

# Управление памятью в Java

- [Настройка оперативной памяти](#)
- [Настройка сборщика мусора](#)
  - [Настройка Concurrent Mark Sweep \(CMS\) Collector](#)
  - [НастройкаZ Garbage Collector \(ZGC\)](#)
- [Настройка выделения и освобождения физической памяти на уровне системы](#)
- [Известные проблемы](#)

## Настройка оперативной памяти

При стриминге в памяти создается и уничтожается много объектов с данными. Поэтому рекомендуется выделять под Java memory heap не менее, чем 1/2 физической памяти сервера. Например, если объем оперативной памяти сервера составляет 32 Гб, рекомендуется выделить 16 Гб при помощи следующих настроек в файле `wcs-core.properties`

```
-Xmx16g
-Xms16g
```

## Настройка сборщика мусора

Важной частью Java VM является сборщик мусора (Garbage Collector, GC). При запуске сборщик мусора резко увеличивает нагрузку на сервер и может приостановить выполнение остальных задач, поэтому рекомендуется минимизировать его запуски при помощи следующих настроек в файле `wcs-core.properties`

```
# Use System.gc() concurrently in CMS
-XX:+ExplicitGCInvokesConcurrent

# Disable System.gc() for RMI, for 10000 hours
-Dsun.rmi.dgc.client.gcInterval=360000000000
-Dsun.rmi.dgc.server.gcInterval=360000000000
```

## Настройка Concurrent Mark Sweep (CMS) Collector

Сборщик мусора Concurrent Mark Sweep (CMS) предназначен для приложений, которым требуются короткие паузы при сборе мусора и которые могут предоставить ресурсы процессора сборщику мусора, не снизив существенно производительность системы.

1. Включить CMS GC можно следующими настройками в файле `wcs-core.properties` (например, выделяем 24G под heap и указываем `NewSize` и `MaxNewSize` равными значениями для регулировки размер нижней и верхней границы для молодого поколения; она должна составлять от 1/4 до 1/3 максимального размера heap):

```
# Used CMS GC
-XX:+UseConcMarkSweepGC -Xms24g -Xmx24g -XX:NewSize=6144m -XX:MaxNewSize=6144m

# Disable heuristic rules
-XX:+UseCMSInitiatingOccupancyOnly

# Reduce Old Gen threshold
-XX:CMSInitiatingOccupancyFraction=70

# Log
-Xloggc:/usr/local/FlashphonerWebCallServer/logs/gc-core-
-XX:ErrorFile=/usr/local/FlashphonerWebCallServer/logs/error%p.log
```

2. После перезапуска WCS в файлах логов `gc-core.log` видим результат работы сборщика мусора. Вывод может отличаться в зависимости от установленной версии Java. Например:

openjdk version "1.8.0\_222":

```
1815.658: [GC (Allocation Failure) 1255412K->28934K(16623872K), 0.0207810 secs]
1893.220: [GC (Allocation Failure) 1255750K->29037K(16623872K), 0.0178801 secs]
1975.637: [GC (Allocation Failure) 1255853K->29715K(16623872K), 0.0176784 secs]
```

openjdk version "12.0.2":

```
[1100.631s][info][gc] GC(28) Pause Young (Allocation Failure) 104M->24M(1014M) 6.243ms
[1143.706s][info][gc] GC(29) Pause Young (Allocation Failure) 104M->24M(1014M) 3.582ms
[1198.943s][info][gc] GC(30) Pause Young (Allocation Failure) 104M->24M(1014M) 3.868ms
```

## Настройка Z Garbage Collector (ZGC)

Для Java 12 доступна экспериментальная реализация сборщика мусора Z Garbage Collector (ZGC), позволяющая обеспечить низкую задержку при сборке мусора, не останавливая выполнения потоков приложения более чем на 10 миллисекунд, даже при работе с очень большими memory heap. Стоит обратить внимание, что ZGC требует больше ресурсов процессора по сравнению с CMS GC.

Пример установки ZGC с версией OpenJDK 12:

1. Установите OpenJDK 12, как описано [здесь](#)
2. Проверяем корректность установки OpenJDK 12:

```
java -version

openjdk 12.0.2 2019-07-16
OpenJDK Runtime Environment (build 12.0.2+10)
OpenJDK 64-Bit Server VM (build 12.0.2+10, mixed mode, sharing)
```

3. Устанавливаем WCS (если требуется).
4. Если WCS был установлен ранее, комментируем или удаляем следующие строки в файле wcs-core.properties

```
-XX:+UseConcMarkSweepGC
-XX:+UseCMSInitiatingOccupancyOnly
-XX:CMSInitiatingOccupancyFraction=70
-XX:+PrintGCDateStamps
-XX:+PrintGCDetails
```

Заменяем строку

```
-Xloggc:/usr/local/FlashphonerWebCallServer/logs/gc-core-
```

на

```
-Xlog:gc*:/usr/local/FlashphonerWebCallServer/logs/gc-core-:time
```

5. Добавляем настройки в wcs-core.properties (например, выделяем 24G под heap):

- в JDK 12-15

```
# ZGC
-XX:+UnlockExperimentalVMOptions -XX:+UseZGC -Xms24g -Xmx24g
```

- в JDK 16 и выше

```
# ZGC
-XX:+UseZGC -Xms24g -Xmx24g
```

6. Если планируется использование больших страниц памяти (hugepages), добавляем настройки:

- в JDK 12 или 14

```
-XX:+UseLargePages -XX:ZPath=/hugepages
```

- в JDK 15 и выше

```
-XX:+UseLargePages -XX:AllocateHeapAt=/hugepages
```

Затем настраиваем hugepages по [рекомендациям](#) (число страниц памяти (по 2048K каждая) с запасом к выделенной памяти под heap (1,125 \* 24G \* 1024 / 2M)) и добавляем необходимые параметры в автозагрузку сервера (пример для CentOS):

```

sudo mkdir /hugepages
sudo echo "echo 13824 >/sys/kernel/mm/hugepages/hugepages-2048kB/nr_hugepages" >>/etc/rc.local
sudo echo "mount -t hugetlbfs -o uid=0,mode=0757 nodev /hugepages" >>/etc/rc.local
sudo chmod +x /etc/rc.d/rc.local
sudo systemctl enable rc-local.service
sudo systemctl restart rc-local.service
sudo chmod o+w /hugepages

```

7. После перезапуска WCS, в файлах логов gc-core.log видна периодическая операция работы сборщика мусора. Для понимания модели работы Z Garbage Collector можно ознакомиться с [презентацией](#).

```

[2019-08-20T01:23:42.516+0700] =====
[2019-08-20T01:23:48.926+0700] GC(1) Garbage Collection (Metadata GC Threshold)
[2019-08-20T01:23:48.927+0700] GC(1) Pause Mark Start 0.815ms
[2019-08-20T01:23:48.997+0700] GC(1) Concurrent Mark 69.294ms
[2019-08-20T01:23:48.997+0700] GC(1) Pause Mark End 0.316ms
[2019-08-20T01:23:49.005+0700] GC(1) Concurrent Process Non-Strong References 7.866ms
[2019-08-20T01:23:49.005+0700] GC(1) Concurrent Reset Relocation Set 0.009ms
[2019-08-20T01:23:49.005+0700] GC(1) Concurrent Destroy Detached Pages 0.001ms
[2019-08-20T01:23:49.007+0700] GC(1) Concurrent Select Relocation Set 1.965ms
[2019-08-20T01:23:49.010+0700] GC(1) Concurrent Prepare Relocation Set 2.546ms
[2019-08-20T01:23:49.012+0700] GC(1) Pause Relocate Start 1.674ms
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Concurrent Relocate 37.371ms
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Load: 0.18/0.07/0.06
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) MMU: 2ms/9.9%, 5ms/64.0%, 10ms/82.0%, 20ms/89.5%, 50ms/92.2%, 100ms/96.1%
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Mark: 1 stripe(s), 2 proactive flush(es), 1 terminate flush(es), 1 completion(s), 0 continuation(s)
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Relocation: Successful, 16M relocated
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) NMethods: 2896 registered, 0 unregistered
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Metaspaces: 35M used, 35M capacity, 36M committed, 38M reserved
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Soft: 3269 encountered, 0 discovered, 0 enqueued
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Weak: 1626 encountered, 910 discovered, 88 enqueued
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Final: 27 encountered, 8 discovered, 8 enqueued
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Phantom: 368 encountered, 323 discovered, 61 enqueued
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1)
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Capacity: 4096M (100%) 4096M (100%) 4096M (100%) 4096M (100%) 4096M (100%) 4096M (100%)
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Reserve: 38M (1%) 38M (1%) 38M (1%) 38M (1%) 38M (1%) 38M (1%)
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Free: 3878M (95%) 3872M (95%) 3872M (95%) 3990M (97%) 3990M (97%) 3834M (94%)
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Used: 180M (4%) 186M (5%) 186M (5%) 68M (2%) 224M (5%) 68M (2%)
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Live: - 23M (1%) 23M (1%) 23M (1%) - -
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Allocated: - 6M (0%) 8M (0%) 58M (1%) - -
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Garbage: - 156M (4%) 154M (4%) 36M (1%) - -
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Reclaimed: - - 2M (0%) 120M (3%) - -
[2019-08-20T01:23:49.049+0700] GC(1) Garbage Collection (Metadata GC Threshold) 180M(4%)->68M(2%)

```

## Настройка выделения и освобождения физической памяти на уровне системы

При большой нагрузке на сервер, может оказаться недостаточно областей маппинга физической памяти (memory map areas), выделяемых процессу системой по умолчанию, что может приводить к завершению работы JVM по нехватке нативной памяти. При этом лог ошибки будет содержать следующий комментарий

```

#
# There is insufficient memory for the Java Runtime Environment to continue.
# Native memory allocation (mmap) failed to map 12288 bytes for committing reserved memory.
# Possible reasons:
#   The system is out of physical RAM or swap space
...

```

Для того, чтобы предотвратить такое поведение, необходимо увеличить количество областей маппинга памяти

```
sysctl -w vm.max_map_count=131072
```

и перезапустить WCS.

## Известные проблемы

1. При использовании ZGC нагрузка на процессор сервера выше, особенно в JDK 15

Симптомы: при обновлении JDK с 12 или 14 до 15 и использовании ZGC возрастает средняя загрузка процессора, измеренная на уровне системы (например, утилитой htop)

Решение: для высоконагруженных серверов, если требуется минимизация задержек при сборке мусора, использовать ZGC в JDK 12 или 14

2. Логи ZGC с настройками вывода по умолчанию могут занимать много места на диске

Симптомы: файлы логов gc-core\*.log занимают много места на диске

Решение: в файле настроек wcs-core.properties ограничить набор сообщений, выводимых в лог сборщика мусора

```
-Xlog:gc,gc+start,gc+phases:/usr/local/FlashphonerWebCallServer/logs/gc-core-:time
```