

## Model MUSE: Модель поперечного сечения

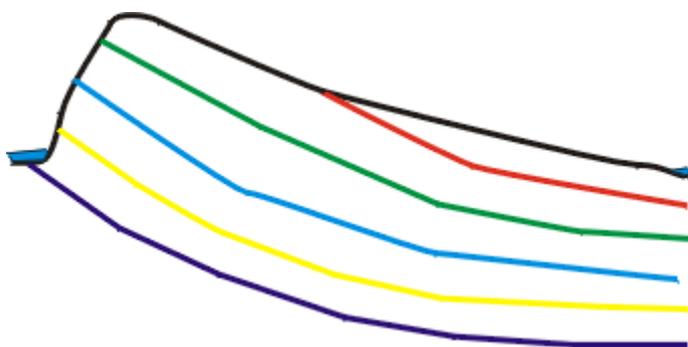
Во многих случаях модель поперечного сечения может быть хорошим подходом к проблеме моделирования. Поскольку модель поперечного сечения обычно имеет гораздо меньше ячеек, чем эквивалентная трехмерная модель, ее можно запустить и откалибровать гораздо быстрее. Даже если вам в конечном итоге потребуется использовать трехмерную модель, начав с двухмерной модели, вы сможете лучше понять систему, которая будет полезна при трехмерном моделировании.

В этом примере мы будем моделировать моноклинал, показанную ниже. Черная линия представляет поверхность земли. Цветные линии — это границы между различными геологическими единицами, а синие области на обоих концах — реки. Самая верхняя геологическая единица отсутствует примерно на половине поперечного сечения, и все единицы, кроме нижней, отсутствуют в крайнем левом углу. Реки будут рассматриваться как границы с постоянным напором. Правая и нижняя границы рассматриваются как границы отсутствия потока. В случае границы справа это может быть неверно, поскольку геологические единицы продолжаются за пределами области, показанной на поперечном сечении.

Однако наблюдения за течением в реках показывают, что подземные воды сбрасываются в реки, и если геологические образования не создают существенного барьера для стока, поток подземных вод вблизи реки, вероятно, будет вертикальным. Вертикальный поток будет параллелен краю модели и будет допустимой границей отсутствия потока для горизонтального потока.

Подпитка поступает в систему со скоростью  $10^{-9}$  м/с.

Гидравлическая проводимость варьируется между блоками, но для простоты все они будут рассматриваться как имеющие гидравлическую проводимость  $10^{-4}$  м/с, за исключением четвертого блока (между голубой и желтой линиями), который имеет гидравлическую проводимость  $10^{-7}$  м/с. Длина поперечного сечения составляет 30 000 м, а высота поверхности колеблется от 50 м у реки справа до 100 м на вершине гребня.



## Шаг 1: Модель поперечного сечения: начальная сетка / grid

Запустите ModelMuse, выберите «Создать новую модель MODFLOW» и нажмите кнопку «Далее». Заполните описание модели и укажите «Неприменимо» для проекции. В этой модели используются параметры в стиле MODFLOW, поэтому остальные варианты оставьте без изменений. Затем снова нажмите кнопку «Далее». В диалоговом окне Initial Grid мы укажем модель с 30 столбцами, 1 строкой и 5 слоями. Отметки для слоев на самом деле не имеют значения, потому что мы изменим их все на переменные высоты. Ширина столбцов и рядов составит 1000 м. Нажмите кнопку Готово, когда закончите.

Initial Grid

MODFLOW-2005 MODFLOW Version

Specify initial grid (optional)

30 Number of columns 1000 Column width

1 Number of rows 1000 Row width

5 Number of layers

Grid origin: Upper left corner

0 X 0 Grid angle (degrees)

0 Y Vertical exaggeration

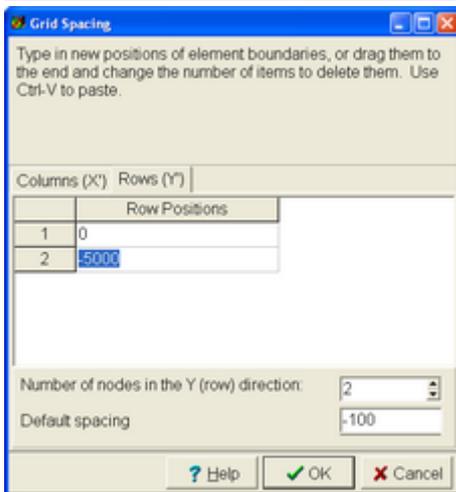
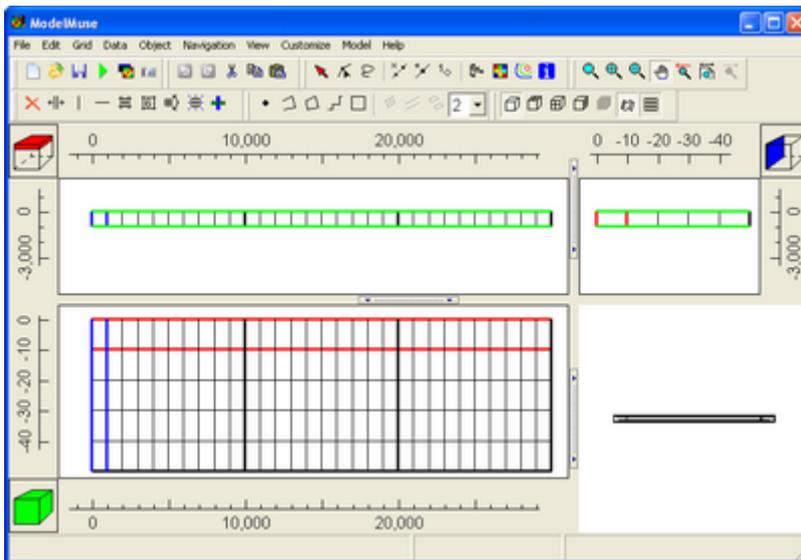
0 Z

Layer group name	Bottom elevation
Model_Top	100
Top Unit	90
Upper Aquifer	80
Middle Aquifer	70
Confining Bed	60
Lower Aquifer	50

? Help No grid Finish →

## Шаг 2: Модель поперечного сечения: изменение ширины ряда

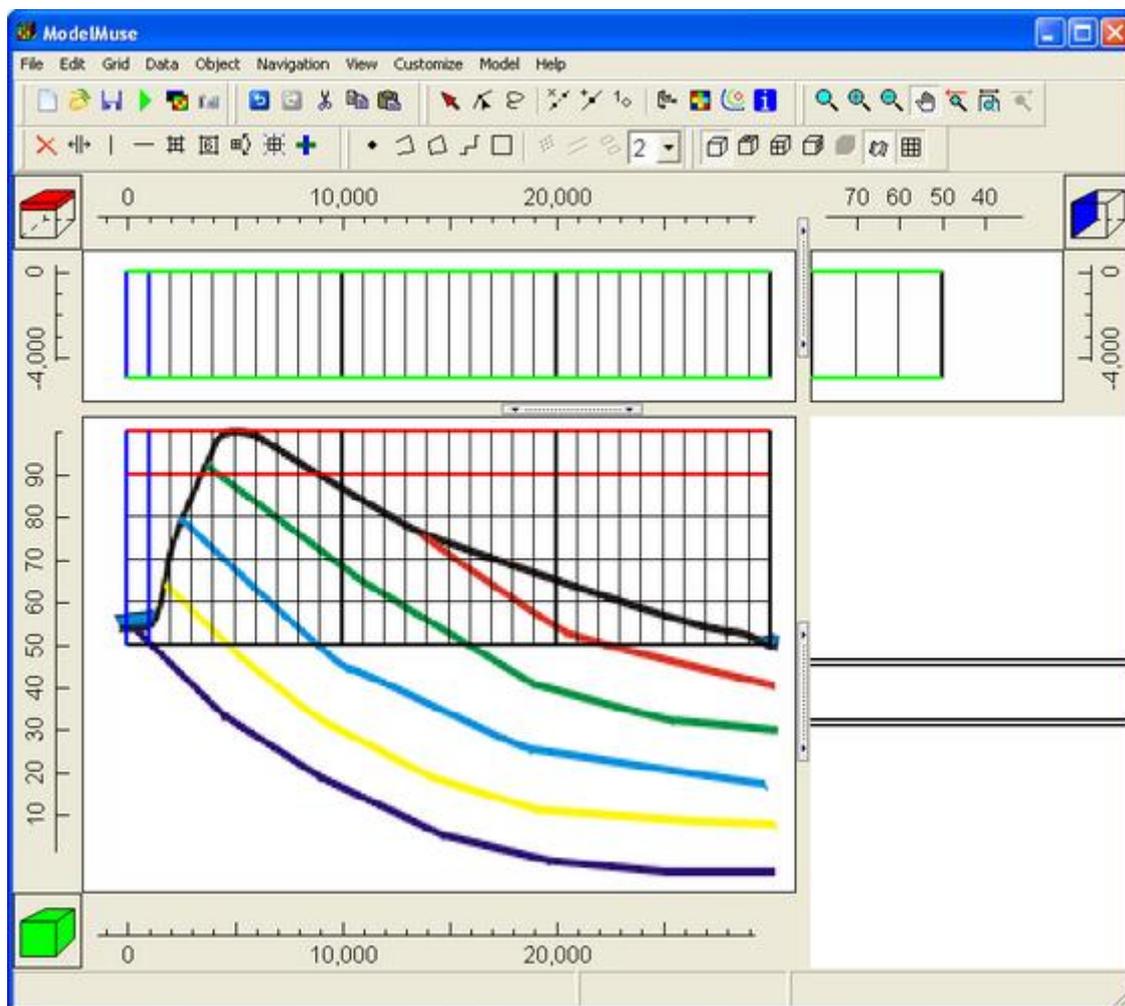
После того, как сетка создана, мы видим, что было бы удобнее работать с большей шириной строки. Чтобы изменить его, выберите «Сетка | Указать линии сетки», перейдите на вкладку «Строки (Y)» и измените положение второй строки с -1000 на -5000.



## Шаг 3: Модель поперечного сечения: импорт фонового изображения

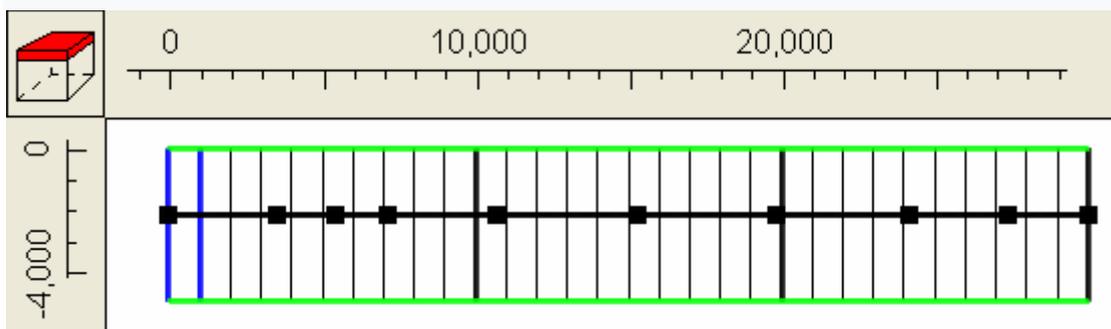
Далее мы импортируем фоновое изображение, чтобы помочь нам в редактировании высот слоя. Выберите «Файл|Импорт|Изображение...» Нажмите кнопку «Выбрать изображение» и выберите CrossSection.bmp. Вы найдете его в подкаталоге My Documents\ModelMuse Examples\Data\CrossSection каталога ModelMuse. Вам будет предложено нажать на изображение и ввести реальные координаты точки. Сначала укажите, что изображение следует рассматривать спереди модели. Щелкните рядом с гребнем холма и введите координаты  $X = 5000$  и  $Z = 100$ . Щелкните реку справа и введите значения  $X = 30000$  и  $Z =$

50. Затем нажмите ОК, чтобы закрыть диалоговое окно «Импорт изображений».



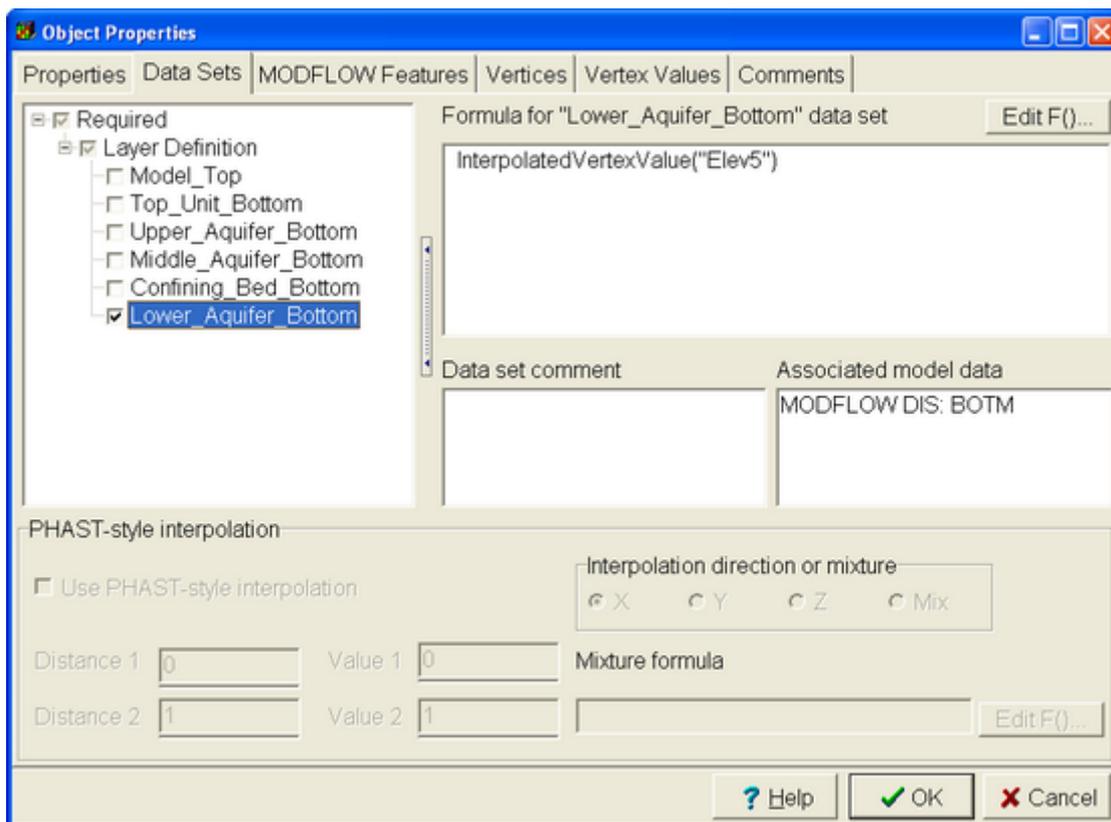
## Шаг 4: Модель поперечного сечения: задание сетки

Объекты можно использовать для указания отметок границ слоев только в том случае, если они являются 2D-объектами на виде сверху модели. Мы будем использовать линейный объект для указания высот. Нажмите кнопку «Создать прямолинейный объект» и нарисуйте линию на виде сверху модели. Она будет использоваться для указания отметок границ модели в виде серии сегментов прямой линии. Создайте отдельную вершину в каждом месте, где вы хотите изменить наклон границы слоя. Дважды щелкните, когда закончите с объектом, а затем нажмите ОК в диалоговом окне Object Properties. Дважды щелкните, когда закончите с объектом, а затем нажмите ОК в диалоговом окне Object Properties

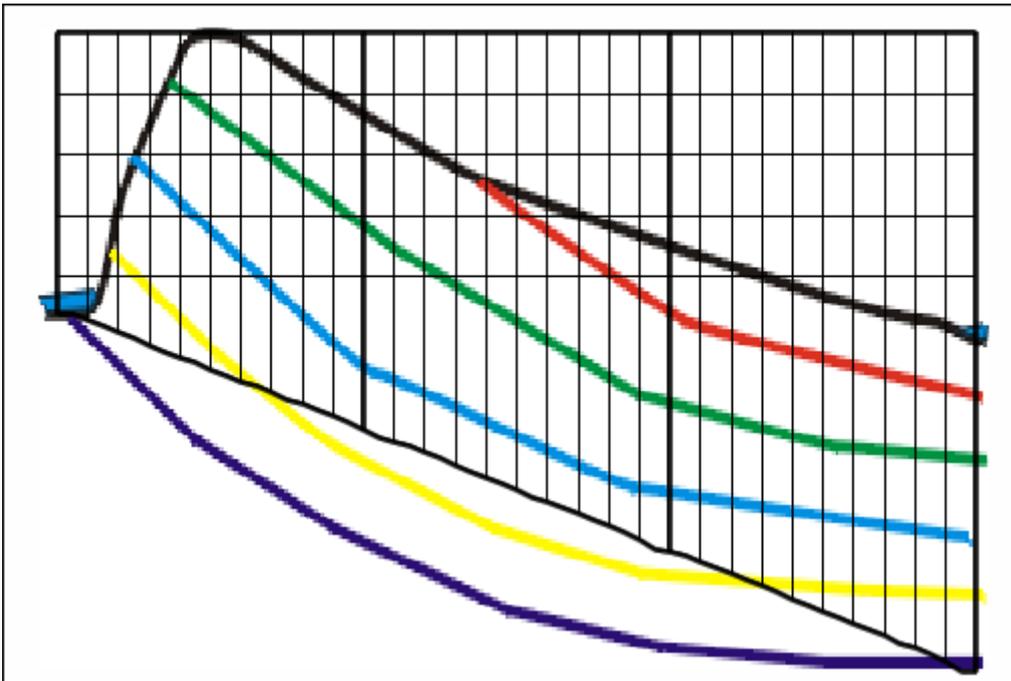


Следующие шаги будут связывать значения с несколькими вершинами. Затем мы будем интерполировать вдоль линии, чтобы указать высоту одной из границ слоя. Нажмите кнопку «Редактировать значение вершины» и дважды щелкните крайнюю правую вершину. В диалоговом окне Значения вершин установите для параметра «Ключ» значение Elev5 и значение -5, которое соответствует отметке нижней части нижнего слоя в этой позиции. Нажмите ОК, чтобы закрыть диалоговое окно Значения вершин. Затем дважды щелкните крайнюю левую вершину и введите значение 55 для Elev5. Теперь выберите «Объект | Выбрать объекты» и дважды щелкните объект, чтобы открыть его в

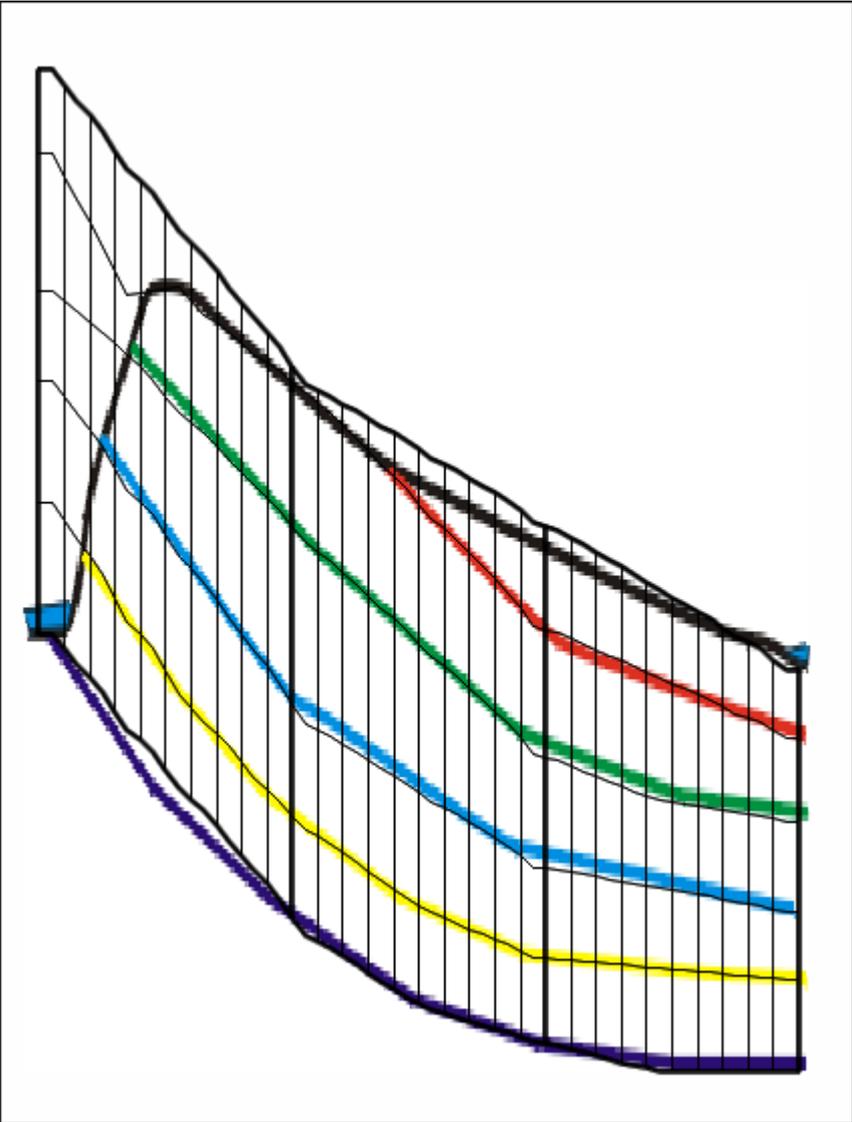
диалоговом окне «Свойства объекта». На вкладке «Свойства» измените количество формул Z на ноль. Затем переключитесь на вкладку «Наборы данных», разверните «Требуется | Определение слоя» и установите флажок для отметки нижней единицы. Затем установите формулу `InterpolatedVertexValue("Elev5")`. Нажмите ОК, чтобы закрыть диалоговое окно.



Теперь вид модели спереди должен выглядеть примерно так, как показано на рисунке ниже.

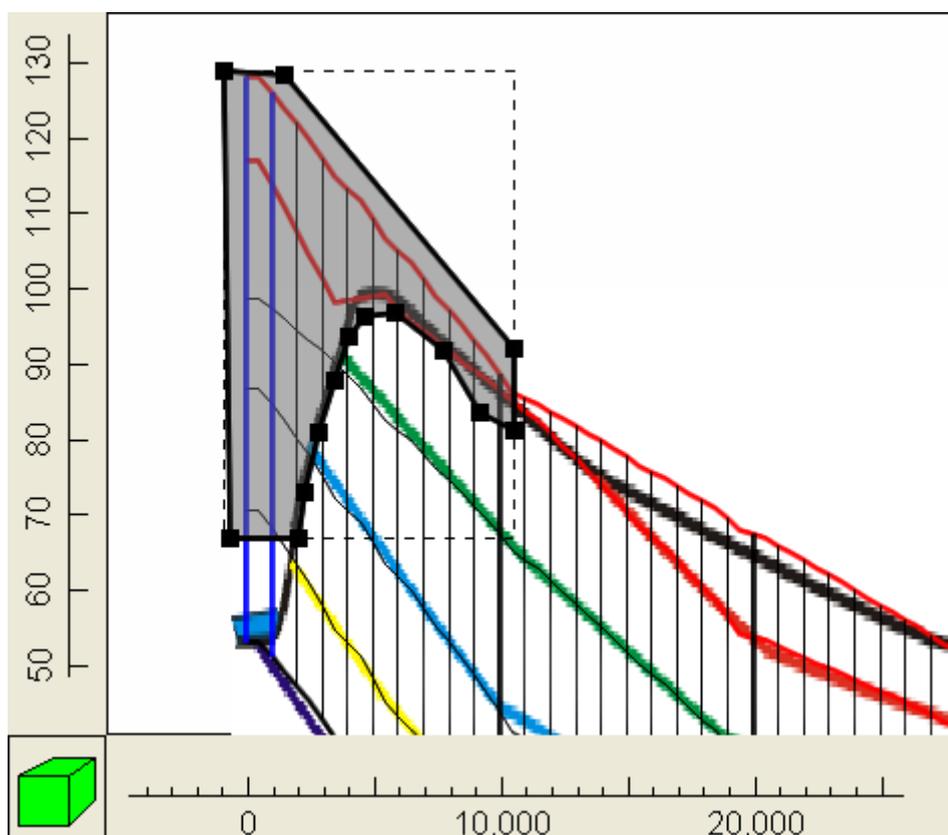


Попробуйте навести указатель мыши на вид модели спереди, глядя на строку состояния. Считайте высоту  $Z$  из строки состояния и используйте ее, чтобы установить значение  $Elev5$  для некоторых других вершин объекта. Редактируйте их, пока не получите соответствие фоновому изображению, которое вы считаете достаточно хорошим. Повторите процесс, чтобы определить отметки других границ слоя. Для частей геологических единиц, которые были разрушены эрозией, экстраполируйте, где были бы границы, если бы эти геологические единицы все еще существовали. Когда вы закончите, у вас может получиться что-то похожее на рисунок ниже. (Полная версия этой модели установлена в каталоге `C:\Users\Public\Documents\ModelMuse Examples\examples\MODFLOW`. При желании вы можете посмотреть значения, присвоенные различным вершинам в примере.)



## Шаг 5: Модель поперечного сечения: неактивные клетки

Ячейки, представляющие части геологических единиц, подвергшихся эрозии, должны быть неактивными ячейками. На виде спереди модели нарисуйте многоугольник вокруг этих ячеек (Object|Create|Polygon). Однако не забудьте окружить центр самой нижней ячейки в первом столбце, потому что эта ячейка будет одной из постоянных границ заголовка. В диалоговом окне «Свойства объекта» установите формулу для набора данных «Активный» (Требуемый|Гидрология|Активный) на «Ложь». Затем нажмите ОК. Если вы хотите раскрасить сетку активным набором данных. Ячейки, центры которых окружены многоугольником, должны быть неактивны.

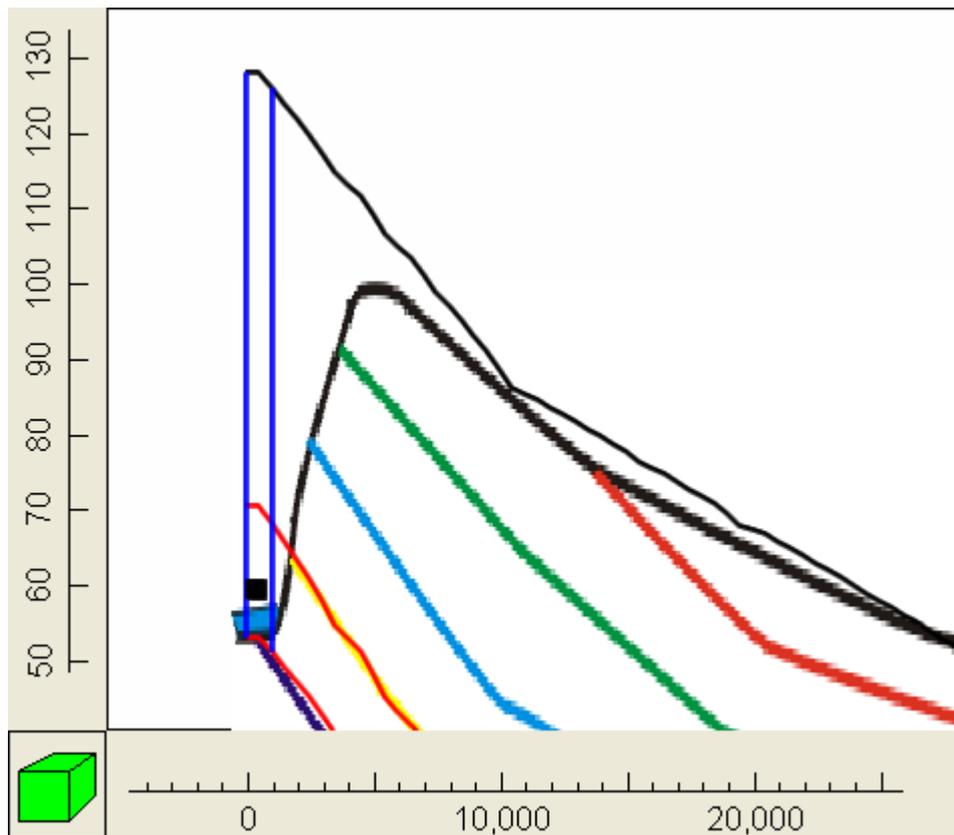


## Шаг 6: Модель поперечного сечения: активация пакетов

В этой модели используются пакеты СНД (изменяющийся во времени напор) и РСН (питание). Чтобы их активировать, выберите «Модель|Пакеты и программы MODFLOW». Разверните «Граничные условия|Указанный напор» и установите флажок для пакета СНД. Разверните «Граничные условия | Заданный поток» и установите флажок для пакета РСН. Измените «Вариант местоположения пополнения» на «Верхняя активная ячейка». Затем нажмите ОК.

## Шаг 7: Модель поперечного сечения: заданные ГОЛОВКИ

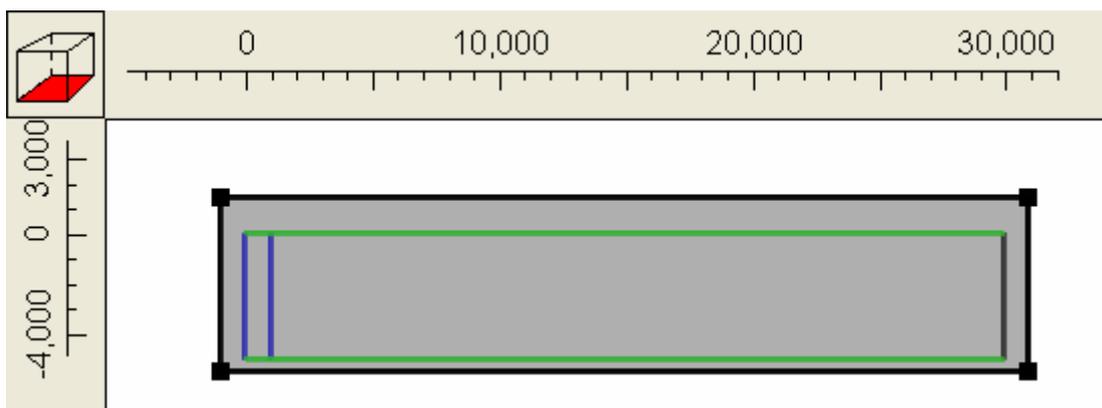
Создайте точечный объект в самом нижнем слое первого столбца (обведен красным на рисунке ниже).



ModelMuse автоматически установит формулы  $Y$  так, чтобы объект пересекал строку. В диалоговом окне Object Properties перейдите на вкладку MODFLOW Features и установите флажок для пакета CHD. Установите время начала и окончания на -1 и 0 соответственно. Установите как начальный, так и конечный заголовки на 55. Повторите процесс для самой верхней ячейки в последнем столбце справа, за исключением того, что установите заголовки на 50.

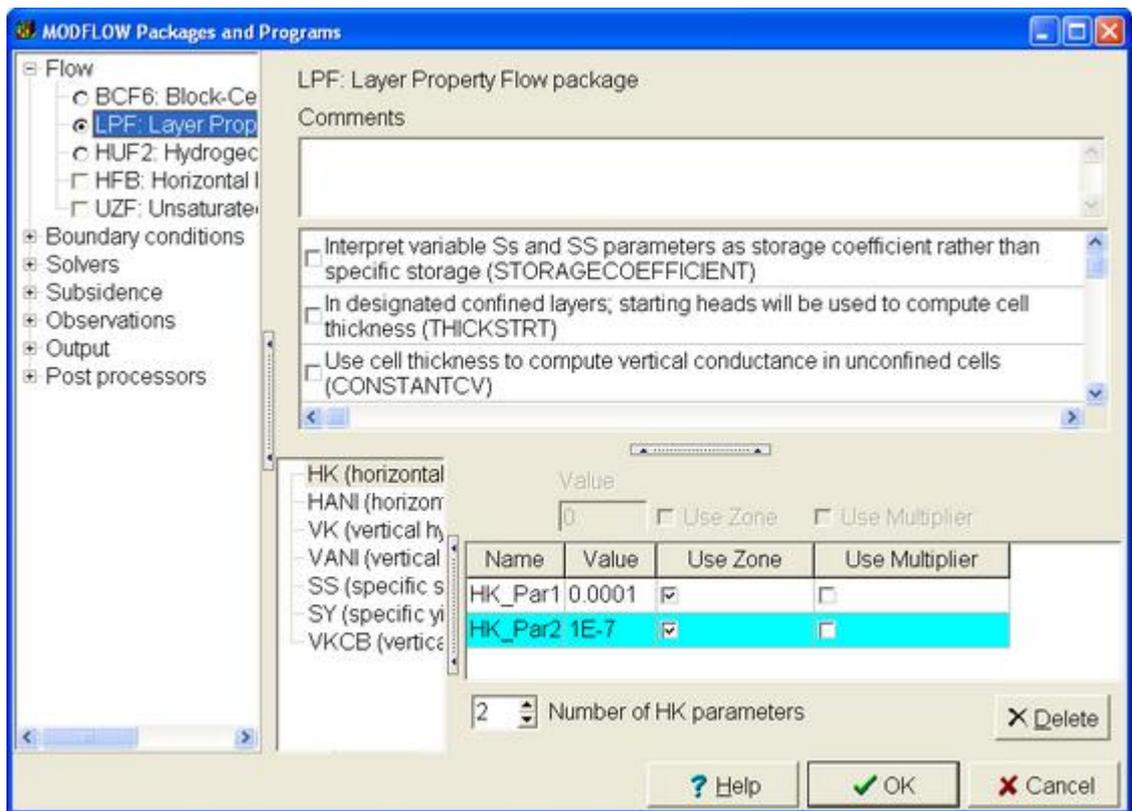
## Шаг 8: Модель поперечного сечения: перезарядка

Питание может быть указано только с объектом, нарисованным на виде сверху модели. Нарисуйте многоугольник или прямоугольник на виде сверху модели и назначьте скорость питания  $1E-9$ .



## Шаг 9: Модель поперечного сечения: определение параметров гидравлической проводимости

Водоупорный слой имеет гидравлическую проводимость  $10^{-7}$  м/с. Остальные пласты имеют гидравлическую проводимость  $10^{-4}$  м/с. Мы определим эти значения с помощью параметров. Выберите «Модель|Пакеты и программы MODFLOW...» На панели пакета LRF измените количество параметров НК на 2. Установите значения двух параметров на  $1E-4$  и  $1E-7$  соответственно. Установите флажки Use Zones для обоих параметров. Нажмите «ОК».



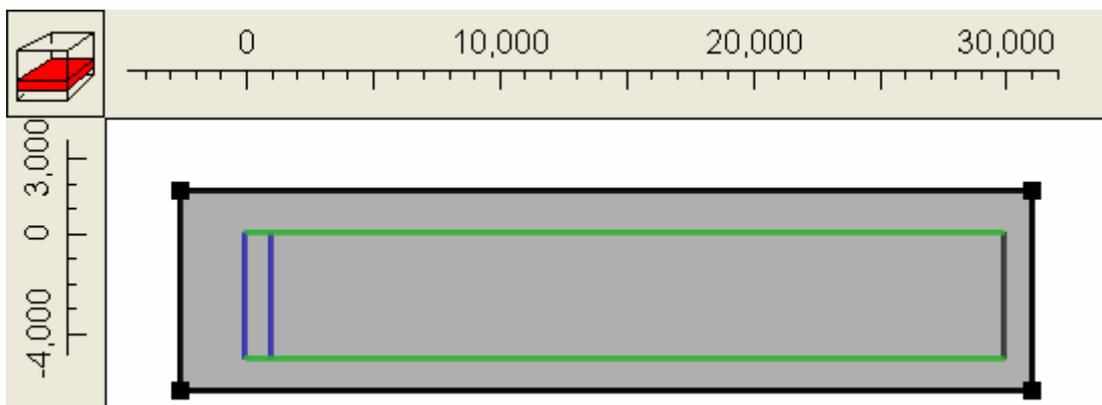
## Шаг 10: Модель поперечного сечения: установка зон гидравлической проводимости

Если вы сейчас раскрасите сетку набором данных Kx, вы увидите, что Kx во всех ячейках равен нулю. Это связано с тем, что зоны для обоих параметров имеют значение False для всех ячеек. Нам нужно изменить массив зон для первого параметра на True для всех слоев, кроме четвертого. Нам нужно изменить массив зон для второго параметра на True для четвертого слоя. Мы сделаем это в два этапа. Сначала сделаем массив зон для первого параметра True для всех ячеек. Затем мы будем использовать объект, чтобы установить для массива зон для первого параметра значение False для четвертого слоя и сделать массив зон для второго параметра равным True для четвертого слоя.

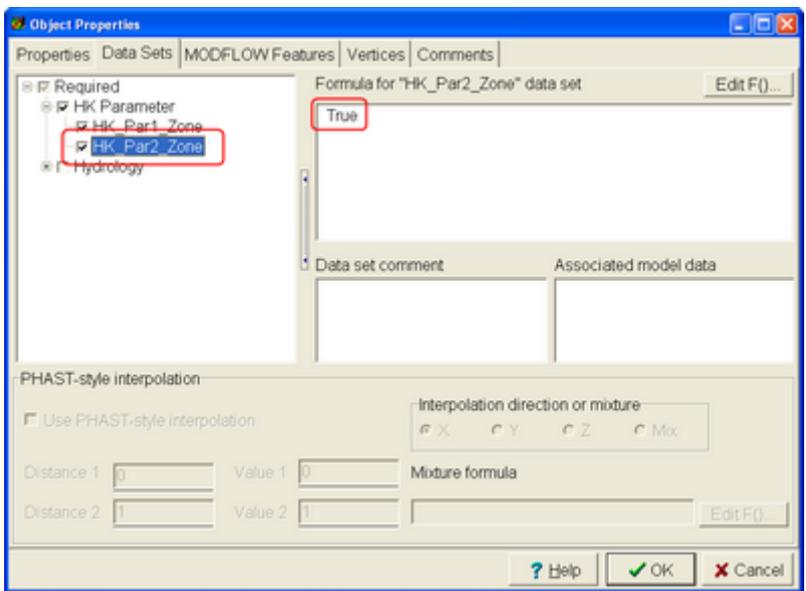
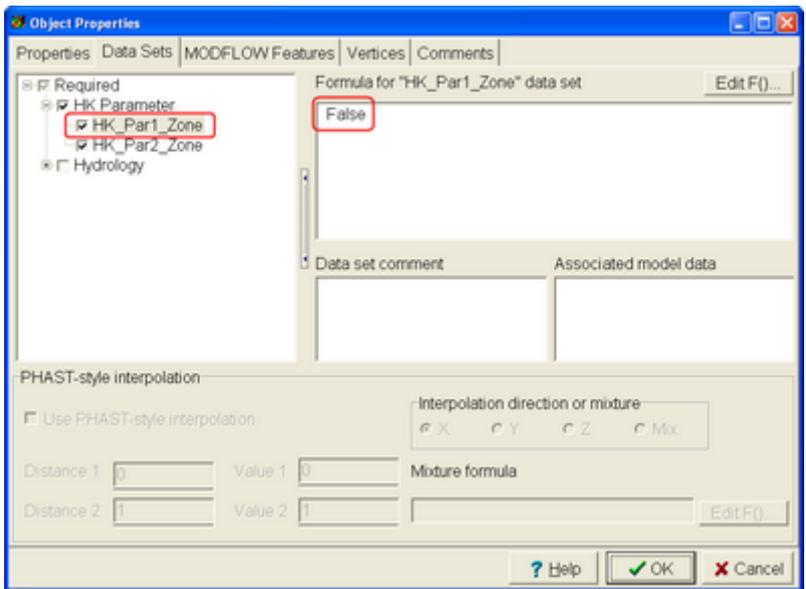
Выберите «Данные | Редактировать наборы данных ...» Разверните «Обязательный параметр НК» и выберите HK\_Par1\_Zone.

Установите для его формулы значение True и нажмите «Применить».

Теперь используйте куб выбора для вида сверху модели, чтобы сделать слой 4 выбранным слоем. Затем нарисуйте многоугольник или прямоугольник вокруг всей модели на виде сверху модели.



В диалоговом окне Свойства объекта обратите внимание, что формулы для более высоких и более низких отметок Z гарантируют, что этот объект будет применяться только к слою 4. Затем на вкладке Наборы данных установите флажки для НК\_Par1\_Zone и НК\_Par2\_Zone, установите для формулы для НК\_Par1\_Zone значение False. Установите для формулы НК\_Par2\_Zone значение True. Если вы сейчас раскрасите сетку набором данных Kx, вы увидите, что замкнутый слой имеет более низкую гидравлическую проводимость, чем остальная часть модели.



## Шаг 11: Модель поперечного сечения: запуск модели

Теперь вы готовы запустить модель (Файл|Экспорт|Входные файлы MODFLOW) и импортировать результаты модели (Файл|Импорт|Результаты модели...). Попробуйте импортировать напоры. Результаты должны выглядеть примерно так, как показано на рисунке ниже. Интересно отметить, что самые высокие напоры расположены не там, где высота земли самая высокая. Таким образом, в данном случае было бы ошибкой использовать границу водосбора в качестве границы без течения.

