Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования **«Национальный исследовательский университет ИТМО»**

Факультет Программной Инженерии и Компьютерной Техники

Лабораторная работа №4

по дисциплине **«Основы программной инженерии»**

Вариант: **811**

Преподаватель:
Карташев Владимир Сергеевич

Выполнил:

Кирячек Тимофей

Группа:

P3209

Санкт-Петербург, 2025

Оглавление

1. Задание

Вариант: **811**

Лабораторная работа #4

Вариант 811

Внимание! У разных вариантов разный текст задания!

1. Для своей программы из лабораторной работы #3 по дисциплине "Веб-программирование" реализовать:

- MBean, считающий общее число установленных пользователем точек, а также число точек, не попадающих в область. В случае, если количество установленных пользователем точек стало кратно 5, разработанный MBean должен отправлять оповещение об этом событии.
- MBean, определяющий площадь получившейся фигуры.

2. С помощью утилиты JConsole провести мониторинг программы:

- Снять показания MBean-классов, разработанных в ходе выполнения задания 1.
- Определить имя и версию ОС, под управлением которой работает JVM.

3. С помощью утилиты VisualVM провести мониторинг и профилирование программы:

- Снять график изменения показаний MBean-классов, разработанных в ходе выполнения задания 1, с течением времени.
- Определить имя класса, объекты которого занимают наибольший объём памяти JVM; определить пользовательский класс, в экземплярах которого находятся эти объекты.

4. С помощью утилиты VisualVM и профилировщика IDE NetBeans, Eclipse или Idea локализовать и устранить проблемы с производительностью в программе. По результатам локализации и устранения проблемы необходимо составить отчёт, в котором должна содержаться следующая информация:

- Описание выявленной проблемы.
- Описание путей устранения выявленной проблемы.
- Подробное (со скриншотами) описание алгоритма действий, который позволил выявить и локализовать проблему.

Студент должен обеспечить возможность воспроизведения процесса поиска и локализации проблемы по требованию преподавателя.

2. Выполнение

1. Исходный код разработанных MBean

- `web.beans.AreaMBean.java`

```java
package web.beans;

public interface AreaMBean {
    double getArea();
    void updateStats(double r);
}
```

- `web.beans.ResultsMBean.java`

```java
package web.beans;

public interface ResultsMBean {
    int getTotalAttempts();
    int getTotalMisses();
    void updateStats(boolean hit);
}
```

- `web.beans.Area.java`

```java
package web.beans;

import jakarta.enterprise.context.ApplicationScoped;
import jakarta.inject.Named;

import java.io.Serializable;

@Named("area")
@ApplicationScoped
public class Area implements Serializable, AreaMBean {
    private double area = 0;

    @Override
    public double getArea() {
        return area;
    }

    @Override
    public void updateStats(double r) {
        area = ((Math.PI * Math.pow(r / 2, 2) / 4) + ((r * r/2) / 2) + (r * r/2));
    }

}
```

- `web.beans.Results.java`

```java
package web.beans;

import jakarta.enterprise.context.ApplicationScoped;
import jakarta.inject.Named;

import javax.management.*;
import java.io.Serializable;
import java.util.concurrent.atomic.AtomicInteger;
```

```java
@Named("results")
@ApplicationScoped
public class Results implements Serializable, NotificationBroadcaster, ResultsMBean {
    private int sequenceNumber = 0;

    private final AtomicInteger totalAttempts = new AtomicInteger();
    private final AtomicInteger totalMisses = new AtomicInteger();

    private final NotificationBroadcasterSupport broadcaster = new
NotificationBroadcasterSupport();

    @Override
    public int getTotalAttempts() {
        return totalAttempts.get();
    }

    @Override
    public int getTotalMisses() {
        return totalMisses.get();
    }

    @Override
    public void updateStats(boolean hit) {
        totalAttempts.incrementAndGet();
        if (!hit) {
            totalMisses.incrementAndGet();
        }

        if (totalAttempts.get() % 5 == 0) {
            broadcaster.sendNotification(new Notification(
                    "Total dots count is multiple of 5",
                    getClass().getSimpleName(),
                    sequenceNumber++,
                    "The total count of user-set dots is now multiple of 5!"
            ));
        }
    }

    @Override
    public void addNotificationListener(NotificationListener listener,
NotificationFilter filter, Object handback) throws IllegalArgumentException {
        broadcaster.addNotificationListener(listener, filter, handback);
    }

    @Override
    public void removeNotificationListener(NotificationListener listener) throws
ListenerNotFoundException {
        broadcaster.removeNotificationListener(listener);
    }

    @Override
    public MBeanNotificationInfo[] getNotificationInfo() {
        String[] types = new String[] { AttributeChangeNotification.ATTRIBUTE_CHANGE
};
        String name = AttributeChangeNotification.class.getName();
        String description = "Miss notification";
        MBeanNotificationInfo info = new MBeanNotificationInfo(types, name,
description);
        return new MBeanNotificationInfo[] { info };
    }
}
```

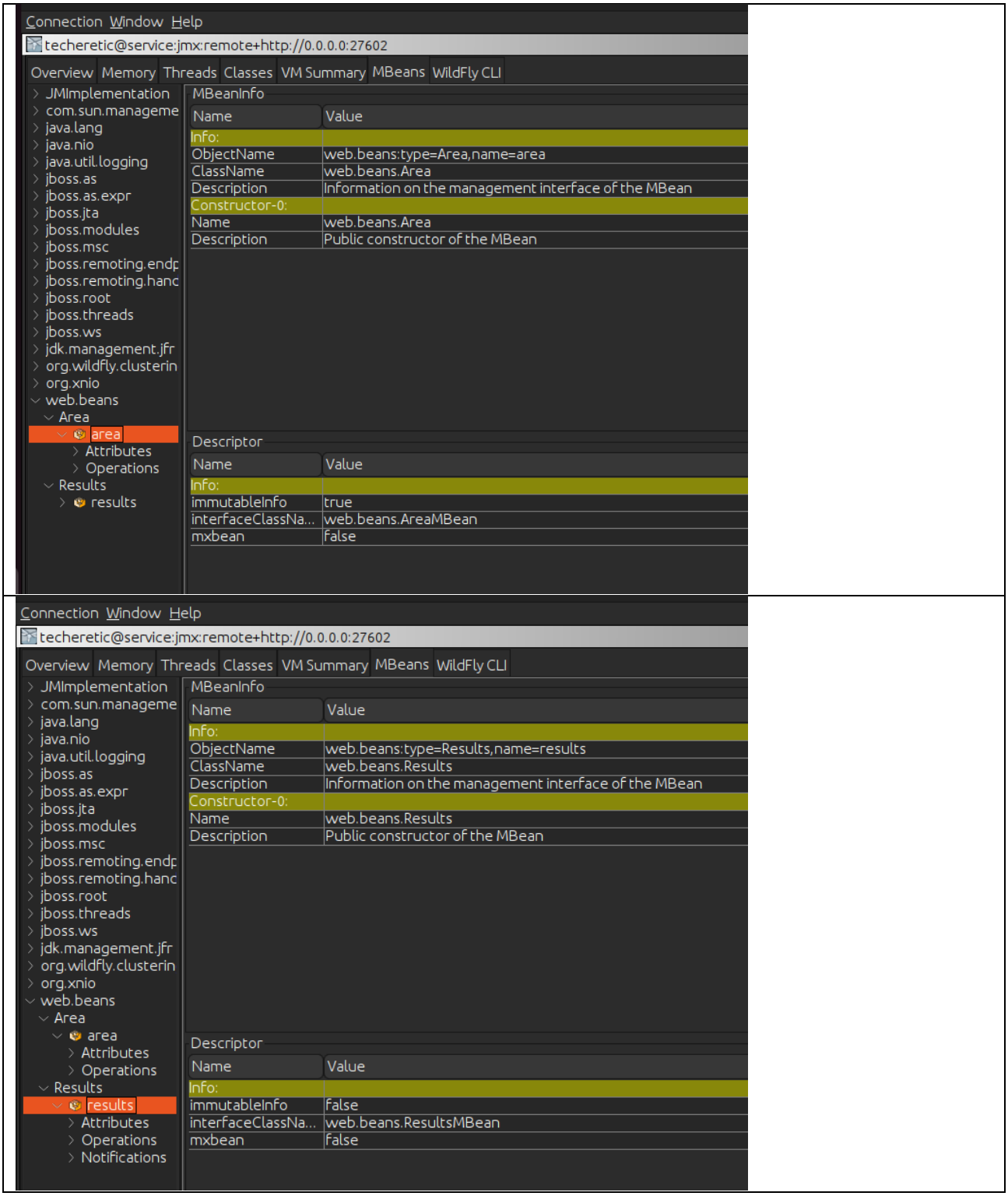
- web.utils.MBeanRegistry.java

```java
package web.utils;

import jakarta.servlet.ServletContextListener;
import lombok.experimental.UtilityClass;

import javax.management.*;
import java.lang.management.ManagementFactory;
import java.util.HashMap;
import java.util.Map;

@UtilityClass
public class MBeanRegistry implements ServletContextListener {
    private final Map<Class<?>, ObjectName> beans = new HashMap<>();

    public void registerBean(Object bean, String name) {
        try {
            var domain = bean.getClass().getPackageName();
            var type = bean.getClass().getSimpleName();
            var objectName = new ObjectName(String.format("%s:type=%s,name=%s",
domain, type, name));

            ManagementFactory.getPlatformMBeanServer().registerMBean(bean,
objectName);
            beans.put(bean.getClass(), objectName);
        } catch (InstanceAlreadyExistsException | MBeanRegistrationException |
NotCompliantMBeanException |
                 MalformedObjectNameException ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    }

    public void unregisterBean(Object bean) {
        if (!beans.containsKey(bean.getClass())) {
            throw new IllegalArgumentException("Specified bean is not registered.");
        }

        try {

ManagementFactory.getPlatformMBeanServer().unregisterMBean(beans.get(bean.getClass())
);
        } catch (InstanceNotFoundException | MBeanRegistrationException ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    }
}
```

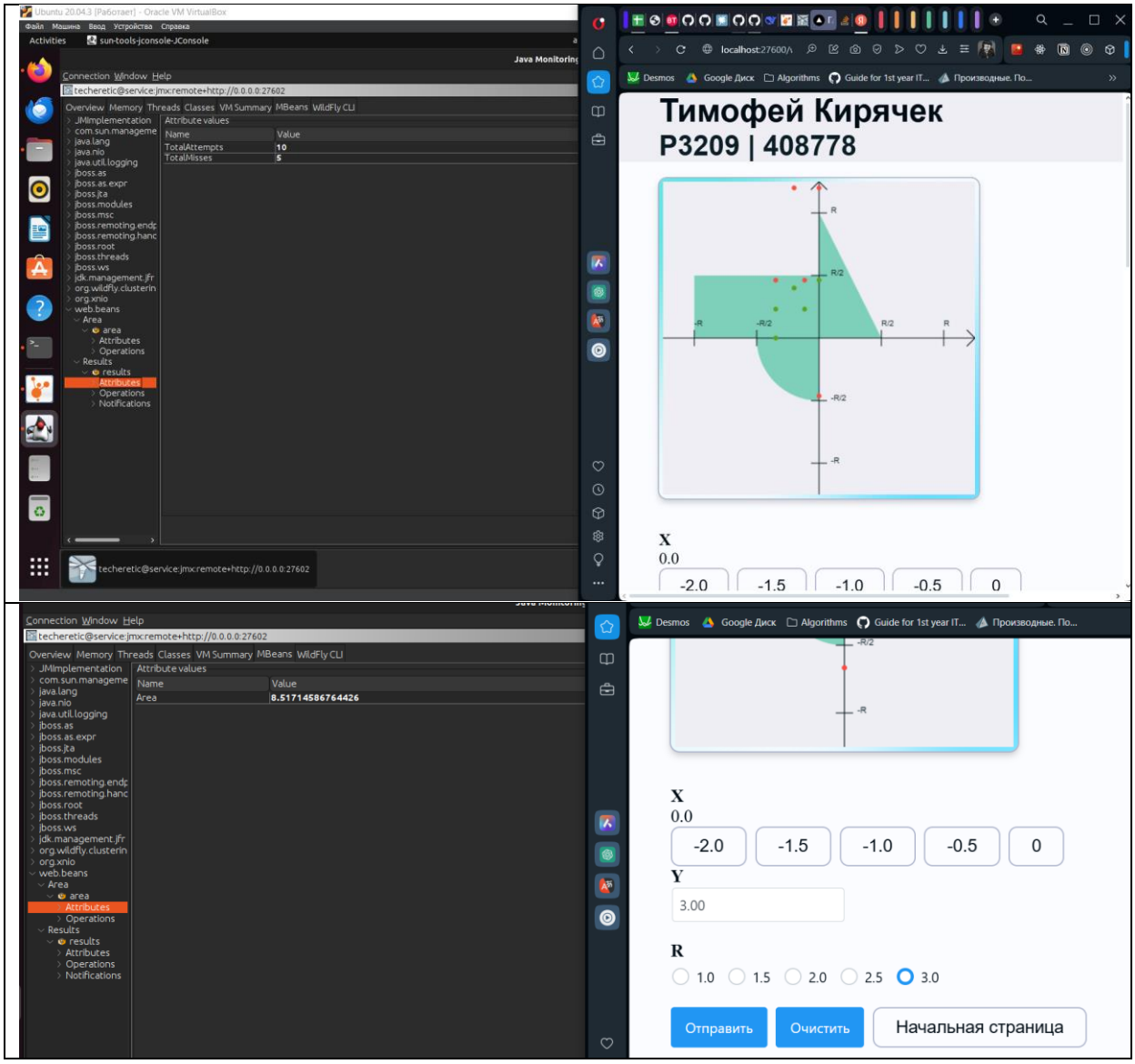
2. JConsole

Показания MBean-классов, разработанных в ходе выполнения задания 1:

- **Метаданные** Mbean'ов:



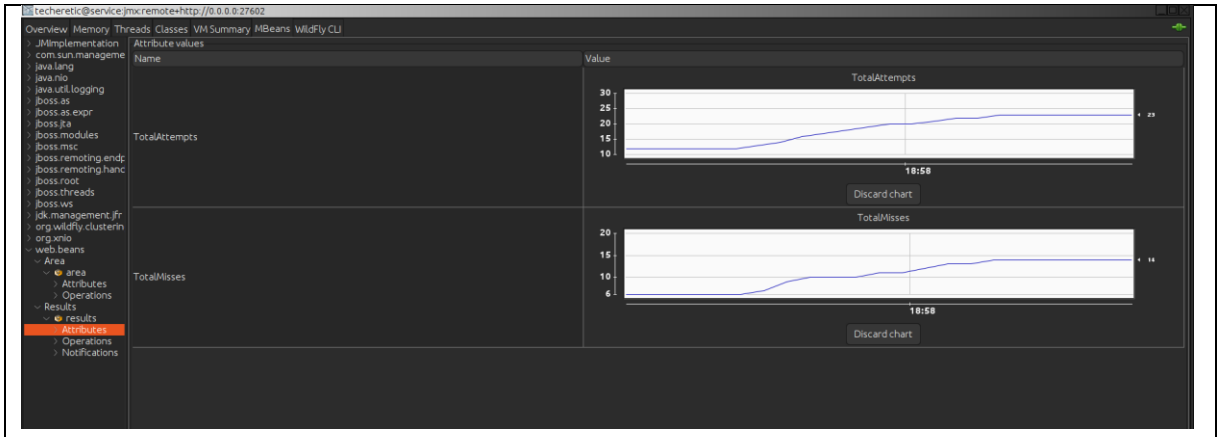
- **Показания** Mbean’ов:

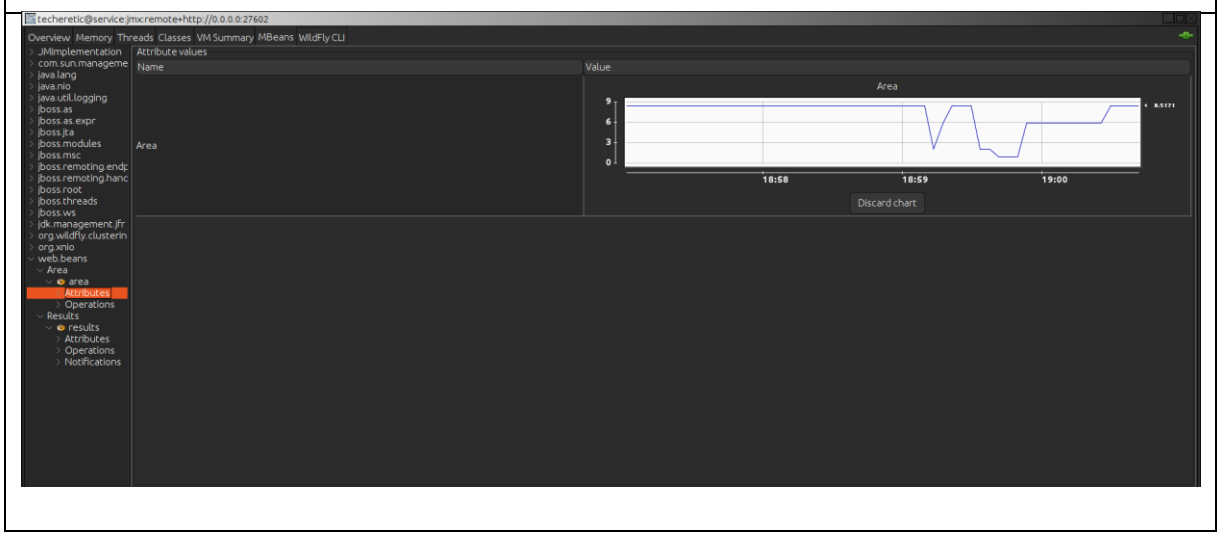


- **VM Summary** и имя и версия ОС, под управлением которой работает JVM.

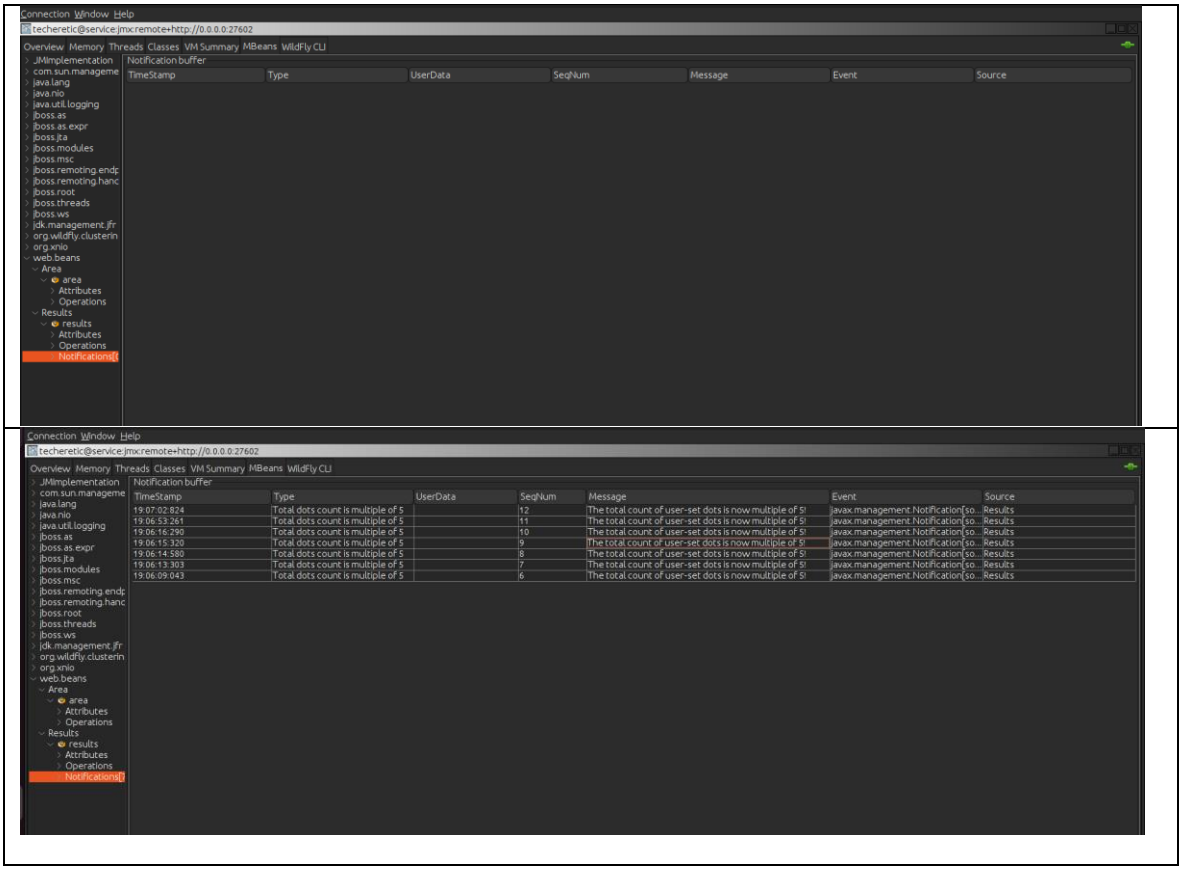
Это FreeBSD 14.1-STABLE

- **Графики**:





- **Уведомления**:



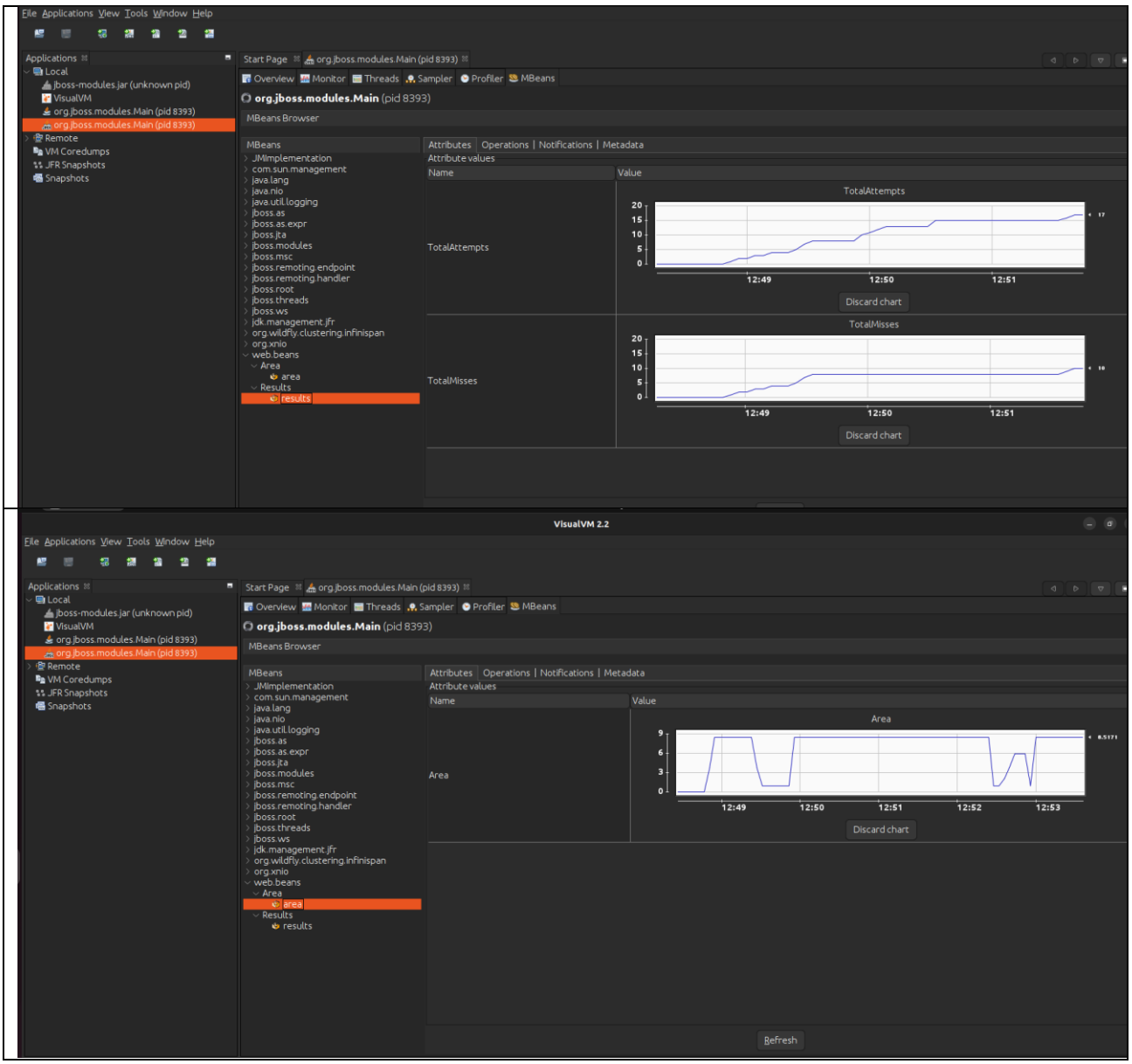
- **Выводы по результатам мониторинга**:

В ходе мониторинга с использованием утилиты JConsole было определено, что:

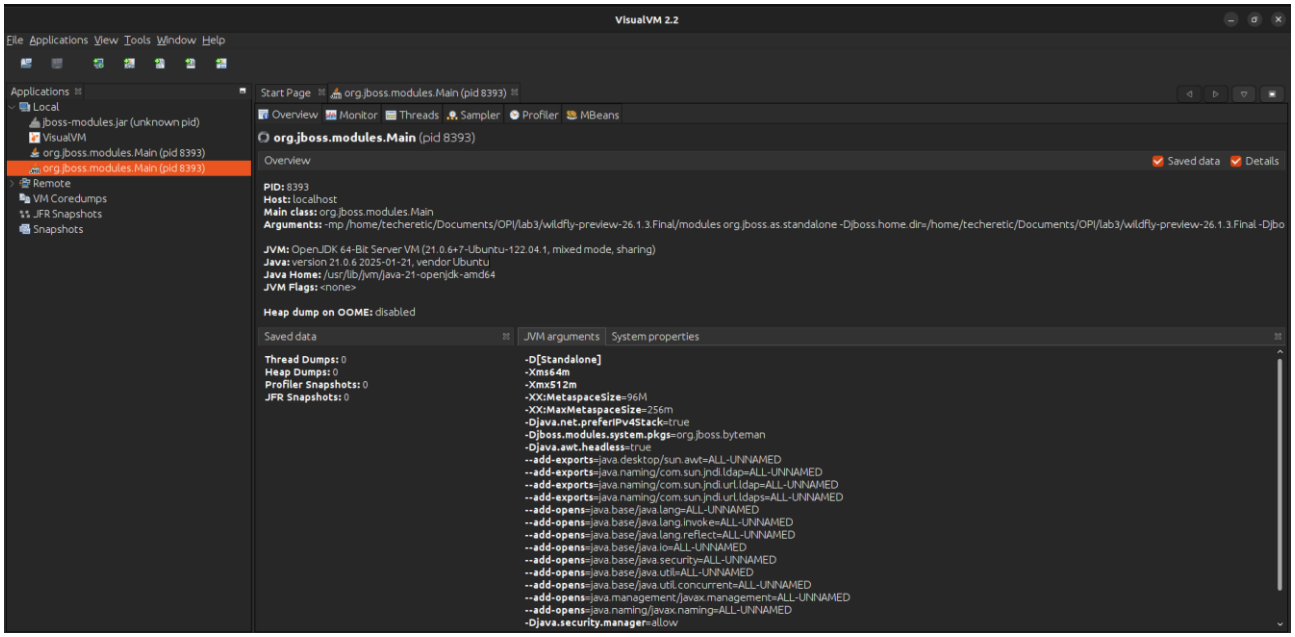
- Узнать имя и версию ОС, под которой работает JVM можно в разделе VM Summary/Operation System.
- MBean Area и Results были успешно разработаны и зарегистрированы. Когда общее количество точек становится кратно 5, MBean Results отправляет уведомления, которые были получены с помощью JConsole. Таким образом, было зарегистрировано и протестировано получение уведомлений от MBean, что позволяет оперативно реагировать на события, что является важной частью мониторинга.

3. VisualVM

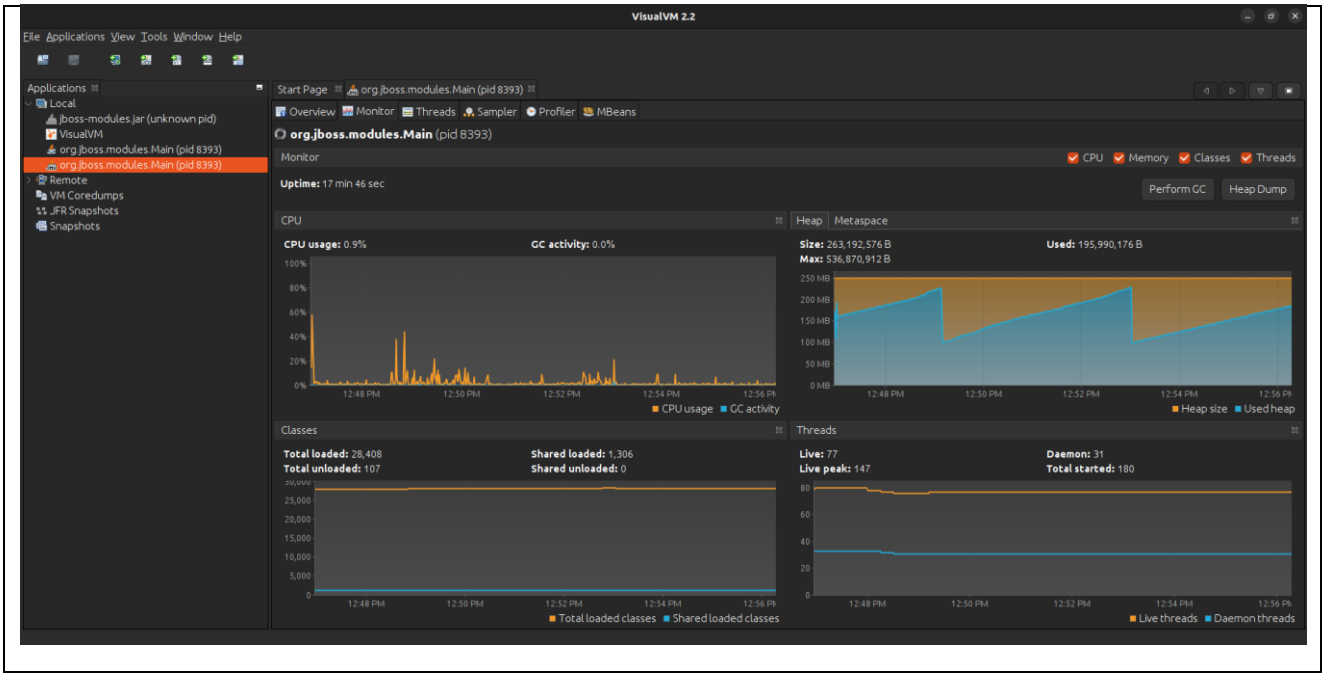
- **Снять график изменения показаний MBean-классов**:



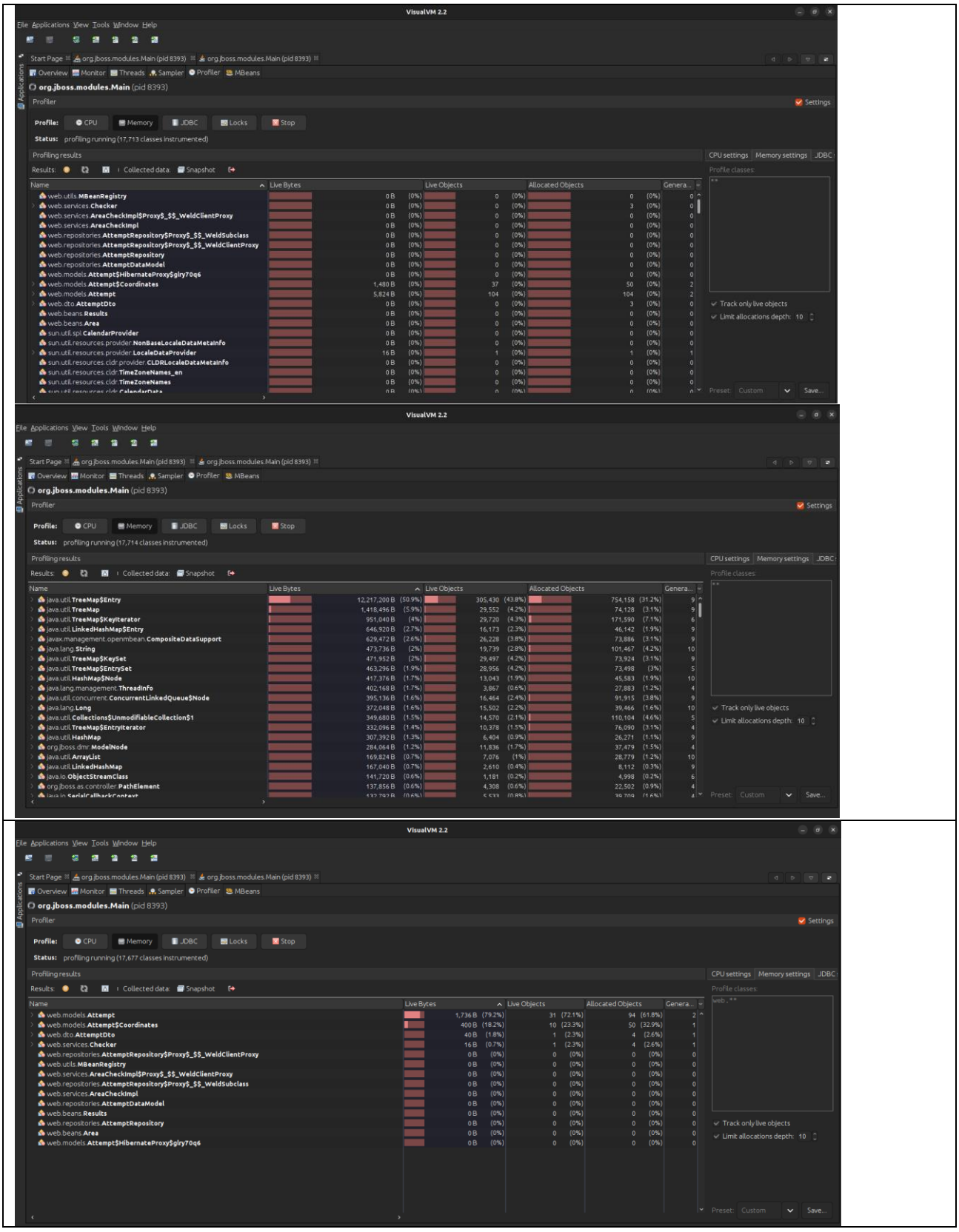
- **JVM Overview**:



- **Мониторинг**:



- Определить **имя класса, объекты которого занимают наибольший объём** памяти JVM; **определить пользовательский класс**, в экземплярах которого находятся эти объекты.



- **Выводы по результатам мониторинга и профилирования**:

Изменения показаний MBean-классов с течением времени:

● Results MBean: Графики AttemptStats показывают общее число установленных пользователем точек, а также число точек, не попадающих в область, и также меняются со временем, что отражает взаимодействие пользователя с системой (создание точек на графике).
● Area MBean: График Area показывает динамику изменений области в зависимости от выбора радиус

Определение **имени класса**, объекты которого занимают **наибольший объём** памяти JVM; определение пользовательского класса, в экземплярах которого находятся эти объекты.

● На основе профилирования памяти видно, что больше всего памяти занимают значения коллекции TreeMap, на втором месте итераторы – всего объекты класса TreeMap занимают ~59%.

● Больше всего памяти из пользовательских классов занимают объекты Attempt – 79.5% от пользовательских классов. Однако в масштабе всего приложения эти объекты занимают примерно 0.2%.

4. Исследование программы на утечки памяти

Искусственная задержка программы

В процессе анализа производительности приложения была обнаружена проблема, связанная с избыточным вызовом метода `java.lang.Thread.sleep(200).` Данный метод вызывает приостановку выполнения потока на 200 миллисекунд, что приводит к ненужным задержкам и снижению общей производительности системы.

```
public static void main(String[] args) {
    try {
        HttpUnitOptions.setExceptionsThrownOnScriptError(false);
        ServletRunner sr = new ServletRunner();
        sr.registerServlet("myServlet", HelloWorld.class.getName());
        ServletUnitClient sc = sr.newClient();
        int number = 1;
        WebRequest request = new GetMethodWebRequest("http://test.meterware.com/myServlet");
        while (true) {
            WebResponse response = sc.getResponse(request);
            System.out.println("Count: " + number++ + response);
            java.lang.Thread.sleep(200);
        }
```

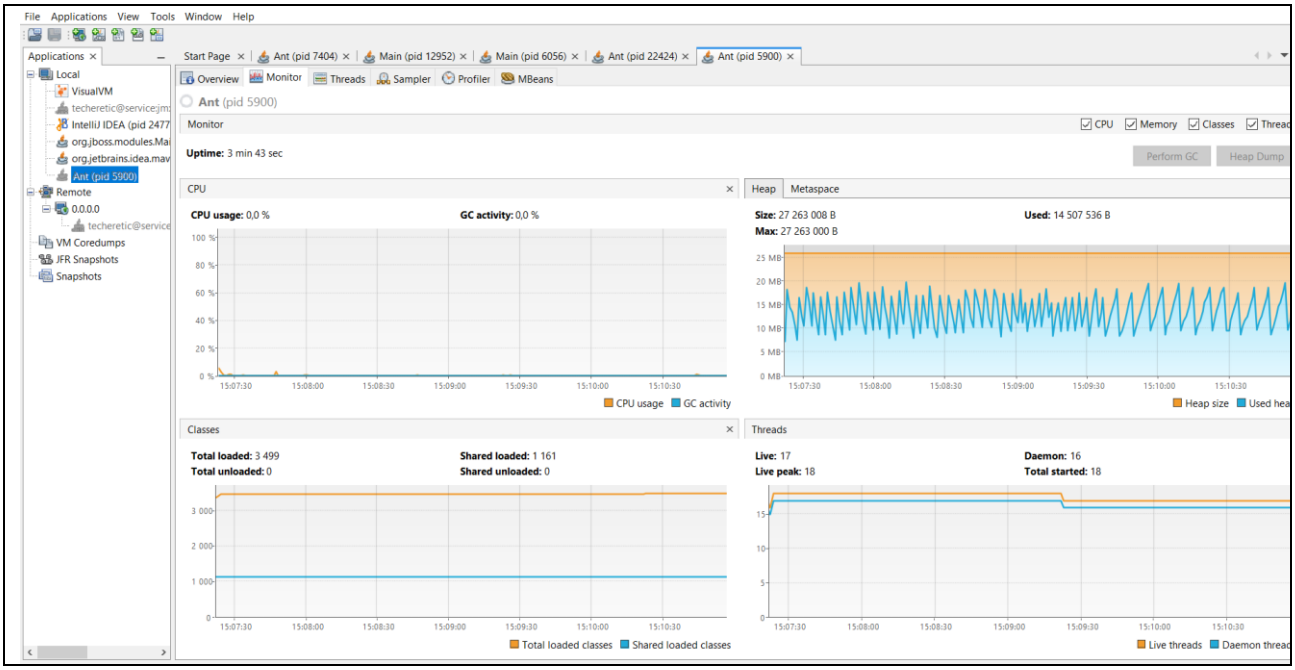
Метод не несёт никакой функциональной нагрузки и является избыточным – поэтому его удаление не повлияет на корректность работы приложения, но повысит производительность за счет устранения задержек.

```
    public static void main(String[] args) {
        try {
            HttpUnitOptions.setExceptionsThrownOnScriptError(false);
            ServletRunner sr = new ServletRunner();
            sr.registerServlet("myServlet", HelloWorld.class.getName());
            ServletUnitClient sc = sr.newClient();
            int number = 1;
            WebRequest request = new GetMethodWebRequest("http://test.meterware.com/myServlet");
            while (true) {
                WebResponse response = sc.getResponse(request);
                System.out.println("Count: " + number++ + response);
//                java.lang.Thread.sleep(200);
            }
//          } catch (InterruptedException ex) {
//              Logger.getLogger("global").log(Level.SEVERE, null, ex);
        } catch (MalformedURLException ex) {
            Logger.getLogger("global").log(Level.SEVERE, null, ex);
        } catch (IOException ex) {
```

Утечка памяти

Установим максимальный размер кучи в 25Мб с помощью `-Xmx25m` и запустим программу и посмотрим, как она себя ведет, в VisualVM.

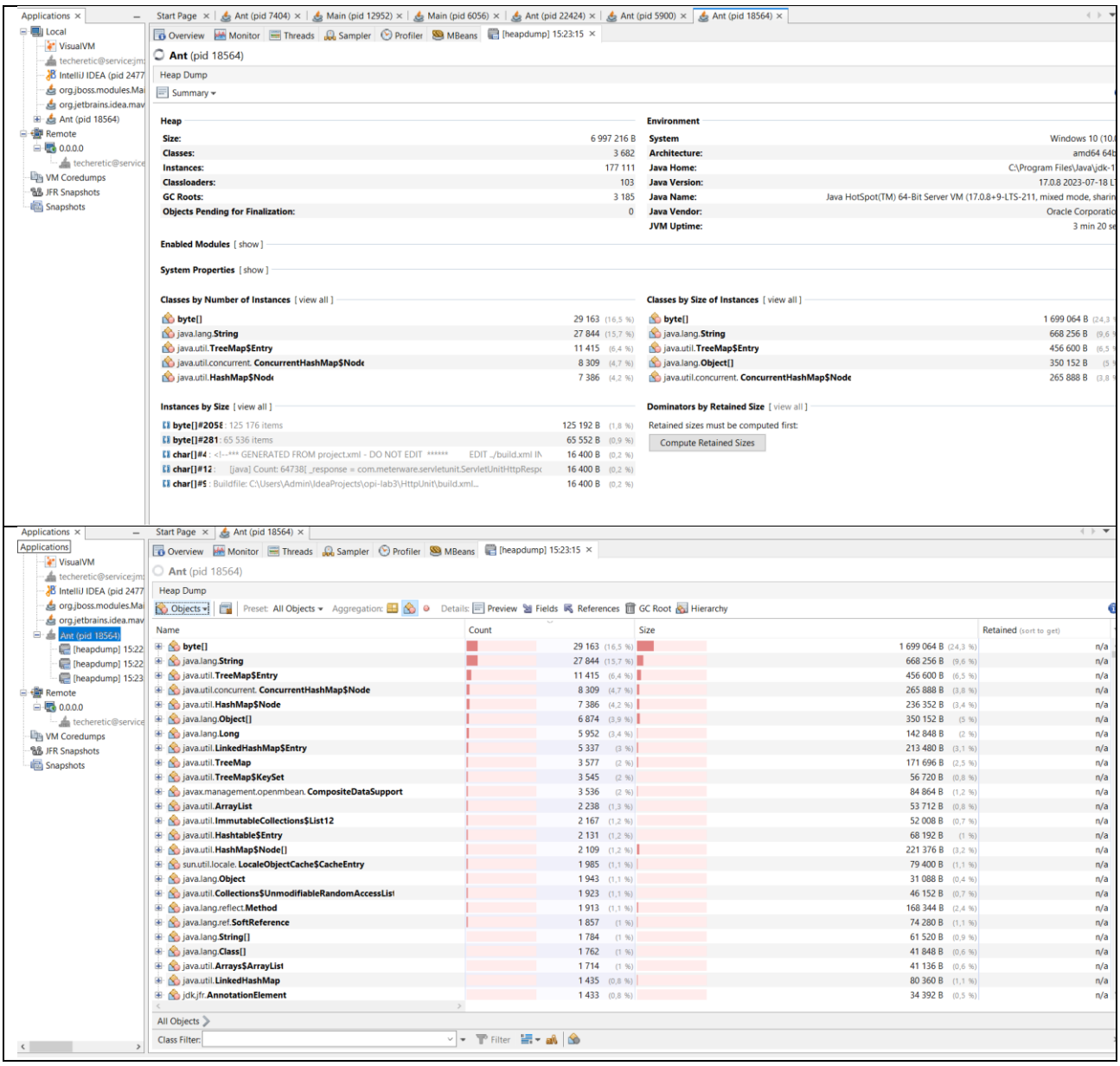
1. При мониторинге видна очевидная переработка GC:

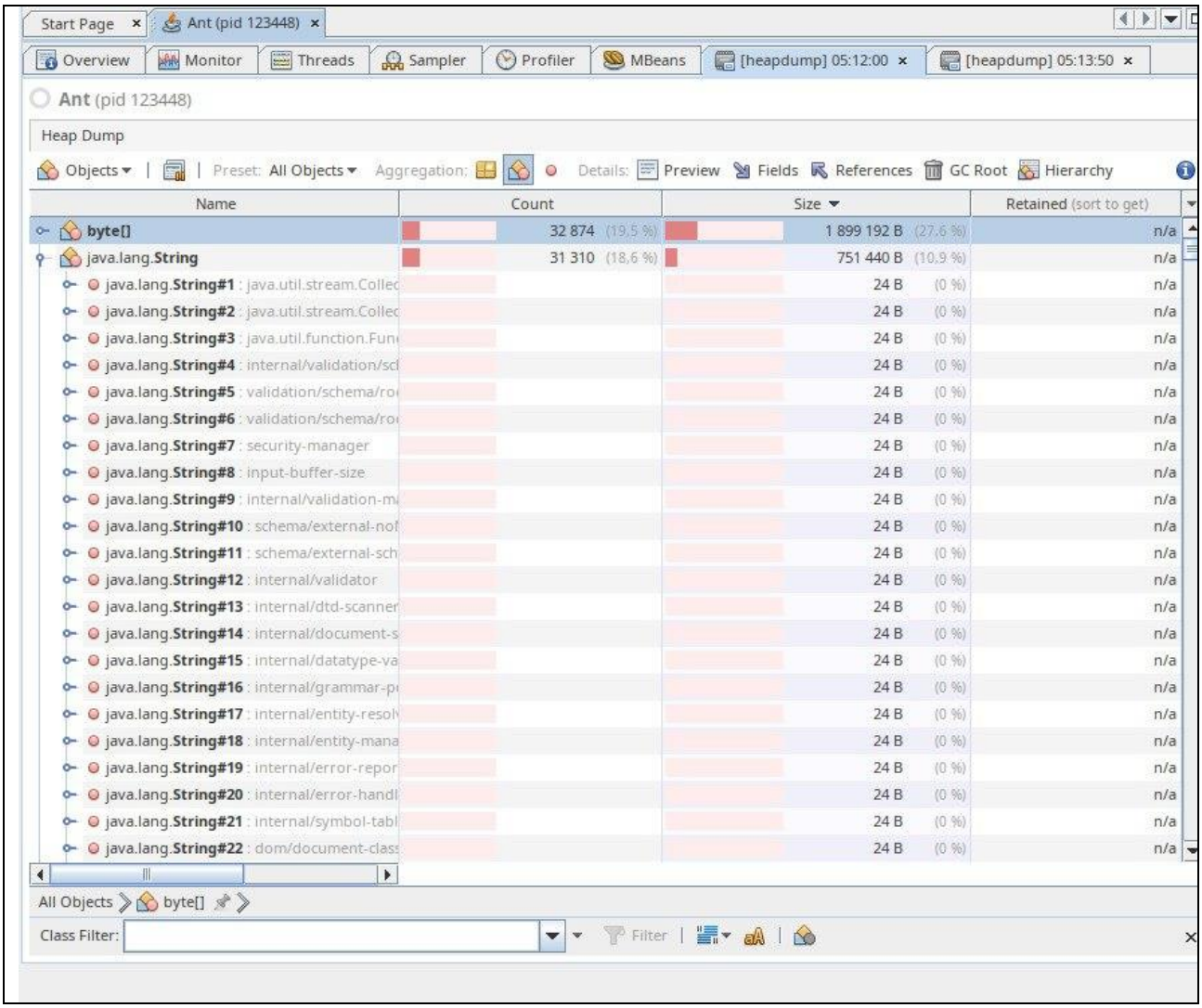


2. Программа падает через ~3-4 минуты, независимо от выделенной памяти для кучи:

```
[java] Count: 66515[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@3d430218]
[java] Count: 66516[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@722bfee0]
[java] Exception in thread "main" java.lang.OutOfMemoryError: Java heap space
[java]     at java.base/java.util.Arrays.copyOf(Arrays.java:3537)
[java]     at java.base/java.lang.AbstractStringBuilder.ensureCapacityInternal(AbstractStringBuilder.java:228)
[java]     at java.base/java.lang.AbstractStringBuilder.append(AbstractStringBuilder.java:582)
[java]     at java.base/java.lang.StringBuilder.append(StringBuilder.java:179)
[java]     at java.base/java.lang.StringBuilder.append(StringBuilder.java:173)
[java]     at java.base/java.lang.Throwable.printStackTrace(Throwable.java:673)
```

3. С помощью Heap Dump найдем объекты, занимающие большую часть памяти.

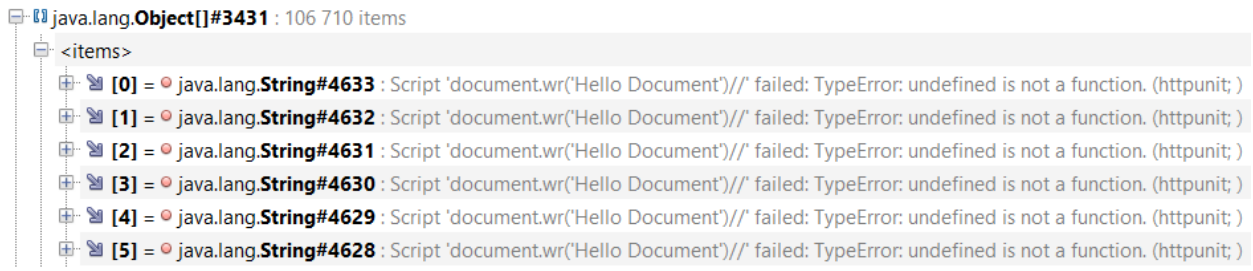


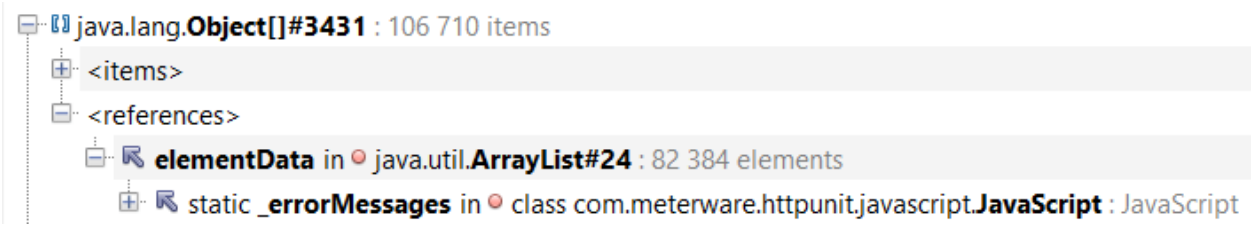


Из графиков использования памяти видно, что

- При работе приложения на каждый запрос создаются экземпляры строк и массивы byte[], затем используются по всему приложению и остаются использованными, но не очищенными в памяти. Хоть GC и отрабатывает корректно, он тратит слишком много ресурсов на очищение памяти, поэтому чтобы убрать излишнюю нагрузку надо устранить утечку;
- Размер кучи постоянно увеличивается, что свидетельствует о проблемах с использованием памяти в программе;
- Через некоторое количество времени получаем ошибку `OutOfMemoryError`.

Немного исследовав кучу, находим объект, занимающий много памяти (свыше 4мб), при этом содержащий повторяющиеся строки:





Объекты `_errorMessages` хранятся в `ArrayList`

```
private static ArrayList _errorMessages = new ArrayList();
```

Найдем строчку с добавлением объектов в этот список:

```
} else {
    _errorMessages.add( errorMessage );
}
```

В результате получается накопление `_errorMessages` в списке, за счет чего и получается переполнение памяти. В программе есть функция для очистки этого массива, однако можно заметить, что на самом деле она не используется нигде

```
static void clearErrorMessages() {
    _errorMessages.clear();
}
```

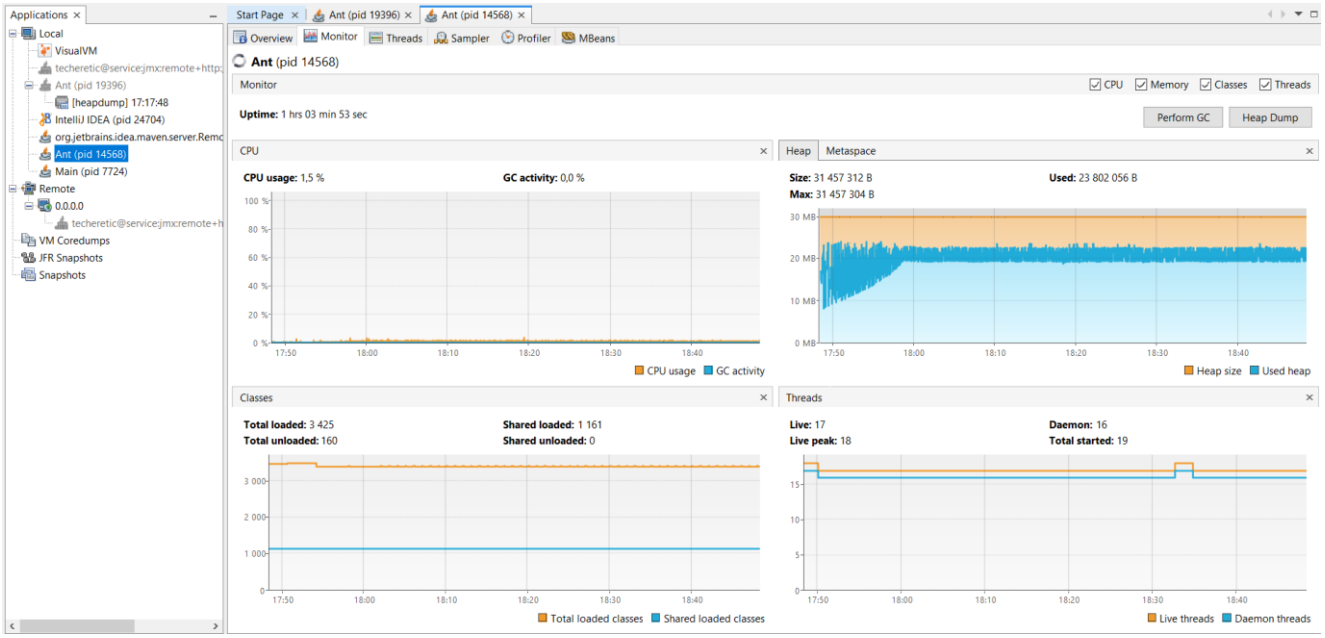
```
public void clearErrorMessages() {
    JavaScript.clearErrorMessages();
}
```

```
/**
 * Clears the accumulated script error messages.
 */
no usages
public static void clearScriptErrorMessages() {
    getScriptingEngine().clearErrorMessages();
}
```

Решением будет очистка списка `_errorMessage` после выполнения очередного запроса.

```
while (true) {
    WebResponse response = sc.getResponse(request);
    System.out.println("Count: " + number++ + response);
    HttpUnitOptions.clearScriptErrorMessages();
}
```

Запустим программу. Теперь изменения памяти во времени стали более стабильными, и ее значение не стремится к максимальному, так что можно сделать вывод, что GC работает более оптимально.



Программа работает стабильно и не падает с `OutOfMemoryException`.

```
[java] Count: 1773673[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@68f48597]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773674[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@31ebbba3]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773675[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@1834269b]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773676[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@309c898d]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773677[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@c2e4516]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773678[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@5c4a9717]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773679[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@c89bcd6]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773680[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@4702f48a]
[java] Errors count1
[java] Count: 1773681[ _response = com.meterware.servletunit.ServletUnitHttpResponse@795bb855]
```

3. Вывод

Во время выполнения лабораторной работы я познакомился с практикой написания MBeans в веб-приложениях, были изучены утилиты для мониторинга и профилирования работы программы JConsole и VisualVM, а также был получен опыт по полученным данным определять утечки памяти и устранять их.