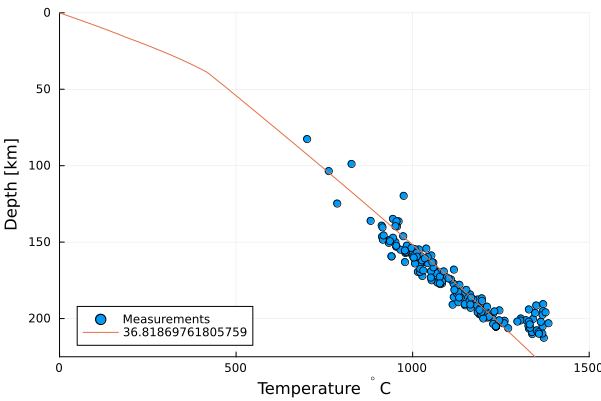
Программное обеспечение для расчета геотермы

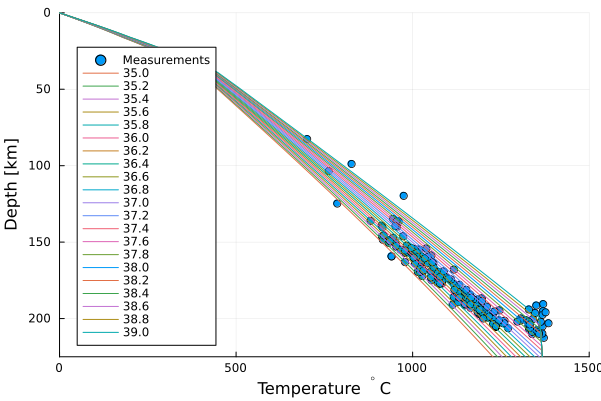
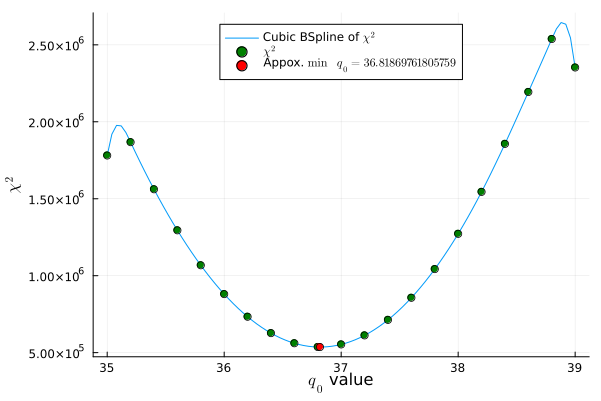
Для реконструкции термального состояния литосферной мантии и принятия тех или иных решений о наличие конкретных процессов необходимо использовать актуальную информацию о геологических процессах на исследуемом объекте. Конкретные заключения строятся на основе сравнения математических моделей процессов в объекте с известным свойством (наличием процесса) с исследуемым объектом (свойство которого оценивается). Математическое моделирование состоит из пяти основных этапов – построение общей модели; ее идентификации на измеренные или оцененные значения параметров объекта; задание начальных условий согласно некоторому сценарию исследования; построение прогнозного расчета или анализ свойств модели. Заключение о наличии или отсутствии свойства производится на основе общей экспертной оценки свойств сценариев специалистом-предметником (геологом, геофизиком).

В качестве модели геотермы использована работа [Костерок ;-)], которая признана мировым сообществом исследователей как достаточно достоверная. Модель Хостерка оценивает температуру литосферных слоев, исходя из начальных условий – толщин составляющих материк литосферных слоев, данных теплового потока в слоях. В этом исследовании общая модель идентифицирована данными из работы [Костерок], а также частью начальных условий из той же работы. Задачей исследования являлась оценка теплового потока на поверхности по данным оценки температуры литосферных слоев исследуемого объекта (Сибирского кратона).

Задача оценки теплового потока представлена как проблема оптимизации отклонения измеренных значений температуры слоев на различных глубинах (полученных на этапах проекта ….) от профиля моделируемой геотермы, задаваемого начальным значением теплового потока q\_0. В результате получена оценка q\_0=36.819 mw/m^2, удовлетворяющая критерию (отклонение 100 градусов) на глубине … [Костерок]. На рисунке … показан расчет геотермы для оптимального значения q\_0.



Процедура оптимизации параметра модели q\_0 строилась на основе расчета оценок отклонений измеренных значений геотермы от вычисленных для нескольких начальных значений теплового потока q\_0 = 35, 35.2, 35.4, …, 39 mw/m^2, аппроксимацией промежуточных значений отклонений сплайнами третьего порядка, применением метода одномерной оптимизации «Золотое сечение» на полученном сплайне. На рисунке … показаны расчеты теплового потока (а) для набора начальных значений и вид сплайна (б) оценок отклонений значений температур. Значение q\_0 при минимальном отклонении показано красной точкой. Аппроксимация сплайном позволяет не тратить вычислительные ресурсы для проведения процедуры моделирования в процессе решения оптимизационной задачи при обеспечении требуемой точности (0.1 mw/m^2).

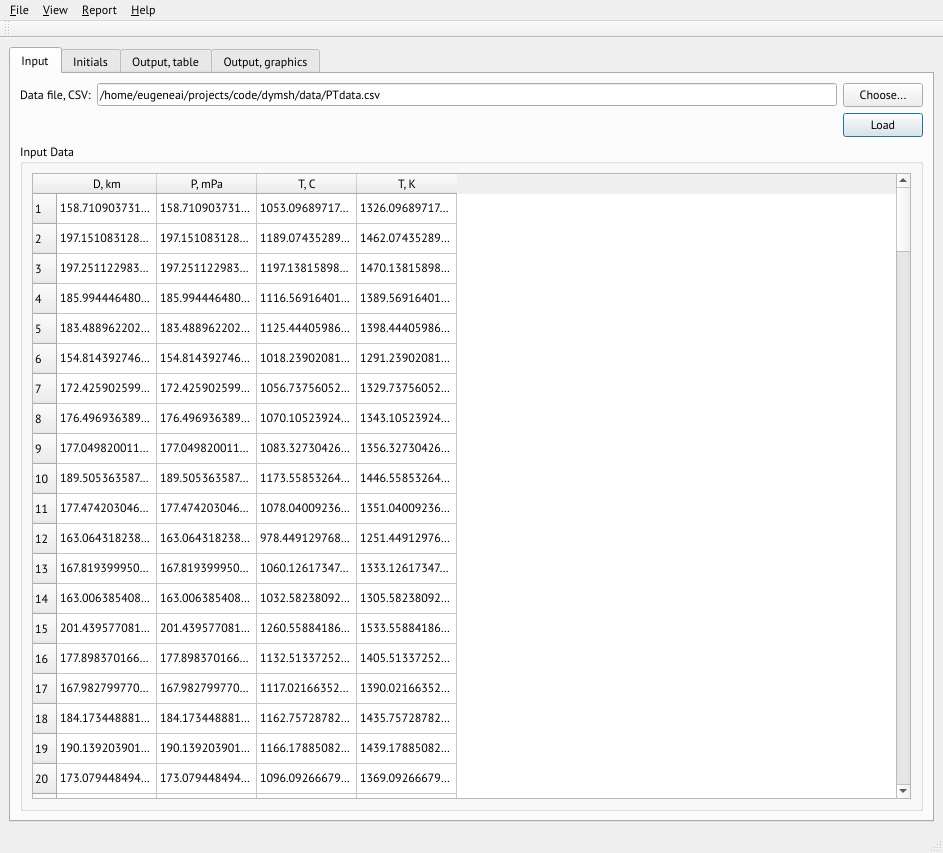


|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| а) |  | б) |

Программное обеспечение проведения вышеуказанных расчетов представляет собой прикладной пакет (графическое приложение рабочего стола), реализованный с использованием двух языков программирования – С++ и Julia. Интерфейс пользователя приложения создан при помощи библиотеки QT-6.5, расчетная часть выполнена как порт (преобразование) исходного кода модели Matlab, любезно предоставленного автором модели, в программу на языке Julia. Синтаксисы языков Matlab и Julia близки, что дало возможность выполнить преобразование быстро и качественно (с минимальным влиянием человеческого фактора на код программы). Открытая Julia-версия модели позволяет избегать дальнейшей блокировки поставщиком доступа к программной системе Matlab (vendor-lock), создавать более производительные приложения с гибкой расширяемой архитектурой. Matlab-реализация алгоритмов моделей Хостерка дополнены подсистемами сплайн-аппроксимации и оптимизации при помощи пакетов, разработанных сообществом пользователей Julia.

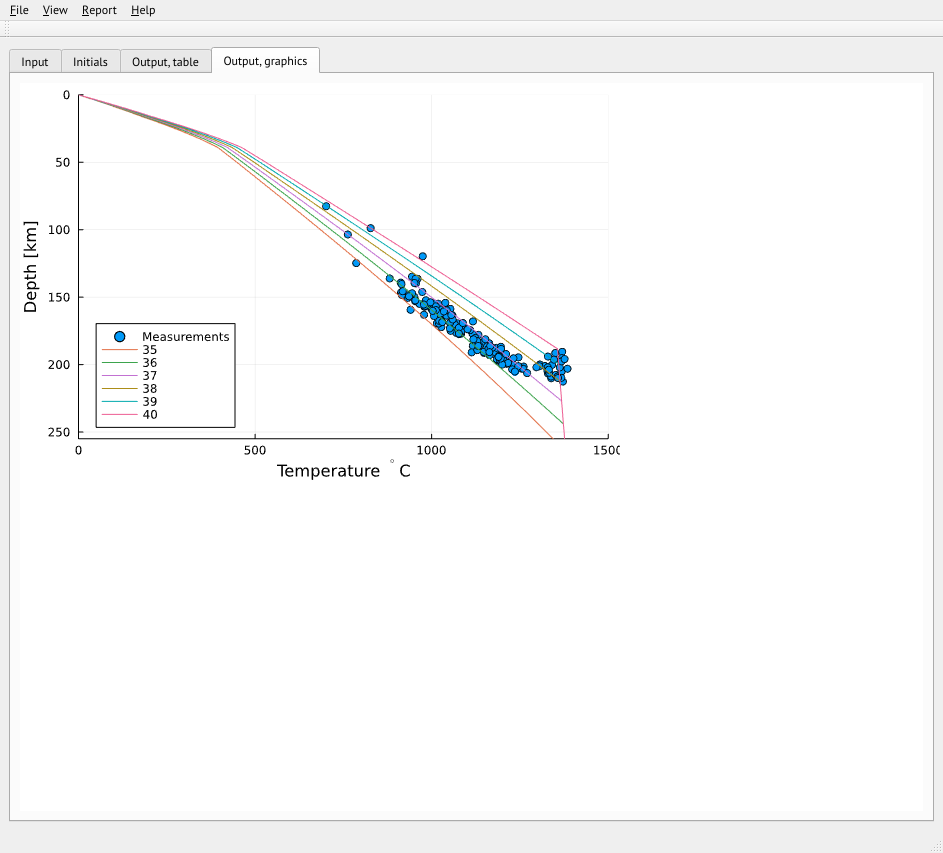
Таким образом на этапе 2022-2023 гг коллективом исполнителей проекта создан прототип (minimal valuable product, MVP) кросс-платформенной открытой программной системы, предназначенной для специалистов-предметников, а также платформы поддержки и развития автоматизации НИРОКР литосферных процессов. Исходный код опубликован по адресу <https://github.com/eugeneai/geotherm>.

Этап 2023 гг – совершенствование аппарата математического моделирования по направлению поддержки многокритериальной оптимизации – включение в перечень оптимизируемых параметров модели (в дополнение к q\_0) данных тепловых потоков основных литосферных слоев (по идее надо и глубины поварьировать, м.б. след год?). Такой вид модели позволит провести более точную оценку параметров идентификации и начальных условий исследуемого объекта (Сибирского кратона); дополнительно верифицировать модель Хастерока.

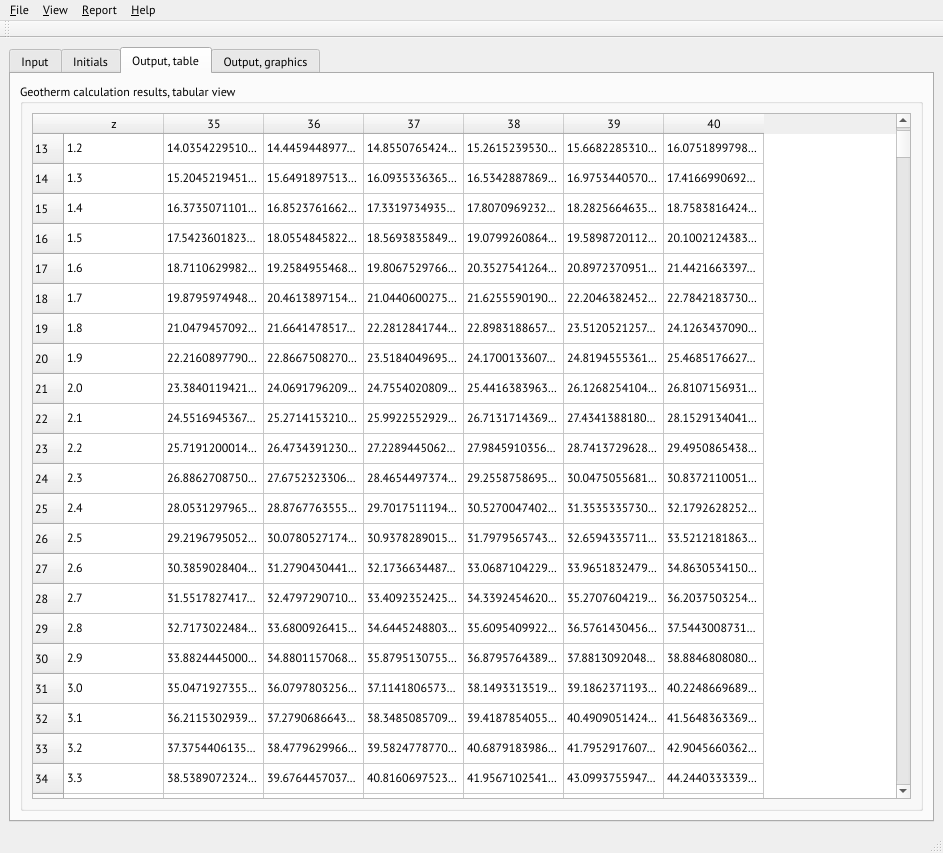
Далее идут рисунки — копии интерфейса приложения. Их можно не добавлять, а если добавлять, то надо дополнить описание.

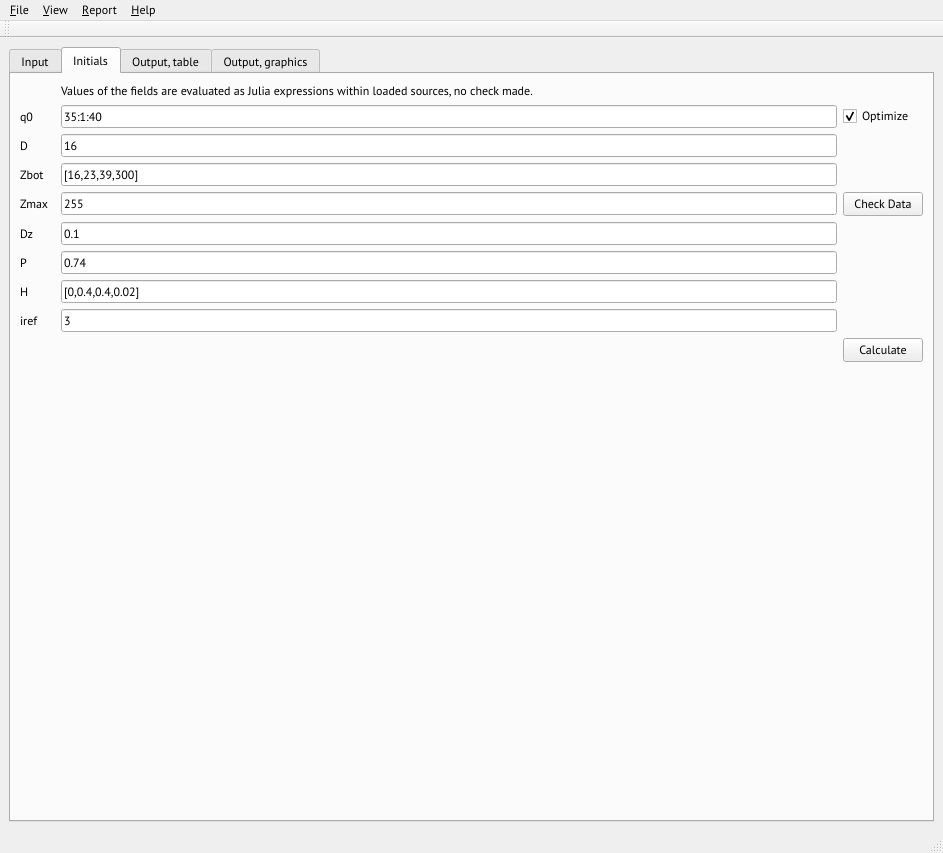
Это — Загрузка исходных данных – измеренных значений температур. Здесь давление неправильно (просто скопировано значение из температуры). Типа прототип интерфейса.

Это — представление результата в виде графики в отдельной вкладке.



Это результаты расчетов в виде таблицы по глубинам (слоям).



Это — задание начальных условий (initial conditions) (здесь только q\_0) и параметров идентификации (все остальное).