреть характерные гистоновые модификации, а также его типичное расположение относительно CpG островков (часто соответствуют промоторам), аннотированных генов, доменов, ассоциированными с ядерной ламиной (lamina associated domains – обычно являются репрессированным гетерохроматином).
- Примеры названий эпигенетических типов можно посмотреть в модели из 15-ти состояний, которая была использована в проекте ENCODE:

<http://genome.ucsc.edu/cgi-bin/hgTrackUi?g=wgEncodeBroadHmm>

- State 1 - **Bright Red** - Active Promoter
- State 2 - **Light Red** -Weak Promoter
- State 3 - **Purple** - Inactive/poised Promoter
- State 4 - **Orange** - Strong enhancer
- State 5 - **Orange** - Strong enhancer
- State 6 - **Yellow** - Weak/poised enhancer
- State 7 - **Yellow** - Weak/poised enhancer
- State 8 - **Blue** - Insulator
- State 9 - **Dark Green** - Transcriptional transition
- State 10 - **Dark Green** - Transcriptional elongation
- State 11 - **Light Green** - Weak transcribed
- State 12 - **Gray** - Polycomb-repressed
- State 13 - **Light Gray** - Heterochromatin; low signal
- State 14 - **Light Gray** - Repetitive/Copy Number Variation
- State 15 - **Light Gray** - Repetitive/Copy Number Variation

## Бонусная часть задания (2 балла)

- В .bed файле, который был создан программой ChromHMM (\*\_dense.bed или \*\_expanded.bed), заменить номера эпигенетических типов (4-й столбец) на их соответствующие названия. Это позволит более удобно визуализировать полученную эпигенетическую аннотацию генома, что и нужно сделать:



## Список файлов для сдачи

- В репозитории в файле README.md:
  - Список 10-ти гистоновых меток (и соотв имен файлов) , для которых был сделан анализ
  - Файл cellmarkfiletable.txt
  - Папку с выдачей ChromHMM
  - Картинки из выдачи ChromHMM
  - Табличка с номерами эпигенетических типов, их характерные эпигенетические метки и другие свойства, а также присвоенные им названия
  - Одну или несколько картинок из UCSC GenomeBrowser, показывающих различные участки генома и соответствующие эпигенетические типы (и, желательно, профили эпигенетических меток)
  - Список всех запущенных команд
  - Результат бонусного задания (если есть)

## Форма отчетности

Github репозиторий, содержащий все полученные результаты.

**Последний срок сдачи: 5 апреля до 23:59 (будет отслеживаться по последнему коммиту в репозиторий). Штраф -0.5 балла за каждый день просрочки.**

**В случае возникновения вопросов обращаться telegram: @PlainSight**