

Isoliner3D - трёхмерное окно и объёмные инструменты для QGIS

Содержание

Что это	2
Установка	3
С чего начать	3
Окно просмотра	3
Система координат	3
Свойства сцены	3
Свойства слоя	4
Откуда берётся цвет	4
Изоповерхности и воксели	4
Оболочки таблицей	4
Крышка на краю куба	4
Чистка	4
Оболочки в слой проекта	4
Выгрузка сцены	5
Вращение и съёмка	5
Инструменты	5
1.01 Собрать грид пласта	5
1.02 Калькулятор пласта	6
1.03 Грид пласта в блочную модель	6
1.04 Поверхности в 3D (меши)	7
1.05 Домены в канал пласта	7
1.06 Разность запасов (списание)	7
1.07 Создать пример данных (демо)	8
1.08 Карта для текстуры (демо)	8
2.01 Демонстрационные скважины в объёме	9
2.02 Интерполяция точек в объёме	9
2.03 Куб в блочную модель	11
2.04 Тело куба вокселями	12
2.05 Проверка интерполяции	12
2.06 Кригинг в объёме	13
2.07 МВА в объёме	15
2.08 Пласты по разрезам	16
Типовые задачи	17
От скважин к запасам	17
От горизонтов к пласту	18
Разрез на чертёж и в объём	18
От зарисовок на разрезах к телу	18

Откуда берутся координаты	18
Как берутся кровля и подошва	18
Контакт соседних пластов	19
Линза внутри пласта	19
Докуда верить поверхности	19
Порядок работы	19
Что изменилось между съёмками	20
Показать не геологу	20
Проверка данных до модели	20

Типичные ситуации	20
--------------------------	-----------

Соседние плагины	21
-------------------------	-----------

Лицензия и разработчик	21
Где что искать	21

Что это

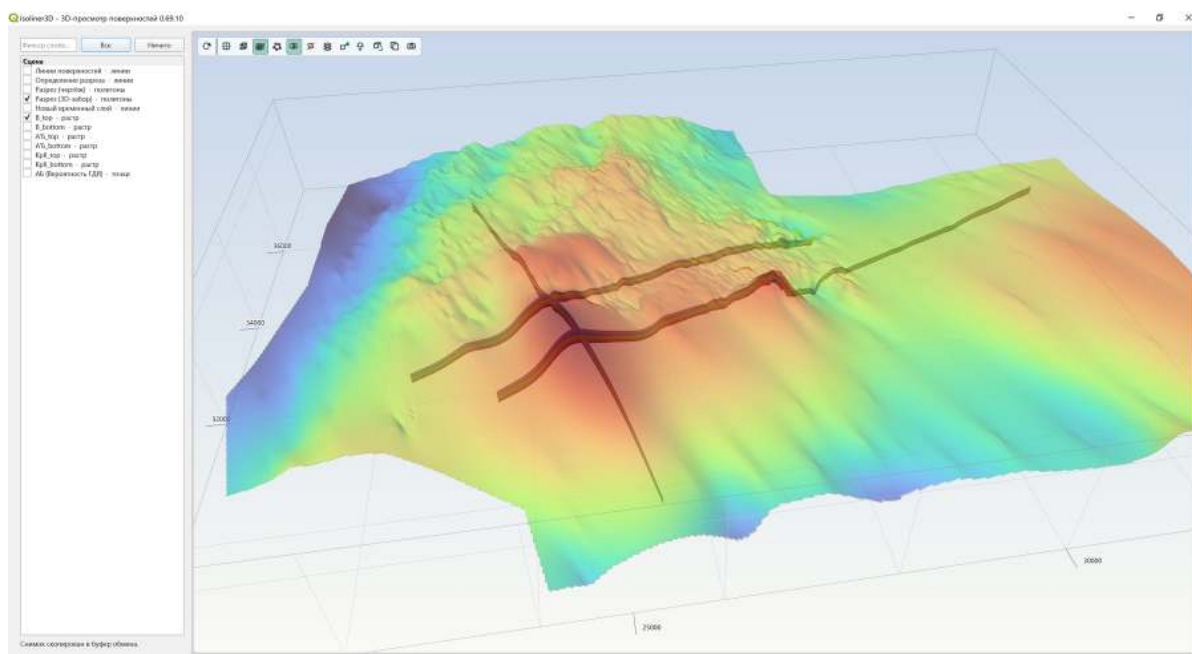


Рис. 1: Рельеф с отмывкой и три разреза-забора по нему, в координатном коробе с подписями отметок.

Isoliner3D показывает данные проекта в объёме и считает по ним. Растры ложатся поверхностями, многоканальные гриды - замкнутыми телами пластов, скважины - цветными стволами, полигоны с высотой - телами. Отдельно от этого работает набор инструментов в панели Обработки: сборка грида пласта, блочная модель, интерполяция в объёме, изоповерхности, объёмы.

Модуль не зависит ни от штатного трёхмерного вида QGIS, ни от Qt3D: отрисовка идёт на вложенных в него библиотеках, ставить отдельно нечего.

Интерполяция в плане, изолинии, рельеф и чертёжные разрезы остаются за плагином Isoliner, спутником которого Isoliner3D является.

Требования: QGIS 3.16 и новее, Qt5 или Qt6.

Установка

Модули - Управление и установка модулей - Установить из ZIP, выбрать isoliner3d.zip. Перезапустить QGIS не нужно.

С чего начать

Без своих данных: инструмент **2.01 Демонстрационные скважины в объёме** кладёт в проект пробы, дальше **2.02 Интерполяция точек в объёме** делает из них куб, а окно просмотра показывает по кубу изоповерхность.

Со своими: откройте окно кнопкой на панели, отметьте слои в списке и нажмите обновление. Растр покажется поверхностью, полигоны с Z - телом.

Окно просмотра

Слева список слоёв проекта с галками, справа сцена. Отметка задаёт, что показывать; считает сцену кнопка обновления, а не сама отметка - на большом проекте пересборка занимает секунды, и делать её на каждый щелчок незачем.

Мышь: левая кнопка вращает, колесо приближает, средняя двигает.

Система координат

Сцена работает в координатах проекта. Ноль сдвинут к середине охвата всех видимых слоёв: без этого числа в шесть знаков теряют точность у видеокарты, и модель начинает дрожать.

Шкала по высоте одна на всю сцену. Общий ноль и общий множитель считаются по всем видимым слоям сразу и применяются одинаково к растрам, полигонам, линиям и точкам. Поэтому забор разреза ложится на поверхность, по которой построен, при любом преувеличении.

Вертикальное преувеличение растягивает отметки. Это способ смотреть, а не свойство данных: пласт в километры по площади и метры по мощности без него сплющивается в блин.

Свойства сцены

Открываются кнопкой на плашке. Разделы:

Вид - преувеличение, разнос слоёв по вертикали, общая прозрачность поверхностей, сторона текстуры, предел вершин в сцене.

Обрезка - по контуру, по отметке и по поверхностям. Всё, что снаружи, не показывается, а срез тела закрывается крышкой: видно сечение, а не изнанку.

Оформление - отмывка, градиентный фон, сглаживание краёв. Отмывка не украшение: поверхность, раскрашенная шкалой, рисуется одним цветом вершин без света вовсе, и рельеф внутри одного оттенка пропадает. Градиентный фон включён по умолчанию.

Тела освещаются тремя источниками. Одним источником всё, что от него отвёрнуто, уходит в тень целиком, а у тела пласта таких граней половина - боковые стенки и подошва, - и сцена выходит тёмной. Основной источник рисует форму, второй светит с другой стороны вполсилы, третий снизу не даёт провалиться низу. У отмывки источник остаётся один: тремя она выходит плоче, и рельеф внутри одного оттенка шкалы читается хуже.

Координатный короб - сетка на выбранных плоскостях и её шаг.

Все настройки сохраняются в проект.

Свойства слоя

Открываются двойным щелчком по слою в списке. Показываются только те поля, которые работают в выбранном режиме: у изоповерхности одни, у вокселей другие, у стенки третьи.

Режимы растрового слоя: поверхность, тело пласта, изоповерхность по кубу, воксели по кубу, стенка по линии, объёмная заливка.

Откуда берётся цвет

Сцена спрашивает цвет у самих данных, в таком порядке.

Первым читается поле **color**, если оно есть в слое. Значение пишется как #RRGGBB, годятся короткая запись и название цвета. Так поступают инструменты Isoliner: цвет пласта уже посчитан по справочнику, тем же, что и на чертеже.

Если поля нет, берётся символика слоя - та, что видна в дереве слоёв QGIS. Цвет спрашивается на каждый объект, поэтому категории и градации работают. Класс, снятый в легенде, не рисуется вовсе.

Если нет ни того ни другого, слой рисуется одним цветом.

Изоповерхности и воксели

Куб значений - это многоканальный грид, где канал это горизонтальный уровень. Такие пишут инструменты 2.02, 2.06 и 2.07.

Оболочки таблицей

Строка на уровень: уровень, цвет, непрозрачность, галка показа. Пустая ячейка берёт автоматическое - цвет по номеру оболочки, непрозрачность растёт наружу. Пустая таблица это отсечка и одна оболочка.

Цвет выбирается двойным щелчком, строка удаляется правой кнопкой, новая появляется сама, когда заполнена последняя.

Внутренние оболочки рисуются раньше наружных: нарисованная первой закрывает собой то, что за ней.

Крышка на краю куба

Закрывать выход на край куба ставит крышку там, где тело упирается в границу куба или в область, погашенную отсечкой. Без неё оболочка незамкнута: тело выглядит вскрытым, и объём по нему не посчитать. По умолчанию выключено.

Чистка

Сглаживание сажает ступени от ячеек куба, **отброс кусков мельче** убирает мелкие обрывки. Мелочь отбрасывается до сглаживания: иначе обрывок затягивает к себе соседей, и после удаления остаётся вмятина.

Сглаживание слегка ужимает тело, поэтому для подсчёта объёма берите несглаженное.

Оболочки в слой проекта

Кнопка на плашке кладёт оболочки выбранного слоя в слой проекта, беря уровни и чистку из свойств слоя. Оболочка сразу разбирается на связные тела, и объём каждого считается тут же.

Кнопка принимает два режима: изоповерхность по кубу и тело пласта. Для тела пласта каждая пара каналов даёт своё тело, а в поле уровня стоит номер канала кровли. Тело строится заново, а не берётся из сцены: у показанного вертикаль растянута преувеличением, слои разнесены по Z и сетка прорежена под бюджет вершин, и объём такого тела неверен ровно во столько раз, во сколько растянута вертикаль. Обрезка при этом берётся та, что настроена в сцене.

Тело на объект. В полях: номер, уровень, цвет, число граней, замкнутость, объём, диапазон отметок, плюс два поля о качестве. **holes** это рваные рёбра: при них объём бессмыслен и не считается. **pinch** это касания тела самого себя: дыр нет, объём точен.

Объём считается точной формулой по замкнутой оболочке, а не суммой ячеек: оболочка режет краевые ячейки пополам, и сумма по целым завышает объём процентов на пять. По той же причине объём тела пласта здесь и объём из 1.02 не совпадут точно: меш идёт по центрам ячеек, 1.02 считает ячейки целиком, и разница - полячейки по периметру.

Слой временный. Чтобы пережил проект, сохраните его в файл.

Выгрузка сцены

Кнопка на плашке пишет сцену в файл, формат по расширению.

GLB несёт цвет и прозрачность и годится для просмотра в браузере, Blender и Windows. Спрашивается вертикальное преувеличение: настоящие высоты верны для расчёта, модель как на экране нужна для показа. Координатный короб с подписями уходит вместе со сценой.

STL и **OBJ** для CAD, где нужна замкнутая оболочка, из которой делают тело. Короб и подписи туда не идут, отметки настоящие. В итоге сообщается, сколько тел вышло замкнутыми: незамкнутое CAD покажет мешем, но телом не сделает.

Вращение и съёмка

Кнопка вращения обходит модель камерой, повторное нажатие останавливает. Сцена при этом не пересобирается.

Кнопка съёмки пишет полный оборот кадрами PNG в выбранную папку - тридцать шесть кадров по десять градусов. Складывать их в видео модуль не берётся: для этого есть готовые средства.

Инструменты

Все они в панели Обработки, в группах **1. Пласт и блочная модель** и **2. 3D-интерполяция**. Ниже - что делает каждый и что задают его поля.

1.01 Собрать грид пласта

Поле	Что задаёт
Кровля (растр)	Грид кровли пласта. Отметки в метрах, шаг и охват должны совпадать с подошвой: иначе мощность считать не по чему.
Подошва (растр)	Грид подошвы. Там, где подошва выше кровли, мощность выходит отрицательной и ячейка уходит в пропуск.

Поле	Что задаёт
Параметры (растры, берётся канал 1)	Дополнительные гриды, которые лягут отдельными каналами: содержание, плотность, домен. Берётся первый канал каждого.
Грид пласта	Многоканальный грид: канал 1 кровля, канал 2 подошва, дальше параметры. Этот порядок читают все остальные инструменты и окно просмотра.
Канал кровли	Канал кровли в исходном гриде. Нужен, когда кровля лежит не первым каналом, а внутри многоканального.
Канал подошвы	Канал подошвы в исходном гриде. Нужен, когда подошва лежит внутри многоканального.

1.02 Калькулятор пласта

Поле	Что задаёт
Грид пласта (канал 1 кровля, канал 2 подошва)	Грид пласта из 1.01. Первый канал кровля, второй подошва, по ним и считается мощность.
Канал содержания (пусто - без содержания)	Канал содержания. Пусто означает считать только объём и мощность, без запасов.
Плотность руды, т/м³	Плотность руды. На неё умножается объём, чтобы получить массу: без неё в отчёте будут кубометры, а не тонны.
Контур подсчёта (полигоны, необязательно)	Полигоны, за пределами которых ячейки в подсчёт не идут: подсчётный блок, лицензионная площадь.
Грид пласта с мощностью и запасами	Тот же грид пласта с добавленными каналами мощности и запасов на ячейку.
Отчёт (HTML)	Сводка по контуру: площадь, объём, масса, среднее содержание. Открывается в браузере.

1.03 Грид пласта в блочную модель

Поле	Что задаёт
Грид пласта (канал 1 кровля, канал 2 подошва)	Грид пласта из 1.01. Колонка между кровлей и подошвой делится на блоки.
Плотность руды, т/м³	Плотность руды, если её нет отдельным каналом. На неё умножается объём блока.
Контур подсчёта (полигоны, необязательно)	Полигоны, за пределами которых блоки не выгружаются: подсчётный блок, лицензионная площадь.
Блочная модель (центроиды)	Точка-центроид на блок с размером, объёмом и массой. Дальше работает обычный векторный аппарат QGIS.

Поле	Что задаёт
Канал плотности (пусто - брать значение выше)	Канал плотности в гриде. Пусто означает брать одно значение, заданное выше, на весь пласт.
Слоёв по вертикали (деление колонки)	На сколько блоков делить колонку по вертикали. Один блок даёт модель без вертикальной разбивки, а мощность пласта тогда вся уходит в один слой.

1.04 Поверхности в 3D (меш)

Поле	Что задаёт
Поверхности-гриды	Гриды, которые надо отдать мешем. Каждый становится отдельным файлом 2DM.
Масштаб Z (вертикальное преувеличение)	Вертикальное преувеличение. Пласт в метр на площади в километр без него не разглядеть, но объём по такому мешу считать уже нельзя.
Смещение Z	Сдвиг всех отметок по вертикали. Нужен, чтобы разнести пласты свиты и увидеть их по отдельности.
Разнос по Z (шаг на каждый следующий грид)	Разнос поверхностей по вертикали. Пласты свиты иначе лежат вплотную и спорят за глубину.
Папка для мешей (2DM)	Куда положить файлы. Имя файла берётся от имени грида.
Прореживание узлов (каждый N-й)	Прореживание узлов. Каждый второй узел это вчетверо меньше треугольников, а форма пласта на глаз та же.
Канал высот (Z)	Канал отметок в гриде. Для грида пласта это кровля или подошва, смотря что показывать.

1.05 Домены в канал пласта

Поле	Что задаёт
Грид пласта	Грид пласта, к которому добавится канал домена.
Полигоны доменов	Полигоны доменов: сорта руды, участки, зоны. Ячейка получает код того домена, внутрь которого попала.
Грид пласта с каналом domain	Тот же грид с добавленным каналом domain. Дальше по нему фильтруют подсчёт и красят сцену.
Поле кода домена (число, необязательно)	Числовое поле с кодом домена. Пусто означает нумеровать полигоны по порядку.

1.06 Разность запасов (списание)

Поле	Что задаёт
Модель «было» (центроиды)	Блочная модель на начало периода. Сравнение идёт по совпадающим блокам, поэтому обе модели должны быть собраны на одной сетке.
Модель «стало» (центроиды)	Блочная модель на конец периода. Блок, которого в ней нет, считается отработанным целиком.
Разность (центроиды)	Центроиды с разностью по каждому блоку. Сумма поля по слою и есть списание за период.
Поле запаса	Поле запаса, разность которого считается: масса, объём, металл.

1.07 Создать пример данных (демо)

Поле	Что задаёт
Пример	Что именно создать: тело пласта, свиту складчатых пластов, куб или тетраэдр. Карта для текстуры вынесена в отдельный инструмент 1.08.
Охват (окно вида) - размещение и размер Мощность, ед. карты	Куда положить пример и какого размера. Пусто означает взять охват окна вида. Мощность пласта в единицах карты. От неё зависит, видно ли тело при обычном вертикальном масштабе.
Разбиение тела пласта (ячеек по стороне)	На сколько ячеек делится сторона тела. Мельче значит плавнее форма и больше треугольников.
Выдать как TIN (триангулировать)	Триангулировать тело. Без этого выходят четырёхугольные грани, которые не всякий просмотрщик покажет.
Тело (демо)	Слой с телами: полигоны с Z, годные для сцены и для подсчёта объёма.
Отметка залегания (подошва), ед. карты Пластов в свите	Отметка подошвы. Свита строится вверх от неё. Сколько пластов в свите. Каждый ложится своим телом со своим содержанием.

1.08 Карта для текстуры (демо)

Поле	Что задаёт
Охват (если грид не задан)	Границы карты, когда грид не задан. Пусто означает взять охват окна вида.
Карта: по охвату грида (растр)	Растр, по охвату которого делать карту. Нужен, чтобы текстура легла ровно на существующий грид.
Карта (демо)	Картинка для текстуры: её можно натянуть на поверхность в окне просмотра.
Карта: сторона картинка, пикселей	Сторона картинка в пикселях. Крупнее значит чётче текстура и тяжелее файл.

Поле	Что задаёт
Карта: клеток координатной сетки	Сколько клеток координатной сетки нарисовать на карте.
Карта: полей пластов	Сколько полей пластов нарисовать на карте.

2.01 Демонстрационные скважины в объёме

Поле	Что задаёт
Тип залежи	Пласт со складкой и падением показывает главное: горизонтальные уровни куба режут залежь поперёк. Линза изотропна и проще всех, жила это обратный крайний случай.
Скважин	Сеть строится со сбивкой, а не правильной сеткой: правильная даёт интерполяции слишком лёгкую задачу.
Длина пробы, м	Проба длиннее мощности залежи пропустит её между замерами. На пласте в двадцать шесть метров десять метров это уже много.
Охват площадки	Площадка, на которой ставятся скважины. Пусто означает километр от начала координат, об этом пишется в журнал.
Отметка поверхности, м	Средняя отметка дневной поверхности. Устья ставятся по пологому рельефу вокруг неё.
Глубина разбуривания, м	Глубина разбуривания вниз от поверхности. Пропорции тела считаются от неё же.
Шум опробования, доля	Доля логнормального шума опробования. Ноль даёт данные без шума, на них видно саму модель.
Зерно случайности	Одно и то же зерно даёт одни и те же данные: с ним можно сравнивать методы на неизменной выборке.
Пробы с содержаниями	Пробы с полями hole, from_m, to_m, grade, truth, zone.
Содержание в ядре сверх фона	Содержание в ядре сверх фона. Граница тела проходит там, где содержание падает до половины от него.
Фон во вмещающих породах	Фон во вмещающих породах. От него и от содержания в ядре
считается отсечка, которой отделяется тело.	
Общий наклон содержаний, доля	Общий наклон содержаний по площадке. Нужен, чтобы данные не сводились к одному телу.
Доля недобуренных скважин	Доля недобуренных скважин. Нужна, чтобы у куба были места без данных, как на настоящей разведке.
Наклон стволов, градусов	Наклон стволов от вертикали. Ноль даёт вертикальные скважины.

2.02 Интерполяция точек в объёме

Считает значение в узлах объёмной сетки по точкам с высотой.

Анизотропия это отношение вертикального масштаба к горизонтальному. Без неё ближайшей точкой окажется соседняя скважина, а не соседний замер в той же точке плана.

Узлы, где точек в радиусе меньше нужного, остаются пропуском: пустота лучше выдуманного значения.

Соседи набираются по секторам: окружность вокруг узла делится на равные части, и из каждой берётся своя доля ближайших точек. Без этого при анизотропии все соседи оказываются в одной скважине, потому что проба в стволе в сотни раз ближе соседней скважины, и обратные расстояния вырождаются в ближайшего соседа. Один сектор отключает деление.

Источник отметки задаётся отдельно. Плоский слой отдаёт нулевую Z у каждой точки, поэтому брать её из геометрии нельзя: все пробы легли бы в одну плоскость. Поле отметки годится, когда отметка посчитана, а глубина от поверхности нужна пробам, где записана глубина, а не отметка. Точка, для которой отметку получить не удалось, в расчёт не идёт, и число таких пишется в журнал.

Поле	Что задаёт
Точки с высотой	Слой проб. Отметка берётся из геометрии, из поля или считается от поверхности, это задаётся ниже.
Поле значения	Числовое поле, значение которого раскладывается по кубу: содержание, концентрация, влажность. У демонстрационных данных из 2.01 это grade, а не hole: иначе куб выйдет по номерам скважин.
Источник отметки	Плоский слой отдаёт нулевую Z у каждой точки. Если брать её из геометрии, все пробы лягут в одну плоскость и куб выйдет бессмысленным.
Поле отметки или глубины	Для отметки из поля это сама отметка, для глубины это глубина вниз от поверхности.
Поверхность для отсчёта глубины	Грид, от которого отсчитывается глубина. Нужен почвенным и подобным пробам, где записана глубина, а не отметка.
Метод	Ближний сосед даёт ступени и годится для проверки данных. Обратные расстояния дают сглаженное поле.
Шаг по горизонтали, м (0 - от данных)	Ноль берёт пятую часть расстояния между точками плана. Мельче делать незачем: данных в промежутке всё равно нет, а число узлов растёт как квадрат.
Шаг по вертикали, м (0 - от данных)	Ноль берёт половину шага опробования. Крупнее значит слить соседние замеры и потерять различие по глубине.
Наибольшее число точек (0 - от данных)	Ноль берёт на одного больше, чем замеров в одной точке плана. Больше значит смешать все уровни сразу и сгладить аномалию по глубине.
Куб значений	Многоканальный грид: канал это горизонтальный уровень, отметка первого уровня и шаг пишутся в метаданные.

Поле	Что задаёт
Анизотропия (0 - от данных)	Ноль замеряет вариограмму по данным и берёт отношение вертикальной длины связи к плановой. Это тот случай, когда гадать не нужно. Своё число задаёт масштаб вручную: большое сглаживает по вертикали, малое сохраняет различие по глубине.
Радиус поиска, м (0 - авто)	Ноль берёт четверть охвата данных. Узел, где точек в радиусе не набралось, остаётся пропуском.
Степень обратных расстояний	Чем больше степень, тем сильнее ближняя точка перевешивает дальние. Двойка это обычный выбор.
Наименьшее число точек	Узел, где точек в радиусе меньше этого числа, остаётся пропуском: пустота лучше выдуманного значения.
Секторов поиска (0 - от данных)	Ноль берёт от данных: у скважин деление нужно, иначе все соседи окажутся в одном стволе, а у проб в плане оно только рвёт поле. Граница сектора идёт лучом от узла, и на ней набор соседей меняется скачком: отсюда звёзды на почвенных пробах.

2.03 Куб в блочную модель

Поле	Что задаёт
Куб значений (каналы это уровни)	Куб значений из 2.02: каналы это уровни, отметка первого уровня и шаг лежат в метаданных.
Применять отсечку	Без отсечки выгружаются все ячейки с данными, с отсечкой только те, что не ниже её.
Отсечка только когда отсечка включена галкой выше.	Значение, ниже которого ячейка в модель не идёт. Работает,
Контур подсчёта	Полигоны, за пределами которых ячейки не выгружаются: подсчётный блок, лицензионная площадь.
Отсечка сверху (поверхность)	Поверхность сверху: остаются точки ниже неё. Так отсекают всё выше дневного рельефа или выше кровли пласта.
Отсечка снизу (поверхность)	Поверхность снизу: остаются точки выше неё. Вместе с верхней остаётся только пласт.
Блочная модель	Точка-центроид на занятую ячейку с размером блока, объёмом и значением.
Интервалов окраски (0 - без классов)	На сколько интервалов разложить значение. Номер интервала пишется в поле cls и годится для окраски.
Плотность, т/м3 (0 - без пересчёта)	При заданной плотности к каждому блоку добавляется масса в полях dens и ore_t.

2.04 Тело куба вокселями

Поле	Что задаёт
Куб значений (каналы это уровни)	Куб значений из 2.02: каналы это уровни, отметка первого уровня и шаг лежат в метаданных.
Отсечка	Ячейка не ниже отсечки считается телом. Отсечку для демонстрационных данных печатает 2.01.
Контур подсчёта	Полигоны, за пределами которых ячейки в тело не идут:
подсчётный блок, лицензионная площадь. Интервалов окраски (0 - одним телом)	Ноль строит одно тело. Несколько интервалов дают объект на каждый, и тело можно раскрасить по содержанию. Не читается, если заданы свои границы.
Свои границы интервалов, через пробел	Свои границы интервалов через пробел: 0 5 10 15. Задают разбивку вместо равных долей. Запятая внутри числа это знак дроби: 2,5 3 3,5 читается как два с половиной, три и три с половиной. Порядок и повторы не важны. Ячейка выше последней границы остаётся в последнем интервале, терять её нельзя.
Названия интервалов, через запятую	Названия интервалов через запятую: низкое, среднее, высокое. Пишутся в поле name. Недостающие остаются пустыми, лишние отбрасываются.
Сливать соседние грани	Слияние делает слой в разы легче, но рвёт границу тела Т-образными стыками. Такое тело нельзя ни посчитать по объёму, ни разрезать в сцене: срез останется открытым, крышку поставить не на что. Для подсчёта и для разрезов флаг снимайте.
Убирать зашпы по ребру	Зашп это касание двух ячеек одной диагональю. Дырой он не является, но ребро в нём принадлежит четырём граням, и проверка замкнутости такое тело отвергает.
Тело вокселями	MULTIPOLYGON Z, объект на интервал окраски. Поля cls,
vmin, vmax, faces и shell.	

2.05 Проверка интерполяции

Поле	Что задаёт
Точки с высотой	Тот же слой проб, что подаётся в 2.02. Проверка идёт по самим пробам, куб для неё не нужен.
Поле значения	Поле значения, по которому строится куб. Именно его и проверяем. У демонстрационных данных из 2.01 это grade.

Поле	Что задаёт
Источник отметки	Источник отметки должен совпадать с тем, что задан в 2.02: иначе проверяется не та расстановка точек.
Поле отметки или глубины	Для отметки из поля это сама отметка, для глубины это глубина вниз от поверхности.
Поверхность для отсчёта глубины	Грид, от которого отсчитывается глубина. Тот же, что и в 2.02.
Поле скважины (0 - по одной пробе)	Номер скважины. С ним из выборки убирается ствол целиком, и проверка меряет умение попасть между скважинами. Без него убирается одна проба, соседи берутся из того же ствола, и ошибка выходит в разы меньше настоящей.
Метод	Метод, который собираетесь применять в 2.02. Проверка и нужна, чтобы выбрать между ними по числам, а не на глаз.
Наибольшее число точек (0 - от данных)	Ноль берёт на одного больше, чем замеров в одной точке плана. Это тот же подбор, что и в 2.02.
Невязки проверки	Пробы с полями value, model, resid и aresid. По ним видно не только величину промаха, но и где он случился.
Анизотропия (вертикаль к горизонтали)	Отношение вертикального масштаба к горизонтальному. Подбирается как раз по ошибке проверки.
Радиус поиска, м (0 - авто)	Ноль берёт четверть охвата данных. Проба, вокруг которой точек не нашлось, остаётся непроверенной.
Степень обратных расстояний	Степень обратных расстояний. Подбирается по ошибке проверки вместе с анизотропией.
Наименьшее число точек	Проба, вокруг которой точек меньше этого числа, остаётся непроверенной и в ошибку не идёт.
Секторов поиска (0 - от данных)	Ноль берёт от данных: у скважин деление нужно, иначе все соседи окажутся в одном стволе, а у одиночных проб в плане оно только рвёт поле.

2.06 Кригинг в объёме

Поле	Что задаёт
Точки с высотой	Тот же слой проб, что подаётся в 2.02.
Поле значения	Отметка задаётся ниже так же, как там. Числовое поле, значение которого раскладывается по кубу. У демонстрационных данных из 2.01 это grade.
Источник отметки	Плоский слой отдаёт нулевую Z у каждой точки. Если брать её из геометрии, все пробы лягут в одну плоскость и куб выйдет бессмысленным.

Поле	Что задаёт
Поле отметки или глубины	Для отметки из поля это сама отметка, для глубины это глубина вниз от поверхности.
Поверхность для отсчёта глубины	Грид, от которого отсчитывается глубина. Нужен пробам, где записана глубина, а не отметка.
Опорная поверхность (спрямление)	Кровля или подошва пласта. С ней вертикаль отсчитывается от поверхности, и расчёт идёт вдоль напластования. Вариограмма меряется уже в спрямлённых координатах: замерив в абсолютных, а посчитав в спрямлённых, получишь модель не от этих данных.
Подошва для доли мощности	Вторая поверхность. С ней отметка становится долей мощности: ноль на кровле, единица на подошве.
Шаг по горизонтали, м (0 - от данных)	Ноль берёт пятую часть расстояния между точками плана. Мельче делать незачем: данных в промежутке всё равно нет, а число узлов растёт как квадрат.
Шаг по вертикали, м (0 - от данных)	Ноль берёт половину шага опробования. Крупнее значит слить соседние замеры и потерять различие по глубине.
Соседей на узел	Соседей на узел. Кригинг решает систему размером с их число, поэтому цена растёт как куб: шестнадцать это обычный выбор, тридцать два уже заметно дороже.
Замерить вариограмму по данным	Вариограмма замеряется по самим данным: длина связи из планового замера, самородок из вертикального. Задавать три числа на глаз бессмысленно, их и надо было замерить.
Куб значений	Куб значений: канал это горизонтальный уровень.
Куб дисперсии оценки	Куб дисперсии оценки, тех же размеров. В самой пробе ноль, дальше от данных растёт. Это карта доверия, и она единственное, что кригинг даёт всегда, независимо от густоты сети.
Модель вариограммы	Вид модели. Разница между ними невелика, важнее поведение у нуля: гауссова даёт слишком гладкое поле там, где данные шумят.
Самородковый эффект	Разброс, который не убывает даже у соседних проб: ошибка опробования и изменчивость мельче сети. Читается, только если снят автоматический замер.
Порог	Общий разброс данных, к которому вариограмма выходит на больших расстояниях.
Длина связи, м	Расстояние, после которого пробы уже ничего не знают друг о друге.
Анизотропия (0 - от данных)	Ноль берёт отношение вертикальной длины связи к плановой, замеренное по данным. Это тот случай, когда гадать не нужно.

Поле	Что задаёт
Радиус поиска, м (0 - авто)	Ноль берёт четверть охвата данных. Узел, где точек в радиусе не набралось, остаётся пропуском.
Секторов поиска (0 - от данных)	Ноль берёт от данных: у скважин деление нужно, иначе все соседи окажутся в одном стволе, а у проб в плане оно только рвёт поле. Граница сектора идёт лучом от узла, и на ней набор соседей меняется скачком: отсюда звёзды на почвенных пробах.

2.07 МВА в объёме

Строит куб значений по разбросанным точкам мультисеточными В-сплайнами.

Грубая решётка приближает данные, остаток приближается решёткой вдвое мельче, и так уровень за уровнем. Система уравнений не решается: работа линейна по числу точек, и на сотнях тысяч замеров метод считает там, где кригинг встаёт.

Метод приближает, а не оценивает. Точного попадания в замеры нет, ошибки оценки он не даёт. Рядом с кригингом он хорош как тренд, который дальше уточняют кригингом остатков.

За пределами облака точек поверхность уходит куда угодно: у краевых коэффициентов нет данных. Обрезайте результат контуром или поверхностями.

Поле	Что задаёт
Точки с высотой	Точки замеров: скважинные пробы, интервалы, что угодно с отметкой и значением.
Поле значения	Поле со значением, которое раскладывается по объёму.
Источник отметки	Откуда брать отметку пробы: из высоты геометрии, из поля или как глубину от поверхности.
Поле отметки или глубины	Поле отметки либо глубины, если она не в геометрии.
Поверхность для отсчёта глубины	Поверхность, от которой отсчитывается глубина.
Начальная решётка по плану	Начальная решётка по плану: с неё метод начинает и дальше удваивает её на каждом уровне. Мельче начальная - точнее первое приближение, но и памяти больше.
Начальная решётка по вертикали	Начальная решётка по вертикали. Разведочные данные вытянуты, и решётка не обязана быть кубической: километры в плане и метры по мощности это разные вещи. Меньшее число здесь и растягивает влияние вдоль пласта, и бережёт память.
Уровней	Сколько раз удваивать решётку. Каждый уровень подхватывает то, что не смог предыдущий: невязка падает быстро, а память последнего уровня растёт кубом.
Шаг куба по горизонтали (0 - от данных)	Шаг куба по горизонтали. Ноль берёт от сети опробования.
Шаг куба по вертикали (0 - от данных)	Шаг куба по вертикали. Ноль берёт от сети.

Поле	Что задаёт
Куб значений	Многоканальный грид: канал это горизонтальный уровень куба. Его читают 2.03, 2.04 и сцена.
Остановка по невязке (0 - все уровни)	Остановка по невязке: как только наибольшее отклонение от замеров опустится ниже, уровни дальше не строятся. Ноль означает строить все.
Наименьшее значение (пусто - без края)	Наименьшее возможное значение: содержание не бывает ниже нуля, а метод за диапазон выходит. Что вышло, прижимается к краю, и на месте выброса получается плато - форма там теряется. Оставьте пустым, если ограничения нет.
Наибольшее значение (пусто - без края)	Наибольшее возможное значение. Число прижатых узлов печатается в журнал: по нему видно, годится ли модель.

2.08 Пласты по разрезам

Строит грид пластов по контурам, нарисованным на разрезах.

Каждое кольцо идёт по кровле вперёд и по подошве назад, поэтому из него берутся две поверхности. Они интерполируются по площади мультисеточными B-сплайнами, и пространство между разрезами заполняется.

Положение разрезов в пространстве берётся из самой геометрии, по вершинам контуров. Задавать линии разрезов отдельно не надо. Плоский чертёжный разрез не годится: у него нет настоящих отметок.

На выходе многоканальный грид: на каждый пласт кровля и подошва. Такой грид сцена показывает телом пласта, а 1.02 и 1.03 считают по нему мощность, блоки и объёмы.

Подошва верхнего пласта и кровля нижнего это одна граница, если геолог провёл их одной линией. Такая граница строится один раз по обоим наборам точек: построенные порознь, они между разрезами расходятся, и в модели встаёт щель или нахлест, которых на разрезе нет. Порог склейки задаётся допуском.

Маска области обрезает результат: между разрезами данных нет, и ею задаётся, куда поверхностям верить.

Между разрезами поверхность идёт так, как её провела интерполяция: данных там нет. Где разрезы пересекаются, отметки на них должны сойтись. Расхождения считаются и печатаются в журнал вместе с координатами места, где они наибольшие: с одним числом искать съехавшую вершину негде.

Поле	Что задаёт
Контур на разрезе (полигоны с Z)	Слой контуров на разрезе: полигоны с настоящими Z. Положение разрезов берётся из самой геометрии, по вершинам контура, и нигде не спрашивается. Плоский чертёжный разрез не годится: у него X и Y это координаты на листе, а отметок нет вовсе. Тип геометрии должен быть PolygonZ или MultiPolygonZ.

Поле	Что задаёт
Поле номера пласта	Поле номера пласта. Каждый пласт даёт в гриде два канала: кровлю и подошву.
Только этот пласт (пусто - все)	Номер пласта, если нужен один. Пусто - все.
Шаг грида, м (0 - от данных)	Шаг грида по площади. Ноль берёт двухсотую долю охвата.
Маска области (полигоны, необязательно)	Слой полигонов, которым обрезается результат. За его пределами грида не будет вовсе. Между разрезами данных нет, и поверхность там идёт туда, куда её провела интерполяция: маской задаётся, куда этому верить. Обычно это контур выработки, шурфа или подсчётного блока. Пусто - грид на весь охват контуров.
Грид пластов	Многоканальный грид: на каждый пласт кровля и подошва, в порядке номеров. Сцена показывает такой грид телом пласта, 1.02 считает по нему мощность, 1.03 - блоки и объёмы.
Уровней	Уровней в мультисеточном приближении. Мало уровней - гладкая поверхность, много - она ближе к отметкам на разрезах.
Допуск склейки контактов, м	Допуск, в пределах которого подошва верхнего пласта и кровля нижнего считаются одной поверхностью и строятся один раз. Две независимо построенные поверхности между разрезами расходятся, и в модели встаёт щель или нахлест, которых на разрезе нет. Ноль отключает склейку: тогда каждая поверхность своя.
Запас наружу от маски, м	Запас наружу от маски. Пласт обычно продолжается за контур выработки, и обрезка ровно по нему срезала бы то, что есть в данных.

Типовые задачи

Шесть цепочек, которые ходят по кругу в работе. Номера инструментов с точкой это Isoliner3D, названия без номера - соседний Isoliner.

От скважин к запасам

Главная цепочка, ради неё всё и делалось.

1. Пробы с содержаниями в слое точек, отметка в геометрии либо в поле.
2. **2.05 Проверка интерполяции** - подобрать параметры. Считать надо с исключением по скважине, а не по пробе: соседняя проба в том же стволе почти повторяет исключённую, и ошибка выходит ниже настоящей.
3. **2.02 Интерполяция точек в объёме** либо **2.07 МВА в объёме** - куб значений. Кригинг даёт ошибку оценки, МВА считает там, где кригинг встаёт: сотни тысяч проб.
4. Куб в сцену, режим изоповерхности. Отсечка по рельефу и по контуру лицензии - в свойствах сцены.
5. Кнопка **оболочки в слой проекта**: тела с объёмом каждого. Плотность задаётся в 2.03, если нужна масса.

Что проверить по дороге: невязка по уровням в журнале 2.07 - если очередной уровень её почти не уменьшил, дальше он ловит шум замеров. И поле holes у полученных тел: при дырах объём не считается.

От горизонтов к пласту

1. В Isoliner интерполяцией в плане строятся **кровля и подошва**.
2. **1.01 Собрать грид пласта** - многоканальный грид: канал 1 кровля, канал 2 подошва, дальше параметры.
3. **1.03 Блочная модель по пласту** - блоки с объёмом и массой.
4. Тот же грид в сцене показывается телом пласта, без пересчёта.

Мощность и прочее считает **1.02 Калькулятор пласта**, не выходя из грида.

Разрез на чертёж и в объём

1. В Isoliner строится разрез и колонки скважин.
2. Забор разреза - это полигоны с настоящими Z, и он кладётся в сцену как есть.
3. Цвет пластов сцена берёт из поля color: тот же справочник, что и на чертеже.

Смысл в проверке глазом: забор ложится на поверхности, по которым построен. Разошлись - разошлась модель, и это видно сразу.

От зарисовок на разрезах к телу

Когда скважин мало, а разрезы отрисованы, тело собирается по ним. Инструмент **2.08 Пласты по разрезам**.

Откуда берутся координаты

Из самой геометрии контуров, и больше ниоткуда. Контур на трёхмерном разрезе это полигон, у которого каждая вершина имеет X, Y и Z. Он лежит в пространстве наклонно: X и Y идут вдоль линии разреза, Z - отметка. По вершинам инструмент и определяет, в какой плоскости лежит контур, беря направление по наибольшему размаху точек в плане.

Задавать линии разрезов отдельно не надо: они уже в данных.

Плоский чертёжный разрез не годится. У него X и Y это координаты на листе, а не на местности, и отметок нет вовсе. В свойствах слоя тип геометрии должен быть PolygonZ или MultiPolygonZ; если просто Polygon - данные не те. Такие контуры инструмент пропускает и говорит об этом.

Годится забор разреза из Isoliner либо своя оцифровка по трёхмерному разрезу.

Как берутся кровля и подошва

Кольцо контура опрашивается поперёк, вдоль линии разреза: на каждом шаге берётся верхняя точка кольца и нижняя. Делить кольцо пополам нельзя - так устроен только забор, где верх идёт вперёд, а низ назад, а у нарисованного от руки контура порядок вершин произволен.

Интерполируются именно эти две поверхности, а не тело целиком. Кровля и подошва - обычные поверхности, и задача о них решается при любой сети разрезов.

Перед подгонкой с отметок снимается плоский тренд. Без этого ошибка метода растёт вместе с самой отметкой, а не с её разбросом: на кровле около минус двухсот пятидесяти метров с разбросом в восемьдесят сантиметров поверхность уходила на четырнадцать метров, и числом уровней это не лечилось.

Контакт соседних пластов

Подошва верхнего пласта и кровля нижнего - одна граница, если геолог провёл их одной линией. Построенные порознь, между разрезами они расходятся, и в модели встаёт щель или нахлёт, которых на разрезе нет.

Инструмент сводит пробы соседних пластов и меряет размах отметок. Если он в пределах **допуска склейки контактов**, граница строится один раз по обоим наборам точек и кладётся в обе полосы: щель тогда ноль по построению. Если больше - поверхности строятся порознь, и в журнал идёт предупреждение с координатами места, где расхождение наибольшее. Идти туда и смотреть надо в свой слой контуров: обычно там одна съехавшая вершина.

Пласты для этого упорядочены по залеганию, сверху вниз, а не по имени поля: номера бывают текстом, и тогда «10» встаёт между «1» и «2».

Линза внутри пласта

Контуров одной плоскости разреза разбираются вместе, по внешней границе: кровля идёт по самому верхнему из них, подошва по самому нижнему. Поэтому линза или пропласток, нарисованные внутри пласта тем же номером, границу тела не трогают. Раньше пробы таких контуров сваливались в одну кучу, и в облаке кровли оказывались сразу настоящая кровля и верх линзы: интерполяция получала в одной точке два ответа и проводила поверхность между ними.

Если линза нужна отдельным телом, дайте ей свой номер пласта.

Контуров разных разрезов так не объединяются никогда. Расхождение в одной точке плана между двумя разрезами - это данные, и его надо видеть, а не прятать взятием крайнего.

Докуда верить поверхности

Грид строится на весь охват контуров, и за пределами разрезов поверхность идёт туда, куда её провела интерполяция. **Маска области** задаёт, докуда этому верить: за её пределами грида нет вовсе. Обычно это контур выработки, шурфа или подсчётного блока. **Запас наружу от маски** оставляют потому, что пласт продолжается за контур выработки, и обрезка ровно по нему срезала бы то, что в данных есть.

Порядок работы

1. Контуров пластов на разрезах: полигоны с настоящими Z.
2. **2.08 Пласты по разрезам.** Поле номера пласта задать, поле «Только этот пласт» оставить пустым: все пласты строятся одним прогоном, на общей сетке. Разными прогонами у каждого пласта выйдет свой охват и свой шаг, и контакты между ними уже не сойдутся.
3. Журнал: мощность по площади должна лежать в пределах мощности на разрезах, а строки про контакты - показать сантиметры, а не дециметры.
4. Грид в сцену, режим **Тело пласта**. Кнопка оболочек кладёт тела в слой проекта, с объёмом в атрибутах.
5. Мощность, объём и запасы - **1.02 Калькулятор пласта**, блочная модель - **1.03**.

Что важно знать заранее. Точность решает частота разрезов, и никакой расчёт этого не поправит: между двумя разрезами данных нет.

Объём тела из кнопки оболочек и объём из 1.02 не совпадут точно. Меш идёт по центрам ячеек, 1.02 считает ячейки целиком, и разница - это поляечки по периметру: на сетке в двести ячеек около процента, на грубой сетке заметно больше.

Что изменилось между съёмками

1. Две модели одного участка, снятые в разное время.
2. **1.06 Разница запасов** - что убыло, что прибыло и где.

Отработка, доразведка, пересчёт по новым данным.

Показать не геологу

Из сцены три дороги, по надобности.

Куда	Чем	Для чего
Браузер, Blender, Windows	выгрузка в GLB	посмотреть и покрутить, ничего не ставя
Ролик, доклад	съёмка оборота кадрами PNG	форма читается лучше любого неподвижного ракурса
CAD	выгрузка в STL или OBJ	померить, состыковать с выработками

Для CAD включите закрытие выхода на край куба: незамкнутую оболочку он покажет мешем, но телом не сделает.

Проверка данных до модели

2.05 с исключением по одной пробе и то же с исключением по скважине. Разница между двумя ошибками и говорит, на чём держится модель.

Замер на демонстрационной залежи, пробы через пять метров по стволу:

сеть скважин	по пробе	по скважине	отношение
100 м	0.95	0.89	0.9
200 м	0.96	1.50	1.6
400 м	0.96	2.51	2.6

Ошибка по пробе почти не меняется от сети: сосед по стволу всегда рядом, и по нему исключённая проба восстанавливается одинаково хорошо. А ошибка по скважине растёт вместе с расстоянием между стволами - она и есть настоящая, потому что в незабуренную точку модель попадает именно так.

Числа приведены для демонстрационных данных: у ваших они будут свои. Смотреть надо не на них, а на **отношение** и на то, как оно меняется при сгущении сети.

Узнать это стоит до того, как построена красивая картинка, а не после.

Типичные ситуации

Что видно	Отчего	Что делать
Сцена пуста	Не отмечено ни одного слоя либо не нажато обновление	Отметить слой и обновить

Что видно	Отчего	Что делать
Слой не показывается	У слоя нет высоты: плоская геометрия и не задан источник отметки	Задать источник высоты в свойствах слоя
Показана часть объектов	Сработал предел вершин в сцене	Поднять предел в свойствах сцены либо снять лишние слои
Тело вскрыто на срезе	Оболочка незамкнута	Включить закрытие выхода на край куба
Объём не посчитан	У тела есть дыры, поле holes больше нуля	Включить крышку, при нужде убавить число уровней
По отсечке ничего не построено	Отсечка вне размаха значений куба	Взять значение внутри размаха, он виден в легенде
Звёзды и лучи в поле интерполяции	Деление на сектора у плановых проб	Оставить ноль в поле секторов: он берётся от данных
Оболочка вышла грубой	В кубе мало уровней по вертикали	Задать шаг по вертикали в 2.02 руками
Слой отклонён на входе инструмента	Меш из треугольников не бывает годным мультиполигоном	Ничего, инструменты модуля проверку не требуют

Соседние плагины

Isoliner - интерполяция в плане, изолинии, рельеф, чертёжные разрезы, скважинная графика. Isoliner3D читает то, что он строит: grids пласта, забор разреза, справочник пластов.

Topoliner - топографические построения.

Лицензия и разработчик

Isoliner3D разработан ООО «Информ++», Пермь — www.informpp.ru.

Модуль распространяется на условиях **GNU General Public License версии 2 или, по вашему выбору, любой более поздней** (GPL-2.0-or-later). Это значит, что им можно свободно пользоваться, изучать, изменять и передавать дальше; передавая изменённый, вы обязаны сохранить ту же лицензию и открыть исходный код. Полный текст лицензии лежит в файле LICENSE в составе модуля.

Программа распространяется в надежде на её полезность, но **без всяких гарантий**, в том числе без подразумеваемой гарантии пригодности для определённой цели. Ответственность за результаты расчётов несёт тот, кто их применяет: любая модель это приближение, а решения по запасам и горным работам принимает специалист, а не программа.

Вложенные в модуль библиотеки pyqtgraph и PyOpenGL распространяются по собственным лицензиям, совместимым с GPL.

Где что искать

Кнопка **О плагине** на панели и одноимённый пункт меню показывают версию, ссылки и историю изменений и открывают журнал работы.

Журнал заводится при загрузке модуля рядом с профилем QGIS, файлом isoliner3d.log. В него пишется каждый шаг, а не только сбой: по нему видно, какая версия работает, дошло ли дело до расчёта и что он получил. Приложить его к письму - и причина находится за один заход.

Строки расчёта инструментов идут туда же, а не только в окно Processing. Раньше журнал знал имя инструмента и время, и по снимку было видно, что расчёт прошёл за полсекунды, но ни одного числа, по которому судят о результате.

Куда	Зачем
www.informpp.ru Исходный код Сообщить об ошибке	о разработчике и других продуктах сборки, история изменений, тексты если что-то работает не так

Сообщая об ошибке, приложите номер версии из заголовка окна и строки журнала: по ним причина находится за один заход, а без них - за пять.