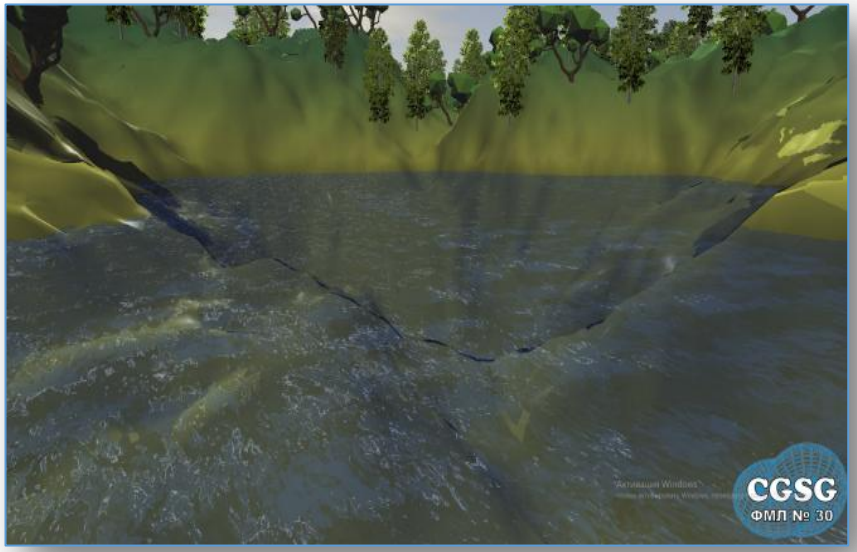
Визуализация и симуляция водных поверхностей

Кочугуева Мария 09-3 класс
Арсентьев Артемий 09-4 класс
Нечаев Владимир 09-4 класс
Купченков Иван 10-4 класс
Белых Андрей 10-7 класс
Новожилова Марьяна 10-7 класс
Поротиков Валерий 10-7 класс
Третьяков Андрей 10-7 класс

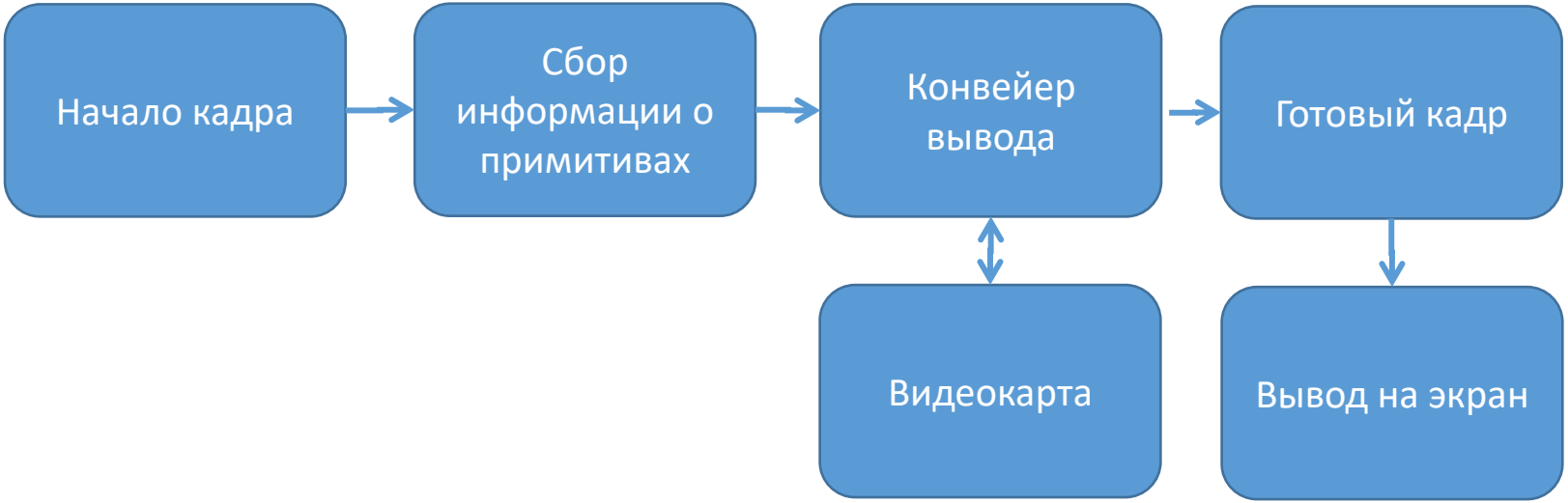


Научный руководитель: Галинский В.А., руководитель группы компьютерной графики,
преподаватель информатики и программирования СПб губернаторского физико-математического лицея № 30

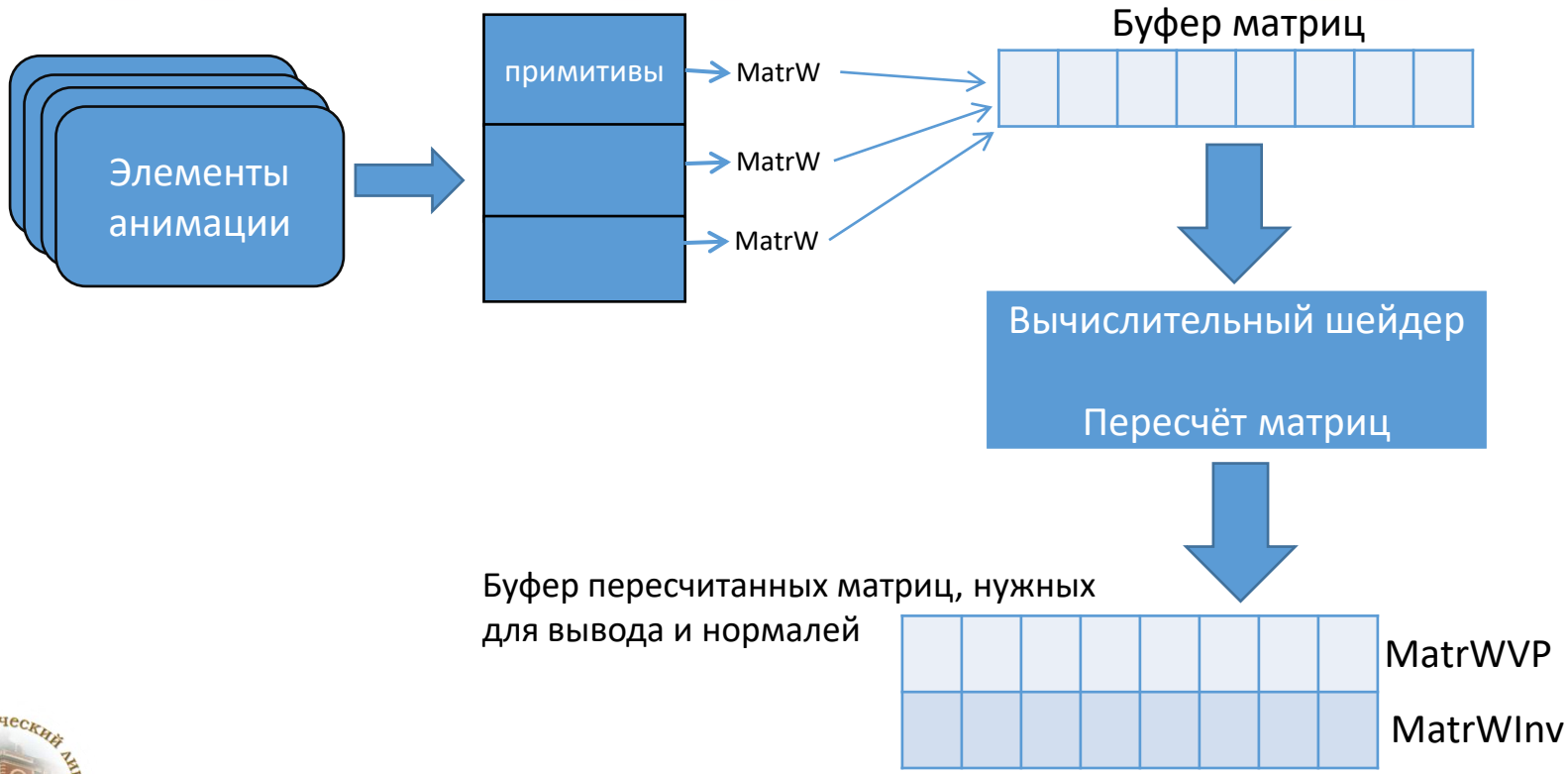
Структура проекта

Рендеринг

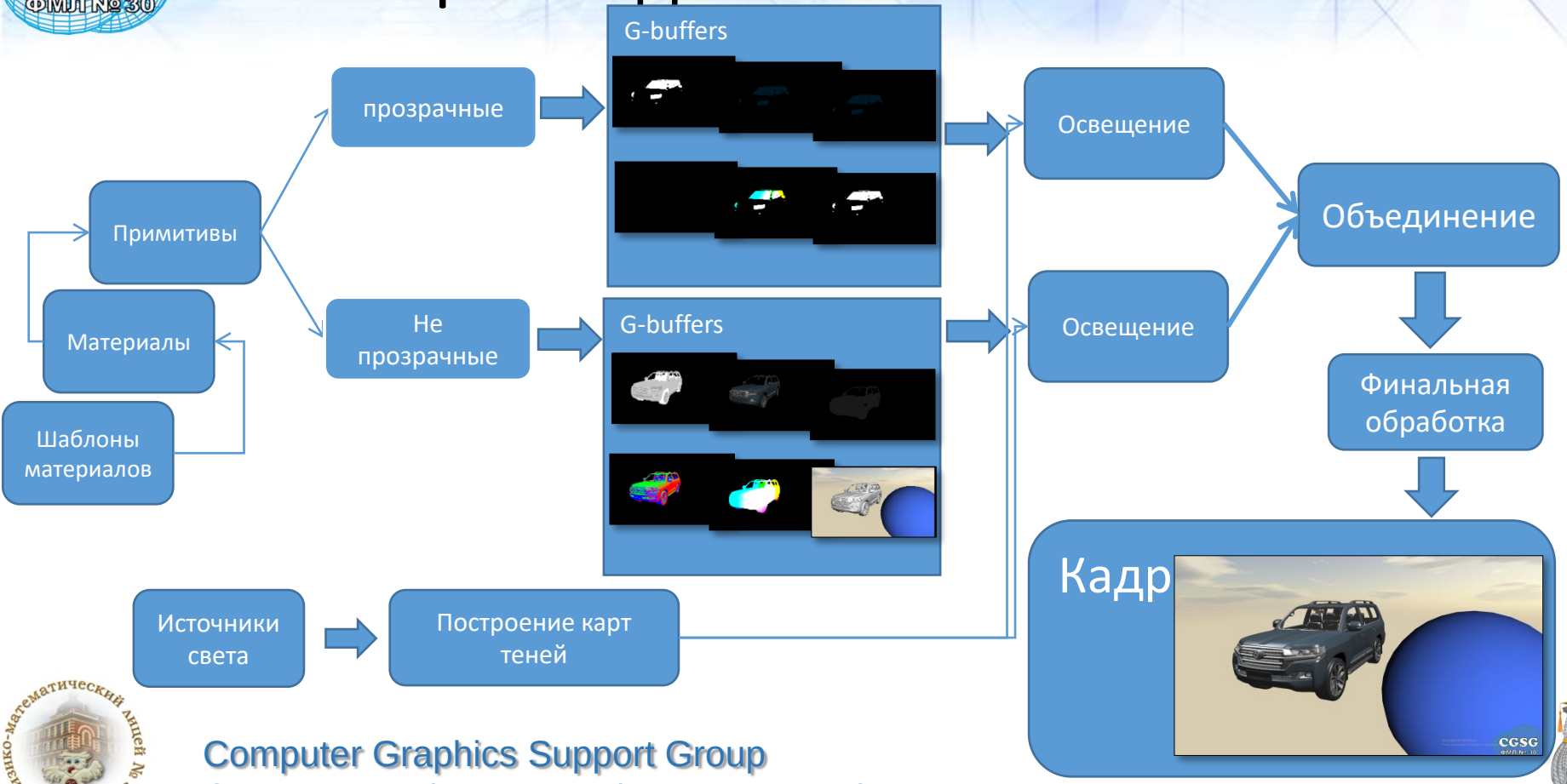
- Для графического вывода объектов и работы с видеокартой мы используем стандарт openGL (Open Graphics Library).



Конвейер вывода



Конвейер вывода

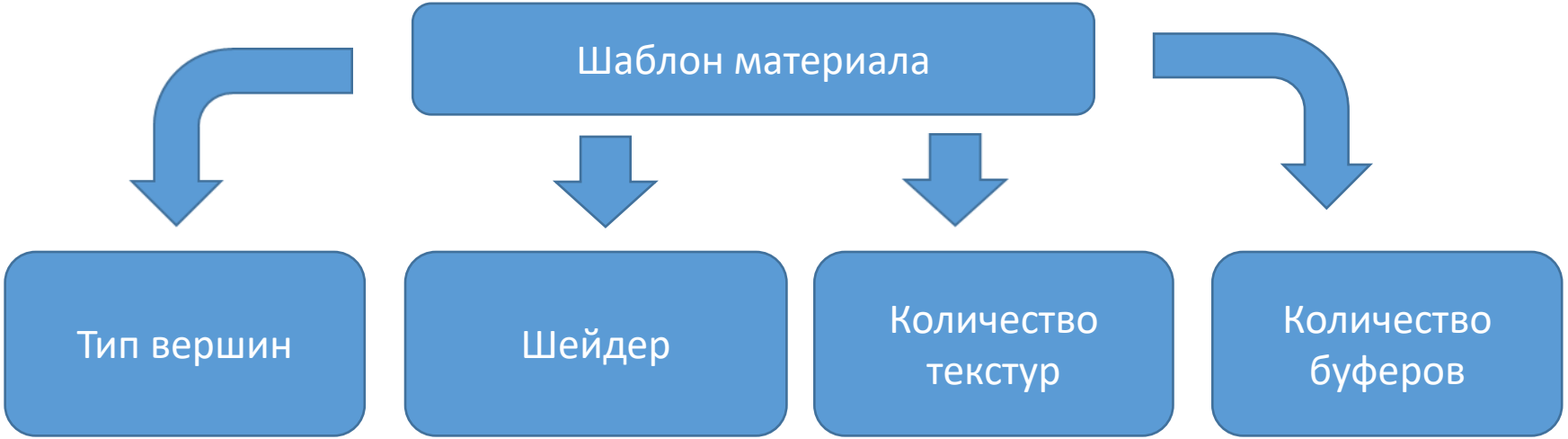


Ресурсы

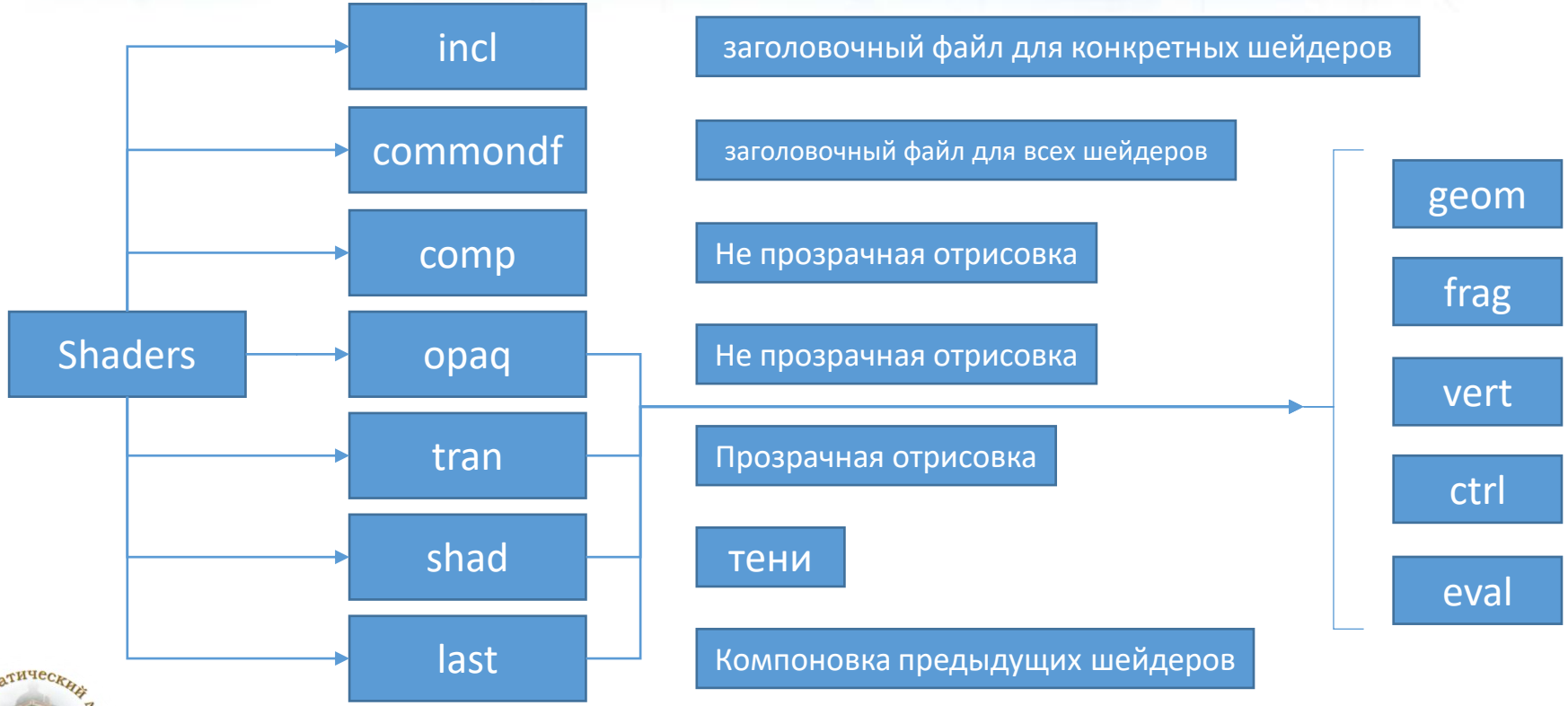
Ресурсы
Топологии
Изображения
Модели
Шрифты
Шейдеры
Примитивы
Текстуры
Материалы
Буферы
Шаблоны материалов

Шаблоны материалов

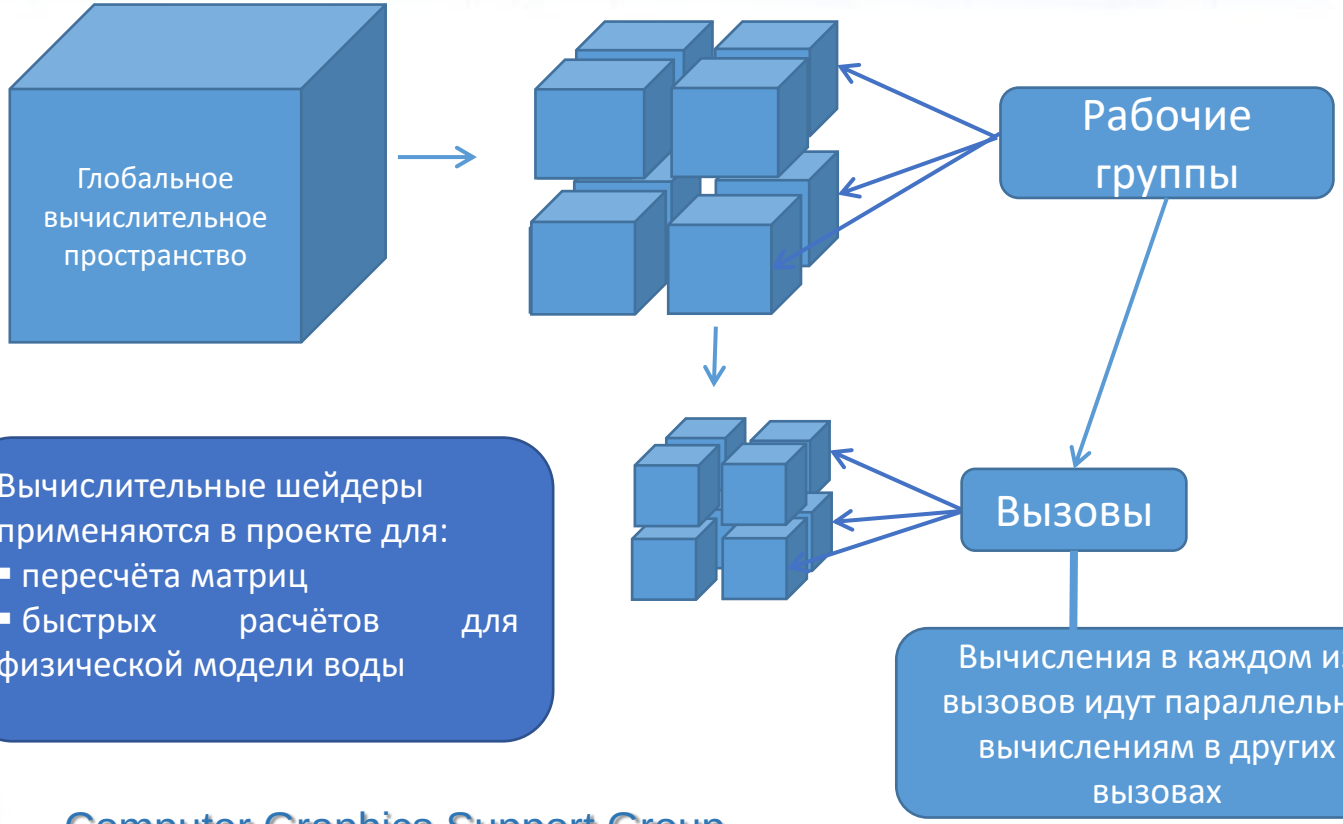
Каждому материалу соответствует определенный шаблон.



Шейдеры


Shaders
incl
commondf
comp
opaq
tran
shad
last
заголовочный файл для конкретных шейдеров
заголовочный файл для всех шейдеров
Не прозрачная отрисовка
Не прозрачная отрисовка
Прозрачная отрисовка
тени
Компоновка предыдущих шейдеров
geom
frag
vert
ctrl
eval

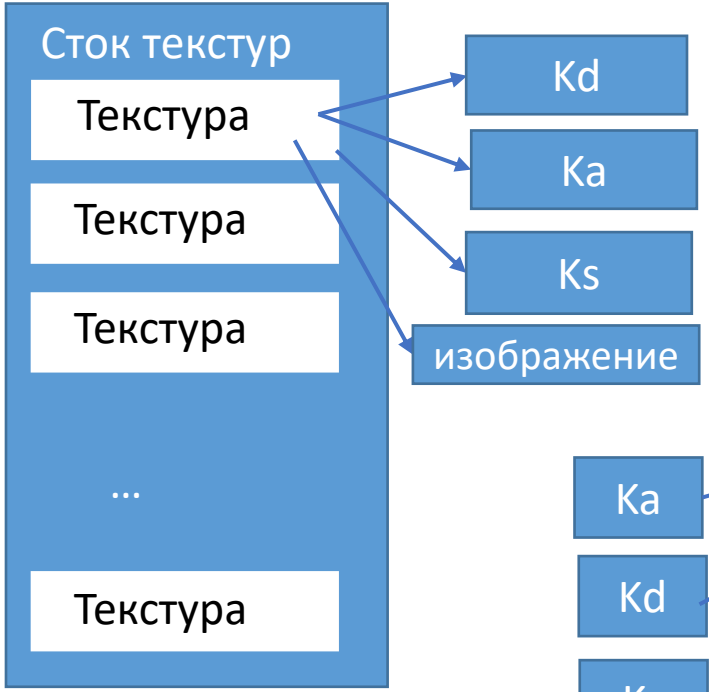
Вычислительные шейдеры

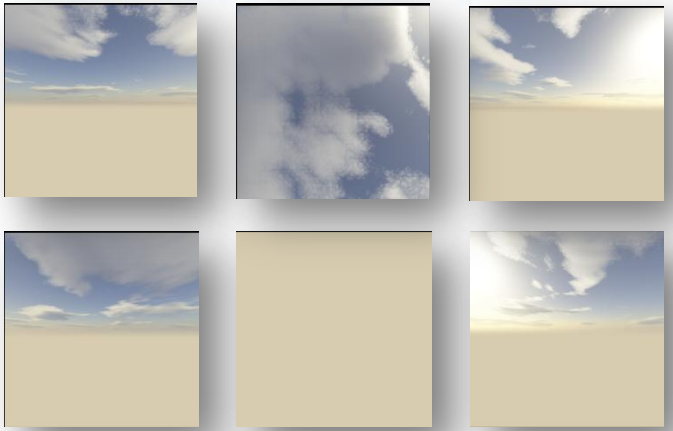


Вычислительные шейдеры применяются в проекте для:

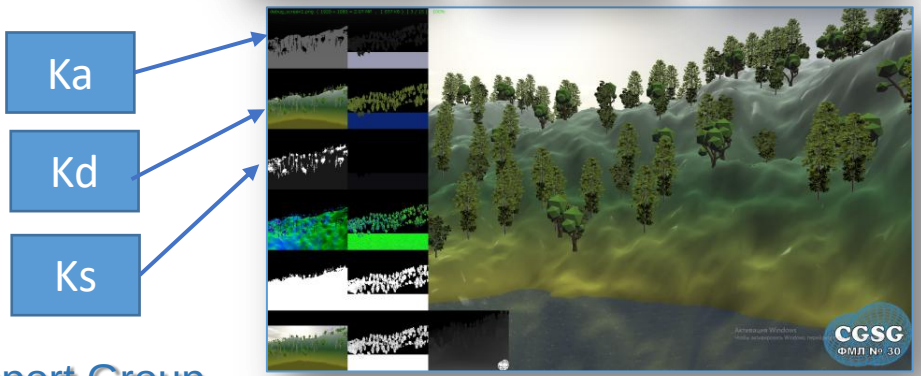
- пересчёта матриц
- быстрых расчётов для физической модели воды

Текстуры

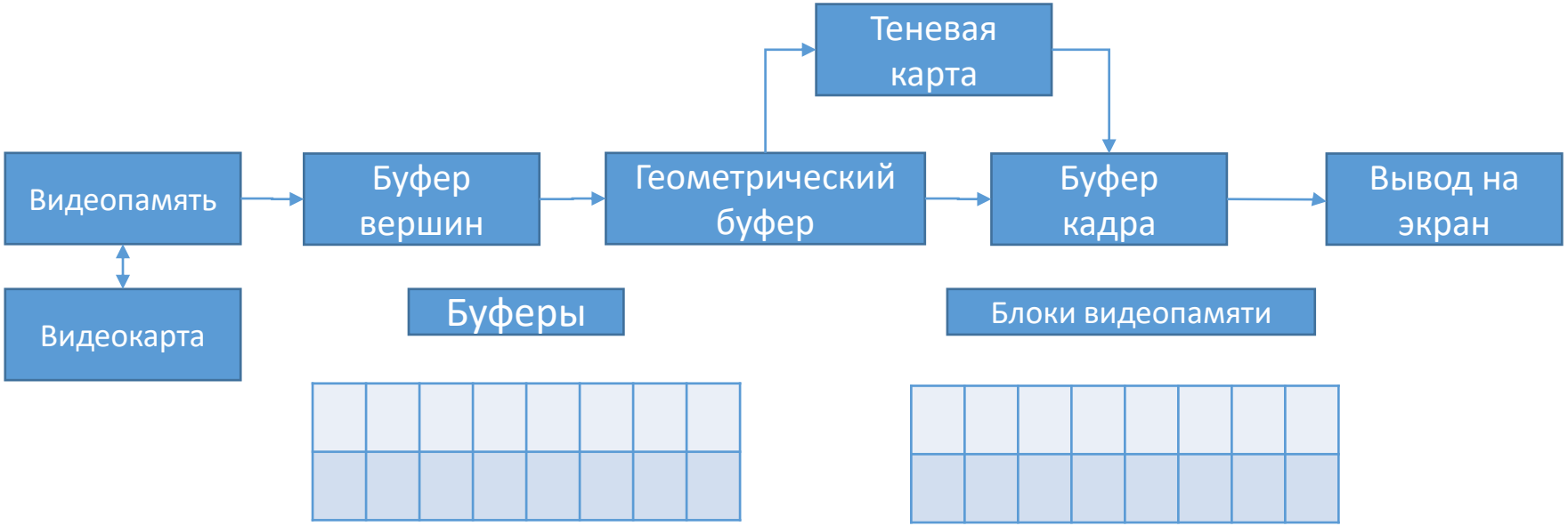




Skybox



Буферы

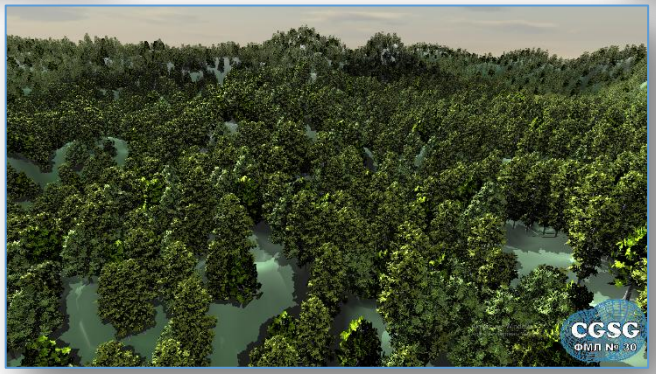

Теневая карта
Видеопамять
Буфер вершин
Геометрический буфер
Буфер кадра
Вывод на экран
Видеокарта
Буферы
Блоки видеопамяти

Примитивы

Примитивы

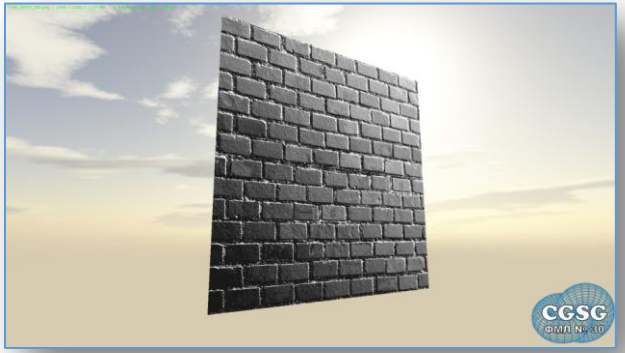
- Vertex array Id → Связка посылаемых данных
- Vertex buffer Id → Массив данных, отсылаемых в видеокарту
- Index buffer Id → Массив, показывающий, какие точки соединять треугольниками
- Указатель на материал → Указатель на материал, в котором хранится шейдер для отрисовки и буфер
- Массив матриц → World Матрицы нужные для рисования в 3д
- Количественные параметры

Показательные примеры

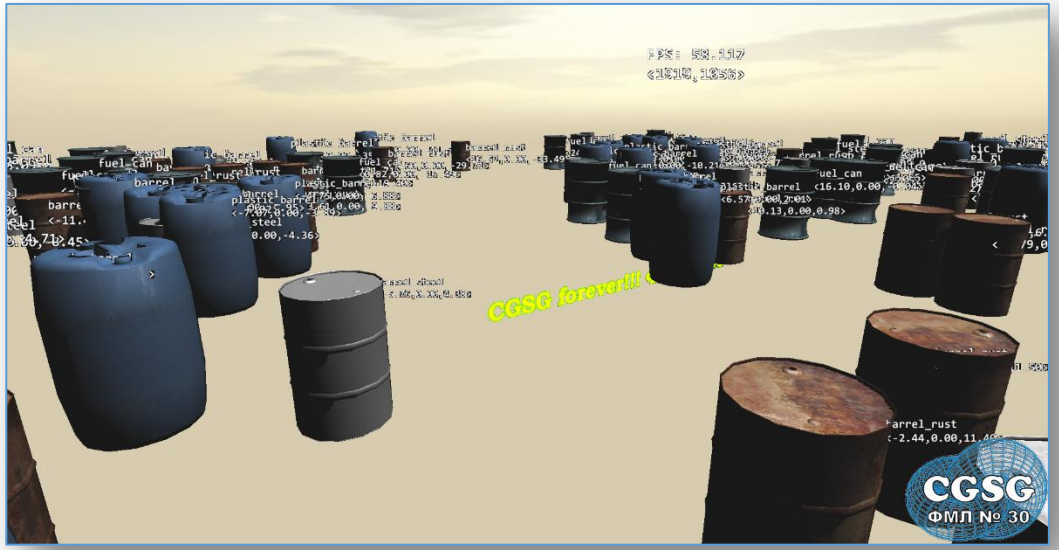


Изображения и шрифты

Выведенная в консоли картинка



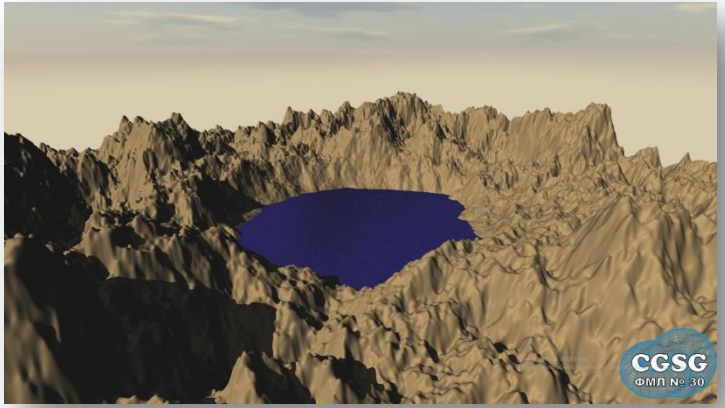
Выведенная текстурой картинка



Шрифты: text, billboard, marker

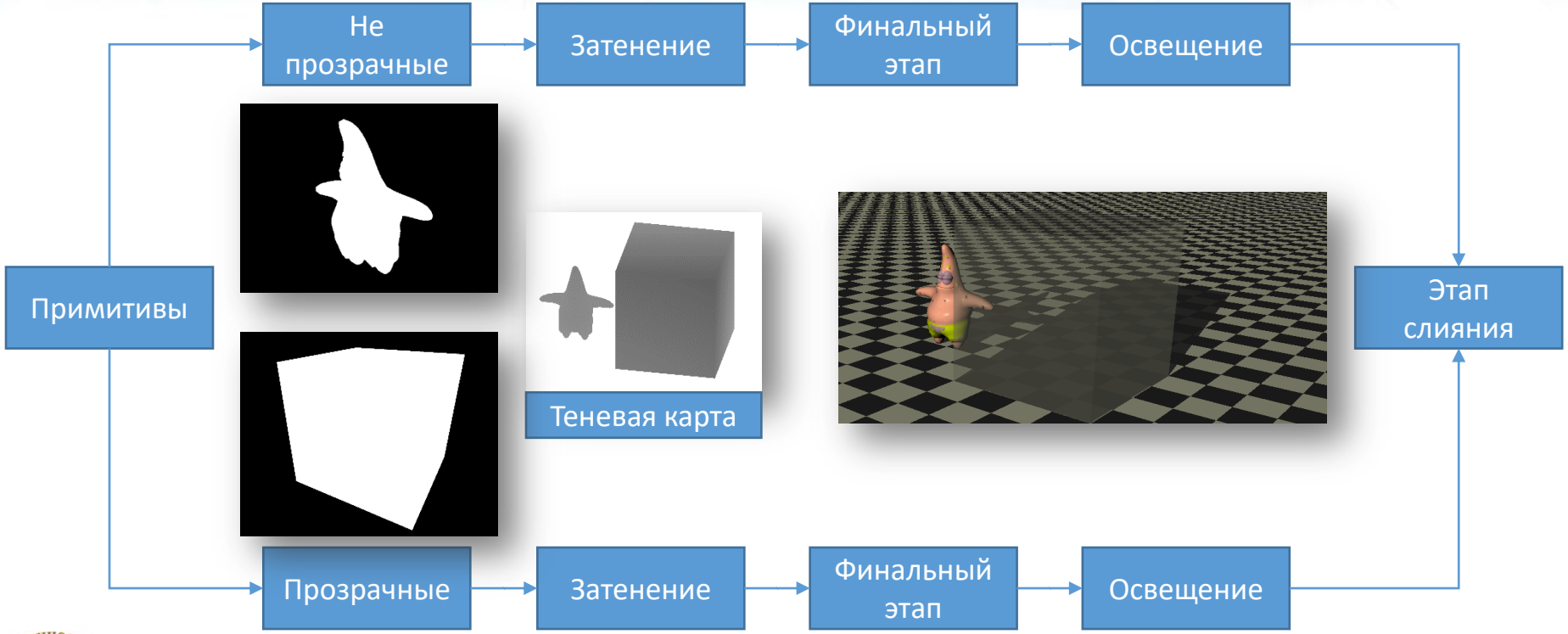
Топология

Топология представляет собой систему хранения и представления вершин объектов. В проекте реализована структура топологии grid (сетка).

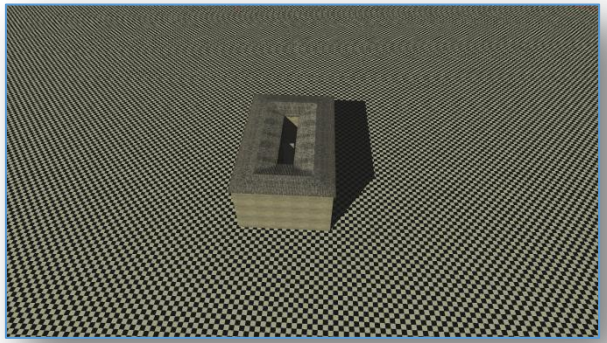


- VERTEX_STD4
  - Позиция
  - Текстурные координаты
  - Цвет
  - Нормаль

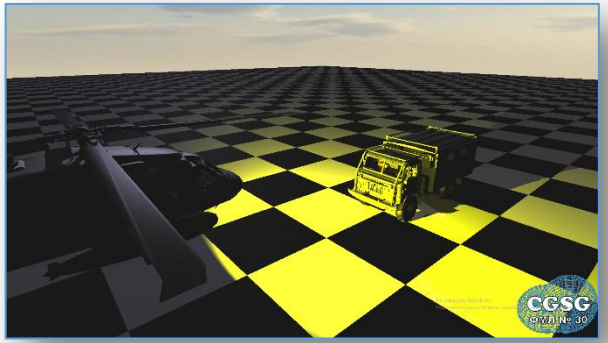
Освещение в конвейере вывода



Источники света



Point Light



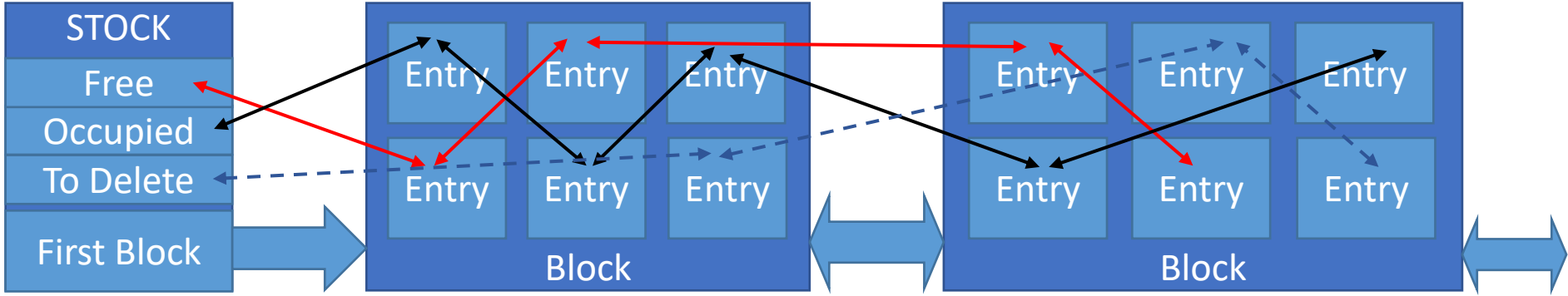
Directional Light

Spot Light

Таргеты

- Таргет - буфер кадра.
- Таргет хранит данные в виде текстур.
- В основном конвейере вывода используются 6 таргетов: по 2 на вывод и освещение прозрачных и непрозрачных объектов, один для склейки, и один для пост-процессинга.

Система хранения ресурсов

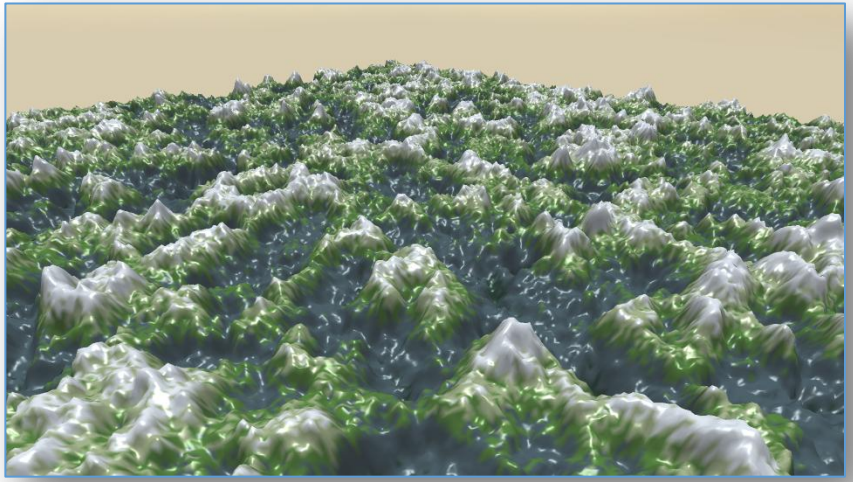


Стоки предназначены для хранения, прямого доступа и последовательного перебора данных ресурсов системы.

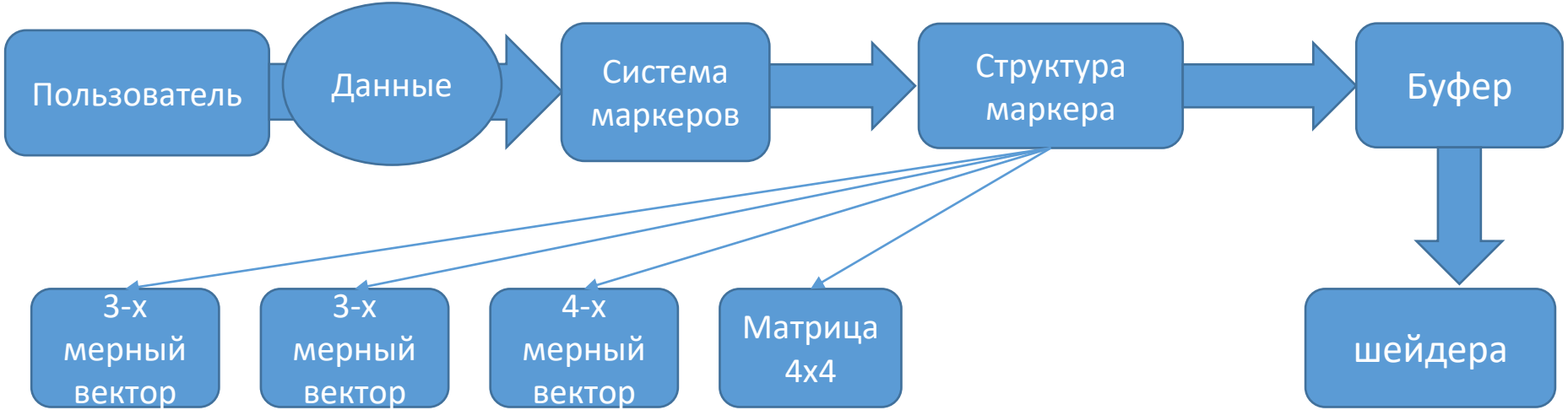
Необходимость использования обусловлена невозможностью моментального удаления графических ресурсов до окончания вывода текущего кадра.

Модуль математики

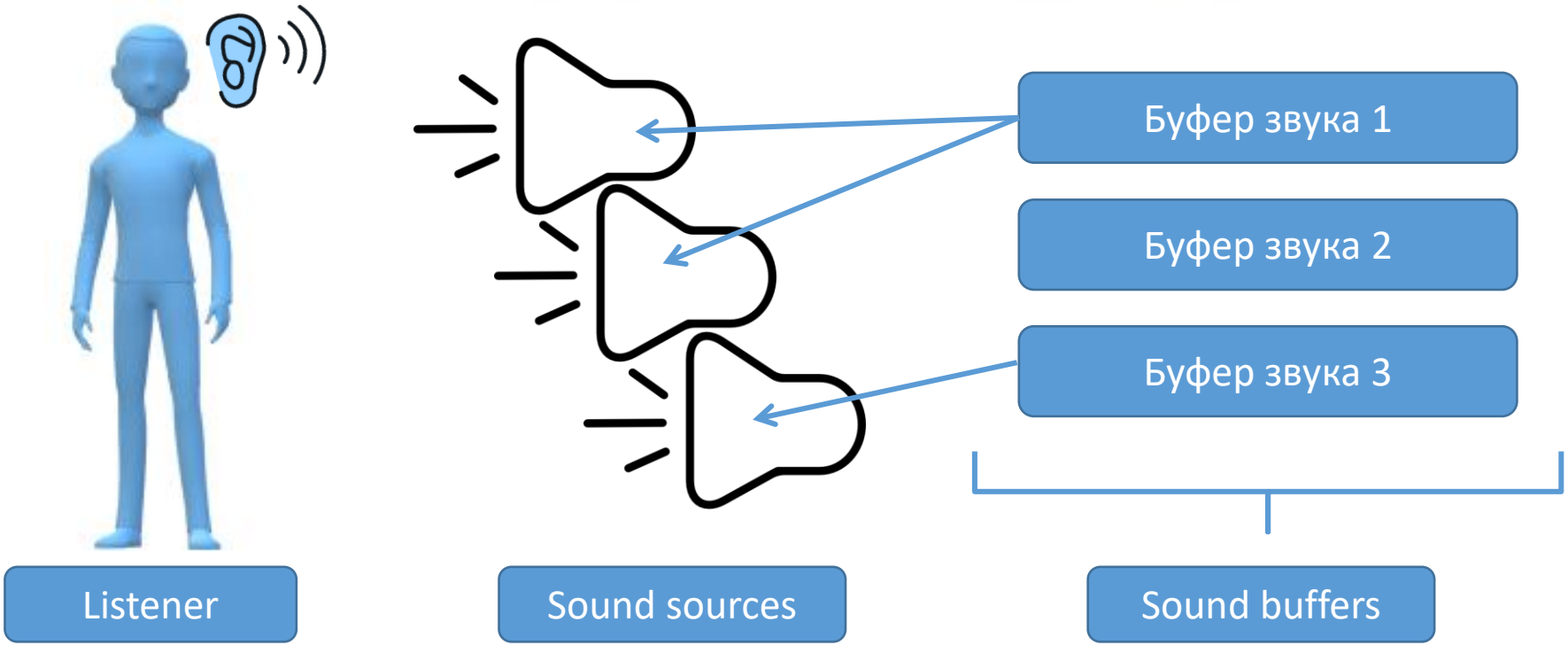
- Матрицы (операции, преобразования, проекции)
- Векторы (операции, нормализация)
- Шум (турбулентность)



Маркеры


Пользователь
Данные
Система маркеров
Структура маркера
Буфер
3-х мерный вектор
3-х мерный вектор
4-х мерный вектор
Матрица 4x4
шейдера

Система звука



Сцены

Пример работы переключения сцен:

Обязательные юниты, включающиеся в каждой сцене

Файл, в котором описаны сцены:

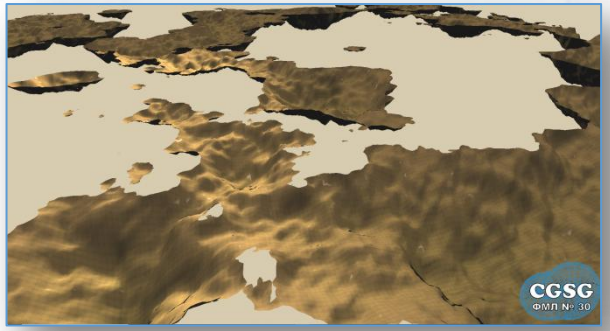
Названия сцен

```
<Common>
"Control"
"Skybox"
<PhysWaterScene>
loc: 47, 77.47, 102;
at: 0, -8, 9;
"Phys water unit"
<ProjGridWaterScene>
loc: 0, 47, -18;
at: -3.047, 0, -8;
"Projected grid water unit"
<StillWaterScene>
"Still water unit"
<TestScene>
"Normal mapping test unit"
```

Параметры камеры (места, откуда и куда смотрит) (параметры могут отсутствовать)

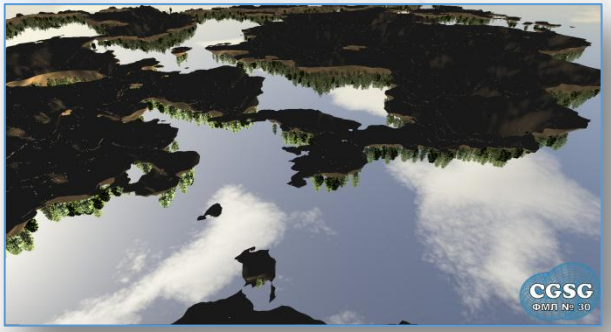
Названия юнитов

Симуляция водной поверхности: still water



Refraction target

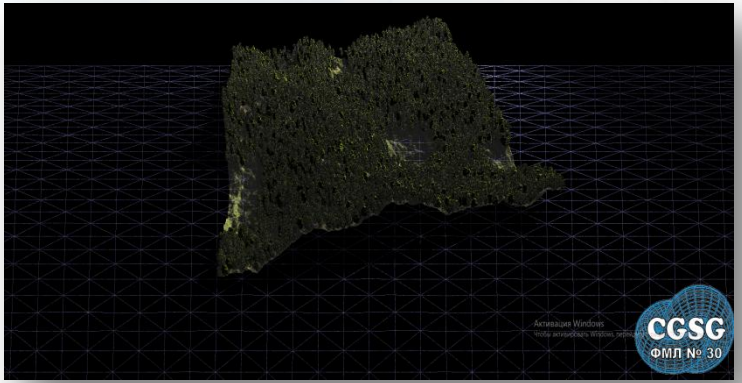
Fresnel effect

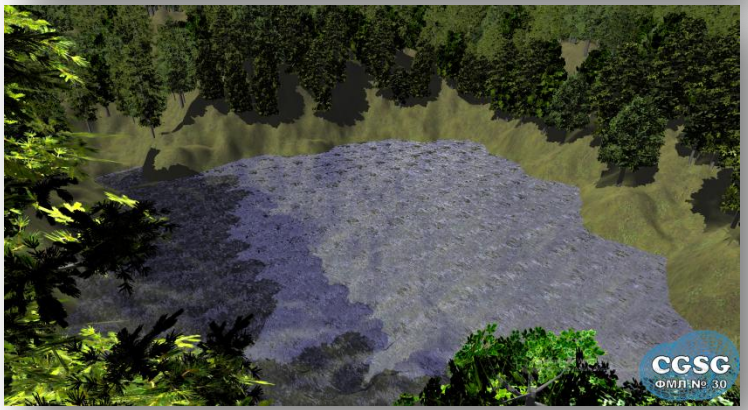


Reflection target

Сетка проекции водной поверхности

- Находим 4 крайние точки пересечения рёбер пирамиды видимости камеры с горизонтальной плоскостью воды.
- Позиции точек пересечения линейно интерполируем между всеми вершинами плоскости воды.
- Для корректного нахождения крайних точек необходимо искать специального проектора для обработки особых случаев.





Физическая модель воды (SPH)

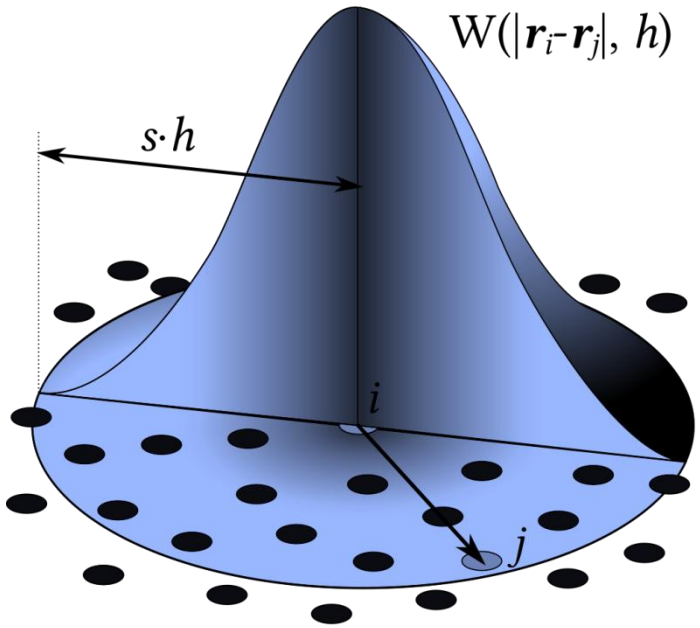
$$A_S(\mathbf{r}) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} W(\mathbf{r} - \mathbf{r}_j, h)$$

$$\rho_S(\mathbf{r}) = \sum_j m_j W(\mathbf{r} - \mathbf{r}_j, h)$$

$$W_{\text{poly6}}(\mathbf{r}, h) = \frac{315}{64\pi h^9}(h^2 - r^2)^3$$

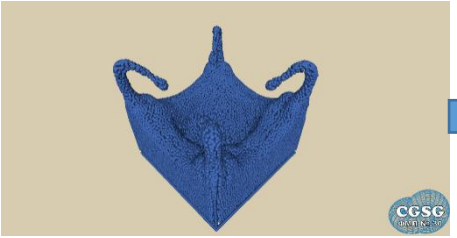
$$W_{\text{spiky}}(\mathbf{r}, h) = \frac{15}{\pi h^6}(h - r)^3$$

$$W_{\text{viscosity}}(\mathbf{r}, h) = \frac{15}{2\pi h^3}\left(-\frac{r^3}{2h^3} + \frac{r^2}{h^2} + \frac{h}{2r} - 1\right)$$

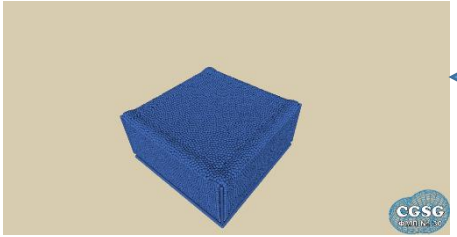


Физическая модель воды

Начало анимации



Конец анимации



Построение примитива каждый кадр

Просчеты производились на GPU через вычислительные шейдеры,
в среднем: 30 fps для 20.000 частиц.

Заключение

- Реализована удобная система анимации и рендеринга.
- Создан уникальный конвейер графического вывода объектов на экран.
- Использованы возможности видеокарты для повышения производительности.
- Визуализация водных поверхностей реализована тремя разными способами.

Разработка кода

- **Кочугуева Мария 09-3**
работа с картинками, система ввода, таймер высокого разрешения
- **Арсентьев Артемий 09-4**
модуль математики, система освещения и теней
- **Нечаев Владимир 09-4**
работа с ресурсами: шейдера, буфера, текстуры.
- **Купченков Иван 10-4**
модуль вычислительных шейдеров, разработка системы сцен
- **Белых Андрей 10-7**
физическая модель водной поверхности, система хранения ресурсов.
- **Новожилова Марьяна 10-7**
симуляция водной поверхности, система материалов и их шаблонов
- **Поротиков Валерий 10-7**
система маркеров, модуль работы со звуком
- **Третьяков Андрей 10-7**
конвейер вывода, система рендеринга, projected grid water

Разработка кода

Авторов: 8

Языки: C / GLSL

(вершинные, тесселяционные, геометрические, пиксельные и вычислительные шейдера)

Время разработки: зима-лето 2024-2025

Размер кода: 0.9 MiB

(70 x *.c – 521 KiB, 45 x *.h – 203 KiB, 133 x *.glsl – 172 KiB)

Строк кода: 28700

(*.c – 16720, *.h – 6420, *.glsl – 5560)