**Транспозоны:**

 **ДНК автономные элементы;**

 **ДНК не автономные элементы;**

 **MITE;**

**Хелитроны;**

Helitrons are one of the three groups of [eukaryotic](https://en.wikipedia.org/wiki/Eukaryotic%22%20%5Co%20%22Eukaryotic) class 2 [transposable elements](https://en.wikipedia.org/wiki/Transposable_elements%22%20%5Co%20%22Transposable%20elements) (TEs) so far described. They are the eukaryotic rolling-circle transposable elements which are hypothesized to transpose by a [rolling circle replication](https://en.wikipedia.org/wiki/Rolling_circle_replication%22%20%5Co%20%22Rolling%20circle%20replication) mechanism via a [single-stranded DNA](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-stranded_DNA%22%20%5Co%20%22Single-stranded%20DNA) intermediate.[[1]](https://en.wikipedia.org/wiki/Helitron_%28biology%29%22%20%5Cl%20%22cite_note-Thomas1-1) They were first discovered in plants ([Arabidopsis thaliana](https://en.wikipedia.org/wiki/Arabidopsis_thaliana%22%20%5Co%20%22Arabidopsis%20thaliana) and [Oryza sativa](https://en.wikipedia.org/wiki/Oryza_sativa%22%20%5Co%20%22Oryza%20sativa)) and in the nematode [Caenorhabditis elegans](https://en.wikipedia.org/wiki/Caenorhabditis_elegans%22%20%5Co%20%22Caenorhabditis%20elegans), and now they have been identified in a diverse range of species, from [protists](https://en.wikipedia.org/wiki/Protists%22%20%5Co%20%22Protists) to [mammals](https://en.wikipedia.org/wiki/Mammals%22%20%5Co%20%22Mammals). Helitrons make up a substantial fraction of many [genomes](https://en.wikipedia.org/wiki/Genomes%22%20%5Co%20%22Genomes) where non-autonomous elements frequently outnumber the putative autonomous partner. Helitrons seem to have a major role in the [evolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Evolution%22%20%5Co%20%22Evolution) of host genomes. They frequently capture diverse host genes, some of which can evolve into novel host genes or become essential for Helitron [transposition](https://en.wikipedia.org/wiki/Transposition_%28horizontal_gene_transfer%29%22%20%5Co%20%22Transposition%20%28horizontal%20gene%20transfer%29)

**Полинтоны.**

Полинто́ны[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BD%D1%8B%22%20%5Cl%20%22cite_note-1) ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) Polintons, Mavericks[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BD%D1%8B%22%20%5Cl%20%22cite_note-krupovic_2015-2)[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BD%D1%8B%22%20%5Cl%20%22cite_note-haapa_2014-3)) — крупные [ДНК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%9D%D0%9A%22%20%5Co%20%22%D0%94%D0%9D%D0%9A)-[транспозоны](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%8B), содержащие [гены](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%22%20%5Co%20%22%D0%93%D0%B5%D0%BD), [гомологичные](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%28%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29%22%20%5Co%20%22%D0%93%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%20%28%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29) [вирусным](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81%22%20%5Co%20%22%D0%92%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81)[белкам](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BA%22%20%5Co%20%22%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BA); часто встречаются в [эукариотических](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%82%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%AD%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%82%D1%8B) [геномах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC%22%20%5Co%20%22%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC). Эти наиболее крупные и сложно устроенные ДНК-транспозоны были открыты в середние 2000-х. Один полинтон может кодировать до 10 различных белков. Название этих мобильных элементов образовано от двух ключевых белков, которые они кодируют: [ДНК-полимераза](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%9D%D0%9A-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B0%22%20%5Co%20%22%D0%94%D0%9D%D0%9A-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B0) (POLymerase) и [интеграза](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B0%22%20%5Co%20%22%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B0)(INTegrase) [ретровирусного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81%22%20%5Co%20%22%D0%A0%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81) типа

**Ретроэлементы:**

Ретротранспозоны, или [мобильные генетические элементы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%9C%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B) первого типа, состоят из двух подтипов — ретротранспозонов с [длинными концевыми повторами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%94%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B) ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) [LTR](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTR%22%20%5Co%20%22LTR), long terminal repeats), и ретротранспозонов без длинных концевых повторов.

Последние в свою очередь делятся на длинные диспергированные повторы ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) [LINE](https://ru.wikipedia.org/wiki/LINE%22%20%5Co%20%22LINE), long interspersed elements) и короткие диспергированные повторы ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) [SINE](https://ru.wikipedia.org/wiki/SINE%22%20%5Co%20%22SINE), short interspersed elements).

 **LTR:**

 **ретровирусы экзо- и эндогенные;**

 **Автономные LTR;**

 **Не автономные LTR;**

 **Не LTR:**

 **LINE;**

LINEs ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) Long interspersed nuclear element, Длинные Диспергированные Повторы[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-1)) — длинные (несколько тысяч пар [оснований](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-2)) последовательности [ДНК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%9D%D0%9A%22%20%5Co%20%22%D0%94%D0%9D%D0%9A) в [геноме](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC%22%20%5Co%20%22%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC) [эукариот](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%82%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%AD%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%82%D1%8B), представляющие собой [ретротранспозоны](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%A0%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%8B), не содержащие [длинных концевых повторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTR%22%20%5Co%20%22LTR).

Первое описание LINE-последовательности, длиной около 6 400 пар оснований, было опубликовано в 1980 году.[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-3)

Строение[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=LINEs&veaction=edit&section=1" \o "Редактировать раздел «Строение») | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=LINEs&action=edit&section=1" \o "Редактировать раздел «Строение»)]

На 3'-конце LINEs содержат либо поли([A](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BD%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BD))-хвост, либо аденин богатую последовательность, либо тандемно-повторяющиеся последовательности. LINEs содержат одну или две [открытые рамки считывания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D1%87%D0%B8%D1%82%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22%20%5Co%20%22%D0%9E%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BA%D0%B0%20%D1%81%D1%87%D0%B8%D1%82%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)[[4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-RepDNA-4).

Выделяют 5 суперсемейств LINEs[[4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-RepDNA-4):

R2. Содержат одну открытую рамку считывания, которая кодирует [обратную транскриптазу](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%B0%D0%B7%D0%B0%22%20%5Co%20%22%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%B0%D0%B7%D0%B0) и [эндонуклеазу](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D0%BD%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D0%B0%D0%B7%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%AD%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D0%BD%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D0%B0%D0%B7%D1%8B). Считается, что это наиболее древнее семейство ретропозонов не содержащих [длинных концевых повторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTR%22%20%5Co%20%22LTR).

RTE. Также содержат одну открытую рамку считывания, кодирующую апуриновую-апуримидиновую эндонуклеазу и обратную транскриптазу.

Три других суперсемейства содержат две открытые рамки считывания. Продукт первой (ORF1) из которых, кодирует белок по свойствам похожий на продукт гена gag ретровирусов.

Jockey. Вторая открытая рамка считывания (ORF2) кодирует апуриновую-апуримидиновую эндонуклеазу и обратную транскриптазу.

L1. ORF2 кодирует те же элементы, что и у суперсемейства Jockey. LINEs этого суперсемейства являются наиболее изученными и наиболее распространенными в геноме млекопитающих. ТАк в геноме человека содержится более 500 тыс. копий ретропозонов этого семейства, что составляет около 17 % генома.

I. ORF2 кроме апуриновой-апуримидиновой эндонуклеазы и обратной транскриптазы кодирует также и [РНКазу H](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%9D%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0_H%22%20%5Co%20%22%D0%A0%D0%9D%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%20H).

 **SINE;**

SINEs ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) Short interspersed nuclear element, Короткие Диспергированные Повторы[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/SINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-1)) — короткие последовательности [ДНК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%9D%D0%9A%22%20%5Co%20%22%D0%94%D0%9D%D0%9A) (менее 500 пар [оснований](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/SINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-2)) в [геноме](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC%22%20%5Co%20%22%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC) [эукариот](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%82%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%AD%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%82%D1%8B), появившиеся в результате [обратной транскрипции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%86%D0%B8%D1%8F%22%20%5Co%20%22%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%86%D0%B8%D1%8F) коротких молекул [РНК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%9D%D0%9A%22%20%5Co%20%22%D0%A0%D0%9D%D0%9A), транскрибируемых [РНК-полимеразой III](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A0%D0%9D%D0%9A-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B0_III&action=edit&redlink=1" \o "РНК-полимераза III (страница отсутствует)): [5S рРНК](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=5S_%D1%80%D0%A0%D0%9D%D0%9A&action=edit&redlink=1" \o "5S рРНК (страница отсутствует)), [тРНК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%A0%D0%9D%D0%9A%22%20%5Co%20%22%D0%A2%D0%A0%D0%9D%D0%9A) и различные [мяРНК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%8F%D0%A0%D0%9D%D0%9A%22%20%5Co%20%22%D0%9C%D1%8F%D0%A0%D0%9D%D0%9A).

SINEs не кодируют белки и их транспозиция в геноме зависит от других [мобильных элементов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B%22%20%5Co%20%22%D0%9C%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B).

Выделяют 3 группы SINE в зависимости от того, какая РНК стала их предшественником[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/SINEs%22%20%5Cl%20%22cite_note-RepDNA-3).:

SINE, произошедшие от тРНК (обычны у беспозвоночных и позвоночных животных, у многих цветковых растений);

SINE, произошедшие от [7SL РНК](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=7SL_%D0%A0%D0%9D%D0%9A&action=edit&redlink=1" \o "7SL РНК (страница отсутствует)) (встречаются только у грызунов, приматов и [тупайи](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D1%83%D0%BF%D0%B0%D0%B9&action=edit&redlink=1" \o "Тупай (страница отсутствует)));

SINE, произошедшие от 5S рРНК (найдены у некоторых рыб и у некоторых млекопитающих).

 **Penelope; ретроинтроны;**

 **DIRS.**