

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ЗАО «АйТи»



Бакиев О.Р.

“25” сентября 2011 г.

УТВЕРЖДАЮ

Ректор НИУ ИТМО



Васильев В.Н.

“25” сентября 2011 г.

МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА СОЗДАНИЯ
И УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДОЙ
ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ CLAVIRE

ПРОГРАММНЫЙ КОМПОНЕНТ СЕРВЕРНОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ CLAVIRE/CSNV

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

RU.CНАБ.80066-06 13 22-ЛУ

Представители
Организации-разработчика

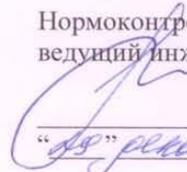
Руководитель разработки,
профессор НИУ ИТМО


Бухановский А.В.
“25” сентября 2011 г.

Ответственный исполнитель,
с.н.с. НИУ ИТМО


Луценко А.Е.
“25” сентября 2011 г.

Нормоконтролер
ведущий инженер НИУ ИТМО


Позднякова Л.Г.
“25” сентября 2011 г.

Име.№ годл.	Подп. и дата
Взам.име.№	Подп. и дата
Име.№ дубл.	Подп. и дата

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

УТВЕРЖДЕН

RU.СНАБ.80066-06 01 Ошибка! Источник ссылки не найден.2-ЛУ

**МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА СОЗДАНИЯ
И УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДОЙ
ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ CLAVIRE**

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПОНЕНТ СЕРВЕРНОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ CLAVIRE/CSNV**

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

RU.СНАБ.80066-06 13 ОШИБКА! ИСТОЧНИК ССЫЛКИ НЕ НАЙДЕН.2

Ине.№ подл.	Подп. и дата	Взам. ине.№	Ине.№ дубл.	Подп. и дата	

ЛИСТОВ 17

2011

АННОТАЦИЯ

Документ содержит описание программного компонента серверной визуализации CLAVIRE/CSNV RU.СНАБ.80066-06 01 22, предназначенного для визуализации результатов расчетов пакетов различных предметных областей. Программный компонент серверной визуализации разработан в ходе выполнения проекта «Создание распределенной вычислительной среды на базе облачной архитектуры для построения и эксплуатации высокопроизводительных композитных приложений» (Договор № 21057 от 15 июля 2010 г., шифр 2010-218-01-209) в рамках реализации постановления Правительства РФ № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства»

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	4
2.	ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ	4
3.	ОПИСАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ	5
3.1.	Принципы функционирования CSNV	5
3.1.1.	Визуализация результатов квантово-механических расчетов.....	5
3.1.2.	Визуализация уровней Финского залива.....	8
3.2.	Программная архитектура CSNV	9
3.3.	Основные классы CSNV	10
3.3.1.	Класс ServerVision	10
3.3.2.	Класс FloodVision	11
3.3.3.	Класс NanoVision	11
3.3.4.	Класс ServerListener	11
3.3.5.	Эффект Solid.fx	12
3.3.6.	Эффект Volume.fx	12
3.3.7.	Эффект flood_effect.fx	12
4.	ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА	12
5.	ВЫЗОВ И ЗАГРУЗКА	12
6.	ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ	13
7.	ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ	13
	ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	16

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программный компонент серверной визуализации CLAVIRE/CSNV RU.СНАБ.80066-06 01 22 (далее CSNV) предназначен для отображения результатов вычислений предметно-ориентированных приложений, выполняемых в МИТП CLAVIRE. Данный компонент разработан на языке Microsoft C# с использованием фреймворка Microsoft XNA и представляет собой HTTP-сервер, обрабатывающий запросы на визуализацию результатов расчета и формирующий ответы с включенными в них изображениями.

Компонент функционирует на аппаратных системах с архитектурой процессора x86. Для его работы необходимо следующее системное программное обеспечение: ОС семейства Windows NT (версии старше Windows 2000), .NET 3.5, XNA Framework Redistributable 3.0, XNA Framework Redistributable 3.1

2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

Программный компонент CSNV обеспечивает визуализацию результатов вычислений предметно-ориентированных приложений, выполняемых в МИТП. Построение изображения происходит на удаленном сервере по http-запросу пользователя (который осуществляется через web-интерфейс). Сервер анализирует запрос, загружает необходимые данные, формирует и высылает пользователю изображение, которое отображается в окне web-браузера.

Компонент CSNV поддерживает различные виды визуализации для разных предметных областей, в частности, визуализацию для квантово-механических систем, динамических морских сцен и нагонных наводнений. Поддержка и введение новых предметных областей осуществляются путем создания дополнительных модулей в CSNV.

Средства программного компонента CSNV включают:

- 1) визуализацию трехмерных скалярных полей методом растеризации срезов;
- 2) визуализацию твердых тел;
- 3) подготовку и визуализацию специфических объектов заданной предметной области.

3. ОПИСАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

3.1. Принципы функционирования CSNV

Основной принцип работы программного компонента заключается в ожидании http-запроса, при поступлении которого последовательно происходят считывание данных из хранилища и визуализация полученных данных в соответствии с заданными параметрами.

Особенностью реализации CSNV является то, что входные данные кэшируются и на локальном диске, и в оперативной памяти. Кэширование данных на локальном диске снижает количество обращений к компоненту хранения данных. Кэширование данных в оперативной памяти позволяет снизить количество обращений к диску и, как следствие, уменьшить время формирования изображения. На рис. 3.1 приведен алгоритм работы CSNV.

На данный момент компонент поддерживает:

- визуализацию результатов квантово-механических расчетов.
- визуализацию уровней Финского залива.

3.1.1. Визуализация результатов квантово-механических расчетов

Результаты квантово-механических расчетов хранятся в файлах с расширением CUBE или XYZ. CUBE-файлы содержат информацию о положении атомов в пространстве и электронной плотности. XYZ-файлы содержат информацию только о положении атомов. Чтение файлов и обработка CUBE и XYZ осуществляются посредством библиотеки OpenVabel. Визуализация осуществляется следующим образом.

- 1) Загружается файл CUBE или XYZ.
- 2) Считываются положение и порядковые номера в периодической таблице атомов.
- 3) Восстанавливаются связи между атомами.
- 4) Строится полигональная сетка из «шариков» и «палочек». Радиус шариков и палочек определяется параметрами визуализации.
- 5) Осуществляется растеризация полигональной модели молекулы с закрашиванием по модели освещения Фонга.
- 6) Если в файле содержится информация об электронной плотности, то осуществляется загрузка данных об электронной плотности в трехмерную текстуру.

RU.СНАБ.80066-06 13 2 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

- a. Формируется набор срезов: от 100 до 1000 срезов, перпендикулярных осям (см. рис. 3.2), так чтобы они заполняли весь заданный объем.
- b. Срезы сортируются по удалению от наблюдателя.
- c. Осуществляется растеризация срезов с использованием значений из трехмерной текстуры, причем значение плотности отображается в цветовое пространство RGBA с помощью палитры.

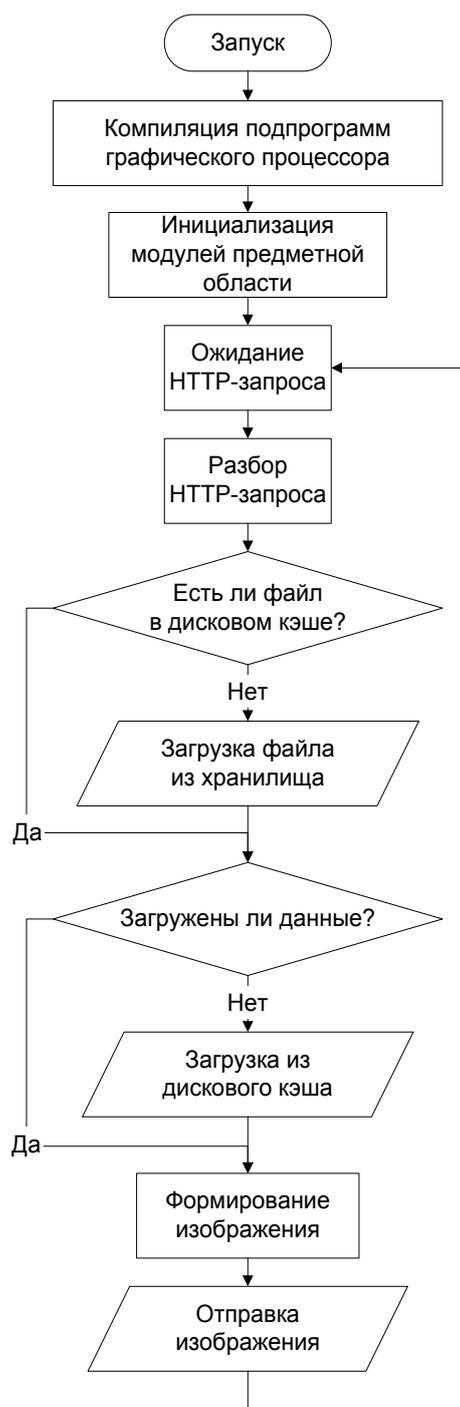


Рисунок 3.1 – Алгоритм функционирования CSNV

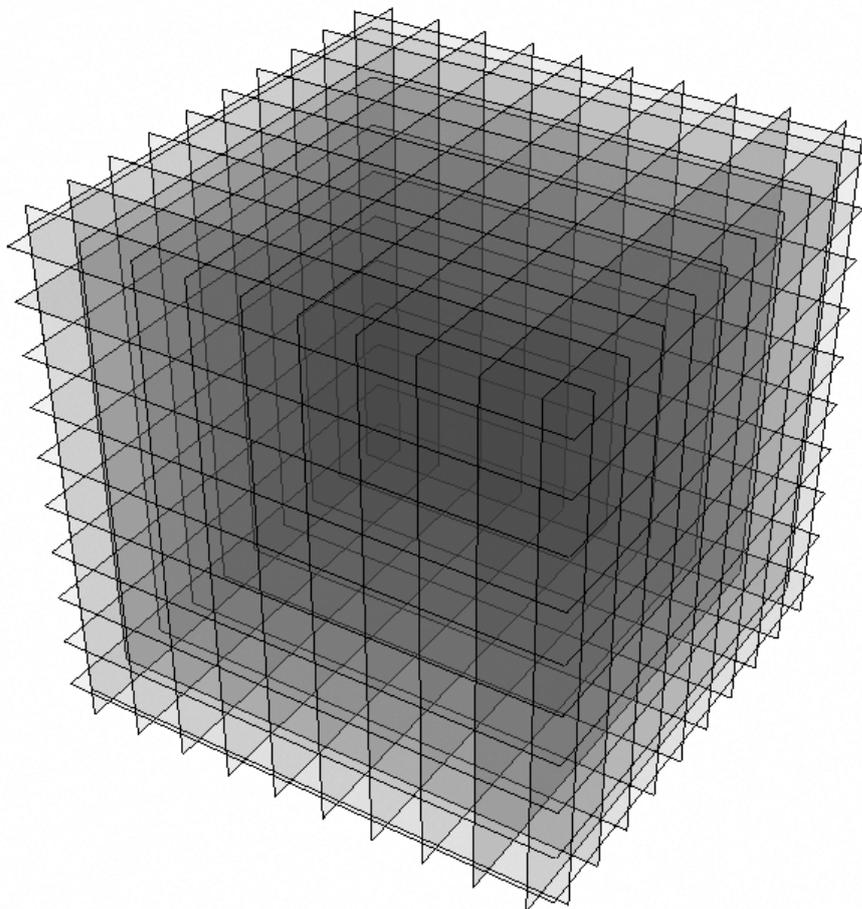


Рисунок 3.2 – Расположение срезов в пространстве для визуализации полей электронной плотности

Параметрами визуализации являются:

- yaw – угол поворота вокруг оси Y;
- roll – угол поворота вокруг оси Z;
- pitch – угол поворота вокруг оси X;
- ball_radius – радиус «шариков», если use_vanderwaals равен значению «истина», то радиус Ван-дер-Ваальса домножается на значение ball_radius;
- stick_radius – радиус палочек;
- use_fields – булевый флаг, обозначающий необходимость визуализации полей электронной плотности;
- slice – количество срезов;
- palette – имя палитры;

RU.СНАБ.80066-06 13 2 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

- type – тип данных, на основе которого определяется тип визуализатора;
- data_id – ID файла в хранилище;
- storage – адрес хранилища, откуда следует брать файл данных вида IP:port.

3.1.2. Визуализация уровней Финского залива

Уровни Финского залива хранятся в CCD-файлах. Сокращенная версия CCD-файла содержит заголовок со служебной информацией и набор значений уровня по Балтийской системе для каждого узла неравномерной сетки (значение – индекс по i и по j). Сама сетка берется из полной версии CCD-файла и не изменяется.

Визуализация осуществляется следующим образом.

- 1) Формируется полигональная сетка, в точности повторяющая сетку CCD-файла.
- 2) Считываются CCD-файл.
- 3) Значения уровней записываются в один из атрибутов вершины полигональной сетки.
- 4) При растеризации сетки используется специальный эффект, который:
 - a. отображает значения уровней в цвет посредством заданной палитры,
 - b. анализирует перепады значения уровня при переходе от пиксела к пикселу (в заданном направлении, например, вправо и вниз), и если значение уровня при в

точке изображения $h_{i,j}$ удовлетворяет следующему условию:
$$\begin{cases} h_{i,j} > L \geq h_{i+1,j} \\ h_{i,j} > L \geq h_{i,j+1} \end{cases} \text{ где } L$$

— уровень соответствующий изолинии, то пиксель закрашивается в цвет изолиний (рис. 3.3).

Параметрами визуализации являются:

- type – тип данных, на основе которого определяется тип визуализатора;
- data_id – ID файла в хранилище;
- storage – адрес хранилища, откуда следует брать файл данных вида IP:port;
- min – минимальное значение уровня, отображаемое в палитру;
- max – максимальное значение уровня, отображаемое в палитру.

RU.СНАБ.80066-06 13 2 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

210	205	202	201	→ 185
215	209	206	204	→ 187
216	210	205	→ 190	185
215	211	→ 197	195	180
219	214	→ 198	190	178

Рисунок 3.3 — Схема построения изолиний: $L = 200$

3.2. Программная архитектура CSNV

Диаграмма потоков данных компонента CSNV представлена на рис. 3.4.

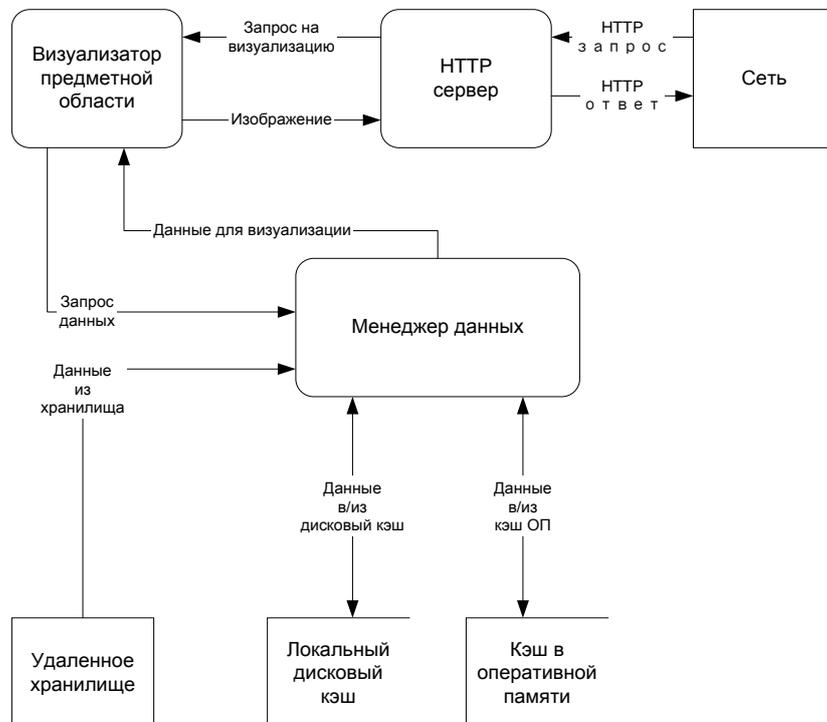


Рисунок 3.4 — Диаграмма потоков данных в CSNV

RU.СНАБ.80066-06 13 2Ошибка! Источник ссылки не найден.

CSNV реализован в виде HTTP-сервера платформы .NET 3.5 на языке C#. Визуализация осуществляется средствами Microsoft XNA Framework. Программная реализация CSNV включает в себя два модуля: HTTP-сервер и визуализатор, который, в свою очередь, может вызывать модули визуализации для конкретных предметных областей. Сервер отвечает за обработку запросов на визуализацию и отправку синтезированных изображений клиентам.

HTTP-сервер, взаимодействуя с сетевым окружением, принимает запросы на визуализацию и отправляет ответы в виде изображений.

Визуализатор предметной области обрабатывает поступившие запросы на визуализацию и передает HTTP-серверу результат в форме файла, содержащего графическое изображение. Визуализатор запрашивает данные у менеджера данных, который, в свою очередь, просматривает кэш в оперативной памяти, дисковый кэш и удаленное хранилище и загружает файл.

Визуализатор, в зависимости от предметной области и параметров формирует изображение, копирует его в файл в формате PNG и передает серверу. Для визуализации используются т.н. эффекты (FX, Effect) – совокупности вершинных и пиксельных шейдеров и состояний отображения (render states). Описания эффектов находятся в файлах с расширением *.fx. Основные классы, входящие в сервер и визуализатор, описаны в файлах с расширением *.cs.

3.3. Основные классы CSNV

Ниже приводятся описания структуры и методов основных классов компонента CSNV, а также файлов эффектов.

3.3.1. Класс *ServerVision*

Класс для визуализации данных разных предметных областей.

Открытые методы

- **MakeServerScreenshot** – определение параметров входных данных и их визуализация
 - a) входной параметр filename (тип: string) – имя файла, который необходимо визуализировать;
 - b) входной параметр folder (тип: string) – имя директории, в которую необходимо сохранить результаты визуализации;
 - c) входной параметр pvc (тип: NameValueCollection) – коллекция параметров.
 - d) возвращаемое значение – имя файла изображения визуализации (string).

RU.СНАБ.80066-06 13 2 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

3.3.2. Класс *FloodVision*

Класс для загрузки и визуализации файлов формата CCD.

Открытые методы

- Load – загрузка CCD-файла
 - a) входной параметр `file_name` (тип: `string`) – имя файла, который необходимо загрузить;
 - b) возвращаемое значение отсутствует (`void`).
- Draw – визуализация загруженного ранее CCD-файла
 - a) входной параметр `device` (тип: `GraphicsDevice`) – экземпляр класса графического устройства;
 - b) входной параметр `nvc` (тип: `NameValueCollection`) – коллекция параметров;
 - c) возвращаемое значение отсутствует (`void`).

3.3.3. Класс *NanoVision*

Класс для загрузки и визуализации файлов формата CUBE или XYZ.

Открытые методы

- Load – загрузка файла CUBE или XYZ
 - a) входной параметр `file_name` (тип: `string`) – имя файла, который необходимо загрузить;
 - b) входной параметр `nvc` (тип: `NameValueCollection`) – коллекция параметров;
 - c) возвращаемое значение отсутствует (`void`).
- Draw – визуализация загруженного ранее файла CUBE или XYZ
 - a) входной параметр `device` (тип: `GraphicsDevice`) – экземпляр класса графического устройства;
 - b) входной параметр `nvc` (тип: `NameValueCollection`) – коллекция параметров;
 - c) возвращаемое значение отсутствует (`void`).

3.3.4. Класс *ServerListener*

Класс для загрузки и визуализации файлов формата CUBE или XYZ.

Открытые методы

- RunHTTPListener – запускает HTTP-сервер
 - a) `prefixes` (тип: `string[]`) – параметры запуска HTTP-сервера;
 - b) `ScreenShot` (тип: `delegate`) – функция, которая будет формировать изображение.

RU.СНАБ.80066-06 13 2 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

3.3.5. Эффект *Solid.fx*

Предназначен для визуализации твердых объектов методом растеризации треугольников с использованием модели освещения Фонга.

3.3.6. Эффект *Volume.fx*

Предназначен для визуализации скалярных полей методом растеризации срезов объема.

3.3.7. Эффект *flood_effect.fx*

Предназначен для визуализации двумерных скалярных полей методом цветового отображения и растеризации изолиний по градиенту.

4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Программный компонент CSNV предназначен для работы на сервере со следующей конфигурацией:

- архитектура процессора – x86;
- свободное место на диске – не менее 10 ГБ;
- размер оперативной памяти – не менее 2 ГБ;
- тип видеоускорителя – nVidia GeForce GTX260;
- объем видеопамати – не менее 1 ГБ;
- операционная система – Windows XP SP2, Windows Server 2003;
- установленные программные компоненты – Microsoft XNA Framework Redistributable 3.0, Microsoft XNA Framework Redistributable 3.1, .NET Framework 3.5;

Минимальным требованием к клиентской части является наличие web-браузера и интернет-соединения.

5. ВЫЗОВ И ЗАГРУЗКА

Вызов программного компонента CSNV осуществляется запуском на сервере визуализации приложения ServerVis.exe с параметром -server. С момента запуска приложение готово для приема пользовательских запросов и формирования изображений.

RU.СНАБ.80066-06 13 2 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Для корректной работы компонента CSNV необходим доступ к компоненту хранения данных.

Для получения изображения пользователь должен отправить http-запрос. Формирование запроса также может быть выполнено с помощью компонента взаимодействия с пользователем. Формат запроса рассмотрен ниже.

6. ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Программный компонент CSNV реализует поддержку различных форматов входных данных, в зависимости от поддерживаемых предметных областей.

Формат запроса со стороны пользователя выглядит следующим образом:

```
http://<address>?data_id=<fileID>&type=<type>&param1=value1&param2=value2...
```

Здесь address – адрес сервера, fileID – идентификатор файла в хранилище данных, param1, param2, ... и соответственно value1, value2... – параметры и их значения, интерпретация которых зависит от предметной области. Выбор предметной области определяется на основе значения параметра type.

Примеры входных данных

Для визуализации полей Финского залива:

```
http://127.0.0.1:8080/?data_id=test&type=ccd&minh=-10&maxh=100&storage=192.168.0.0:4051
```

Для визуализации результатов квантово-механических расчетов:

```
http://127.0.0.1:8080/?data_id=test1&yaw=10&pitch=20&roll=90&ball_radius=0.2&stick_radius=0.1&use_field=true&use_vanderwaals=true&slices=200&palette=palette1&type=cube&storage=192.168.0.0:4051
```

7. ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Выходными данными компонента CSNV является изображение, сформированное в формате PNG (Portable Network Graphics).

Примеры выходных данных:

- для визуализации полей Финского залива – см. рис. 3.5;
- для визуализации результатов квантово-механических расчетов – см. рис. 3.6 и 3.7.

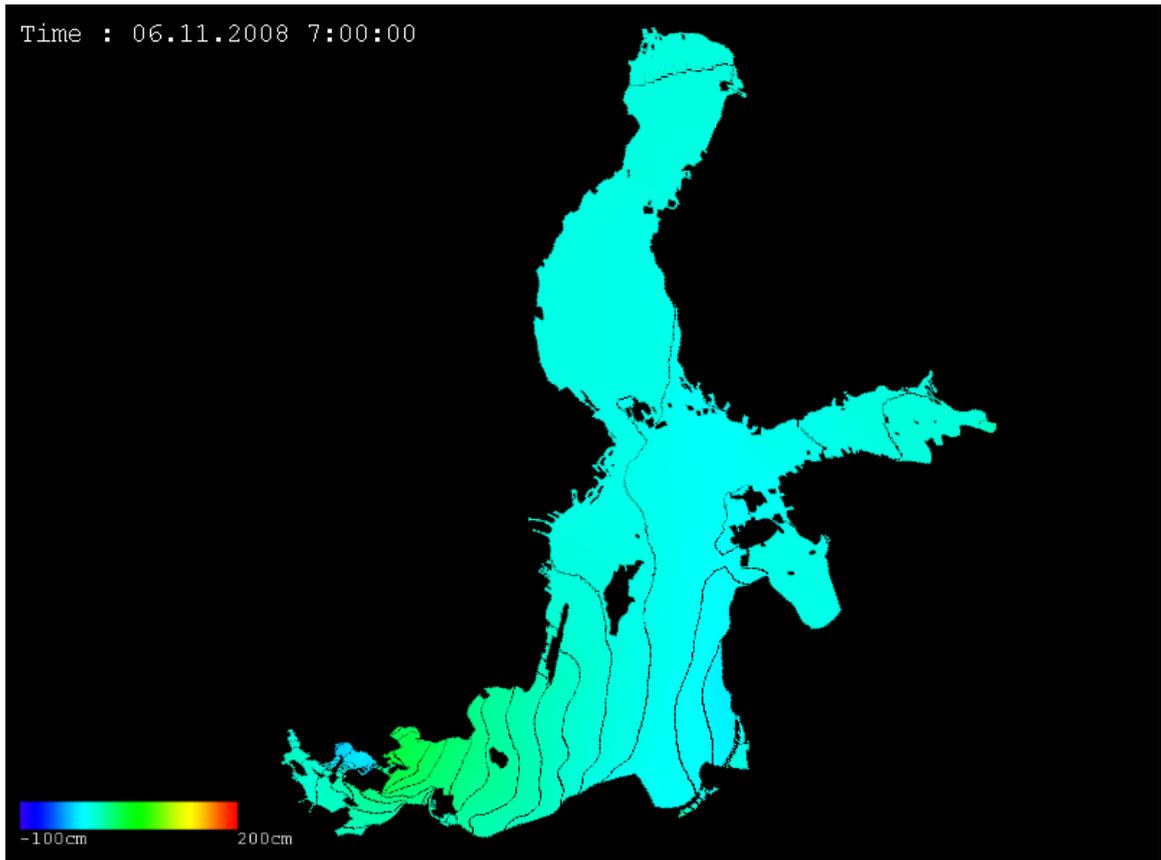


Рисунок 3.5 – Результат визуализации полей Финского залива

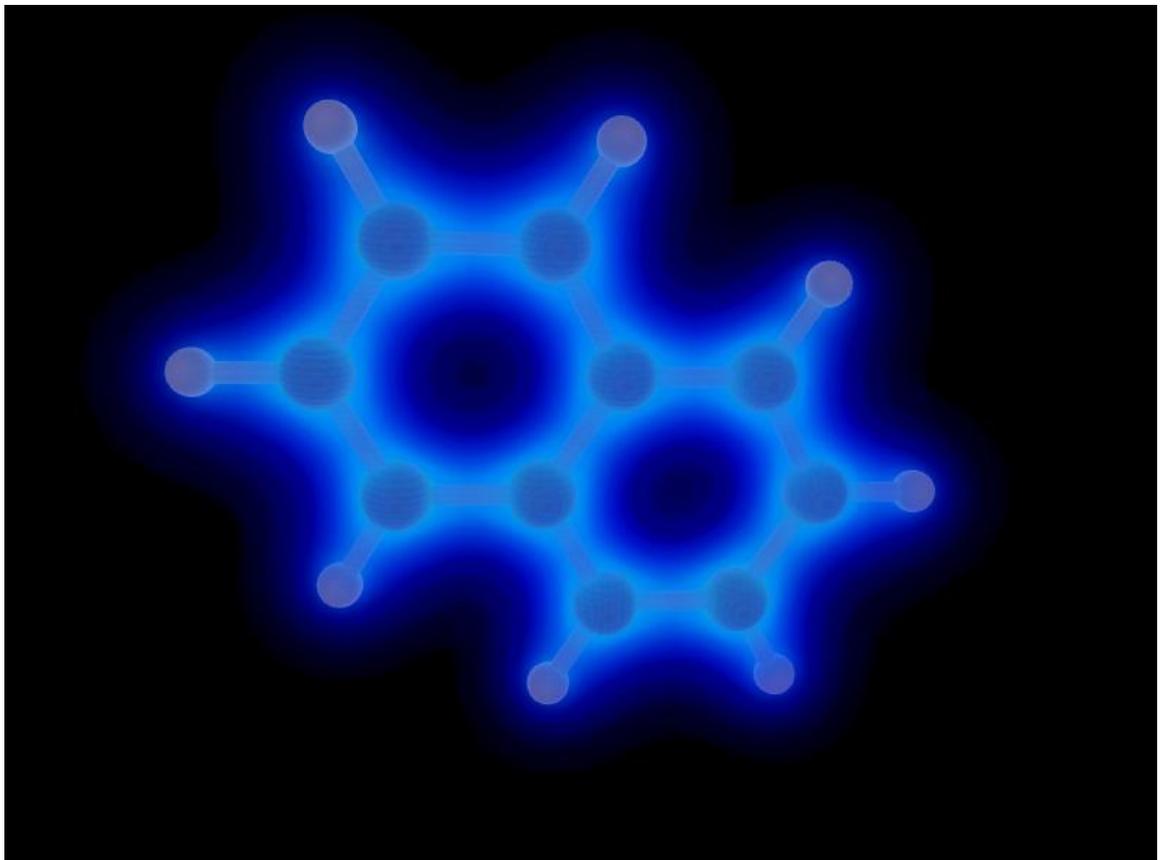


Рисунок 3.6 – Визуализация результатов квантово-механических расчетов

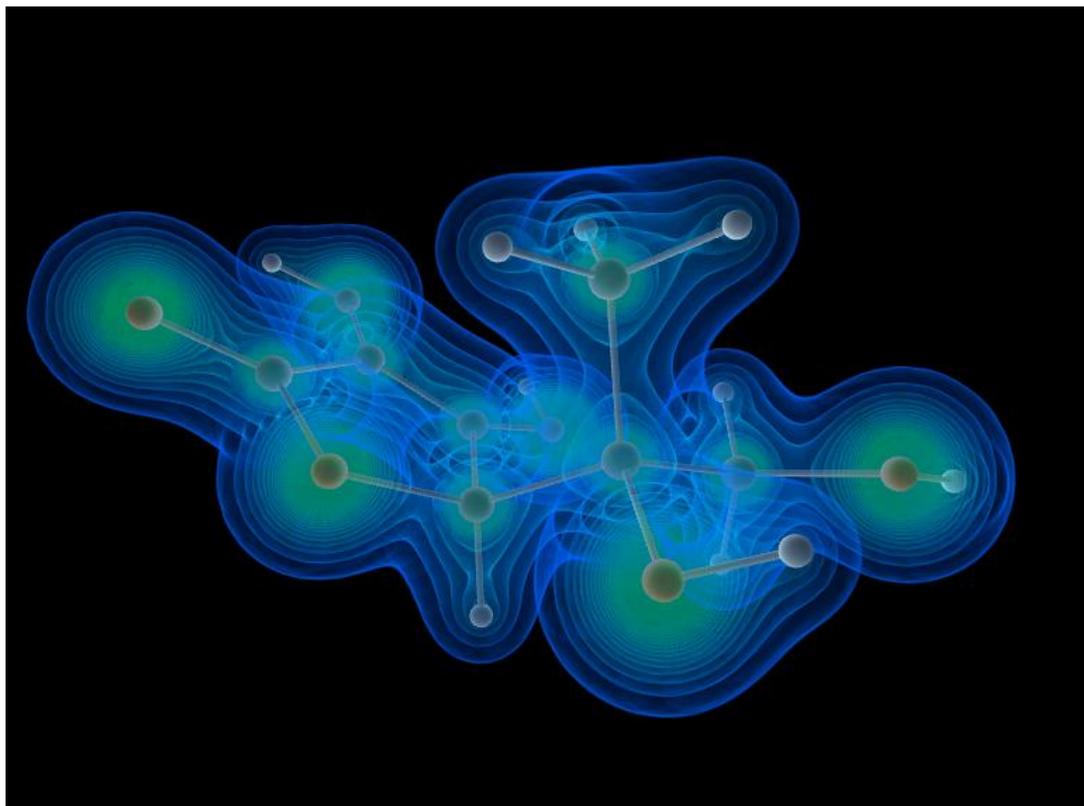


Рисунок 3.7 – Визуализация результатов квантово-механических расчетов с использованием «слоистой» палитры

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

CCD	Формат хранения данных об уровне воды
PNG	Portable Network Graphics — растровый формат хранения графической информации, использующий сжатие без потерь по алгоритму Deflate
RGBA	Red Green Blue Alpha — аддитивная цветовая модель, расширенная наличием альфа-канала, как правило, используемого для обозначения прозрачности
ОС	Операционная система

