

Программное обеспечение ReLoc

версия 1.1

Руководство пользователя



2023

Дисклеймер

Это программное обеспечение предоставляется «как есть», без каких-либо явных или подразумеваемых гарантий. Ни при каких обстоятельствах авторы не несут ответственности за любой ущерб, возникший в результате использования этого программного обеспечения.

Пробная лицензия на ПО версии 1.1 предоставляется по запросу через электронную почту info@ufa-geonics.ru. Любому пользователю предоставляется разрешение на использование этого программного обеспечения для любых целей, за исключением коммерческого распространения, копирования и изменения.



Оглавление

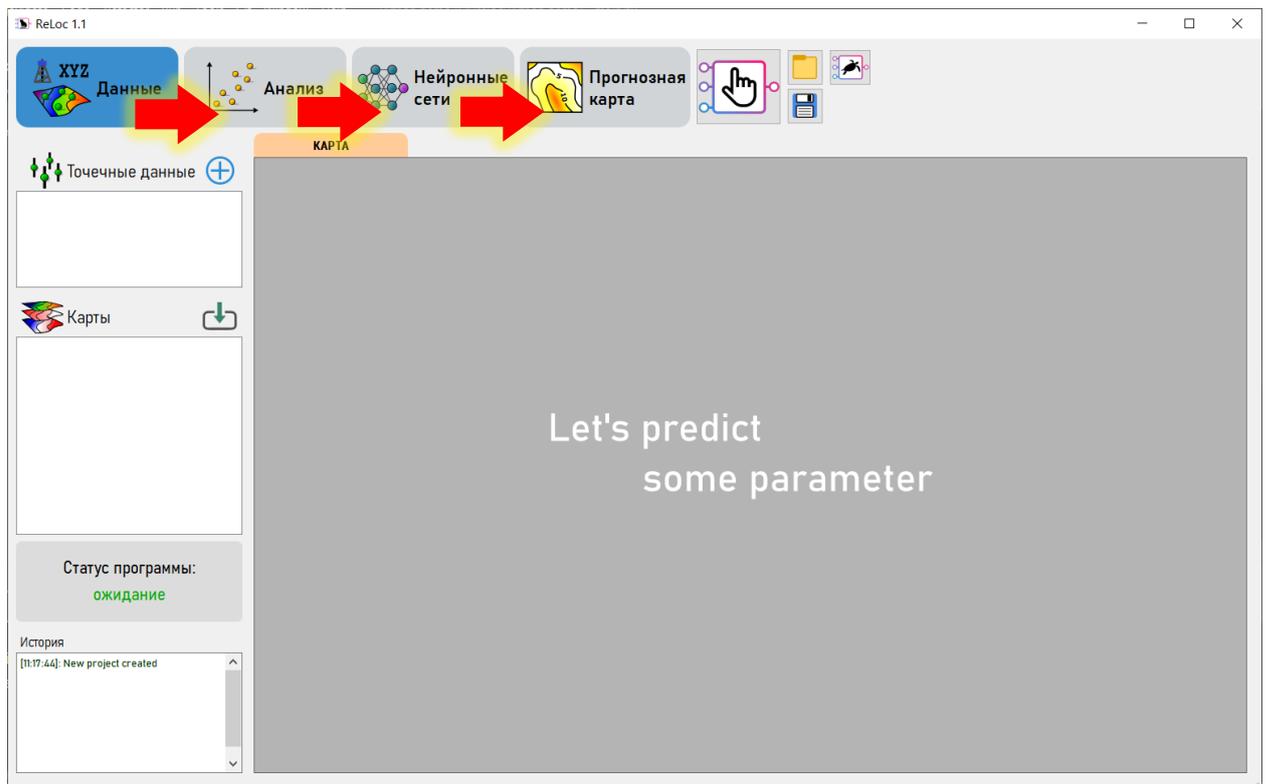
Дисклеймер.....	2
Введение.....	4
Режимы работы программы.....	5
Загрузка данных	6
Анализ данных.....	9
Создание и обучение нейронных сетей, построение прогнозной карты.....	13
Анализ и выгрузка прогнозной карты	19
Работа с проектом ReLoc.....	21

Введение

Программное обеспечение ReLoc позволяет рассчитывать прогнозные карты параметров нефтегазовых резервуаров, например, эффективных толщин коллекторов, остаточных извлекаемых запасов (ОИЗ), с применением нейронных сетей.

В ПО ReLoc прогнозная карта целевого параметра рассчитывается по нелинейной зависимости - через нейронную сеть от нескольких входных карт, которые загружает пользователь. При этом для обучения нейронной сети используются точечные данные в скважинах, в которых целевой параметр известен. Пользователю необходимо подобрать такие параметры нейронной сети, которые обеспечивают максимальную точность прогноза целевого параметра.

Работа в программном обеспечении ReLoc построена таким образом, чтобы вы прошли путь в главном меню слева на право, поочерёдно выполняя действия в каждом разделе меню.

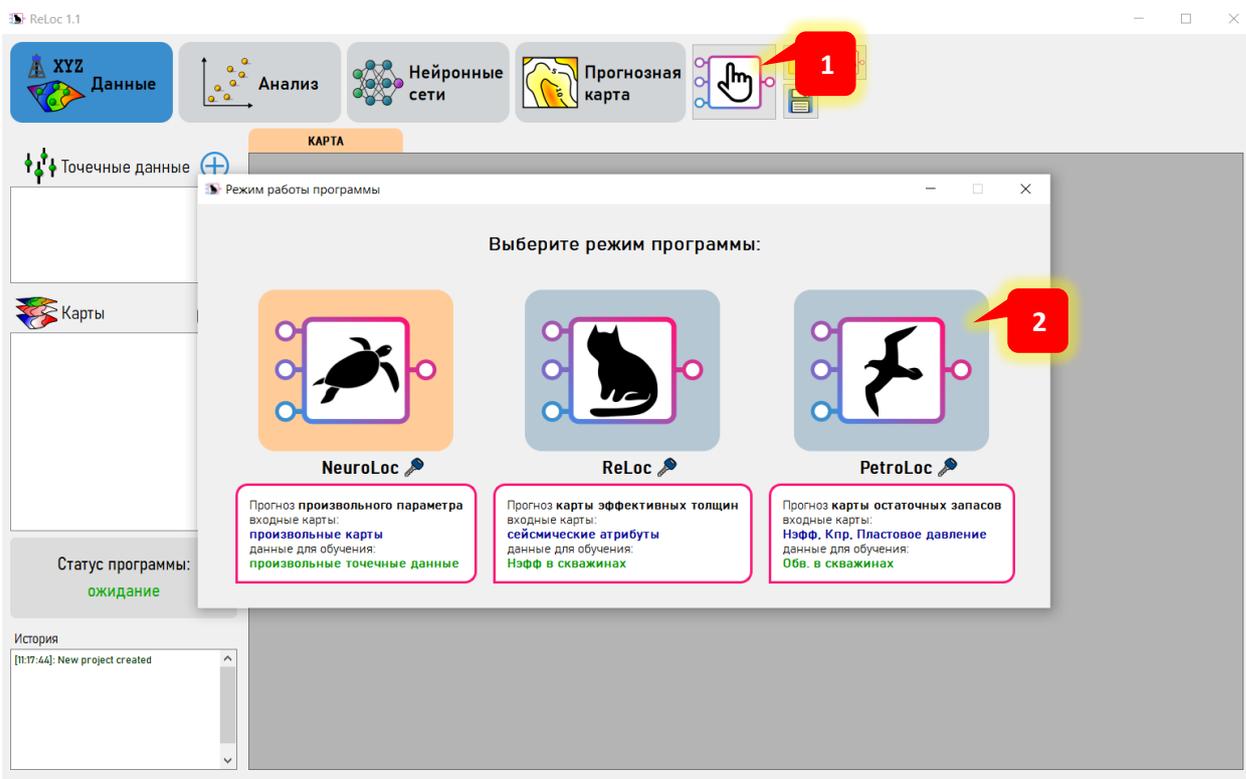


Режимы работы программы

В ReLoc версии 1.1 доступны три режима работы программы, в зависимости от того какой параметр вы хотите спрогнозировать:

1. **NeuroLoc** – используется для прогноза карты произвольного параметра с помощью произвольного набора карт и точечных (скважинных) данных
2. **ReLoc** – используется для прогноза карты эффективных толщин коллектора с помощью набора сейсмических карт (сейсмических атрибутов) и точечных (скважинных) данных
3. **PetroLoc** – используется для прогноза карты обводненности пласта и остаточных запасов с помощью набора входных карт (эфф. ННТ, средней проницаемости, изобар) и точечных (скважинных) данных

Для переключения между режимами необходимо нажать на кнопку с изображением руки в верхней части программы, затем в появившемся окне выбрать необходимый режим.



Загрузка данных

Итак, давайте приступим к первому разделу меню: **Данные**. В данном разделе вы можете загрузить ваши входные данные.

Для загрузки данных по эффективным толщинам скважин сформируйте таблицу Excel со следующими столбцами:

название скважины	х - координата пластопересечения	у - координата пластопересечения	значение эффективной толщины (net pay thickness)
...

Далее нажмите на кнопку  в дереве скважины в левой области окна, при этом в окне ТАБЛИЦА появится таблица, куда можно вставить ваши подготовленные данные. Вставьте данные, нажав на кнопку *вставить*, либо сочетанием клавиш `ctrl+v`. Затем, для сохранения данных обязательно нужно нажать на кнопку *сохранить*.



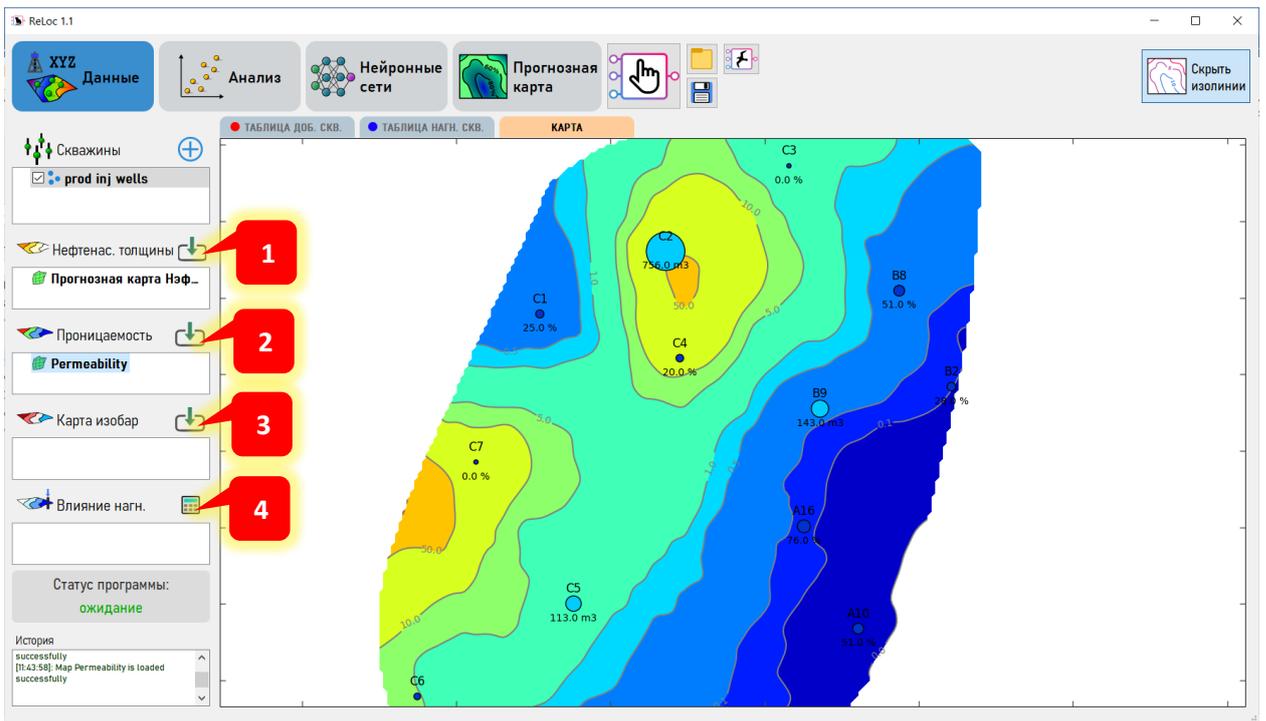
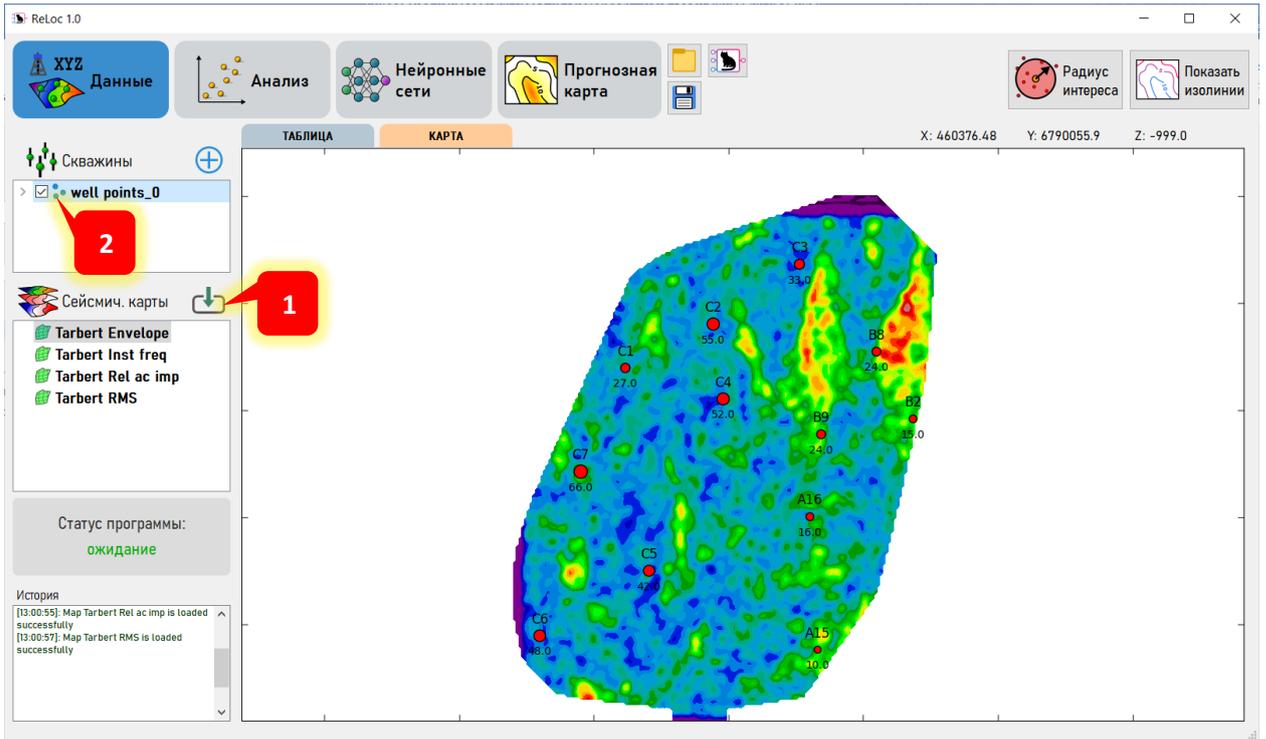
В случае режима PetroLoc необходимо также заполнить столбцы с данными со средней проницаемостью, пластовым давлением, обводненностью и накопленным объемом закаченной жидкости для нагнетательных скважин. Эти данные необходимо загрузить отдельно для добывающих и нагнетательных скважин в соответствующих вкладках.

The screenshot displays the ReLoc 1.1 application window. The main area contains a table with the following data:

Скважина	X	Y	Эфф. м	Ср. проницаемость, мД	Пластовое давление, атм	Обводненность, %
1 C1	453085.28	6786788.35	27	115	427	25
2 C3	456316.58	6788724.75	33	645	801	0
3 C4	454901.27	6786210.63	52	979	59	20
4 C6	451496.03	6781788.24	48	255	728	13
5 C7	452257.45	6784852.47	66	395	530	0
6 A10	457215.45	6782674.59	0	132	975	51
7 A16	456510.41	6784012.03	16	955	71	76
8 B2	458424.19	6785838.01	15	31	631	28
9 B8	457746.95	6787092.64	24	744	698	51

On the right side of the interface, there are buttons for 'Ctrl+V', 'Ctrl+C', 'Очистить таблицу', and 'Сохранить'. The 'Сохранить' button is highlighted with a red callout 5.

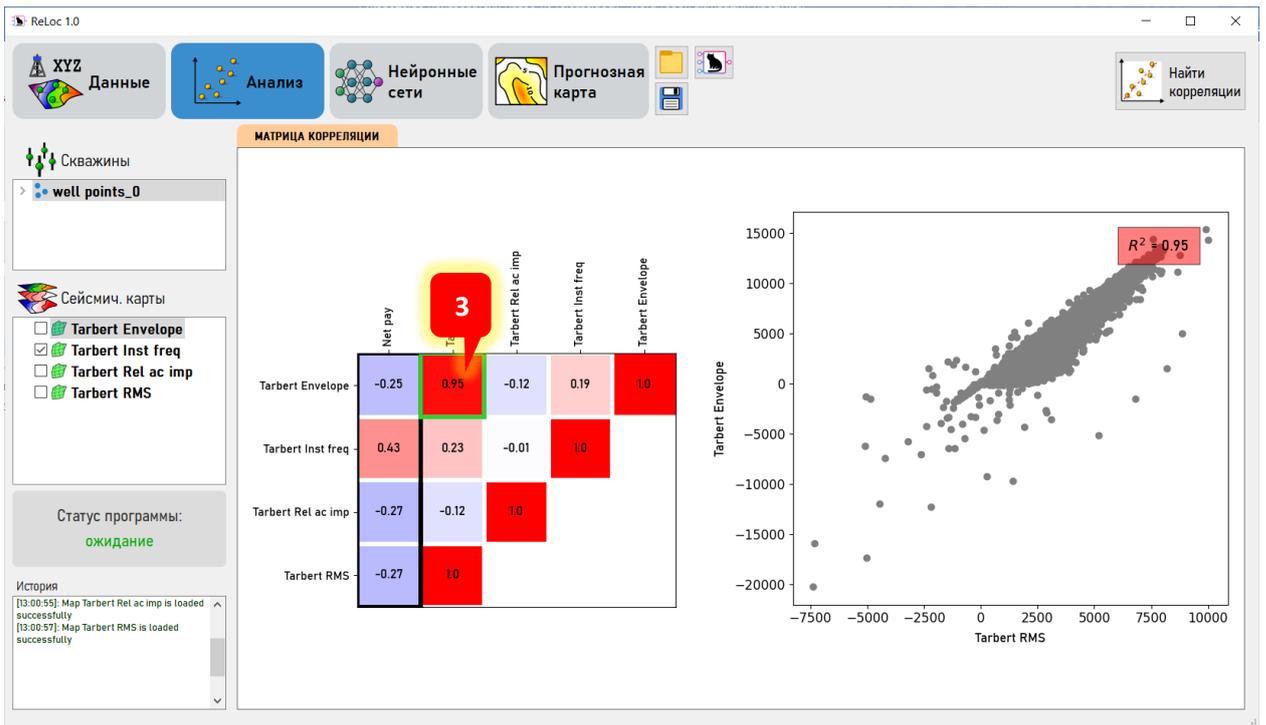
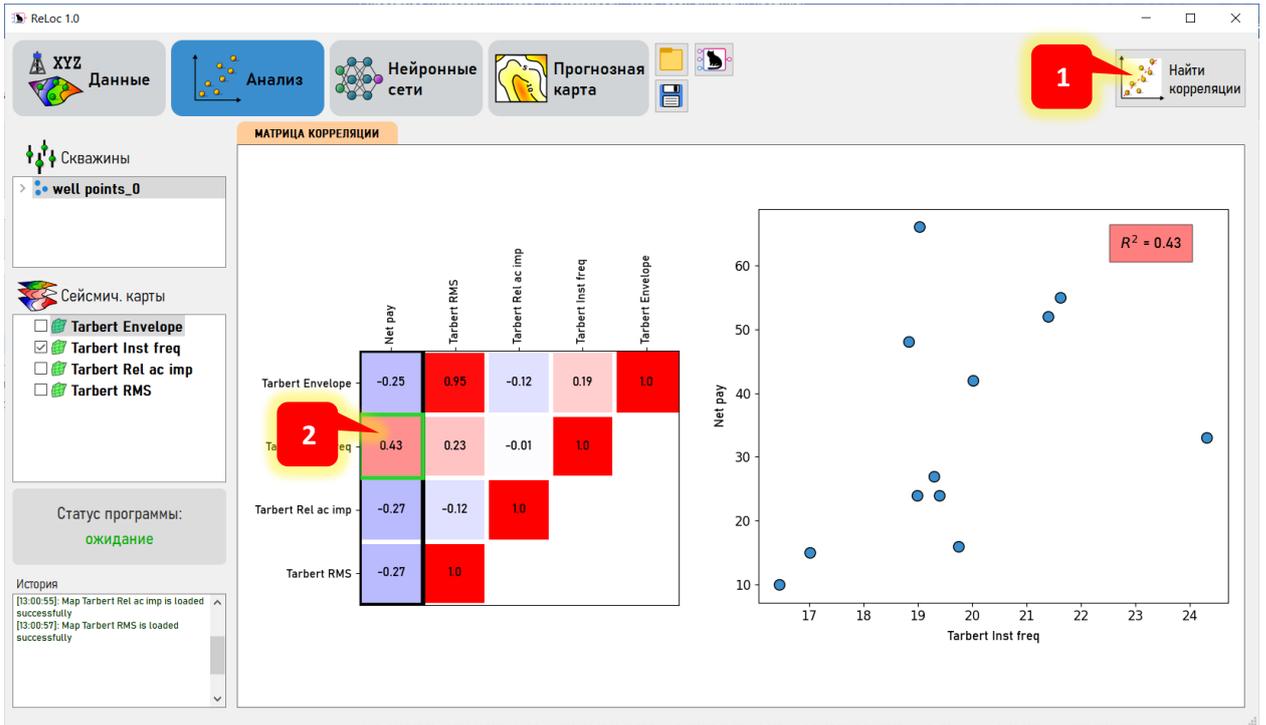
Для загрузки входных карт нажмите на кнопку , выберите один или несколько карт, выберите один из форматов формате `igar` или `crs`. Дождитесь загрузки всех карт. Вы можете отобразить карты в окне **КАРТА** кликая на них, а также скважины со значениями эффективных толщин (для режима ReLoc) или обводненности (для режима PetroLoc).

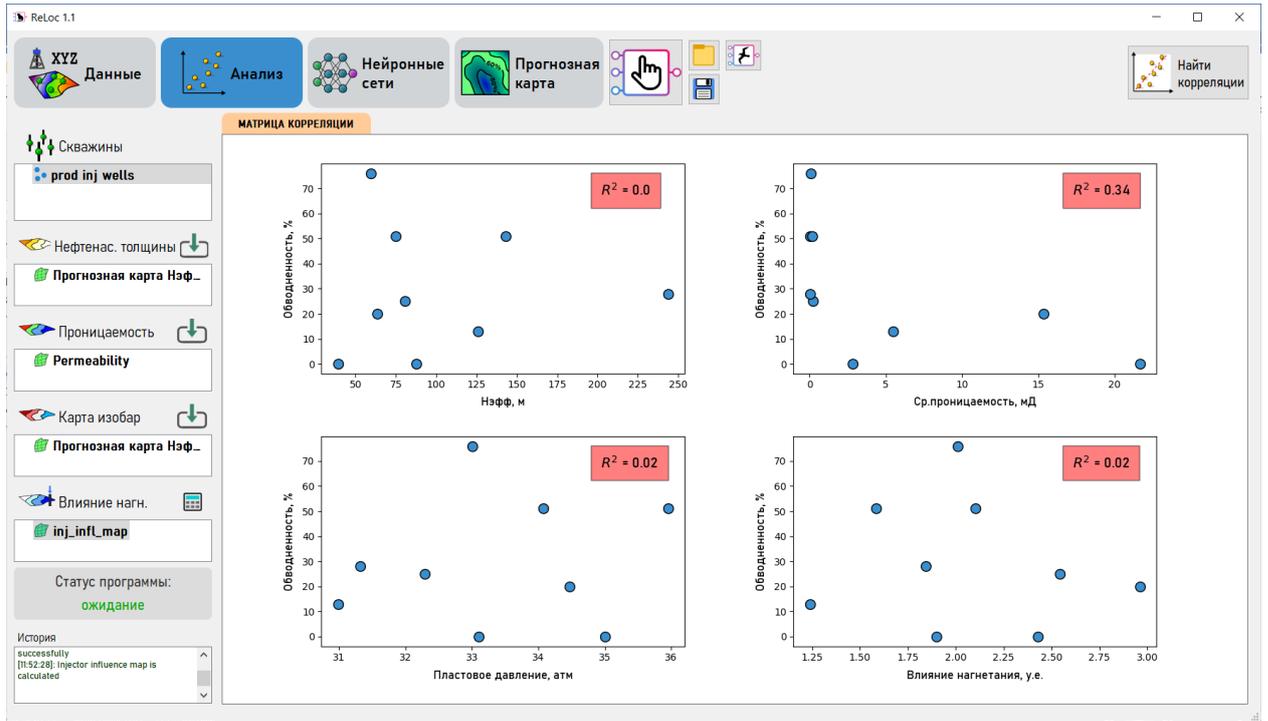


Анализ данных

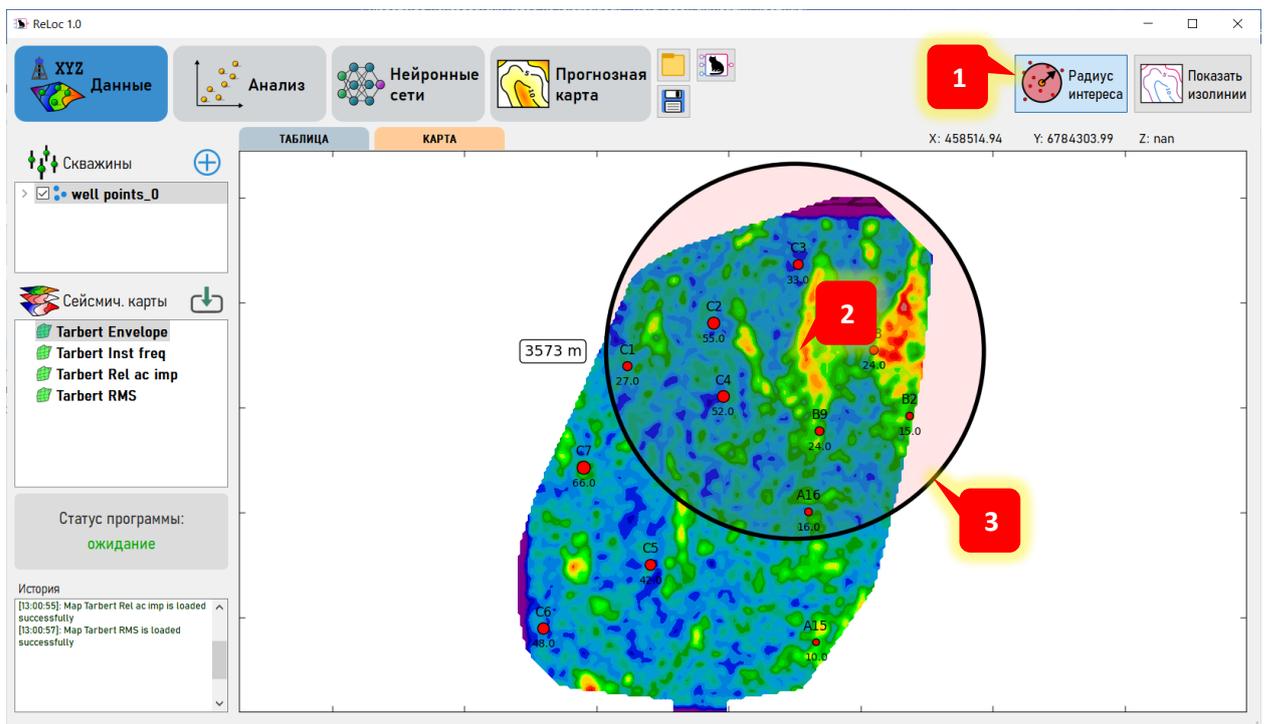
Во втором разделе меню, **Анализ**, вы можете произвести анализ загруженных данных. В правом верхнем углу нажмите на кнопку *Найти корреляции*. После этого слева будет отображена матрица корреляции, а справа – кросс плот двух параметров (для режима ReLoc и NeuroLoc), или кросс плот между обводненностью между скважинами и входными картами (для режима PetroLoc).

В случае режима ReLoc (NeuroLoc) первый столбец матрицы корреляции показывает коэффициенты корреляции между эффективными толщинами (целевым параметром в скважинах) и картами сейсмических атрибутов (входными картами). Остальные столбцы будут показывать коэффициенты корреляции сейсмических карт (входных карт) между собой. Кликая на определённую ячейку матрицы корреляции, вы можете посмотреть кросс плот соответствующих параметров. Ваша задача на данном этапе – на основе представленных коэффициентов корреляции выбрать карты сейсмических атрибутов (входных карт), которые будут использоваться для обучения нейронной сети. Например, вы можете исключить карты, которые имеют низкую степень корреляции с эффективными толщинами (целевым параметром), или, карты, которые имеют высокую степень корреляции между собой, поскольку они будут дублировать информацию. Выбор карт осуществляется выбором чекбоксов напротив карт. При первом нажатии кнопки *Найти корреляции*, программа сделает выбор сейсмических карт (входных карт) автоматически, далее, при необходимости, вы можете изменить этот выбор по своему желанию.





Также вы можете брать для анализа и дальнейшего обучения нейросетей не все скважины, а, например, в определённом радиусе. Для того чтобы отфильтровать скважины в радиусе, в разделе **Данные** нажмите на кнопку *Радиус интереса*, затем первым кликом на карте поставьте центр радиуса, затем двигайте курсор мыши до нужного расстояния и вторым кликом завершите рисование радиуса. Обращаем ваше внимание, что после каждого рисования круга, перед тем как приступить к обучению нейронной сети, необходимо заново сделать проверку корреляций в разделе корреляции. После этого в разделе **Нейронные сети** вы увидите данные уже по отфильтрованному радиусу скважинам.



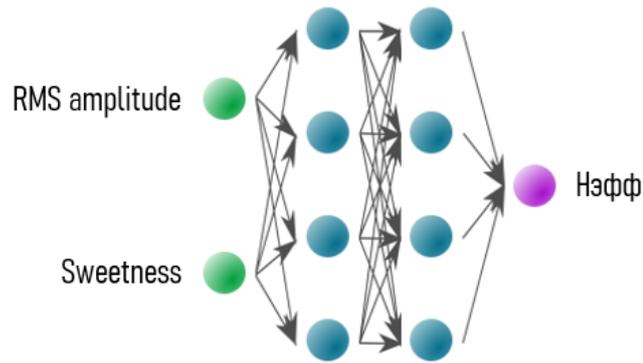
Создание и обучение нейронных сетей, построение прогнозной карты

Далее в третьем разделе меню **Нейронные сети** вы можете создавать и обучать нейронные сети. Но перед этим, скажем пару слов об искусственных нейронных сетях.

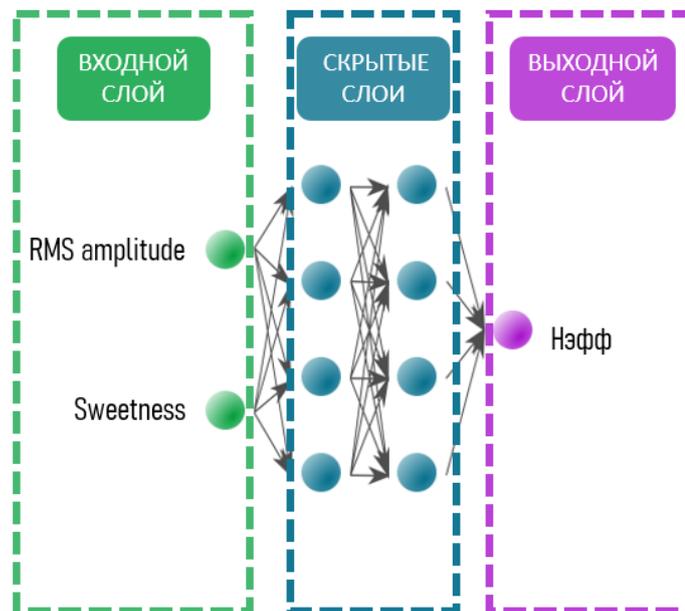
Искусственный интеллект и нейронные сети вошли во многие сферы нашей жизни, например, текст, который используется в видео версии [мануала](#) также был озвучен с помощью нейронной сети. Основное применение нейронных сетей при обработке данных это кластеризация и регрессия.

Использование нейронных сетей позволяет находить сложные нелинейные зависимости между различными данными. Например, стоимость аренды квартиры может зависеть не только от ее площади, но и одновременно от расстояния до метро, годом постройки дома, этажа и других параметров. Или, например, эффективная толщина коллектора может зависеть не только атрибута RMS амплитуда, но и от Sweetness и Envelope. Итак, в ПО ReLoc применяется регрессия – предсказание значения эффективной толщины на основе значений двух или более независимых переменных – сейсмических атрибутов.

Рассмотрим подробнее что из себя представляют нейронные сети. **Искусственная нейронная сеть** - это система соединённых и взаимодействующих между собой искусственных нейронов. На рисунке ниже приведен многослойный перцептрон – одна из простейших нейронных сетей с прямой связью.



Нейрон — это вычислительная единица, которая получает информацию, производит над ней простые вычисления и передает ее другим нейронам. Нейроны объединяются в слои, в простейшем случае это **входной слой** (получают данные из входных данных), **скрытые слои** и **выходной слой**. Результат вычислений каждого нейрона передается в каждый нейрон следующего слоя.

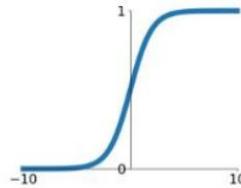


Каждый нейрон имеет веса, на которые умножаются результаты вычислений нейронов предыдущего слоя. Затем данные перемножения в каждом нейроне складываются и с помощью активационной функции передается на следующий слой или на выход. **Функция активации** — это функция, аргументом которой является взвешенная сумма входов искусственного нейрона, а значением — выход нейрона. Наиболее

известными функциями активации являются сигмоида, гиперболический тангенс, ReLU.

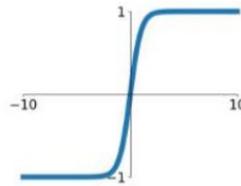
Sigmoid

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$



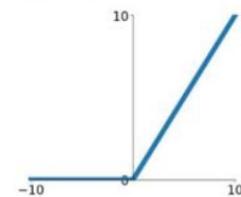
tanh

$$\tanh(x)$$



ReLU

$$\max(0, x)$$



Главное преимущество нейронных сетей – это способность улучшать свою предсказательную способность за счет самообучения. Во время обучения сети происходит итеративный подбор весов нейронов для достижения максимальной точности прогноза целевого параметра. Количество итераций подбора весов называется **эпохами (epochs)**. Подбор весов для каждой новой эпохи производится с помощью **оптимизатора**. Одним из самых известных оптимизаторов является алгоритм стохастического градиентного спуска (SGD). Таким образом, с каждой новой эпохой нейронная сеть обучается все лучше и лучше, а **среднеквадратичная ошибка прогноза параметра (mean squared error, MSE)** уменьшается. У нейронной сети есть и другие параметры, которые можно настраивать для получения максимального прогнозного свойства, это **количество нейронов в скрытом слое, количество скрытых слоев**.

Итак, давайте приступим к непосредственному созданию нейронных сетей. В ReLoc существует два режима создания и обучения нейронной сети: автоматически или вручную.

При автоматическом режиме программа перебирает 9 комбинаций 2 параметров нейронной сети (количество скрытых слоев и оптимизатор), и затем выбирает ту нейронную сеть, которая показала наименьшую относительную ошибку на проверочных данных. Для расчёта в автоматическом режиме убедитесь, что переключатель установлен в положение «автоматически» (т.е. отображается как сидящий в ящике) и нажмите на кнопку *Создать и обучить нейронную сеть* в правом верхнем углу. По мере обучения в левой части окна будет отображена таблица эффективных толщин по скважинам фактические (Нэфф факт), прогнозные на текущую эпоху обучения (Нэфф прогноз), а также ошибка прогноза в относительных процентах (Ошибка, %). Вся выборка скважин делится на обучаемую (голубой цвет ячеек), которые непосредственно используются в обучении нейронной сети, и тестовую (бежевый цвет ячеек), скважины, которые не принимают участие в обучении и по которым можно понять насколько хороша нейронная сеть. Цвета ячеек последней колонки соответствуют значениям ошибок, чем лучше обучена модель, тем более светлыми должны быть эти ячейки. В нижнем правом углу отображается график обучения, изменение среднеквадратичной ошибки прогноза от эпохи. Дождитесь окончания расчётов, после чего в дереве нейронные сети появится ваша созданная нейронная сеть.

ОбУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗ

Скважина	X	Y	Нэфф факт	Нэфф прогноз	Ошибка, %
1 A15	456654.69	6781527.76	10.0	27.6	-173.8
2 A16	456510.41	6784012.03	16.0	27.5	-71.8
3 B2	458424.19	6785838.01	15.0	27.3	-81.8
4 B8	457746.95	6787092.64	24.0	26.8	-11.8
5 B9	456719.08	6785550.13	24.0	27.6	-14.9
6 C1	453085.28	6786788.35	27.0	26.8	0.6
7 C2	454716.94	6787607.12	55.0	27.1	50.8
8 C3	456316.58	6788724.75	33.0	27.1	17.9
9 C4	454901.27	6786210.63	52.0	27.6	46.9
10 C5	453523.01	6783001.8	42.0	26.9	35.9
11 C6	451496.03	6781788.24	48.0	27.2	43.3
12 C7	452257.45	6784852.47	66.0	27.0	59.1

Обучающая выборка (голубой), Тестовая выборка (бежевый)

График обучения сети

Среднекв. ошибка vs Эпохи (0-200). Точность = 64.9%

При ручном режиме вы сами можете настраивать параметры нейронной сети, такие как: количество нейронов в скрытых слоях, количество скрытых слоев, оптимизатор, **validation split** - процент данных не принимающих участие в обучении, количество эпох обучения. После настройки параметров нажмите на кнопку *Создать и обучить нейронную сеть* в правом верхнем углу, после чего начнётся обучение. Дождитесь окончания расчётов, затем в дереве нейронные сети появится ваша созданная нейронная сеть.

1 - Сайдбар с выбором данных (Tura_452, Irkut_701, Neva_248).

2 - Панель настроек нейронной сети.

3 - Кнопка 'Создать и обучить нейронную сеть'.

Скважина	X	Y	Нэфф факт	Нэфф прогноз	Ошибка, %
1 A15	456654.69	6781527.76	10.0	34.8	-248.2
2 A16	456510.41	6784012.03	16.0	34.9	-118.2
3 B2	458424.19	6785838.01	15.0	34.8	-132.2
4 B8	457746.95	6787092.64	24.0	34.9	-45.5
5 B9	456719.08	6785550.13	24.0	34.9	-45.6
6 C1	453085.28	6786788.35	27.0	34.9	-29.3
7 C2	454716.94	6787607.12	55.0	35.0	36.4
8 C3	456316.58	6788724.75	33.0	35.1	-6.2
9 C4	454901.27	6786210.63	52.0	35.0	32.7
10 C5	453523.01	6783001.8	42.0	34.9	16.8
11 C6	451496.03	6781788.24	48.0	34.9	27.4
12 C7	452257.45	6784852.47	66.0	34.9	47.1

Настройка нейронной сети:

- Многослойный перцептрон
- Количество скрытых слоев: 2
- Количество нейронов в слоях: 5
- Функция активации входного слоя: ReLu
- Функция активации скрытых слоев: Tanh
- Количество эпох: 200
- Validation split, %: 20
- Оптимизатор: Adam

График обучения сети:

Среднев. ошибка vs Эпохи. Точность = 65.9%

При выделении определённой нейронной сети в этом дереве на экране будут отображаться настройки, которые были использованы при обучении, а также таблица с рассчитанными прогнозными толщинами в скважинах.

После того как вы создали нейронную сеть с хорошей прогнозной способностью (например, параметр аккуратности (**Точность**) на графике обучения выше 85%), вы можете рассчитать прогнозную карту эффективных толщин с использованием этой нейронной сети. Для этого выделите вашу нейронную сеть в дереве нейронные сети и нажмите на кнопку *Построить прогнозную карту* в правом верхнем углу. Дождитесь окончания расчёта карты, как правило это время несколько больше чем обучение.

ReLoc 1.0

XYZ Данные Анализ **Нейронные сети** Прогнозная карта Создать нейронную сеть Построить прогнозирующую карту

Нейронные сети

- Tura_452
- Irkut_701
- Neva_248

Сейсмич. карты

- Tarbert Envelope
- Tarbert Inst freq
- Tarbert Rel ac imp
- Tarbert RMS

Статус программы:
расчет прогнозной карты
14%

История

```
[21:52:14] Map Tarbert RMS is loaded successfully
[21:57:10] Created a new neural net: Tura_452
[21:57:51] Created a new neural net: Irkut_701
[22:03:43] Created a new neural net: Neva_248
```

ОБУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗ

	Скважина	X	Y	Нэфф факт	Нэфф прогноз	Ошибка, %
1	A15	456654.69	6781527.76	10.0	31.7	-217.2
2	A16	456510.41	6784012.03	16.0	32.2	-101.5
3	B2	458424.19	6785838.01	15.0	31.5	-110.0
4	B8	457746.95	6787092.64	24.0	31.9	-32.9
5	B9	456719.08	6785550.13	24.0	32.6	-35.8
6	C1	453085.28	6786788.35	27.0	31.7	-17.3
7	C2	454716.94	6787607.12	55.0	32.5	40.8
8	C3	456316.58	6788724.75	33.0	32.9	0.4
9	C4	454901.27	6786210.63	52.0	32.7	37.1
10	C5	453523.01	6783001.8	42.0	31.9	24.2
11	C6	451496.03	6781788.24	48.0	31.7	34.0
12	C7	452257.45	6784852.47	66.0	31.9	51.7

Обучающая выборка Тестовая выборка

Настройка сети

Доверюсь программе **Настрою самостоятельно**

Многослойный перцептрон +4

Количество скрытых слоев: 6

Количество нейронов в слоях: 2

Функция активации входного слоя: ReLu

Функция активации скрытых слоев: Tanh

Количество эпох: 200

Validation split, %: 20

Оптимизатор: Adam

График обучения сети

Средняя ошибка

— MSE обучающей выборки

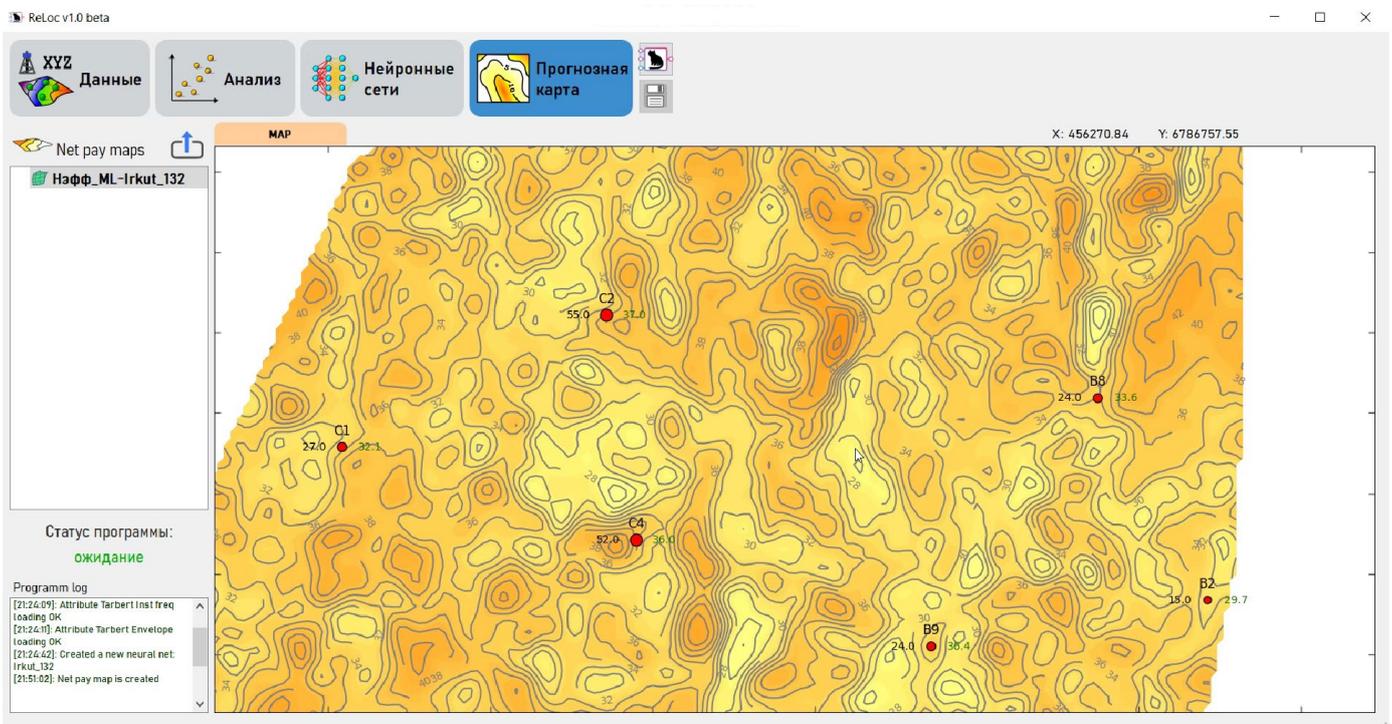
— MSE валидационной выборки

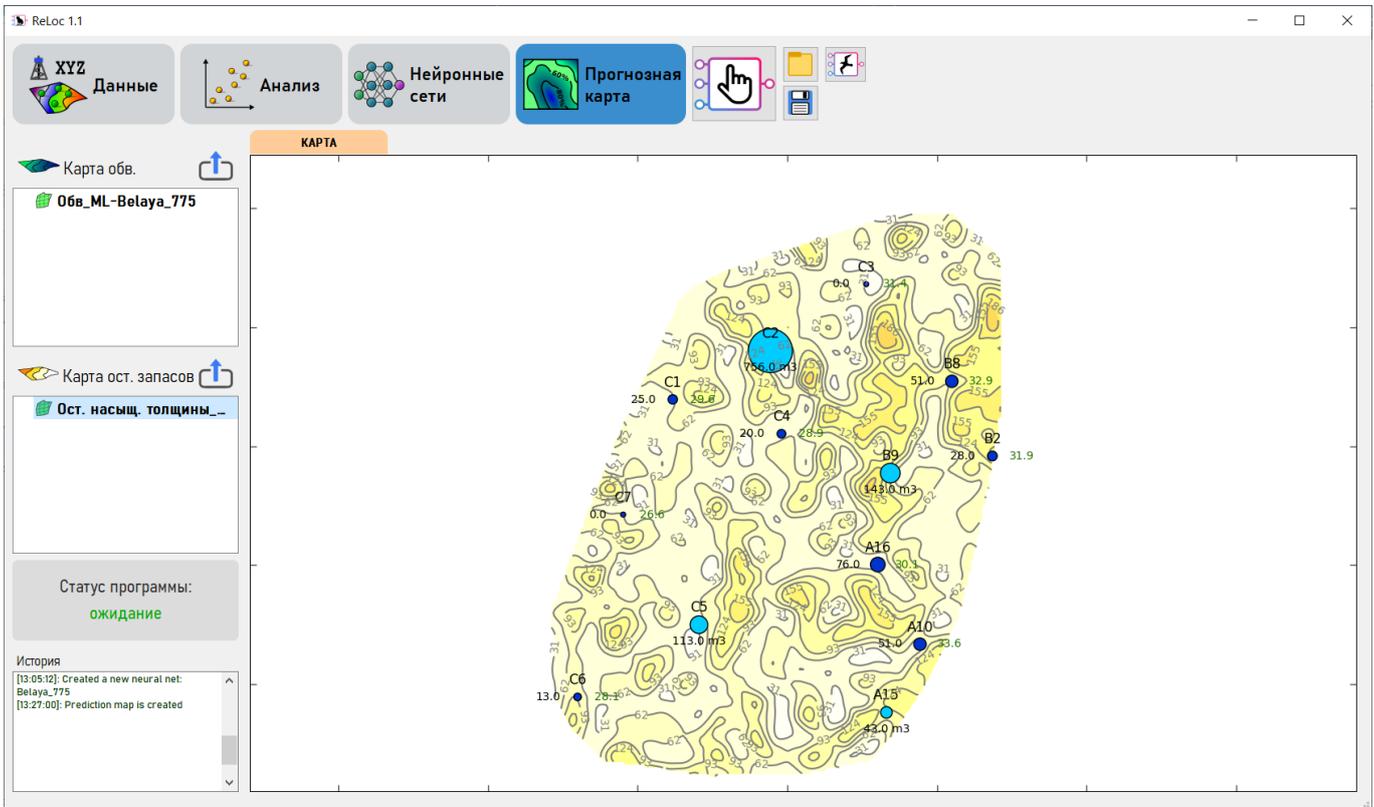
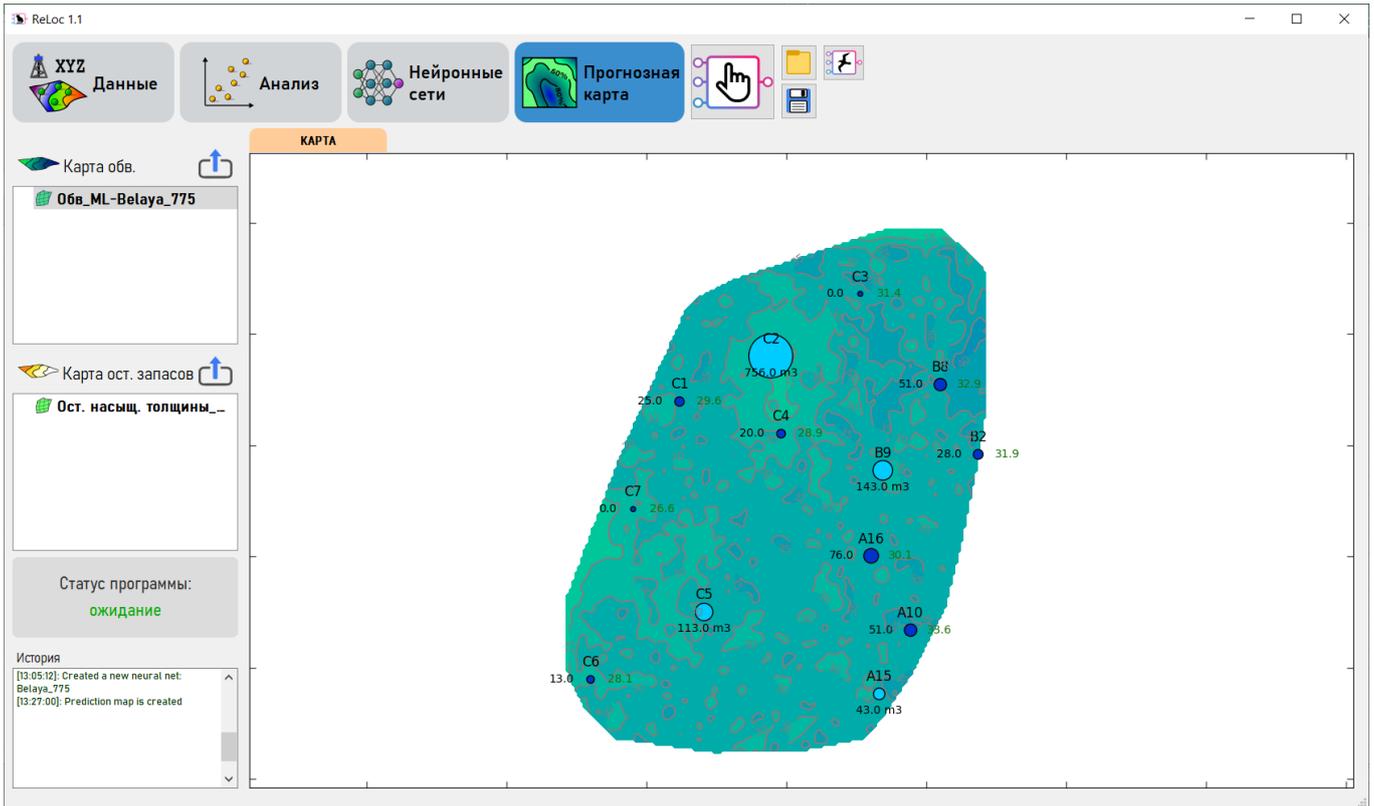
Точность = 66.0%

Эпохи

Анализ и выгрузка прогнозной карты

В четвёртом разделе меню, **Прогнозная карта**, вы можете просмотреть вашу прогнозную карту эффективных толщин, рассчитанную через нейронную сеть. На карте отображены фактические (слева) и спрогнозированные (справа) эффективные толщины по скважинам. По этим данным вы можете оценить с какой точностью ваша нейронная сеть прогнозирует эффективные толщины. Нажав на кнопку  вы можете экспортировать данную карту в формате irap classic grid.





Работа с проектом ReLoc

Всю вашу работу и данные в программе ReLoc можно сохранить в проект и при необходимости открыть этот проект позже.

Для сохранения проекта нажмите на кнопку с иконкой синей дискеты. Далее выберите директорию и название вашего проекта, нажмите на кнопку «сохранить». Файл проекта будет сохранен с разрешением .rlp (reloc project). Если в вашем проекте содержатся нейронные сети, то вместе с этим файлом также будут сохранена папка вида «*название_проекта_models*». Обратите внимание что в этом случае при копировании проекта в другую папку необходимо забывать копировать также эту папку с нейронными сетями.

Для открытия ранее сохраненного проекта нажмите на кнопку с изображением папки. Выберите файл с разрешением .rlp и нажмите на кнопку «открыть».

Также вы можете создать новый проект нажав на эту кнопку с изображением папки правой кнопкой мыши и выбрав соответствующее контекстное меню. При нажатии правой кнопкой мыши на кнопку сохранения вы можете выбрать меню сохранения текущего проекта под другим именем.