

# Ковёр Серпинского, или как я познакомился с шейдерами

## Содержание

1. Ковёр Серпинского . . . . .	1
2. Построение фракталов . . . . .	1
3. Шейдеры . . . . .	2

Одним жарким летним днём мне пришла в голову идея научиться рисовать фракталы на OpenGL с шейдерами. В качестве примера я решил взять ковёр Серпинского, как относительно простой в определении и построении фрактал.

## 1. Ковёр Серпинского

Ковёр Серпинского можно просто получить из обычного квадрата: разделим квадрат на 9 частей и вырежем серединку. Теперь для каждого из восьми оставшихся квадратов сделаем то же самое. Повторив процедуру бесконечное число раз мы получим всюду дырявый квадрат, который и называется ковром Серпинского.

## 2. Построение фракталов

Понятно, что построить всюду дырявый ковер не получится: для определения всех точек, в него не попадающих потребуется сделать бесконечное число итераций. Поэтому мы сделаем просто достаточно много итераций и для каждого пиксела изображения определим, на какой

итерации мы его вырезали. По номеру итерации мы определим цвет, в который покрасим этот пиксель.

### 3. Шейдеры

Особенностью построения фракталов заключается в независимости цвета пиксела от цвета других пикселей. Поэтому считать итерации можно параллельно на видеокарте используя шейдер.

Перейдём к написанию кода для шейдера:

```

1  // shader.glsl
2
3  #version 120      // версия glsl
4
5  void main() {
6      // получаем координату точки на текстуре
7      vec2 p = gl_TexCoord[0].xy;
8
9      // число итераций
10     int iterations = 5;
11     int i;
12     for(i=0; i<iterations; ++i) {
13         // увеличим наш квадрат  $1 \times 1$  в 3 раза
14         p = 3.0 * p;
15
16         // если попали в середину, то прекращаем итерации
17         if (p.x > 1.0 && p.x < 2.0 &&
18             p.y > 1.0 && p.y < 2.0)
19             break;
20
21         // снова возвращаемся к квадрату  $1 \times 1$ 
22         p -= vec2(ivec2(p));
23     }
24
25     // определяем оттенок серого по числу итераций
26     vec3 color = vec3(float(i) / float(iterations));
27     gl_FragColor = vec4(color, 1.0);

```

28 }

А теперь напишем на С простенькую программу, чтобы используя этот шейдер нарисовать ковёр Серпинского:

```

1  // main.c
2
3  #include <GL/glew.h>
4  #include <GL/glut.h>
5  #include <stdio.h>
6
7  GLuint program;
8  void render();
9  char* readFile();
10
11 int main(int argc, char** argv) {
12     glutInit(&argc, argv);
13     glutInitDisplayMode(GLUT_RGBA | GLUT_DOUBLE |
14         GLUT_MULTISAMPLE);
15     glutInitWindowSize(500, 500);
16     glutInitWindowPosition(50, 50);
17     glutCreateWindow("Sierpinski carpet");
18     glutDisplayFunc(render);
19     glewInit();
20
21     // компиляция и линковка шейдера
22     program = glCreateProgram();
23     GLuint shader = glCreateShader(GL_FRAGMENT_SHADER);
24     const char* buffer = readFile("shader.glsl");
25     glShaderSource(shader, 1, &buffer, 0);
26     glCompileShader(shader);
27     glAttachShader(program, shader);
28     glLinkProgram(program);
29
30     glutMainLoop();
31 }
32 void render() {

```

```

33     glUseProgram(program);
34
35     // рисуем квадрат на всё окно
36     // именно его текстуру будет рисовать шейдер
37     glBegin(GL_POLYGON);
38     glTexCoord2f(1, 0);
39     glVertex2f(1, -1);
40     glTexCoord2f(1, 1);
41     glVertex2f(1, 1);
42     glTexCoord2f(0, 1);
43     glVertex2f(-1, 1);
44     glTexCoord2f(0, 0);
45     glVertex2f(-1, -1);
46     glEnd();
47
48     glUseProgram(0);
49
50     glutSwapBuffers();
51 }
52
53
54 char * readFile(const char* fname) {
55     FILE* fp;
56     long lSize;
57     char* buffer;
58
59     fp = fopen (fname, "r");
60     if(!fp) {
61         perror(fname);
62         exit(1);
63     }
64
65     fseek(fp, 0L, SEEK_END);
66     lSize = ftell(fp);
67     rewind(fp);
68
69     /* выделяем память для текста + 1 для нулевого байта */

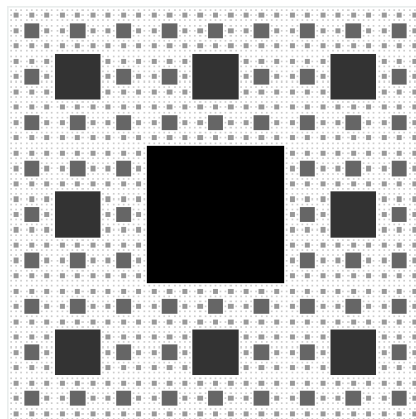
```

```

70  buffer = calloc(sizeof(char), lSize+1);
71  if(!buffer) {
72      fclose(fp);
73      fputs("memory alloc fails", stderr);
74      exit(1);
75  }
76
77  /* копируем содержимое файла в буфер */
78  if(1!=fread(buffer, lSize, 1, fp)) {
79      fclose(fp);
80      free(buffer);
81      fputs("entire read fails", stderr);
82      exit(1);
83  }
84
85  fclose(fp);
86  return buffer;
87  }

```

В результате получаем вот такую красоту:



**Рис. 1.** Ковёр Серпинского

Код можно взять [здесь](#).