Isoliner3D - трёхмерное окно и объёмные инструменты для QGIS

Содержание

Что это **3**
- Установка . . . 4
- С чего начать . . . 4

Данные, с которыми работает модуль **4**
- Поверхность . . . 4
- Грид пласта: многоканальный растр . . . 4
- Куб значений . . . 4
- Изоповерхность . . . 5
- Воксели . . . 5
- Блочная модель . . . 5
- Оболочка, она же тело . . . 5
- Зарисовки на разрезах . . . 5
- Скважины и пробы . . . 5
- Текстура . . . 6
- Маска области . . . 6
- Поля результатов . . . 6

Окно просмотра **6**
- Система координат . . . 6
- Свойства сцены . . . 7
- Центр вращения . . . 7
- Подлететь и облететь . . . 8
- Свойства слоя . . . 8
- Откуда берётся цвет . . . 8
- Линии трубами . . . 8

Изоповерхности и воксели **9**
- Оболочки таблицей . . . 9
- Крышка на краю куба . . . 9
- Чистка . . . 9
- Оболочки в слой проекта . . . 9

Выгрузка сцены **10**
- Вращение и съёмка . . . 10

Инструменты **10**
- 1.01 Собрать грид пласта . . . 10
  - Когда подошвы нет . . . 11
  - Что с этим делать дальше . . . 11
- 1.02 Калькулятор пласта . . . 11
- 1.03 Грид пласта в блочную модель . . . 12

Многопластовый грид . . . 12
1.04 Поверхности в 3D (меши) . . . 12
1.05 Домены в канал пласта . . . 13
1.06 Разность запасов (списание) . . . 13
1.07 Создать пример данных (демо) . . . 13
1.08 Карта для текстуры (демо) . . . 14
2.01 Демонстрационные скважины в объёме . . . 14
2.02 Интерполяция точек в объёме . . . 15
2.03 Куб в блочную модель . . . 17
2.04 Тело куба вокселями . . . 17
2.05 Проверка интерполяции . . . 18
2.06 Кригинг в объёме . . . 19
2.07 MBA в объёме . . . 20
2.08 Пласты по разрезам . . . 22
2.09 Демонстрационная выработка (демо) . . . 23
Зачем он нужен . . . 24
Что внутри . . . 25
Ожидаемые числа . . . 25
2.10 Поверхности по сечениям . . . 25
Зачем он нужен . . . 27
Как считает . . . 27
Отдельные замеры . . . 27
Чего ждать по точности . . . 27
2.11 Булевы операции с оболочками . . . 28
Зачем он нужен . . . 28
Почему через ячейки . . . 28
Цена решения . . . 29
Что проверяется на входе . . . 29
2.12 Выборка оболочкой . . . 29
Зачем он нужен . . . 30
Как считает . . . 30
Сверка, которая стоит внимания . . . 30
Предел способа . . . 30
2.13 Оболочка грида пласта . . . 30
Что на выходе . . . 31
Про объём . . . 31
2.14 Зональная статистика оболочек . . . 31
Зачем он нужен . . . 32
Как считает . . . 32
Повторные прогоны . . . 32

Типовые задачи **33**
2.15 Тела толщ по контурам . . . 33
2.16 Демонстрационная речная сеть (демо) . . . 34
От скважин к запасам . . . 34
От горизонтов к пласту . . . 35
Разрез на чертёж и в объём . . . 35
От зарисовок на разрезах к телу . . . 35
Откуда берутся координаты . . . 35
Как берутся кровля и подошва . . . 36
Контакт соседних пластов . . . 36
Линза внутри пласта . . . 36
Докуда верить поверхности . . . 36
Маска на один пласт . . . 36
Порядок работы . . . 37
Толщи рядом, а не друг над другом . . . 37

Поверхность по сечениям 37
Из ЦМР в тело: карьер и отвалы 37
Остаток запасов после отработки 38
Что изменилось между съёмками 38
Показать не геологу 38
Проверка данных до модели 39

Типичные ситуации **39**

Соседние плагины **40**

Лицензия и разработчик **40**
Где что искать 40

Что это

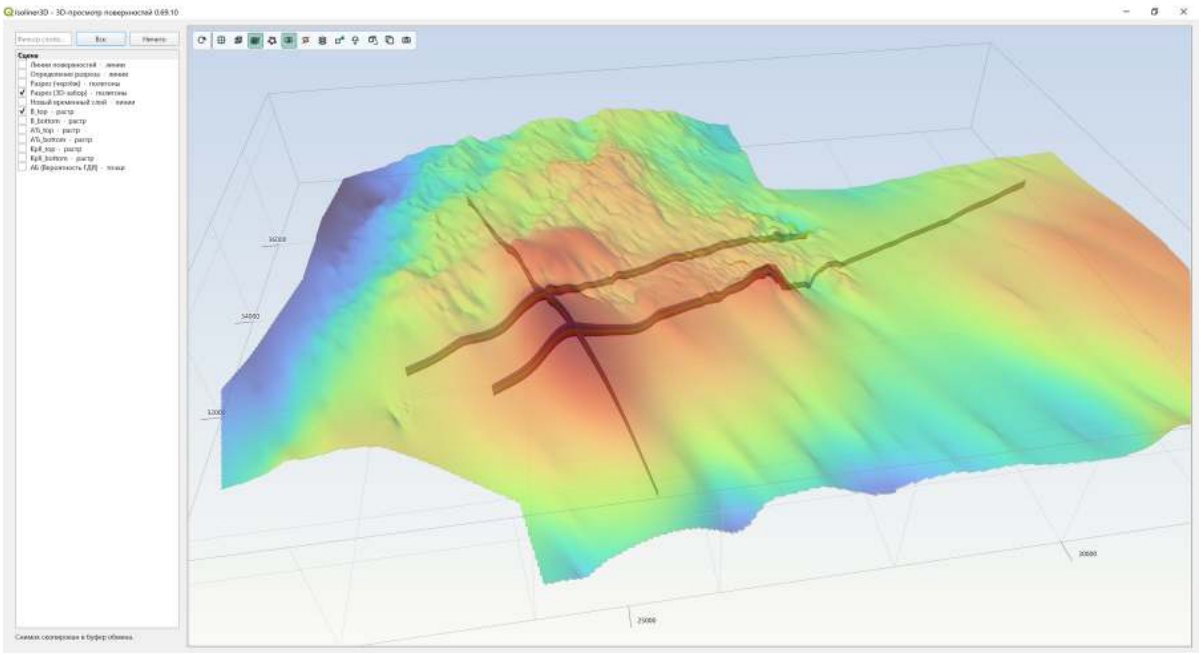


Рис. 1: Рельеф с отмывкой и три разреза-забора по нему, в координатном коробе с подписями отметок.

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`. Перезапускать 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.

Данные, с которыми работает модуль

Модуль оперирует несколькими видами данных, и половина недоразумений берётся из того, что их путают. Здесь коротко: что это такое, чем хранится в QGIS, кто их делает и кто потребляет.

Поверхность

Обычный растр, где значение ячейки - это **отметка**. Кровля пласта, подошва, рельеф, зеркало вод. Одна поверхность объёма не имеет: чтобы получить объём, нужна вторая, ограничивающая тело снизу.

Делают её интерполяцией (Isoliner для площади, 2.08 и 2.10 здесь), принимают - сцена, 1.01, 2.13.

Грид пласта: многоканальный растр

Тот же растр, но каналов несколько, и порядок их - соглашение модуля: **канал 1 кровля, канал 2 подошва**, дальше по паре на каждый следующий пласт. Каналы 3 и далее у однопластового грида - параметры: содержание, мощность, что угодно числовое.

Пара каналов и есть тело: разность даёт мощность, мощность на площадь ячейки - объём. Поэтому 1.02 умеет считать запасы, а сцена умеет показать телом.

Собирается 1.01 (из двух поверхностей или из одной, достроенной вниз) и 2.08 (по зарисовкам на разрезах). Читается сценой в режиме «Тело пласта», инструментами 1.02, 1.03, 2.13.

Частая путаница: **грид пласта - не куб**. У куба каналы это уровни по Z, у грида пласта - границы тела. Спутав их, сцена нарисовала бы параллелепипед у нулевой отметки, и она об этом сообщает.

Куб значений

Растр, у которого каналы - **горизонтальные срезы по Z**, снизу вверх. Разметку по Z (отметка нижнего среза и шаг между ними) инструменты пишут в метаданные, поэтому куб знает своё положение в пространстве.

Значение в ячейке куба - это параметр в точке пространства: содержание, вероятность, плотность. Куб не тело: он заполнен значениями везде, а тело появляется, когда задана отсечка.

Делают 2.02, 2.06, 2.07 (интерполяция по разбросанным пробам), 2.09 из соседних наборов. Читают сцена (изоповерхности, воксели, срезы) и 2.03, 2.04.

Изоповерхность

Граница, проведённая по кубу на заданном уровне: «где содержание равно пяти процентам». Замкнутая изоповерхность - это тело, и по нему считается объём.

Строится сценой на лету, а кнопка оболочек кладёт её в слой проекта.

Воксели

Тот же куб, показанный не гладкой границей, а **кубиками ячеек**. Разница не в данных, а в точности показа: изоповерхность интерполирует между узлами и выглядит гладкой, воксель показывает ровно то разрешение, которое есть.

Воксели строит сцена и инструмент 2.04. На них же держатся булевы операции 2.11: тела растеризуются в ячейки, потому что операция над ячейками всегда даёт замкнутый результат.

Блочная модель

Слой **точек** - центроидов блоков, у каждой свои поля: объём блока, содержание, тип руды. Это привычная форма подсчёта запасов: просуммировал объёмы, взвесил содержания, получил тоннаж.

Делают 2.03 (из куба) и 1.03 (из грида пласта). Потребляет 2.12: отбирает блоки оболочкой и считает по ним сводку.

Блочная модель грубее куба по своей природе: блок либо целиком внутри контура, либо целиком снаружи. Расхождение объёма блоков с объёмом оболочки - мера этой грубости, и 2.12 его печатает.

Оболочка, она же тело

Слой **полигонов с высотой** (MultiPolygonZ), где каждый полигон - треугольник поверхности тела. Замкнутая оболочка ограничивает объём, и объём считается точной формулой по ней самой, без ячеек.

Делают кнопка оболочек в сцене, 2.04, 2.11 и 2.13. Принимают 2.11 (булевы операции) и 2.12 (выборка).

Ключевое свойство - **замкнутость**. У незамкнутой оболочки нет внутренности, и объём по ней не считается, а инструменты её отклоняют. Поле `closed` в атрибутах показывает это по каждому телу.

Зарисовки на разрезах

Полигоны и линии с настоящими Z, лежащие в плоскости разреза. Полигон это тело: кольцо идёт по кровле вперёд и по подошве назад, и из него берутся две поверхности (2.08). Линия это одна поверхность (2.10).

Положение разрезов нигде не задаётся: оно целиком в геометрии, по вершинам. **Плоский чертёжный разрез не годится**: у него X и Y это координаты на листе, а отметок нет вовсе. Тип геометрии должен быть `PolygonZ` или `LineStringZ`, а не `Polygon` и `LineString`.

Скважины и пробы

Точки с высотой и числовыми полями. Для интерполяции важен не сам факт точки, а то, что пробы одной скважины лежат стволом: соседи в полуметре по стволу и в десятках метров

вбок. Поэтому проверка 2.05 умеет исключать скважину целиком - оценка по одной пробе льстит модели в разы.

Демонстрационный набор 2.09 делает и скважины веером, и борозды по мощности пласта.

Текстура

Картинка карты, натянутая на поверхность в сцене: план, космоснимок, чертёж. Это только показ - никакого счёта по текстуре не идёт, но на ней видно, куда попадает модель относительно привычной картинки.

Проверочную карту для показа делает 1.08.

Маска области

Полигон, которым обрезается результат интерполяции. Между разрезами и за пределами данных поверхность идёт туда, куда её провела интерполяция, и маска говорит, докуда этому верить. В 2.08 и 2.10 маску можно задать на конкретный пласт или поверхность, а можно поручить инструменту взять область по самим данным - выпуклую оболочку своих проб.

Маска только обрезает поверхность, и у её края тело пласта уходит вниз отвесной стенкой. Если пласт должен выклиниваться к границе, известной на плане вместе с отметками, в 2.08 её подают контуром на плане.

Поля результатов

Имена полей у слоёв, которые создаёт модуль, латинские и от языка не зависят. На них ссылаются выражения, подписи и стили, и проект, собранный в русском QGIS, открывается в английском. В таблице атрибутов, в формах и в окне определения видны подписи полей на языке интерфейса: **Объём, м³**, **Кровля пласта, м**, **Содержание**.

Подписи записываются и в сам GeoPackage. Файл результата, открытый отдельно, без проекта, показывает те же подписи. В файл идёт язык, на котором результат собран.

Поле, которое пришло со входа, модуль не подписывает и не меняет. Если у входного поля есть подпись, результат получает ту же.

Числа в полях, созданных модулем, округляются. Координаты, отметки, длины и размеры идут до сантиметра. Объёмы, массы, содержания и невязки держат четыре значащие цифры, а целая часть не округляется: объём оболочки 39524.12 м³ записывается как 39524, содержание 25.3745 как 25.37, содержание 0.0045678 как 0.004568. Поля входного слоя не округляются.

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.

У грида пластов **канал высот** читается как место в стопке: канал кровли показывает этот пласт и все, что ниже, канал подошвы - этот пласт и всё, что выше.

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 площе, и рельеф внутри одного оттенка шкалы читается хуже.

Координатный короб - сетка на выбранных плоскостях и её шаг.

Все настройки сохраняются в проект.

Центр вращения

Сцена крутится вокруг центра охвата данных, и осмотреть отдельную деталь этим не выходит: она уезжает из кадра быстрее, чем поворачивается. **Щелчок правой кнопкой** по сцене переносит центр вращения в ту точку, куда показали.

Картинка при этом **не меняется**: место камеры считается от центра, удаления и двух углов, поэтому простой перенос центра увёл бы вид. Здесь удаление и углы пересчитываются обратно, и камера остаётся ровно там, где стояла. Меняется только точка, вокруг которой пойдёт вращение.

Щелчок правой **за пределами площадки данных** возвращает центр на всю сцену - это и есть «покажи всё». А щелчок мимо объекта, но внутри площадки, центр не трогает: это обычный недолёт руки по тонкому телу, и сброс там выглядел бы как самовольный уход вида. Граница проведена с запасом в четверть охвата.

Если сцена занимает весь кадр и мимо площадки не щёлкнуть, есть пункт **Центр вращения - вся сцена** в меню списка сцены.

Порядок для осмотра детали: подлететь к слою, щёлкнуть правой по нужному месту, включить облёт. Вращение пойдёт вокруг выбранной точки.

Правая кнопка занята только щелчком без движения: перетаскиванием её по-прежнему забирает камера. В режиме рисования правая отменяет последнюю вершину, и центр там не переносится.

Подлететь и облететь

По правой кнопке на строке списка сцены есть **Подлететь** и **Облететь текущий центр**. На большой площадке мелкий объект искать нечем: он занимает пиксель, а вращение вокруг общего центра сцены его только уводит. Подлёт переносит центр вращения на сам слой и берёт удаление камеры по его охвату.

Облёт ничего не наводит: он крутит вокруг текущего центра. Наводись он сам на слой, выбранный щелчком центр стирался бы, и последний шаг осмотра отменял бы предыдущий.

Охват берётся из слоя и переводится в координаты сцены: сцена живёт сдвинутой, её центр стоит в нуле, и охват, взятый как есть, увёл бы камеру мимо на весь сдвиг.

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.

У тел вместе с цветом берётся и непрозрачность: альфа цвета символа, его непрозрачность и непрозрачность слоя из свойств, как на карте. Так классы вокселей из 2.04 делаются полупрозрачными в стиле слоя. Плотные тела рисуются первыми, полупрозрачные поверх них, поэтому сквозь прозрачную оболочку видно то, что внутри. Прозрачность слоя в свойствах сцены умножается на прозрачность стиля.

Линии трубами

Экранная линия рисуется шириной в пиксели и выглядит одинаково при любом удалении камеры, поэтому толщиной она ничего не показывает. В свойствах линейного слоя есть показ **Трубой**: у трубы диаметр в метрах, и значение поля читается размером, как на карте шириной линии.

Поле толщины трубы - числовое поле. Наименьшее значение даёт **Диаметр от**, наибольшее **Диаметр до**. Без поля все трубы слоя получают **Диаметр до**. **Шкала толщины** по площади сечения делает пропорциональной значению площадь, а не диаметр: глаз читает трубу площадью, и большие значения не забивают картинку. Шкала по диаметру делает пропорциональным диаметр.

Цвет и прозрачность трубы берутся из стиля слоя, как у тел, поэтому один показатель можно показать толщиной, а другой цветом. Трубы слоя собираются в один меш, на изломах стенка сохраняет толщину и стыки идут без щелей. На слоях с сотнями тысяч вершин граней по окружности становится меньше, чтобы сцена вращалась без задержек.

Пример для пробы делает 2.16: речная сеть, где расход растёт вниз по течению в десятки раз.

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. Обрывки отбрасываются 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. 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, необязательно)	Грид подошвы. Там, где подошва выше кровли, мощность выходит отрицательной и ячейка уходит в пропуск.
Подошва на отметке, м	Достроить поверхность вниз до постоянной отметки. Так из ЦМР получается тело, которое можно вычитать и пересекать: отработанные участки карьера, отвалы. Там, где поверхность НЕ ВЫШЕ отметки, тела нет, и такие ячейки обнуляются - иначе объём считался бы с отрицательной мощностью.
Или мощность вниз, м	Достроить вниз на постоянную мощность от самой поверхности. Годится для слоя равной толщины: вскрыша, почвенный слой, отсыпка.
Параметры (растры, берётся канал 1)	Дополнительные гриды, которые лягут отдельными каналами: содержание, плотность, домен. Берётся первый канал каждого.

Поле	Что задаёт
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.

Когда подошвы нет

Съёмка даёт поверхность, а вычитать и пересекать можно только тела. Поэтому подошву разрешено не задавать растром: она кладётся на постоянную отметку или строится на постоянную мощность вниз.

Отметка годится для подсчёта над уровнем: борт карьера, отвал, объём над горизонтом. Постоянная мощность - для слоя равной толщины: вскрыша, почвенный слой, отсыпка.

Там, где поверхность **не выше** заданной отметки, тела нет вовсе. Такие ячейки обнуляются, а их число печатается в журнал. Считать их с отрицательной мощностью нельзя: объём от этого уменьшался бы, а на деле там просто ничего нет.

Что с этим делать дальше

Собранный грид принимают 1.02 (объём и запасы), сцена (режим «Тело пласта») и 2.13 (замкнутая оболочка для булевых операций и выборки).

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 кровли	Канал кровли. Подошвой считается следующий за ним: так устроен грид пласта. У многопластового грида это выбор пласта - раньше молча считался первый.
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.
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.

Многопластовый грид

У грида из 2.08 пар каналов столько, сколько пластов. Инструменты 1.02 и 1.03 считают ОДИН пласт, тот, чья кровля выбрана каналом. Раньше молча брался первый: числа выходили верные, но не про тот пласт, о котором думает человек.

Канал содержания при этом не может быть кровлей или подошвой. На многопластовом гриде третий канал - это кровля следующего пласта, и содержание вышло бы равным отметке: минус двести сорок семь «процентов» и отрицательные запасы металла. Такой канал теперь отвергается с объяснением.

1.04 Поверхности в 3D (меши)

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.

Поле	Что задаёт
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	Куда положить пример и какого размера. Пусто означает взять охват окна вида.
Мощность, ед. карты	Мощность пласта в единицах карты. От неё зависит, видно ли тело при обычном вертикальном масштабе.

Поле	Что задаёт
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	Отметка подошвы. Свита строится вверх от неё.
Пластов в свите	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 картинки, пикселей	Сторона картинки в пикселях. Крупнее значит чётче текстура и тяжелее файл.
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.

Поле	Что задаёт
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	Что задаёт
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.
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	Значение, ниже которого ячейка в модель не идёт. Работает, только когда отсечка включена галкой выше.
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.

Поле	Что задаёт
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 защипы по ребру	Защип 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.
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.

Поле	Что задаёт
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. Отметка задаётся ниже так же, как там.
Поле значения	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 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.

Поле	Что задаёт
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.
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 MBA в объёме

Строит куб значений по разбросанным точкам мультисеточными B-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.
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 нахлёст, которых на разрезе нет. Порог склейки задаётся допуском.

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

Если граница пласта на плане известна вместе с отметками, её подают контуром на плане. На нём кровля и подошва сходятся, и пласт к нему выклинивается. Маска так не умеет: у её края тело уходит вниз отвесной стенкой.

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
Контуры на разрезах (полигоны с Z)	Слой контуров на разрезах: 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 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, докуда этому верить. Обычно это контур выработки, шурфа или подсчётного блока. Пусто - грид на весь охват контуров.
Поле номера пласта в маске (пусто - маска общая)	Поле, по которому полигон маски привязан к пласту. Пригодится, когда у одного пласта разрезы короче, чем у соседних, и обрезать его надо иначе. Полигон с пустым значением обрезает все пласты.

Поле	Что задаёт
Контур пласта на плане (линии или полигоны с Z, необязательно)	Граница пласта на плане: линии или полигоны с настоящими Z. На ней кровля и подошва сходятся, и пласт к ней выклинивается. Маска так не умеет: она обрезает готовые поверхности, и у её края тело уходит вниз отвесной стенкой. За контур пласт не выходит, отдельная маска для этого не нужна. Контур без отметок работает только маской. Где контур пересекает разрез, отметки обязаны сойтись, расхождение печатается в журнал.
Поле номера пласта в контуре (пусто - контур общий)	Поле, по которому контур привязан к пласту. Контур с пустым значением относится ко всем пластам.
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 нахлёст, которых на разрезе нет. Пять сантиметров по умолчанию не от скромности: пробы двух пластов ложатся вдоль борта в разные места, и на падающем пласте одно это даёт полтора сантиметра расхождения. Это ниже любого пропластка и выше шума опробования. Ноль отключает склейку: тогда каждая поверхность своя.
Обрезать каждый пласт по своим разрезам	Обрезать каждый пласт по площади его СОБСТВЕННЫХ разрезов: выпуклая оболочка его проб плюс запас. За её пределами пласт не наблюдали, и рисовать его там - выдумка. Пласт, встреченный на трёх стенках из четырёх, перестанет растягиваться на всю площадь.
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.

2.09 Демонстрационная выработка (демо)

Создаёт калийную выработку с зарисовками бортов, скважинами веера и бороздами.

Пласты и содержания заданы формулами, шум опробования добавляется отдельно, поэтому у набора есть известный ответ. Истинные объёмы пластов печатаются в журнал: постройте

тело инструментом 2.08 и сравните.

Выработка - штрек со сбойками поперёк. Два борта штрека дают параллельные разрезы, сбойки дают пересечения, где отметки обязаны сойтись, а между ними остаётся площадь, которую заполняет интерполяция.

Пластов три: КрII, АБ и В. В набор нарочно заложены случаи, на которых модель и спотыкается. Подошва КрII и кровля АБ проведены одной линией - склейка контактов должна узнать их и построить одной поверхностью. Между АБ и В лежит пропласток, и контакта там нет. Внутри АБ нарисована линза тем же номером пласта - границу тела она трогать не должна. Пласт В выклинивается и на дальнюю сбойку не выходит вовсе, поэтому без обрезки по своим разрезам его растянет на всю площадь.

Содержаний два, KCl и нерастворимый остаток. Они связаны обратно: где сильвина больше, остатка меньше. На паре каналов видно, как в гриде живут несколько параметров сразу.

Поле	Что задаёт
Охват (куда положить выработку)	Куда положить выработку. Пусто означает взять охват окна вида: пример ляжет туда, куда вы смотрите.
Длина штрека, м	Длина штрека. От неё зависит, сколько площади остаётся между бортами и сбойками - то самое место, где данных нет и работает интерполяция.
Ширина выработки, м	Ширина выработки: расстояние между бортами. Два борта дают параллельные разрезы в двух метрах друг от друга.
Сбоек поперёк	Сбоек поперёк штрека. Каждая даёт ещё пару бортов, и на их пересечениях с бортами штрека отметки обязаны сойтись. Без сбоек проверять сходимость не на чем.
Длина пробы, м	Длина пробы в скважине и шаг борозды по мощности. Проба длиннее мощности пласта пропустит его между замерами.
Шум опробования, доля	Доля логнормального шума опробования. Ноль даёт данные без шума: на них видна сама модель, а не разброс.
Зарисовки бортов (полигоны с Z)	Зарисовки бортов: полигоны с настоящими Z, вход для 2.08.
Пробы скважин	Пробы скважин веера: точки с содержаниями, вход для 2.06 и 2.07.
Борозды по мощности	Борозды по мощности пласта на бортах: интервалы с содержаниями.
Зерно случайности	Одно и то же зерно даёт один и тот же набор. С ним сравнивают методы на неизменных данных.
Нарисовать линзу внутри пласта АБ	Нарисовать внутри пласта АБ линзу тем же номером пласта. Границу тела она трогать не должна, и это как раз проверяется.

Зачем он нужен

Модель обычно сверять не с чем: настоящего залегания никто не видел, и на глаз одинаково убедительны и добросовестная работа, и вымысел. У этого набора **есть известный ответ**. Пласты и содержания заданы формулами, шум опробования добавляется отдельно,

истинные объёмы печатаются в журнал, а у каждой пробы рядом с замером лежит значение без шума. Поэтому по построенному видно не «похоже», а величину промаха.

Что внутри

Штрек с двумя сбойками. Два борта штрека дают параллельные разрезы, сбойки дают пересечения, где отметки обязаны сойтись, а между ними остаётся площадь, которую заполняет интерполяция. На одном шурфе ни того, ни другого не увидеть.

Пластов три, и в них нарочно заложены случаи, на которых модель и спотыкается:

- подошва КрII и кровля АБ проведены **одной линией**, и склейка контактов должна их узнать и построить одной поверхностью,
- между АБ и В лежит пропласток около метра, и контакта там **нет**, склейки быть не должно,
- внутри АБ на левом борту нарисована **линза** тем же номером пласта, и границу тела она трогать не должна,
- пласт В **выклинивается** и на дальнюю сбойку не выходит вовсе.

Содержаний два, KCl и нерастворимый остаток, связаны обратно. На них видно, как в одном гриде живут несколько параметров сразу.

Ожидаемые числа

При настройках по умолчанию истинные объёмы: КрII 5662, АБ 7764, В 1390 кубометров. Тело, построенное по зарисовкам инструментом 2.08 с обрезкой по своим разрезам, сходится с ними до десятых долей процента. Контакт КрII и АБ расходится на 0.016 м и склеивается, контакт АБ и В - на 0.83 м и не склеивается.

Порядок показа инструмент печатает сам, в журнал, шестью шагами: отдельного файла с уроком нет и не надо - он разошёлся бы с кодом на первой же правке.

2.10 Поверхности по сечениям

Строит поверхности по линиям, нарисованным на разрезах.

Линия на разрезе это одна поверхность, а не тело: разбирать её на кровлю и подошву не надо, каждая вершина уже готовая точка в пространстве. Кольцами и телами занимается 2.08.

Так собирают проектную поверхность по поперечным профилям, плоскость разлома по его следам на серии разрезов, горизонт по границе пачки. Разность двух каналов даёт объём работ: где пересыпали, где недосыпали.

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

Перед подгонкой снимается плоский тренд: без этого ошибка метода растёт вместе с самой отметкой, а не с её разбросом.

Где сечения пересекаются, отметки на них должны сойтись. Расхождение считается и печатается в журнал вместе с координатами места, где оно наибольшее.

Поле	Что задаёт
Линии на разрезах (с Z)	Слой линий на разрезах: линии с настоящими Z. Поперечный профиль насыпи, след разлома, граница пачки - всё, что нарисовано на разрезе одной линией, а не кольцом. Положение разрезов берётся из самой геометрии, по вершинам, и нигде не спрашивается. Плоский чертёжный разрез не годится: у него X и Y это координаты на листе, а отметок нет вовсе.
Поле имени поверхности	Поле имени поверхности. Каждая поверхность даёт свой канал в гриде: так одним прогоном собираются кровля и подошва, проект и факт, несколько горизонтов сразу. Пусто - все линии считаются одной поверхностью.
Только эта поверхность (пусто - все)	Имя поверхности, если нужна одна. Пусто - все.
Точки с отметками (необязательно)	Отдельные замеры в дополнение к сечениям: отметки скважин, точки вскрытия разлома, реперы. Их берут туда, где сечений нет, и там точка держит поверхность одна - спорить с ней некому. Рядом с сечением спор возможен, и его величина печатается в журнал.
Поле отметки у точек	Поле отметки у точек. Нужно, когда у точек нет высоты в самой геометрии: у плоского слоя её взять неоткуда, и молча ставить ноль нельзя.
Поле имени поверхности у точек	Поле имени поверхности у точек. Пусто - все точки идут в ту же поверхность, что и линии без имени.
Шаг грида, м (0 - от данных)	Шаг грида по площади. Ноль берёт двухсотую долю охвата.
Маска области (полигоны, необязательно)	Слой полигонов, которым обрезается результат. Между сечениями данных нет, и поверхность там идёт туда, куда её провела интерполяция: маской задаётся, докуда этому верить.
Поле имени поверхности в маске (пусто - маска общая)	Поле, по которому полигон маски привязан к поверхности. Полигон с пустым значением обрезает все.
Поверхности (грид)	Многоканальный грид: канал на поверхность, в порядке имён. Разность двух каналов и есть объём работ: где пересыпали, где недосыпали.
Уровней	Уровней в мультисеточном приближении. Мало уровней - гладкая поверхность, много - она ближе к отметкам на сечениях.
Обрезать каждую поверхность по своим сечениям	Обрезать каждую поверхность по площади её СОБСТВЕННЫХ сечений: выпуклая оболочка её точек плюс запас. Проектная насыпь за последним профилем не задана, и продолжать её туда - выдумка.

Поле	Что задаёт
Запас наружу от маски, м	Запас наружу от маски. Поверхность обычно продолжается за крайнее сечение, и обрезка ровно по нему срезала бы то, что в данных есть.

Зачем он нужен

Кольцо на разрезе это тело, у него есть кровля и подошва, и им занимается 2.08. **Линия** - это одна поверхность, и разбирать её на верх и низ не надо: каждая вершина уже готовая точка в пространстве.

Отсюда область применения. Поперечные профили насыпи через каждые сто метров дают проектную поверхность, и разность её со съёмкой это объём работ. След разлома на серии разрезов даёт его плоскость. Граница пачки на серии разрезов даёт горизонт.

Как считает

Вершины линий идут в интерполяцию как есть, со снятием плоского тренда. Поле имени поверхности разводит линии по каналам: проект и факт, кровля и подошва, несколько горизонтов - всё одним прогоном. Разность двух каналов и есть объём работ.

Там, где сечения пересекаются, отметки на них должны сойтись. Расхождение считается и печатается с координатами места, где оно наибольшее: с одним числом идти искать нечего.

Отдельные замеры

Кроме линий сечений инструмент принимает **точки с отметками**: скважины, точки вскрытия разлома, реперы. Их берут туда, где сечений нет.

Отметка читается из геометрии, если она трёхмерная. У плоского слоя её взять неоткуда, поэтому задаётся поле отметки. Молча подставлять ноль инструмент не станет.

Взвешивания нет, и оно не нужно. Там, где сечений нет, точка держит поверхность одна: на проверочной насыпи с пропущенным профилем замер, поднятый на полтора метра, поверхность подняла - отклонение вышло 0.06 м. Рядом с сечением иначе: сотня вершин профиля перевешивает одну точку, и отклонение там составило 1.09 м. Это правильно, сотня замеров надёжнее одного, но знать об этом надо.

Поэтому отклонение от замеров печатается всегда - среднее и наибольшее, с координатами. Молчаливо проигнорированный замер выглядит как ошибка инструмента, а число сразу показывает, кто с кем спорит: если оно велико, либо замер ошибочен, либо сечение рядом неточно.

Чего ждать по точности

Проверочная насыпь: гребень шесть метров, откосы один к двум, профили через сто метров. Восстановленная поверхность отошла от проектной на 0.18 м в наибольшем месте и на 0.03 м в среднем. Объём досыпки сошёлся с истинным с ошибкой в три процента.

Точность решает частота сечений, и никакой расчёт этого не поправит. За крайним сечением поверхность не задана, и продолжать её туда - выдумка: для этого есть обрезка по своим сечениям.

2.11 Булевы операции с оболочками

Вычитает, объединяет и пересекает два тела.

Так считают отработку: из оболочки рудного тела вычитают оболочку отработанной камеры и получают остаток запасов. Пересечение даёт то, что попало в зону, объединение - два тела как одно.

Работа идёт не по сеткам, а по ячейкам: обе оболочки переводятся в занятость общего куба, операция выполняется над занятостью, и результат снова превращается в тело. Точная операция над сетками режет треугольники друг о друга и на касаниях регулярно даёт незамкнутый результат, по которому объём уже не взять.

Цена этого решения: тело выходит ступенчатым, а точность ограничена ячейкой. Ошибка идёт по площади поверхности и убывает вместе с ячейкой: на кубе в десять метров ячейка 0.5 м дала ошибку объёма пять процентов, 0.25 м - два с половиной, 0.1 м - попала точно. Память при этом растёт кубом.

Оболочки на входе должны быть замкнуты: у незамкнутой внутренности нет, и определить, что внутри, нечем. Незамкнутая на входе - отказ с указанием объекта.

Поле	Что задаёт
Первое тело (полигоны с Z)	Первое тело: замкнутая оболочка из слоя полигонов с Z. Такие даёт кнопка оболочек в окне просмотра и инструмент 2.04.
Второе тело (полигоны с Z)	Второе тело. Для вычитания это то, что вырезают из первого: отработанная камера, зона обводнения.
Действие	Вычитание оставляет от первого тела то, чего нет во втором. Объединение берёт оба, пересечение - только общую часть.
Сторона ячейки, м	Сторона ячейки. Она и задаёт точность: ошибка идёт по площади поверхности и убывает вместе с ячейкой вдвое на каждую половину. На кубе в десять метров ячейка 0.5 м дала ошибку объёма 5 процентов, 0.25 м - два с половиной, 0.1 м - попала точно. Память растёт кубом, поэтому мельче нужного не берите.
Результат (тела)	Тела результата: полигоны с Z, объём каждого в атрибутах. Оболочка замкнута всегда, поэтому объём по ней считается.

Зачем он нужен

Так считают отработку: из оболочки рудного тела вычитают оболочку отработанной камеры и получают остаток запасов. Пересечение даёт то, что попало в зону, объединение - два тела как одно.

Почему через ячейки

Точная операция над сетками режет треугольники друг о друга. На касаниях - а в геологии тела касаются постоянно - она регулярно даёт вырожденные грани и незамкнутый результат, а по незамкнутому объём не взять. Здесь обе оболочки переводятся в занятость общего куба, операция выполняется над занятостью, и результат снова становится телом. Оно ступенчатое, зато замкнутое всегда.

Занятость считается лучом вверх по правилу чётности. Это же правило само разбирается с полостями внутри тела: над точкой в полости оболочка пересекается дважды, и точка оказывается снаружи.

Цена решения

Точность ограничена ячейкой, и ошибка идёт по **площади поверхности**, а не по объёму. На двух кубах в десять метров со сдвигом (пересечение 500, объединение 1500, вычитание 500 кубометров) ячейка 0.5 м дала пять процентов, 0.25 м - два с половиной, 0.1 м попала точно. Память при этом растёт кубом: двенадцать миллионов ячеек при 0.05 м против шестнадцати тысяч при 0.5 м.

Правило простое: берите ячейку около сотой доли размера тела и не мельче, чем нужно для ответа.

Что проверяется на входе

Оболочки должны быть замкнуты, и это проверяется счётом рёбер, а не тем, что заливка сработала. Дыру в **боковой** стенке луч вверх не замечает вовсе: вертикальная грань его не пересекает, и объём посчитался бы по дырявому телу молча.

2.12 Выборка оболочкой

Отбирает объекты, попавшие в замкнутую оболочку, и считает по ним сводку.

Так получают запас: блочная модель, оболочка рудного тела или зоны отработки, и на выходе объём, тоннаж и средневзвешенное содержание отобранного. Отбор снаружи даёт остаток, не строя вычитания тел.

Отбирать можно не только точки. Линии и полигоны с высотой идут тем же путём: скважины, прошившие тело, следы выработок, оболочки других тел.

Точка считается внутри по правилу чётности: из неё вверх пускается луч, и если оболочка пересекается нечётное число раз, точка внутри. Ячейки для этого не нужны, и ответ выходит точный, а не с точностью до ячейки, как у булевых операций.

У линий и полигонов смотрятся вершины. Отрезок, прошивший тело насквозь между двумя своими вершинами, вершинами не ловится - на этот случай есть шаг опроса вдоль.

Объём отобранных блоков сверяется с объёмом самой оболочки: расхождение показывает, насколько модель груба для этого тела.

Оболочка должна быть замкнута: у незамкнутой внутренности нет.

Поле	Что задаёт
Что отбирать (объекты с Z)	Что отбирать: точки, линии или полигоны с высотой. Блочная модель из 2.03 и 1.03, пробы, следы выработок, оболочки других тел - лишь бы у геометрии была Z.
Оболочка (полигоны с Z)	Замкнутая оболочка, которой идёт отбор: рудное тело, зона отработки, контур подсчёта. Такие даёт кнопка оболочек в окне просмотра, 2.04 и 2.11.
Что оставить	Целиком внутри - все вершины объекта внутри оболочки. Пересекает - хоть одна внутри: так ловятся скважины и выработки, проходящие тело насквозь. Снаружи - остаток, то есть всё, что не пересекает.

Поле	Что задаёт
Поле объёма блока	Поле объёма блока, если отбирается блочная модель. С ним считается объём отобранного и сверяется с объёмом самой оболочки: расхождение показывает, насколько модель груба для этого тела.
Поле содержания	Поле содержания. Среднее по отобранному считается взвешенным по объёму, а не простым: блоки бывают разного размера, и простое среднее завышает мелкие.
Отобранные объекты	Отобранные объекты со всеми своими полями. Сводка идёт в журнал.
Шаг опроса вдоль линий, м (0 - вершины)	Шаг опроса вдоль линий и по краю полигонов. Без него смотрятся только вершины, и отрезок, прошивший тело насквозь между двумя своими вершинами, найден не будет. Ноль - только вершины.
Плотность, т/м3 (0 - без тоннажа)	Плотность руды. С ней объём переводится в тонны, а содержание - в тоннаж металла.

Зачем он нужен

Это последнее звено цепочки: куб значений - блочная модель - отбор оболочкой - объём, тоннаж и средневзвешенное содержание. Отбор снаружи даёт остаток после отработки, не строя вычитания тел.

Отбирать можно не только точки. Линии и полигоны с высотой идут тем же путём: скважины, прошившие тело, следы выработок, оболочки других тел.

Как считает

Точка внутри, если луч из неё вверх пересекает оболочку нечётное число раз. Ячейки для этого не нужны, и ответ **точный** - в отличие от булевых операций, где точность упирается в ячейку.

Среднее содержание считается взвешенным по объёму блока. Простое среднее завышает мелкие блоки, а они в модели обычно краевые.

Сверка, которая стоит внимания

Объём отобранных блоков сравнивается с объёмом самой оболочки, и расхождение печатается. Это не проверка правильности, а мера **грубости блочной модели** для этого тела: блок либо целиком внутри, либо целиком снаружи, третьего у блочной модели нет. Если расхождение велико, блок крупен для такой формы.

Предел способа

У линий и полигонов смотрятся вершины. Отрезок, прошивший тело насквозь между двумя своими вершинами, вершинами не поймать - на этот случай задаётся шаг опроса вдоль.

2.13 Оболочка грида пласта

Строит замкнутую оболочку тела пласта по гриду: кровля, подошва и бортик между ними.

То же самое делает кнопка оболочек в окне просмотра, но там это ручной шаг. Инструментом он становится частью модели обработки, и цепочка «поверхность - тело - вычитание отработанного - подсчёт запаса» запускается целиком.

Оболочка замкнута, поэтому её принимают 2.11 и 2.12, а объём считается точной формулой по самой оболочке.

Объём здесь и объём из 1.02 расходятся примерно на процент: оболочка идёт по центрам ячеек, а 1.02 считает ячейки целиком. Это разные границы одной области, а не спор методов.

Поле	Что задаёт
Грид пласта	Грид пласта: канал кровли и канал подошвы. Такой даёт 1.01 из двух поверхностей или из одной, достроенной вниз, и 2.08 по зарисовкам на разрезах.
Канал кровли	Канал кровли. Подошвой считается следующий за ним: так устроен грид пласта. У многопластового грида это выбор пласта.
Тела пласта	Тела пласта: полигоны с Z, объём каждого в атрибутах. Дальше их принимают 2.11 и 2.12.
Прореживание сетки	Прореживание сетки. Единица - как есть, двойка берёт каждую вторую ячейку и даёт вчетверо меньше треугольников. Объём при этом меняется мало, а вот тонкие детали срезаются.

Что на выходе

Замкнутая оболочка тела: кровля, подошва и бортик между ними. Тела разбираются на связные части, у каждой свой объём в атрибутах. Замкнутость проверяется тут же, незамкнутые тела считаются отдельно и называются в журнале, потому что их не примут 2.11 и 2.12.

Про объём

На проверочной ЦМР 101 на 101 с отсечкой по отметке оболочка дала 39524 кубометра против 40309 по ячейкам. Расхождение вышло два процента, и всё оно по краю.

2.14 Зональная статистика оболочек

Считает по каждому телу, сколько объектов в него попало, и записывает числа в атрибуты тела.

Точки: число внутри и сумма атрибута. Линии: число линий, задевших тело, и длина их частей внутри. Полигоны: число полигонов, у которых хоть одна вершина внутри.

Линия режется телом: отрезок пересекается с поверхностью, точки сортируются вдоль него, и в длину идёт только часть внутри. Отрезок, прошивший тело насквозь между своими вершинами, не пропадает.

Ноль и пусто - разные вещи. Тело, внутри которого ничего нет, получает ноль: это измеренный факт. Незамкнутое тело получает пусто и попадает в предупреждение: у него нет внутренности.

Повторные прогоны по одному слою тел складываются: результат предыдущего подаётся как слой тел следующему, и каждый прогон добавляет свои поля. Столкновение имён - отказ, если не разрешена перезапись.

Сумма по телам сходится: длина линий внутри всех тел плюс длина снаружи равна полной длине, и это печатается в журнал.

Поле	Что задаёт
Тела (полигоны с Z)	Слой тел: замкнутые оболочки, по одной на объект. У каждого тела появятся свои поля со счётом. Незамкнутое тело получает пусто, а не ноль: у него нет внутренности, и считать там нечего.
Что считать (объекты с Z)	Что считать: точки, линии или полигоны с высотой. Блочная модель, скважины, следы выработок, разломы.
Имя полей результата (пусто - от слоя)	Имя для полей результата. Пусто - от имени слоя, приведённого к латинице. К нему добавятся суффиксы: _n число объектов внутри, _len длина линий внутри, _sum сумма атрибута. Задавайте своё, когда гоняете инструмент по одному слою тел несколько раз с разными данными.
Атрибут для суммы	Числовой атрибут для суммы: объём блока, мощность, содержание. Пусто - только счёт.
Разрешить перезапись полей	Разрешить перезапись полей с тем же именем. Без этого повторный прогон с тем же именем - отказ: иначе второй результат тихо затёр бы первый.
Тела со статистикой	Тела со всеми прежними полями и новыми полями счёта. Чтобы накопить несколько прогонов, подавайте результат предыдущего как слой тел следующему.

Зачем он нужен

Это 2.12 с другой стороны. Там по одному телу отбираются объекты, здесь по каждому телу записывается, сколько в него попало, и числа ложатся в атрибуты. По ним можно сортировать тела, красить по плотности проб, отдавать в отчёт.

Как считает

Точки - лучом вверх по чётности, как в 2.12. Линии режутся телом: отрезок пересекается с треугольниками оболочки, точки сортируются вдоль него, и в длину идёт только часть внутри. Отрезок, прошивший тело насквозь между своими вершинами, здесь не пропадает, в отличие от отбора по вершинам в 2.12.

Проверено двумя независимыми путями: точная резка и плотный опрос точек вдоль тех же линий разошлись на 0.002 процента.

Повторные прогоны

Инструмент задуман под накопление: блоки модели, потом разломы, потом выработки, и всё в одном слое тел. Результат прогона подаётся как слой тел следующему, и каждый

добавляет свои поля. Имя полей берётся от входного слоя, а при столкновении инструмент отказывается, пока не разрешена перезапись: иначе второй результат тихо затёр бы первый.

Ноль и пусто - разные вещи. Тело, внутри которого ничего нет, получает ноль. Незамкнутое тело получает пусто: у него нет внутренности.

Типовые задачи

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

2.15 Тела толщ по контурам

Строит тела толщ по контурам в любых плоскостях: вертикальным разрезам, карте на дневной поверхности, наклонным сечениям. Слоёв на входе может быть несколько.

Для толщ, которые лежат рядом и граничат по крутым контактам. 2.08 строит пласты, лежащие друг над другом, и на таких толщах растягивает каждую на общую площадь.

У каждой толщи строится поле: расстояние до её контактов со знаком, внутри плюс, снаружи минус. Внешний край контура контактом не считается: низ разреза и обрез карты проведены там, где кончились данные. Поле интерполируется в объёме мультисеточными B-сплайнами, и каждый воксель отходит толще с наибольшим полем. Щелей и нахлёстов между телами нет по построению.

Если разрезы параллельны, решётка интерполяции частая в их плоскости и редкая поперёк. Тогда контакт между разрезами идёт от одного к другому, а не расплывается. Карта держит контакт у поверхности, в глубину его ведут разрезы.

Сверху тела обрезаются рельефом по отметкам карты и верху разрезов, снизу по нижней отметке данных, в плане по выпуклой оболочке данных.

В журнал печатается невязка у контактов по каждой толще. Большая невязка значит, что контуры разных плоскостей спорят между собой.

Код толщи на разрезе и на карте должен совпадать: по нему инструмент понимает, что это одна толща. Контакт на разрезе и на карте ищется по общим рёбрам соседних контуров, поэтому соседние контуры в одной плоскости надо рисовать с привязкой вершин, без щелей.

Поле	Что задаёт
Слои контуров (полигоны с Z)	Слои контуров: полигоны с настоящими Z, в любых плоскостях. Вертикальные разрезы, карта толщ на дневной поверхности с отметками рельефа, наклонные сечения, всё вместе. Каждый контур опробуется в своей плоскости, и плоскость берётся из самих вершин. Плоский чертёжный разрез не годится: у него нет настоящих отметок.
Поле кода толщи (пусто - имя слоя)	Поле кода толщи. Одинаковый код на разрезе и на карте значит одну толщу. Пусто или поля в слое нет - кодом служит имя слоя: так удобно, когда каждая толща лежит своим слоем.
Шаг сетки по площади, м (0 - от данных)	Шаг сетки по площади. Ноль берёт сотую долю охвата. Контакт ложится с точностью до половины ячейки, а время растёт с числом ячеек.

Поле	Что задаёт
Шаг по вертикали, м (0 - половина шага по площади)	Шаг сетки по вертикали. Ноль берёт половину шага по площади: толщи обычно круче по вертикали, чем по простиранию.
Куб толщ	Куб толщ: в каждом вокселе номер толщи, над рельефом и вне данных пусто. Сцена показывает его как куб, 2.03 переводит в блочную модель.
Тела толщ	Тела толщ: замкнутые оболочки, по одной на связный кусок толщи, с объёмом в атрибутах. Их принимают 2.11, 2.12 и 2.14.

2.16 Демонстрационная речная сеть (демо)

Создаёт рельеф и речную сеть по нему, с расходом на каждом звене.

Рельеф задаётся формулой: общий уклон к югу, гряды и холмы. Бессточные понижения заполняются, вода течёт к самому крутому из восьми соседей, площадь водосбора копится вниз по течению. Русло начинается там, где водосбор больше порога, расход звена пропорционален площади его водосбора.

Набор нужен, чтобы показать линии трубами. Расход растёт вниз по течению в десятки раз, и толщина трубы читается сразу. В свойствах слоя в сцене выберите показ трубой и поле толщины q, а покрасить можно по порядку по Стралеру.

Поле	Что задаёт
Охват (куда положить пример)	Куда положить пример. Пусто означает взять охват окна вида: сеть ляжет туда, куда вы смотрите.
Шаг сетки рельефа, м	Шаг сетки рельефа, метры. Сетка 140 на 110 ячеек, поэтому от шага зависит и размер участка: при 50 м это 7 на 5,5 километра.
Водосбор начала русла, км2	Площадь водосбора, с которой начинается русло. Меньше порог - гуще сеть и больше мелких притоков.
Модуль стока, л/с с км2	Модуль стока: литров в секунду с квадратного километра водосбора. Расход звена - площадь его водосбора, умноженная на этот модуль.
Речная сеть	Звенья сети: линии с отметками рельефа, с полями расхода, площади водосбора, порядка по Стралеру и длины. Для показа трубами поле толщины - q.
Рельеф	Рельеф, по которому течёт сеть, с заполненными понижениями. В сцене это поверхность, над которой лежат русла.
Зерно случайности	Одно и то же зерно даёт один и тот же рельеф и одну и ту же сеть. Другое зерно - другой рельеф.

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 Грид пласта в блочную модель** - 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`, то 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 этот дефект не устранялся.

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 нахлёст, 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

Контуры 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 группу, 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.

Контуры 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.

Маска на один пласт

Маска бывает не только общая. Если в слое маски задать **поле номера пласта**, полигон обрежет тот пласт, чей номер в нём стоит, а полигон с пустым значением - все. Это нужно, когда у одного пласта разрезы короче, чем у соседних.

Флажок **обрезать каждый пласт по своим разрезам** делает то же самое без рисования: берётся выпуклая оболочка проб самого пласта плюс запас. На шурфе с четырьмя стенками пласт, встреченный на трёх, занимал всю площадь, а со своей оболочкой занимает 39 процентов против 64 у соседей.

Оболочка выпукла, и вогнутого ограничения из неё не выйдет: у пласта на трёх стенках прямоугольного шурфа она накроет весь прямоугольник, потому что середина лежит внутри неё. Для таких случаев и нужна маска полигоном на пласт.

Порядок работы

1. Контуры 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 полячейки по периметру: на сетке в двести ячеек около процента, на грубой сетке заметно больше.

Толщи рядом, а не друг над другом

2.08 строит пласты: у каждого кровля и подошва над планом, пласты лежат друг над другом. Если толщи лежат рядом и граничат по крутым контактам, как вулканогенные толщи на разрезе вкрест простирания, 2.08 растягивает каждую на общую площадь. Для них есть **2.15 Тела толщ по контурам**: разрезы, карта толщ с отметками рельефа и наклонные сечения подаются вместе, а каждая точка объёма отходит одной толще.

Поверхность по сечениям

Проектировщики присылают поперечные профили через каждые сто метров. Надо построить проектную поверхность и сравнить её со съёмкой, чтобы увидеть, где пересыпали, а где недосыпали.

1. Оцифровать профили как линии с настоящими Z и поставить их на трассу. Каждая линия это одно сечение.
2. **2.10 Поверхности по сечениям**. Поле имени поверхности задать, если в одном слое лежат и проект, и факт: тогда каждый уйдёт в свой канал.
3. Разность каналов и есть объём работ. Считается калькулятором растров либо, если поверхности лежат кровлей и подошвой одного грида, инструментом **1.02**.

Точность решает частота сечений, а за крайним профилем поверхность не задана. Замер на проверочной насыпи и обрезка по своим сечениям описаны в разделе инструмента 2.10.

Из ЦМР в тело: карьер и отвалы

Съёмка даёт поверхность, а вычитать и пересекать можно только тела. Достройка вниз и превращает одно в другое.

1. **1.01 Собрать грид пласта**: кровля - это ЦМР, подошву задать отметкой (уровень подсчёта) или мощностью вниз (слой равной толщины: вскрыша, отсыпка).
2. **2.13 Оболочка грида пласта** - замкнутое тело в слое проекта.
3. То же самое для второй поверхности: отработанного участка, отвала.
4. **2.11 Булевы операции с оболочками**: вычесть отработанное, добавить отвал, пересечь с зоной. Или **2.12 Выборка оболочкой**, если считать надо по блочной модели.

Там, где поверхность не выше заданной отметки, тела нет вовсе. Такие ячейки обнуляются, а их число печатается в журнал: считать их с отрицательной мощностью нельзя, объём от этого уменьшался бы.

Одна оговорка про точность. Разность двух поверхностей считается по ячейкам грида и не имеет ошибки от вокселей. Булева операция над телами идёт по ячейкам куба, и тонкий слой в полметра при ячейке в метр посчитается плохо. Для тонких слоёв берите разность поверхностей через 1.01 и 1.02, для сложной формы - булевы операции.

Остаток запасов после отработки

Есть оболочка рудного тела и оболочка того, что отработано за месяц. Надо получить остаток и его объём.

1. Обе оболочки должны быть замкнуты. Кнопка оболочек в окне просмотра и инструмент 2.04 дают замкнутые, а поле **closed** в атрибутах это и показывает.
2. **2.11 Булевы операции с оболочками**, действие «вычитание», первое тело - рудное, второе - отработка.
3. Объём каждого тела результата лежит в атрибутах. Тел бывает несколько: отработка могла разрезать залежь на части.

Тот же результат получается и без вычитания тел: инструментом **2.12 Выборка оболочкой** отобрать блоки модели, лежащие снаружи оболочки отработки. Отбор точный, без ячеек, а объём и содержание считаются сразу. Проверить себя можно так: объём отобранных блоков сверяется с объёмом самой оболочки, и расхождение печатается в журнал. Оно и есть грубость блочной модели для этого тела.

Сторона ячейки задаёт точность. Ошибка идёт по площади поверхности и убывает вместе с ячейкой: на проверочных кубах в десять метров ячейка 0.5 м дала четыре процента, 0.1 м - один. Память при этом растёт кубом, поэтому мельче нужного брать не стоит.

Результат ступенчатый: это ячейки, а не гладкая оболочка. Взамен она всегда замкнута, и объём по ней считается - а точная операция над сетками на касаниях регулярно даёт битую геометрию, по которой объём уже не взять.

Что изменилось между съёмками

1. Две модели одного участка, снятые в разное время.
2. **1.06 Разность запасов (списание)** - 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

Куда	Чем	Для чего
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
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

Что видно	Отчего	Что делать
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 вручную
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: гриды 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 сбои: 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	о разработчике и других продуктах
Исходный код	сборки, история изменений, тексты
Сообщить об ошибке	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.