

Isoliner3D - 3D-просмотр, пласт и блочная модель

Содержание

Введение	1
Установка	2
Быстрый старт	2
Окно просмотра	2
Растровый слой: параметры	3
Тела пластов	5
Векторные слои: высота, скважины, разрез	6
Скважины	6
Плоскость разреза	7
Чертёж разреза на ленте	8
Полигоны с Z: тела, контуры, призмы	8
Опрос сцены кликом	9
Обрезка сцены, разметка, виды	9
Группа Пласт и блочная модель	10
1.01 Собрать грид пласта	10
1.02 Калькулятор пласта	11
1.03 Грид пласта в блочную модель	11
1.04 Поверхности в 3D (меши)	12
1.05 Домены в канал пласта	12
1.06 Разность запасов (списание)	12
1.07 Создать пример данных (демо)	12
Соседние плагины	13
Типичные ситуации и решения	13
Приложение. Конвенция многоканального грида	14

Введение

Isoliner3D - собственное трёхмерное окно для QGIS. Оно показывает растры проекта поверхностями, многоканальные гриды - замкнутыми телами пластов, скважины - цветными стволами, а полигональные слои с высотой Z - объёмными телами. Модуль не зависит от штатного 3D-вида QGIS и от Qt3D: рендер идёт на ruyqtgraph и PyOpenGL, которые вложены в плагин, устанавливать дополнительно ничего не нужно.

Вторая часть модуля это группа инструментов **Пласт и блочная модель** в панели Обработки: сборка грида пласта, подсчёт запасов, блочная модель, домены, списание, экспорт в меши. Она описана в отдельной главе ниже.

Интерполяция, кригинг, изолинии, рельеф и разрезы остаются за плагином Isoliner, спутником которого Isoliner3D является. Isoliner3D читает готовые гриды, считает по ним объём и запасы и показывает результат в объёме.

Требования: QGIS 3.16 и новее, Qt5 или Qt6. Внешних зависимостей нет.

Установка

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

После установки появляется панель инструментов **Isoliner3D** с одной кнопкой и пункт **Модули - Isoliner3D - 3D-просмотр поверхностей...** Если pyqtgraph или PyOpenGL по какой-то причине недоступны, пункт не создаётся, а причина пишется в журнал сообщений QGIS в раздел Isoliner3D.

Быстрый старт

1. Откройте проект, в котором уже есть растры: гриды кровли и подошвы, рельеф, многоканальные гриды пластов.
2. Нажмите кнопку **Isoliner3D** на панели инструментов.
3. На вкладке **Слои** отметьте нужные растры и нажмите **Обновить сцену**.
4. Поднимите **Вертикальное преувеличение**, пока структура не станет читаемой, обычно хватает 3-10 на пологих пластах.
5. Разведите поверхности параметром **Разнос по Z**, чтобы пачка развернулась этажеркой.
6. Сохраните кадр кнопкой **Снимок PNG...**

Окно просмотра

Слева список слоёв, справа сцена. Сцена вращается мышью, зум колесом. Крупные гриды прореживаются автоматически: бюджет вершин считается на всю сцену и делится между отмеченными слоями, поэтому одиночная поверхность получает больше деталей, чем пачка из десяти.

Список один, растры и векторы вместе, как в дереве слоёв QGIS. Тип слоя помечен в строке, потому что от него зависит набор свойств. Первой строкой закреплена **Сцена**: общие настройки это такой же объект списка, как слой.

Галка включает слой в сцену и срабатывает сразу, без пересборки. Свойства открываются двойным кликом по строке или правой кнопкой, окно свойств не модальное и меняет содержимое при переходе на другую строку. Правка любого свойства сама пересобирает сцену, а если сцена тяжёлая, автоматику можно снять галкой **Обновлять автоматически** в свойствах сцены, и тогда появится кнопка ручной пересборки.

Поверх сцены слева сверху лежит панель значков: вид сверху, параллельная проекция, рисование контура, показ разметки, снятие обрезки, сохранение контура слоем, копирование и сохранение снимка.

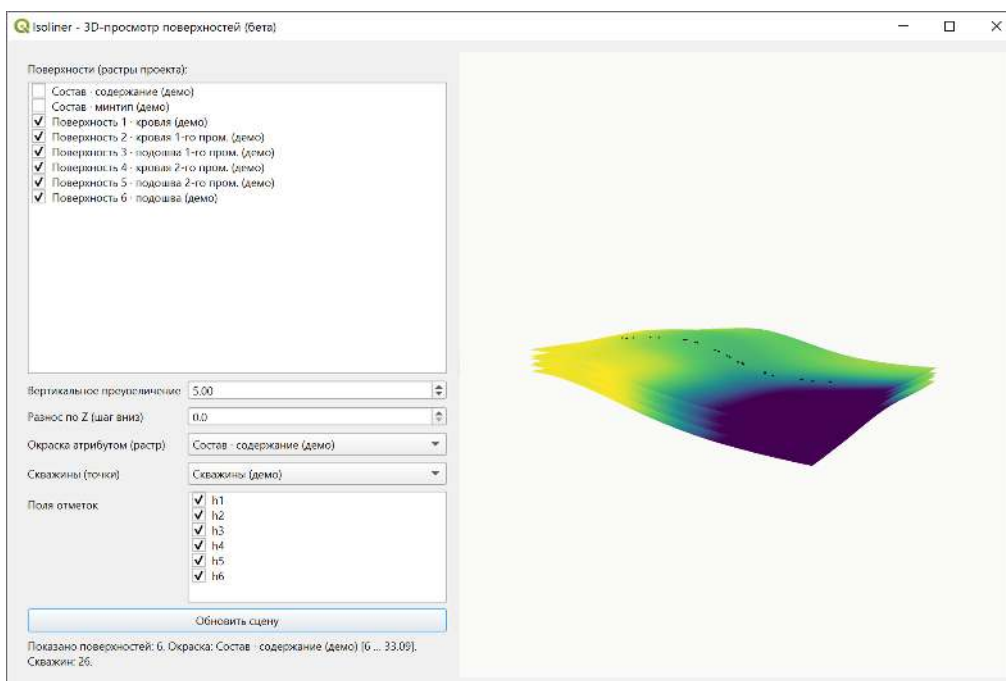


Рис. 1: Этажерка поверхностей, окрашенных атрибутивным гридом. Шкала с диапазоном под кнопками.

Растровый слой: параметры

Список показывает все растры проекта. Строка **Фильтр слоёв...** сужает список по подстроке, кнопки **Все** и **Ничего** ставят и снимают галки у строк, видимых после фильтра. Набор сцены собирается за секунды даже в проекте с десятками растров. Отметки переживают обновление списка, поэтому добавление нового слоя в проект не сбрасывает уже собранную сцену.

Под списком панель **Параметры слоя** для выделенной строки. Параметры у каждого слоя свои и запоминаются на время сеанса.

- **Режим:** Авто (многоканальный грид рисуется телом, одноканальный поверхностью), Поверхность (принудительно, любой канал в качестве высот), Тело пласта.
- **Канал высот (Z)** - выпадающий список каналов этого растра с именами из описаний каналов.
- **Окраска** - единый список: Палитра, Свой цвет, затем собственные каналы слоя по именам, затем растры проекта. При выборе внешнего растра оживает **Канал атрибута**, а при варианте Свой цвет - плашка справа от списка. Клик по плашке открывает выбор цвета, цвет хранится в параметрах слоя.

Текстура задаётся двумя способами. Пункт **Карта проекта (текстура)** берёт **все видимые слои дерева** и отрисовывает их стопкой: удобно, когда надо натянуть ровно то, что видно на карте, но лишние видимые слои попадут на текстуру тоже. Пункты **Текстура: имя слоя** в конце списка берут ровно один слой, и его видимость в дереве значения не имеет. Второй способ точнее и позволяет одеть разные поверхности в разные карты.

В обоих случаях QGIS отрисовывает слои по охвату самой поверхности, и результат ложится текстурой. Годится что угодно, ортофото, подложка, геологическая карта со всей символикой и подписями, отмывка рельефа. Перепроецирование берёт на себя QGIS, поэтому система координат слоёв карты может отличаться от системы координат грида.

Разрешение картинки задаёт **Сторона текстуры (пикселей)** под общими настройками

сцены. Оно не зависит от плотности сетки меша, поэтому прореживание крупных гридов на детальность карты не влияет. Расплата это видеопамять: текстура 4096 на 4096 занимает 64 МБ.

Цвет текстуры домножается на затенение по нормали поверхности. Без него рельеф под картой перестал бы читаться, потому что пропадает светотень, по которой глаз распознаёт форму. Сами гриды сцены в текстуру не попадают: подкладывать поверхность саму под себя бессмысленно.

Приоритет окраски такой: текстура, затем собственный канал слоя, затем внешний растр, затем палитра. Шкала одна на сцену, полоса с диапазоном появляется под кнопками, ячейки без данных остаются серыми.

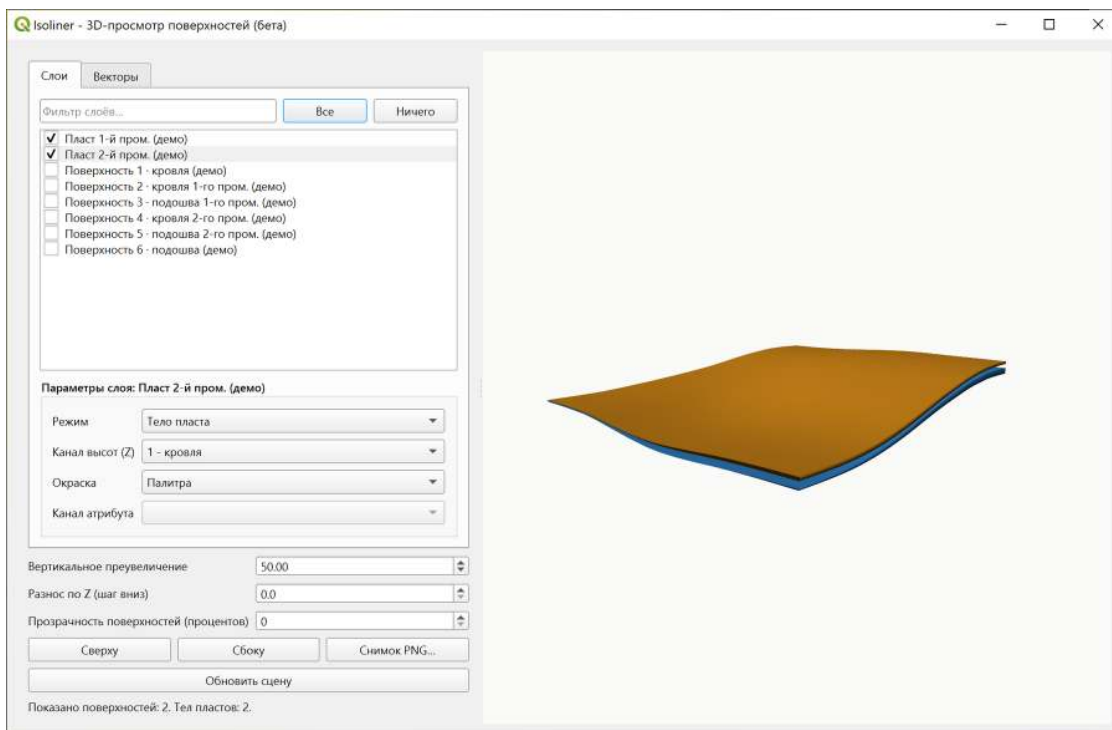


Рис. 2: Вкладка **Слой**: фильтр, кнопки **Все** и **Ничего**, набор из двух тел пластов и панель **Параметры слоя** выбранного слоя.

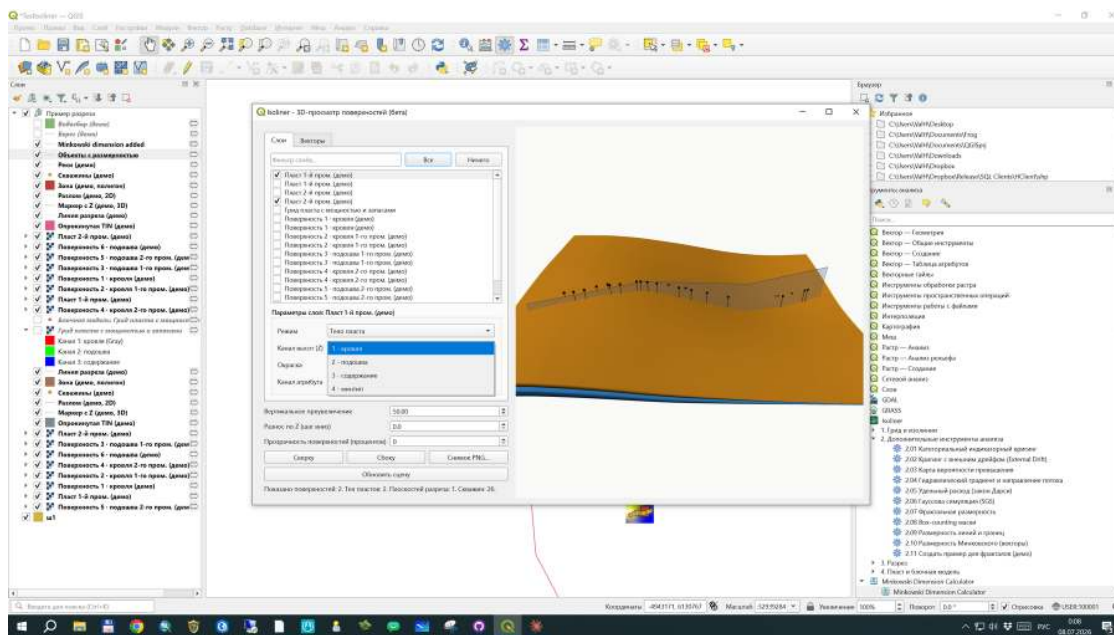


Рис. 3: Списки каналов показывают имена из описаний грида: кровля, подошва, содержание, минтип.

Тела пластов

В режиме Авто многоканальный грид читается телом по конвенции: канал 1 - кровля, канал 2 - подошва. Объем замыкается боковой юбкой по границе данных, получается водонепроницаемое тело, которое корректно выглядит с любой стороны и правильно режется плоскостью разреза.

Гриды пластов, собранные инструментами Isoliner, показывают в списках каналов свои имена: кровля, подошва, дальше имена параметров. Тела и обычные поверхности живут в одной сцене и подчиняются общим настройкам преувеличения и прозрачности.

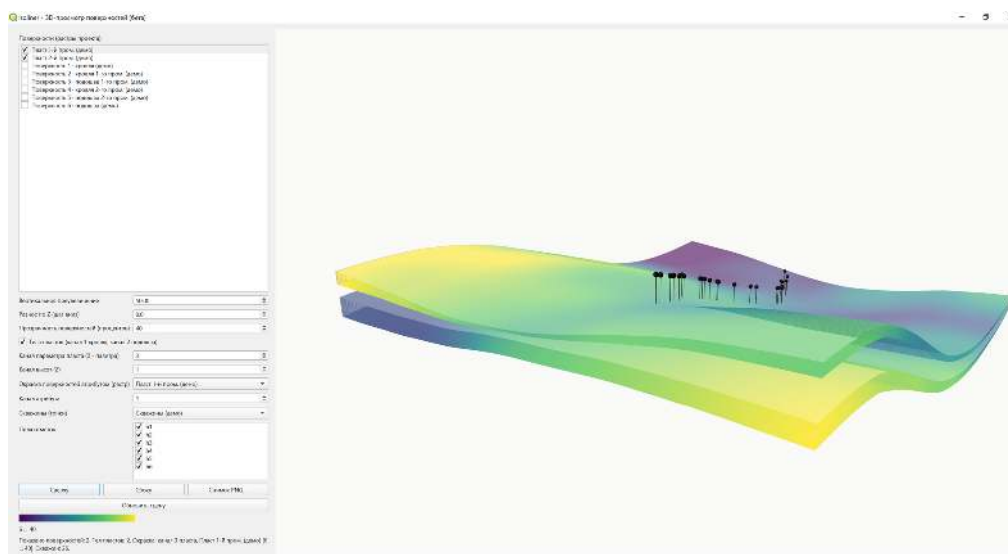


Рис. 4: Два тела пластов, каждое окрашено собственным полем содержания. Скважины прошивают пачку.

Векторные слои: высота, скважины, разрез

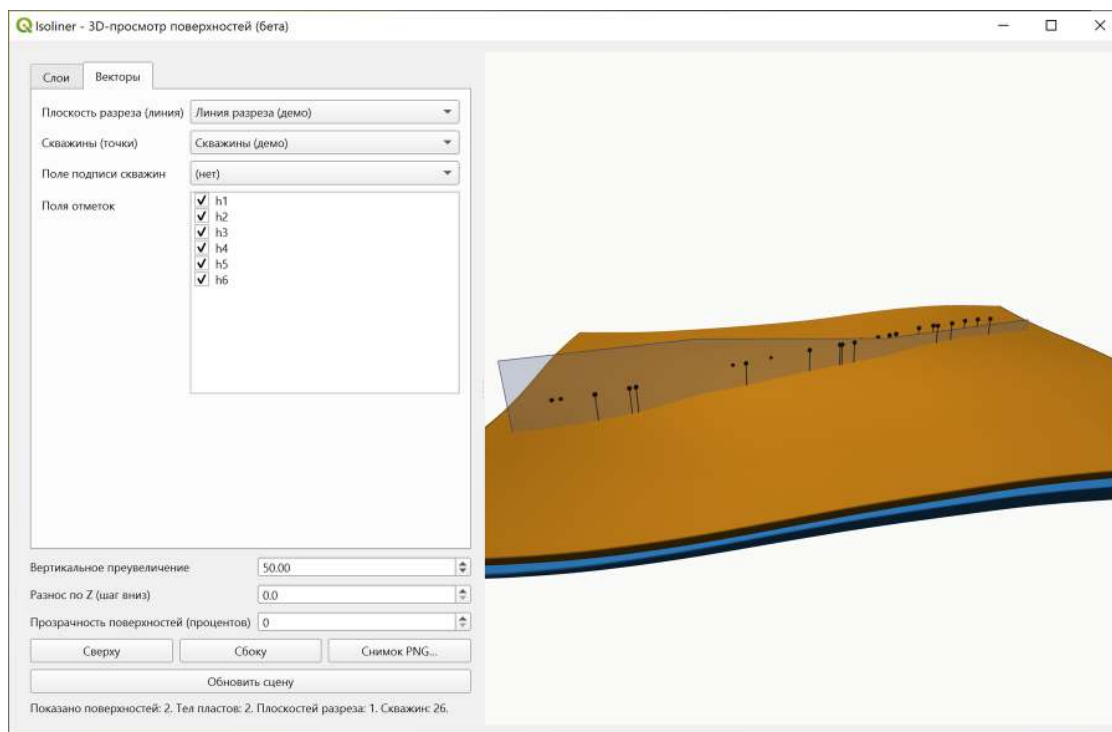


Рис. 5: Вкладка **Векторы**: плоскость разреза, скважины, поле подписи и поля отметок. В сцене лента разреза со скважинами на теле пласта.

Скважины

Скважины (точки) принимает точечный слой. Ниже список числовых полей, в котором нужно отметить отметки горизонтов. Поля вида h1...h6 отмечаются сами.

Каждая скважина рисуется стволом из цилиндрических отрезков между соседними отметками. Интервалы окрашены по стратиграфическому положению, то есть по порядку отмеченных полей, поэтому один и тот же горизонт по всем скважинам идёт одним цветом. Над устьем ставится мачта с шариком: она поднимает устье над кровлей на два процента размаха сцены, и скважина остаётся видна даже там, где ствол уходит внутрь непрозрачного тела. Шарик на устьях рисуются, пока скважин не больше пятисот.

Поле подписи скважин добавляет текст над мачтами. Поля вида name и well угадываются автоматически, вариант **(нет)** отключает подписи. Подписи прореживаются: если рядом уже есть подписанная скважина, текст не ставится, и густой фонд остаётся читаемым. Потолок 500 подписей на сцену.

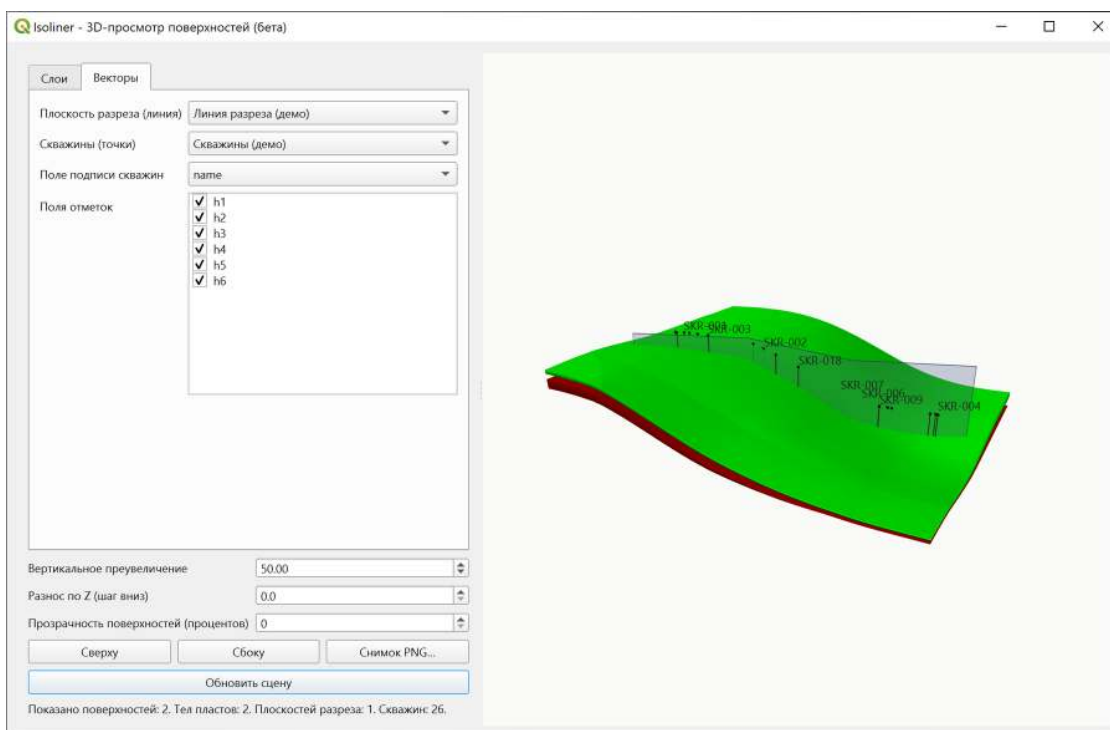


Рис. 6: Подписи скважин над мачтами с автоматическим прореживанием. Слева вкладка **Векторы** с полем подписи, тела пластов окрашены своим цветом.

Плоскость разреза

Плоскость разреза (линия) принимает любой линейный слой. Удобнее всего подавать слой **Определение разреза**, который создаёт инструмент **Разрез по линии** из группы «Разрез» плагина Isoliner: лента возьмёт диапазон высот из его полей z_{min} и z_{max} . Для произвольной линии лента растягивается на размах сцены с запасом.

Ломаные и несколько линий в слое поддерживаются, изломы отрисовываются по вершинам. По поверхностям вдоль ленты идёт яркий след пересечения, а по телам с вкладки **Тела** рисуется контур сечения, то есть линия, где вертикальная штора вдоль разреза режет тело.

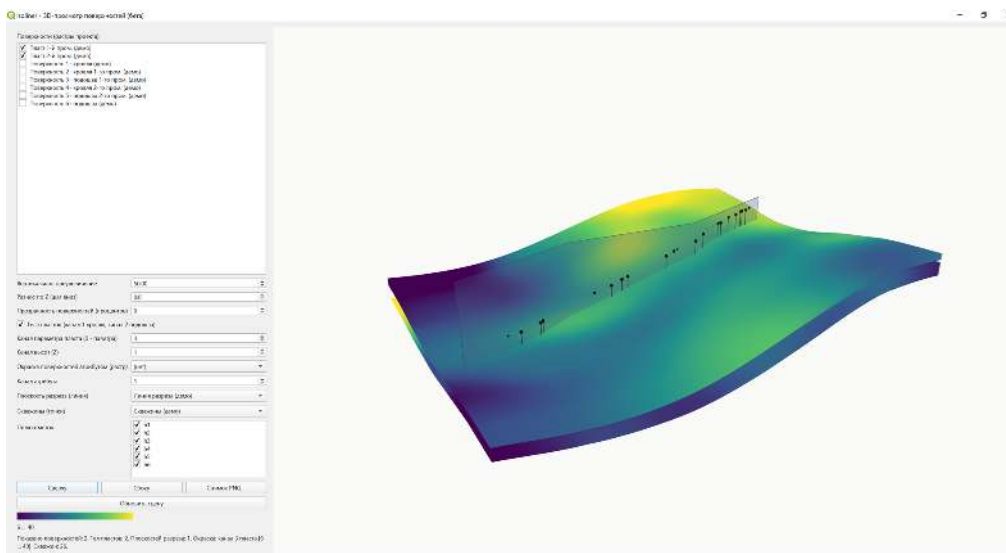


Рис. 7: Тела пластов, скважины и плоскость разреза в одной сцене: блочная модель, считая с разрезом.

Чертёж разреза на ленте

Поле **Чертёж разреза (слой или группа)** одевает ленту в настоящий чертёж. Инструменты разреза Isoliner строят его в координатах «расстояние вдоль линии на отметку», а лента в сцене занимает ровно ту же область пространства, поэтому чертёж ложится на своё место без всякого пересчёта: вдоль ленты идёт расстояние, поперёк отметка.

Выбирать можно как отдельный слой, так и группу целиком: у чертежа обычно несколько слоёв (пласты, скважины, подписи), и группа берётся со всей символикой в порядке дерева. Видимость слоёв роли не играет, чертёж лежит в своих координатах и на карте всё равно мешает.

Затенение к чертежу не применяется: он должен читаться как чертёж, а не как освещённая поверхность. Разрешение задаётся тем же полем **Сторона текстуры**.

Несколько разрезов показываются одновременно. Инструменты Isoliner строят чертежи по всем линиям слоя сразу и разносят их в стороны смещением, а каждая линия определения несёт свои поля: номер разреза `sec_id`, имя `sec`, вертикальное преувеличение `veh` и смещение раскладки `ox`, `oy`. По ним модуль и находит на слое чертежа область своего разреза.

Охват берётся именно из полей, а не по границам объектов слоя. За рамкой чертежа висит таблица расстояний и азимутов, и по границам объектов картинка съехала бы. Причём заметно это стало бы не у всех, а только у тех, кто строит с таблицей.

Имена показанных разрезов печатаются в строке состояния.

Если поля `ox` и `oy` в определении отсутствуют, чертёж не накладывается и причина уходит в журнал: разрез построен старой версией Isoliner, достаточно перестроить его. Если номер разреза есть, но в выбранных слоях чертежа его нет, значит чертёж и определение из разных построений, лента остаётся без картинки.

Полигоны с Z: тела, контуры, призмы

Вкладка **Тела** показывает полигональные слои с высотой Z объёмными телами прямо в сцене, рядом с поверхностями и телами пластов. Годаются полиэдральные поверхности, TIN

и любые слои MultiPolygon Z. Отметьте нужные слои и нажмите **Обновить сцену**.

Геометрия каждого объекта разбирается на треугольники отдельным мешем и красится своим цветом, поэтому свита из нескольких пластов выходит разноцветной. К телам применяются те же вертикальное преувеличение и прозрачность, что и к поверхностям, так что полиэдр и стопка горизонтов смотрятся в одном масштабе.

Это единственный способ увидеть в объёме опрокинутую складку или козырёк: гридом такая форма не описывается в принципе, поскольку у грида на каждый узел приходится одна отметка, а полиэдр и TIN хранят настоящую поверхность с несколькими значениями Z над одной точкой плана.

Опрос сцены кликом

Клик по поверхности или телу опрашивает модель. Из камеры через курсор пускается луч, находится ближайшее пересечение с поверхностью, и в строке состояния печатаются имя слоя, координаты точки и значения всех каналов по именам, а для пласта ещё и мощность. Точка попадания помечается красным шариком до следующего клика или перестройки сцены.

Перетаскивание от опроса отделено: вращение сцены мышью работает как обычно, опрос срабатывает только на клик без движения.

Обрезка сцены, разметка, виды

Сцену можно резать, оставляя только нужную часть модели. Контур обрезки задаётся в свойствах сцены: любой полигональный или линейный слой проекта, либо нарисованный прямо в сцене. Строка **Кусок** задаёт, что показать.

Для полигона это **Оставить внутри** или **Убрать внутри**: кусок торта либо торт без куска. Для линии это **Слева от линии**, **Справа от линии** и **Коридор вдоль линии**. Коридор берёт полосу заданной полуширины по обе стороны от профиля, и это чаще всего полезнее голого разреза: рядом с линией остаются данные, и видно, как меняется структура при отходе от профиля. Полуширина вводится на панели над сценой, рядом с кнопками рисования, и видна только в режиме коридора.

Край идёт по контуру, а не по прямоугольнику охвата, дырки контура остаются дырками. Режутся не только поверхности: линии рвутся там, где выходят за кусок, точки и скважины отбираются по своему положению, тела по центру объекта.

Рисование в сцене. Значок контура включает режим разметки: клик по поверхности ставит вершину, за курсором тянется резинка, правая кнопка или соседний значок снимают последнюю вершину. Дальше два пути. Значок с галкой замыкает контур и режет им площадь. Значок ломаной завершает линию и режет коридором вдоль неё, сам включая нужный режим.

Вершины берутся с поверхности лучом из камеры, поэтому разметка ложится по рельефу и остаётся верной при повороте сцены. Если поверхностей из растров в сцене нет, например показаны одни изолинии, вершина берётся с уровня середины сцены. Для обрезки используется плановое положение вершин. Сама разметка рисуется поверх модели и не прячется под складками.

Значок глаза прячет и показывает разметку, не снимая обрезку. Значок с перечёркнутым контуром снимает обрезку целиком и стирает наброски. Значок стопки листов сохраняет нарисованный контур слоем проекта, после чего им могут пользоваться инструменты Isoliner.

Виды. Значок рамки с перекрестием ставит вид сверху и заодно включает параллельную проекцию, потому что план с перспективой планом не является. Проекция переключается и отдельно, значком куба: в параллельной проекции масштаб одинаков по всему кадру, и объекты на разной высоте не смещаются относительно друг друга.

Снимок. Значок с двумя прямоугольниками кладёт кадр сцены в буфер обмена, то же делает Ctrl+C. Значок фотоаппарата сохраняет кадр в файл PNG. Размер снимка равен размеру окна сцены, поэтому перед съёмкой окно имеет смысл развернуть.

Разнос по Z раздвигает поверхности вниз с постоянным шагом и превращает пачку в этажерку, где видно каждый горизонт по отдельности. **Прозрачность поверхностей** помогает заглянуть внутрь тел и увидеть стволы скважин сквозь кровлю.

Группа Пласт и блочная модель

Кроме 3D-окна модуль ставит в панель **Обработка** провайдер **Isoliner3D** с одной группой - **Пласт и блочная модель**. Семь инструментов считают на NumPy и GDAL, кригинг и построение изолиний им не нужны, поэтому работают они и без основного плагина Isoliner.

Конвейер выглядит так. Кровля и подошва собираются в один многоканальный грид пласта (**1.01**), калькулятор считает по нему мощность и запасы (**1.02**), блочная модель разворачивает грид в точки-центроиды (**1.03**), а разность двух моделей даёт списание (**1.06**). Домены (**1.05**) добавляют в грид код участка, экспорт в меши (**1.04**) отдаёт поверхности в формат 2DM, генератор (**1.07**) создаёт демонстрационные тела с Z и проверочную карту для текстуры.

Собранный грид пласта читается 3D-окном как тело: канал 1 кровля, канал 2 подошва. То есть посчитали и сразу посмотрели.

1.01 Собрать грид пласта

Собирает многоканальный грид пласта по конвенции модуля: канал 1 кровля, канал 2 подошва, каналы 3 и далее параметры (содержание, минтип, любые другие числовые поля).

Кровля задаёт сетку результата. Подошва и параметры билинейно приводятся к ней, поэтому исходные гриды могут иметь разный шаг и разный охват. Имена каналов записываются в описания раstra: кровля, подошва, дальше имена слоёв параметров. Благодаря этому в списках 3D-окна вместо «канал 3» читается «содержание».

Параметр	Что задаёт
Кровля (растр)	грид кровли, задаёт сетку результата
Подошва (растр)	грид подошвы
Параметры (растры, берётся канал 1)	любое число гридов параметров, поле необязательное
Канал кровли, Канал подошвы	если исходные гриды многоканальные
Грид пласта	результат

За один прогон собирается один пласт: одна кровля, одна подошва, один грид на выходе. Для пачки из трёх пластов это три прогона либо один запуск через кнопку **Запустить как пакетный процесс**, где каждая строка таблицы задаёт свою пару слоёв.

Про список параметров. Поле необязательное. Оставьте его пустым, и получится двухканальный грид: кровля и подошва. Для просмотра телом, для калькулятора и для блочной модели этого уже достаточно.

Список нужен, когда к пласту есть попутные величины, привязанные к той же площади: содержание, минеральный тип, коэффициент извлечения, любая числовая характеристика.

Отмеченные растры ложатся в грид отдельными каналами, начиная с третьего, из каждого берётся первый канал.

Смысл в том, что после сборки пласт описывается одним файлом. Далее по нему работает всё остальное: калькулятор попросит указать канал содержания и посчитает средневзвешенное содержание и тоннаж металла, блочная модель разложит каждый канал в отдельное поле атрибутов, 3D-окно покажет каналы в списке **Окраска** по именам. Именно поэтому имена берутся из названий слоёв: в списках потом читается «содержание», а не «канал 3». Названия слоёв в проекте имеет смысл привести в порядок до сборки.

Гриды параметров могут иметь свою сетку и свой охват, всё приводится к сетке кровли билинейной выборкой. Сетку результата задаёт именно кровля, это стоит держать в голове при выборе, что подавать первым входом.

Поля **Канал кровли** и **Канал подошвы** лежат в разделе дополнительных и нужны только тогда, когда сами исходные гриды многоканальные. Для обычных одноканальных там остаётся единица и трогать их не надо.

1.02 Калькулятор пласта

Считает по гриду пласта мощность, объём и тоннаж руды через плотность. Если задан канал содержания, добавляются средневзвешенное по мощности содержание и тоннаж металла.

Сводка берётся по всей площади пласта или внутри контура: полигонов подсчётного блока или домена. Дырки в полигонах учитываются. Результат это грид пласта с дописанными каналами мощности и запаса руды на ячейку плюс HTML-отчёт со сводкой.

Ячейки с отрицательной мощностью, где подошва оказалась выше кровли, обнуляются и считаются отдельно. Их количество стоит смотреть в отчёте: это признак того, что поверхности пересекаются и модель требует правки.

Параметр	Что задаёт
Грид пласта	канал 1 кровля, канал 2 подошва
Канал содержания	пусто - считать без содержания
Плотность руды, т/м³	для перевода объёма в тоннаж
Контур подсчёта (полигоны)	ограничение площади
Грид пласта с мощностью и запасами	результат
Отчёт (HTML)	сводка

1.03 Грид пласта в блочную модель

Переводит грид пласта в блочную модель: точку-центроид на каждую валидную ячейку. Атрибуты точки это строка и столбец ячейки, координаты, верх и низ, мощность, объём, тоннаж руды и все каналы параметров под их именами из описаний.

Дальше работает обычный векторный аппарат QGIS: фильтры выражениями, объединение с внешними таблицами, калькулятор полей. Модель наращивается атрибутами без пересоздания.

Параметр **Слоёв по вертикали** делит каждую колонку на N блоков между кровлей и подошвой. У каждого блока свои отметки верха и низа, номер слоя и доля объёма. Содержание копируется в под-блоки как есть, потому что по вертикали оно не разбурено. Сумма запаса при делении сохраняется, это удобная самопроверка: постройте модель с одним слоем и с пятью, суммы тоннажа обязаны совпасть до последних знаков.

Плотность берётся из числа в параметрах или, если задан **Канал плотности**, поячеечно из грида. Второе нужно там, где плотность руды меняется по площади.

1.04 Поверхности в 3D (меш)

Экспортирует гриды поверхностей в mesh-слои формата 2DM (MDAL). Такие слои понимают профильный инструмент QGIS, mesh-калькулятор, штатный 3D-вид и сторонние программы.

К отметкам применяется вертикальное преобразование: отметка умножается на масштаб и сдвигается на смещение. Масштаб даёт вертикальное преувеличение, смещение поднимает или опускает горизонт. **Разнос по Z** сдвигает каждый следующий грид на постоянный шаг вниз и превращает слипшуюся стопку в читаемую этажерку. Прореживание уменьшает число узлов на крупных гридах.

Слои загружаются в проект и получают 3D-отображение автоматически. Ячейки без данных пропускаются.

1.05 Домены в канал пласта

Растеризует полигоны доменов в добавочный канал грида пласта: каждой ячейке присваивается код домена, в который она попадает, вне доменов ноль. Код берётся из числового поля слоя, а если поле не задано, это порядковый номер объекта от единицы. Каналы исходного грида сохраняются, канал domain дописывается последним.

Дальше домен работает как обычный параметр: калькулятор считает по контуру домена, блочная модель фильтруется выражением по коду. Контур доменов должны лежать в той же системе координат, что и грид.

1.06 Разность запасов (списание)

Считает разность двух блочных моделей по ячейкам с совпадающими строкой и столбцом: сколько запаса убыло между состояниями «было» и «стало». Для каждой ячейки вычитается выбранное поле, по умолчанию тоннаж руды. Результат это точки с полями до, после и разности. Суммарное списание печатается в журнал.

Прямой путь оперативного списания: модель до погашения камер минус модель после, сумма разности по контуру даёт списанный тоннаж, который идёт в акт. Обе модели обязаны быть построены из одного грида, иначе нарезка строк и столбцов не совпадёт.

1.07 Создать пример данных (демо)

Создаёт демонстрационные данные, чтобы проверить показ на своей сборке QGIS, не трогая рабочие слои. Вариант задаётся списком **Пример**.

Тела с высотой Z. Тело пласта это водонепроницаемая оболочка из кровли, подошвы и боковой юбки. Свита это стопка складчатых пластов, каждый грузится отдельным слоем и красится своим цветом. Ещё есть куб и тетраэдр. Плановое положение и размер берутся из охвата, по вертикали тело занимает от отметки залегания до отметки плюс мощность.

Тип геометрии плоский, поэтому в 2D-виде высота не видна, диапазон Z печатается в журнал. Само тело удобно смотреть на вкладке **Тела** 3D-окна. Нативный PolyhedralSurface Z доступен с QGIS 3.40, на более старых сборках вывод деградирует до MultiPolygon Z. Флаг TIN выдаёт триангулированную поверхность.

Карта (растр для текстуры). Трёхканальная картинка для проверки наложения текстуры. Охват лучше задавать полем **Карта: по охвату грида**, тогда карта ляжет ровно по границам поверхности.

Картинка нарочно проверочная, а не красивая. Наложение текстуры ошибается тремя типовыми способами, и каждый эта карта показывает сразу. Переворот по вертикали виден по разным меткам в углах, сдвиг и перекося по координатной сетке, растяжение по одной оси по неквадратности клеток. На красивой карте ничего этого не заметить.

Порядок проверки такой. Создайте карту по охвату своего грида, поставьте у грида окраску **Текстура: Карта (демо)** и обновите сцену. Если метки в углах на своих местах, а клетки сетки квадратные, наложение работает верно.

Соседние плагины

Isoliner3D работает не сам по себе. Три плагина закрывают путь от точек наблюдений до объёмной модели, и каждый делает свою часть.

Isoliner строит гриды и изолинии: кригинг с вариограммами, минимальная кривизна, рельеф и водосборы, разрезы с чертежами, геологическая модель пласта. Именно он готовит те гриды и пояса, которые здесь показываются. Каталог: plugins.qgis.org/plugins/grid_isoliner

Topoliner приводит в порядок контуры: висячие узлы, самопересечения, щели и нахлёсты между смежными полигонами, прореживание с сохранением топологии. Полезен перед сборкой поясов и тел, потому что рваная топология на карте превращается в рваную оболочку в объёме. Каталог: plugins.qgis.org/plugins/topoliner.

Isoliner3D показывает результат в объёме, режет модель контуром и коридором, считает запасы по блочной модели и выгружает сцену в GLB.

Все три работают независимо: ставить весь набор не обязательно.

Типичные ситуации и решения

Что видно	Причина	Решение
Пункта меню и кнопки нет	pyqtgraph или PyOpenGL недоступны, <code>is_available()</code> вернул ложь.	Посмотреть журнал QGIS, раздел Isoliner3D. Обычно означает повреждённую установку: переустановить модуль из ZIP целиком, вместе с папкой libs .
Сцена пуста, в строке состояния просьба отметить растр	Не отмечено ни одного слоя.	Поставить галки на вкладке Слои или Тела и нажать Обновить сцену .
Сообщение «Гриды не открылись»	Файлы отмеченных растров недоступны: переехали, лежат на отключённом диске, слой был временным.	Проверить источник слоя в свойствах, при необходимости пересоздать грид.
Поверхность выглядит плоским блином	Реальный размах высот мал по сравнению с размерами площади.	Поднять Вертикальное преувеличение .
Пласт нарисован поверхностью, а не телом	Грид одноканальный либо в Режиме стоит Поверхность.	Проверить число каналов и поставить Авто или Тело пласта.
Тело вывернуто, кровля ниже подошвы	Каналы перепутаны, конвенция требует канал 1 кровля, канал 2 подошва.	Пересобирать грид пласта в правильном порядке каналов.
Скважины не видны	Не отмечены поля отметок, либо все отметки пустые.	Отметить числовые поля отметок в списке на вкладке Векторы .
Подписей меньше, чем скважин	Работает прореживание, потолок 500 подписей.	Так и задумано. Приблизить камеру или подать слой с прореженным фондом.

Что видно	Причина	Решение
Поверхность выглядит грубее исходного грида	Сработало автопрореживание до 60 тысяч узлов.	Так и задумано. Для детали по фрагменту вырезать нужный кусок грида и подать его отдельным слоем.
Лента разреза уходит далеко за пачку	Линия подана без полей <code>zmin</code> и <code>zmax</code> , лента растянута на размах сцены.	Подать слой определения разреза из <code>Isoliner</code> .

Приложение. Конвенция многоканального грида

Тело пласта собирается из одного растра, каналы которого распределены так:

Канал	Смысл
1	кровля пласта, абсолютная отметка
2	подошва пласта, абсолютная отметка
3 и далее	параметры: содержания, мощности, минтип, любые числовые поля

Имена каналов берутся из описаний каналов растра (band description), поэтому в списках модуля вместо «канал 3» читается «содержание». Гриды, собранные инструментами пласта в `Isoliner`, имена проставляют сами. Для стороннего `GeoTIFF` имена можно записать любым способом, который пишет описания каналов, например через `gdal_edit.py` или средствами `GDAL` в `Python`.

Ячейки без данных обязаны быть помечены значением `nodata`. Модуль не достраивает пропуски: узел без данных выпадает из меша, и тело замыкается юбкой по границе фактических данных.