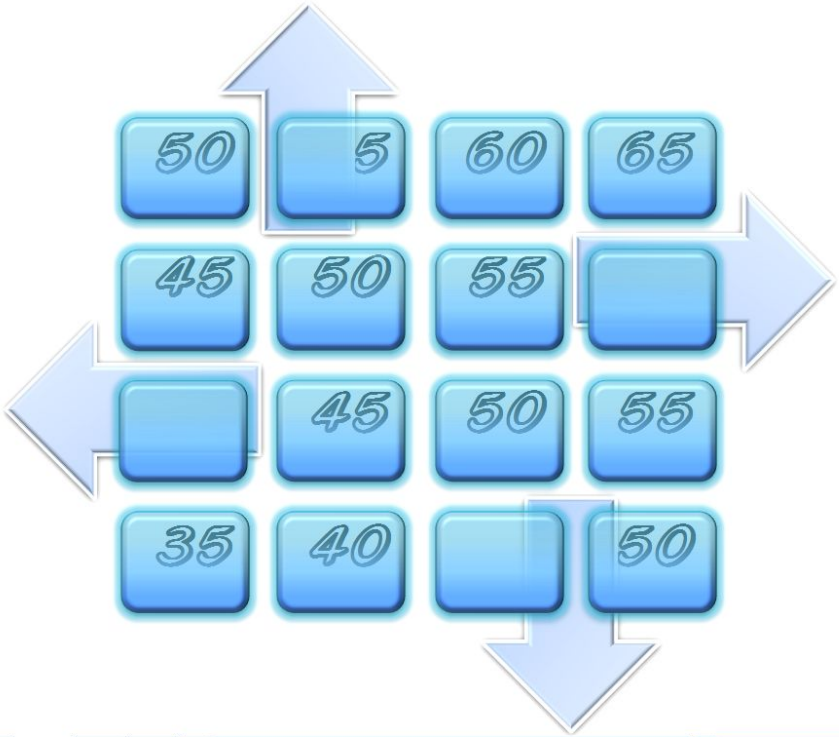
Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов



Лекция № 16

Разработка численных гидродинамических моделей в среде программного комплекса Groundwater Modeling System

Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии ИПР ТПУ
доцент Кузеванов К.И.

Особенности программного комплекса ***Processing Modflow*** :

В состав программного комплекса входит только самый необходимый набор вспомогательных инструментальных средств, все параметры численной модели задаются непосредственно на пространство конечно-разностной сетки;

Структура главного меню отражает основной порядок создания численной модели области фильтрации

Программный комплекс использует для решения балансовых конечно-разностных уравнений модуль MODFLOW 96, который является признанным мировым стандартом в решении прогнозных гидродинамических задач;

Младшие версии программного комплекса безусловно открыты для использования в учебных целях

Разработка численной гидродинамической модели

Порядок разработки численной модели

Схематизация гидрогеологических условий, завершающаяся разработкой геологической модели, включающей формализацию и количественную оценку основных факторов формирования фильтрационных потоков

Создание геологической модели-на этапе формирования очертаний конечно-разностной сетки области фильтрации

Создание гидродинамической модели, связанное с наполнением ячеек сетки значениями фильтрационных параметров и заданием внешних (реки, ручьи) и внутренних (скважины) граничных условий

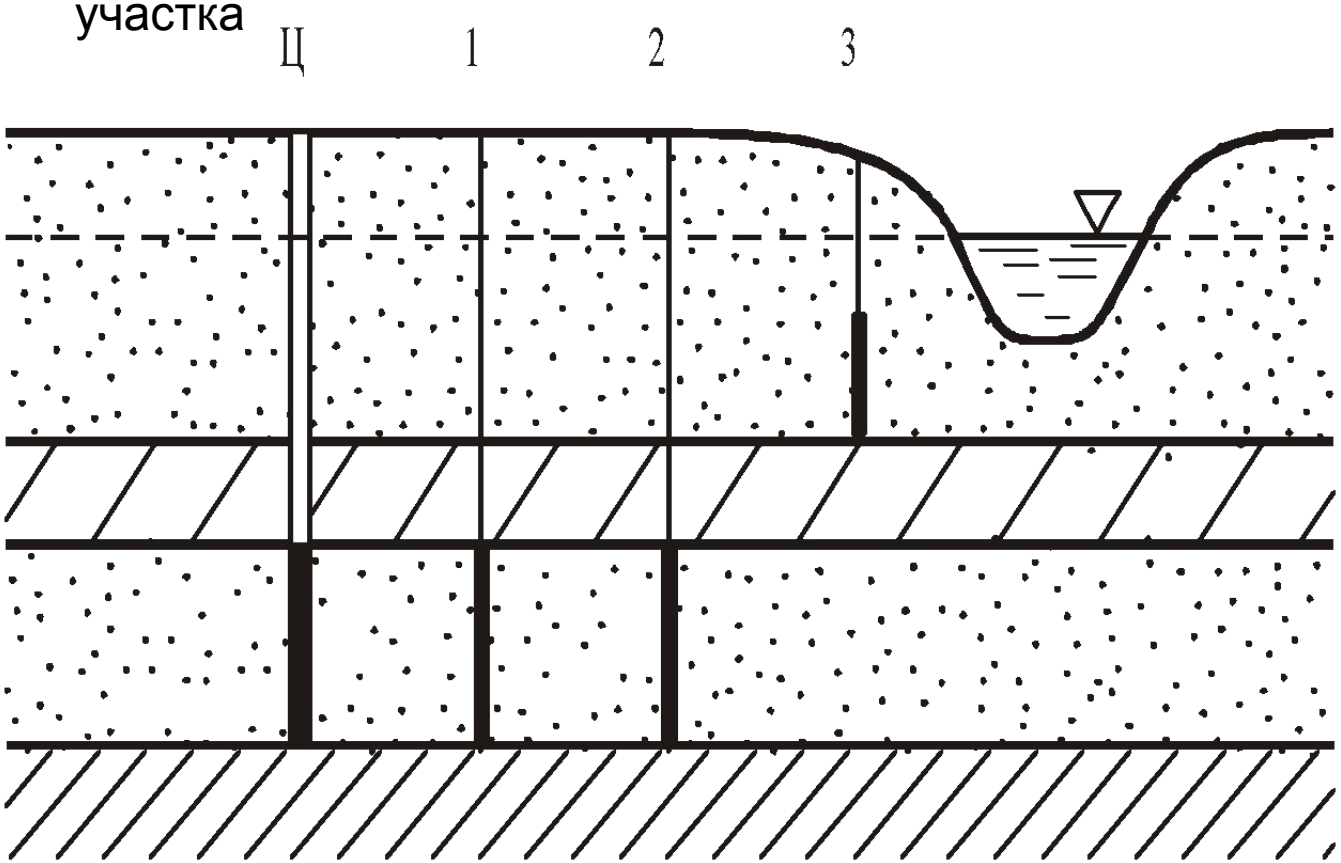
Управление параметрами решения прогнозной геофильтрационной задачи (продолжительность прогнозного периода, число шагов по времени)

Вывод результатов моделирования

Интерпретация результатов моделирования

Уточнение модели и уточняющие прогнозные расчёты

Схематический гидрогеологический разрез опытного участка



Программный комплекс

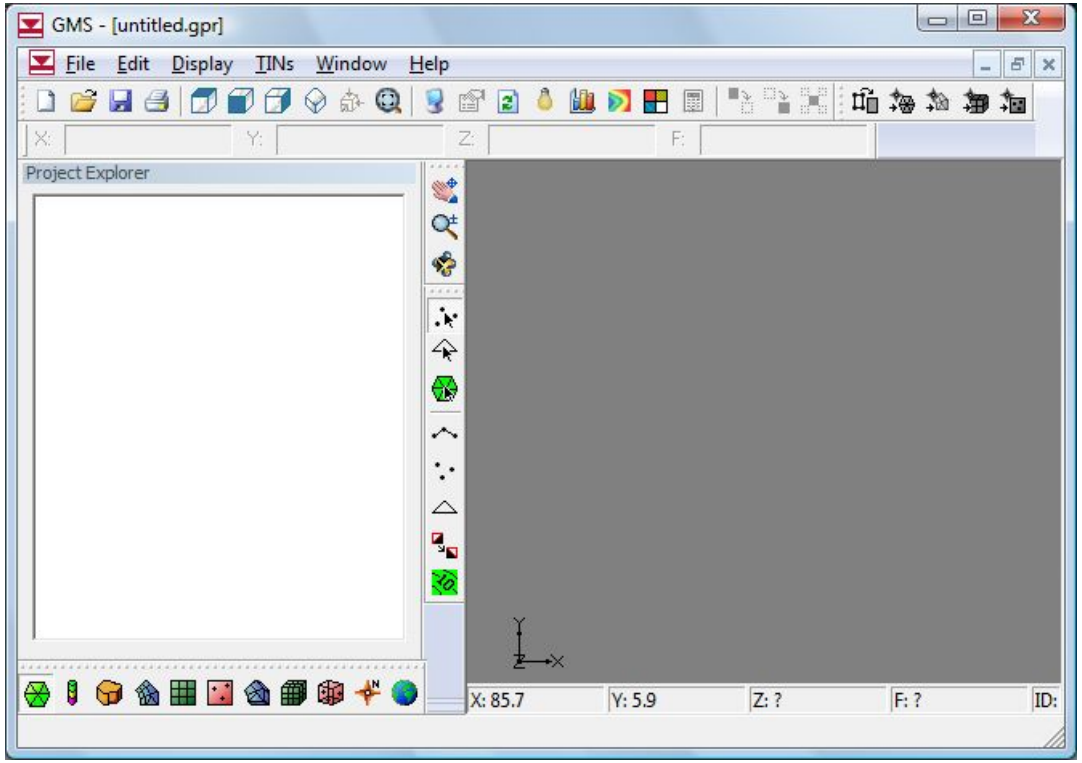
Groundwater
Modeling
System

GMS

Разработка численной гидродинамической модели

Создание численной гидродинамической модели путем задания параметров непосредственно в расчётные ячейки конечно-разностной сетки

Окно программного комплекса GMS

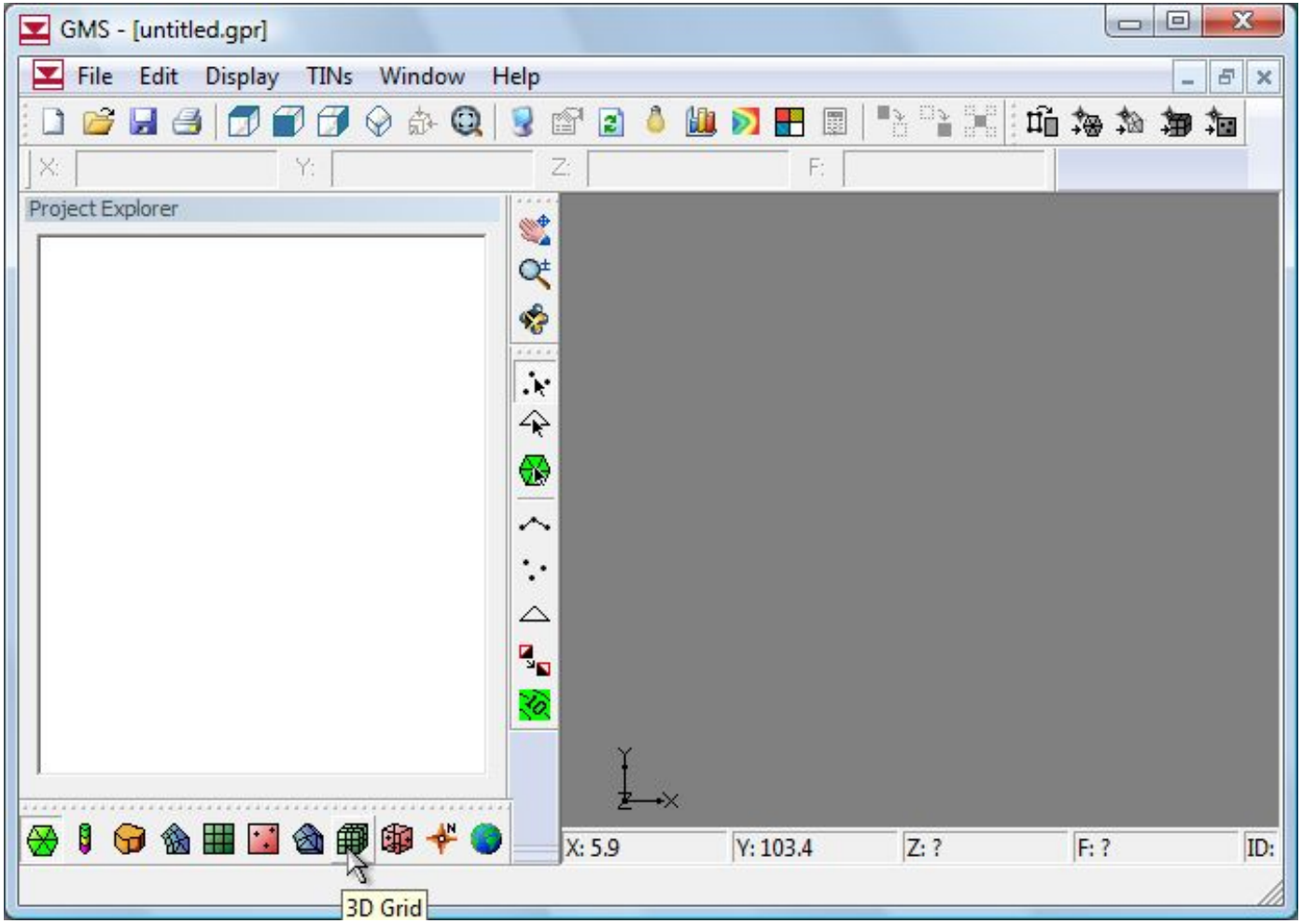


Строка заголовка модели
Главное меню
Панели стандартных инструментов

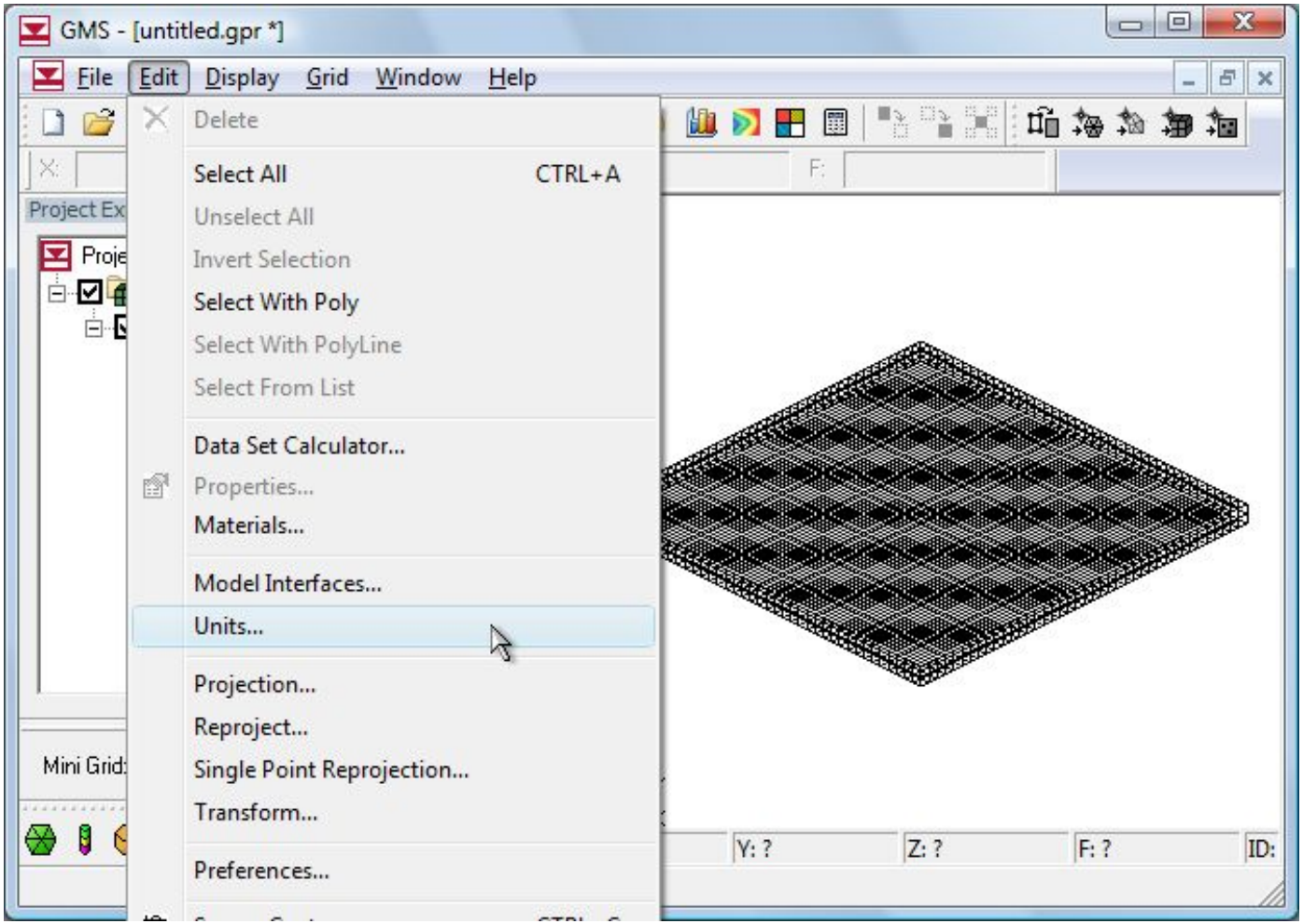
Контекстные инструменты

Модули

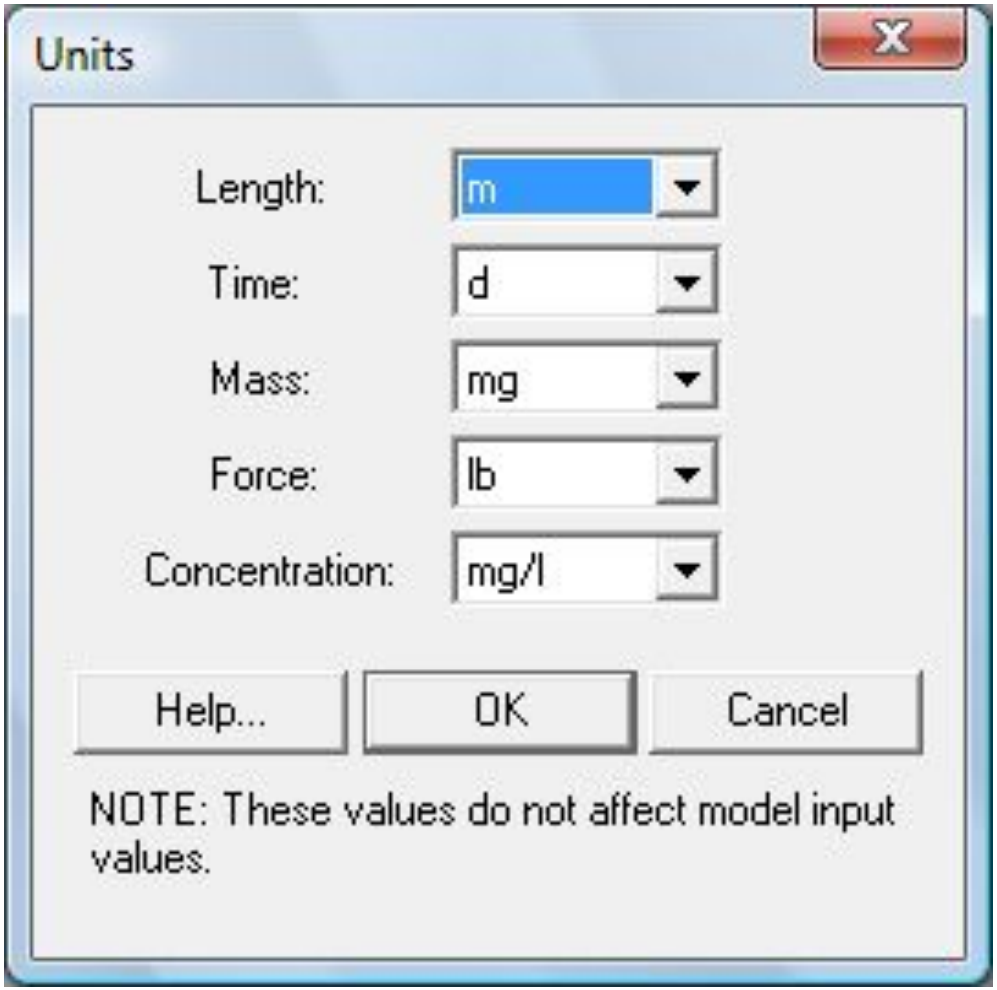
Выбор модуля «3D Grid»



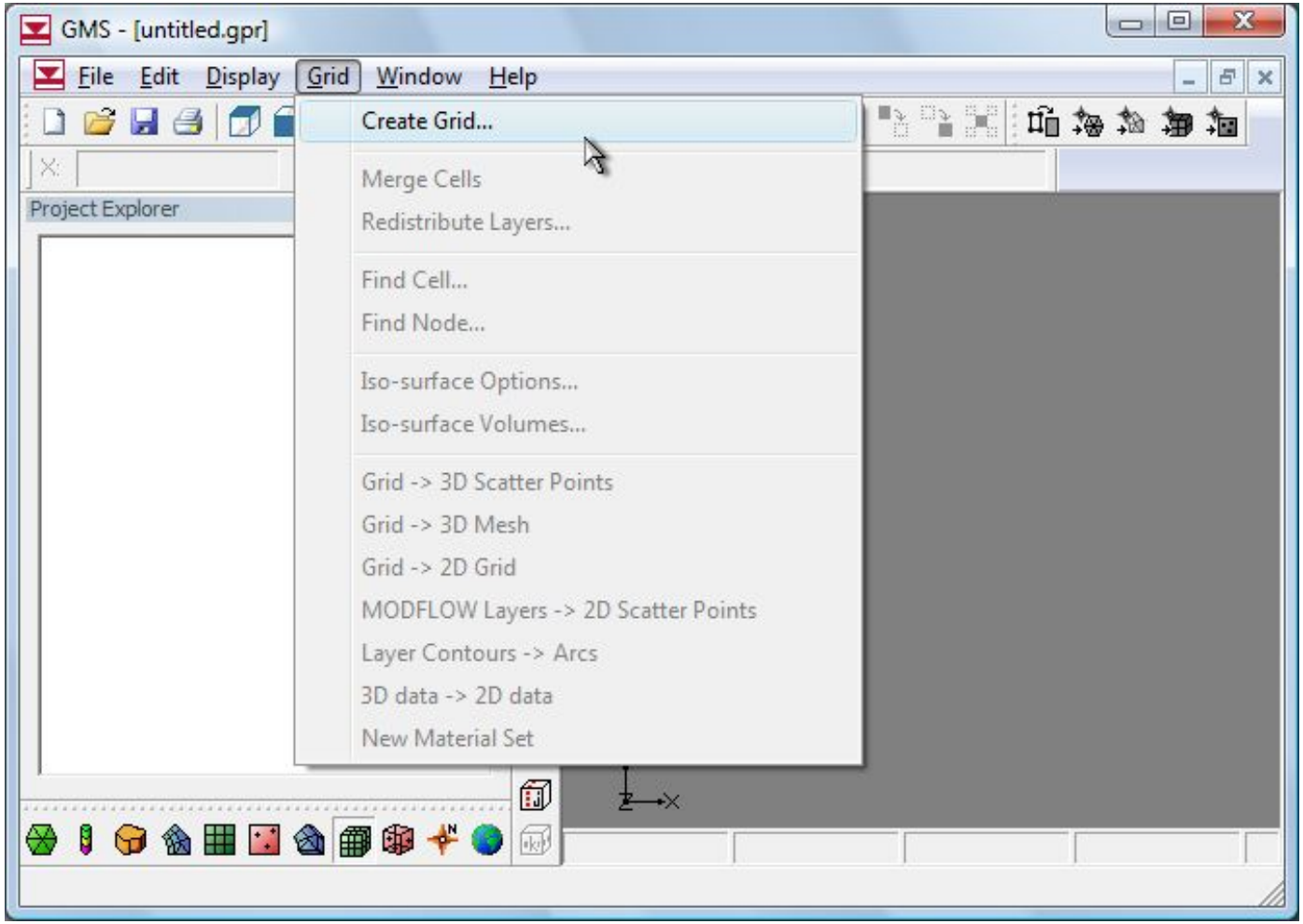
Меню выбора единиц измерения параметров модели



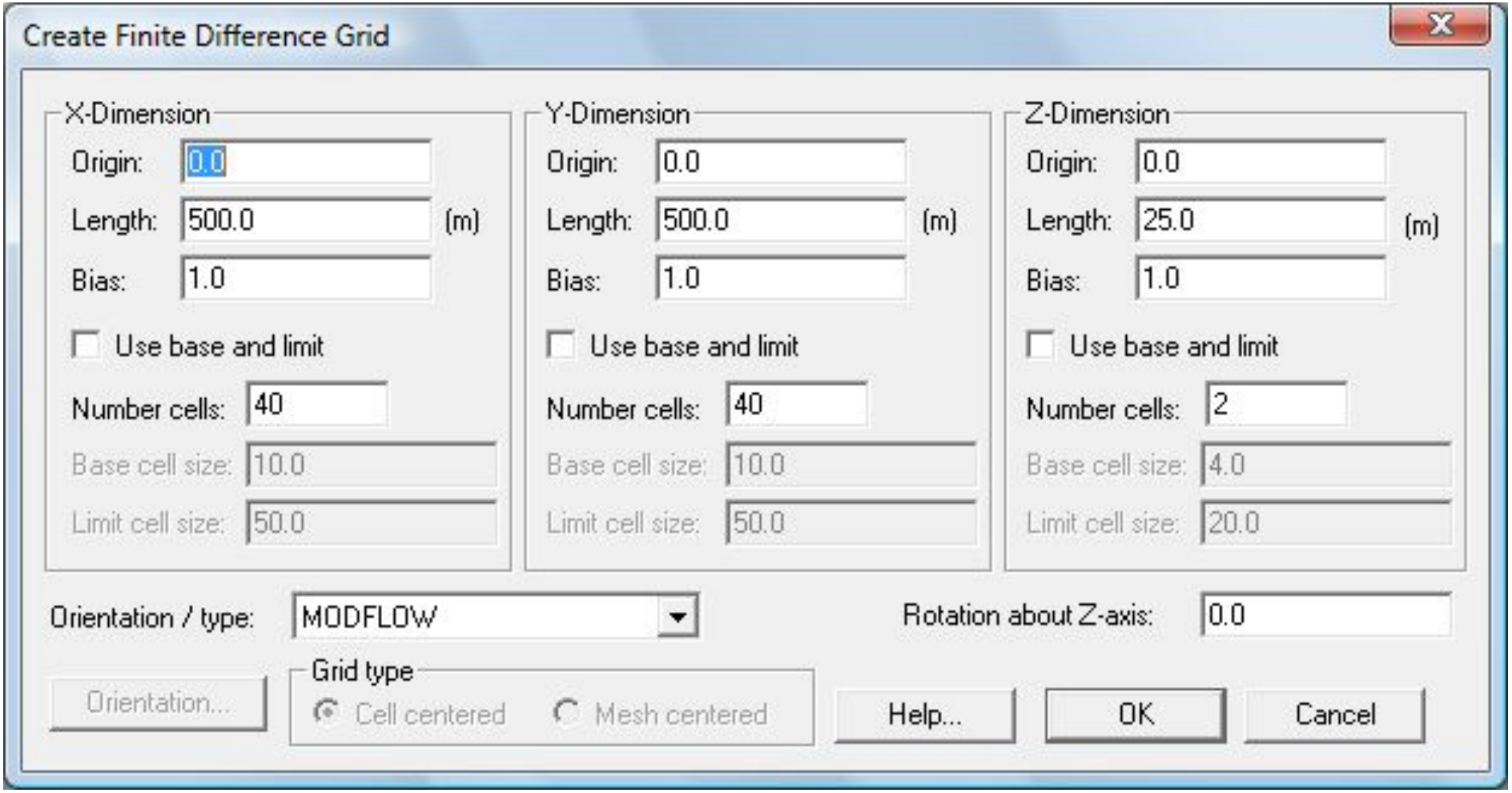
Настройка интерфейса на измерение линейных размеров в метрах



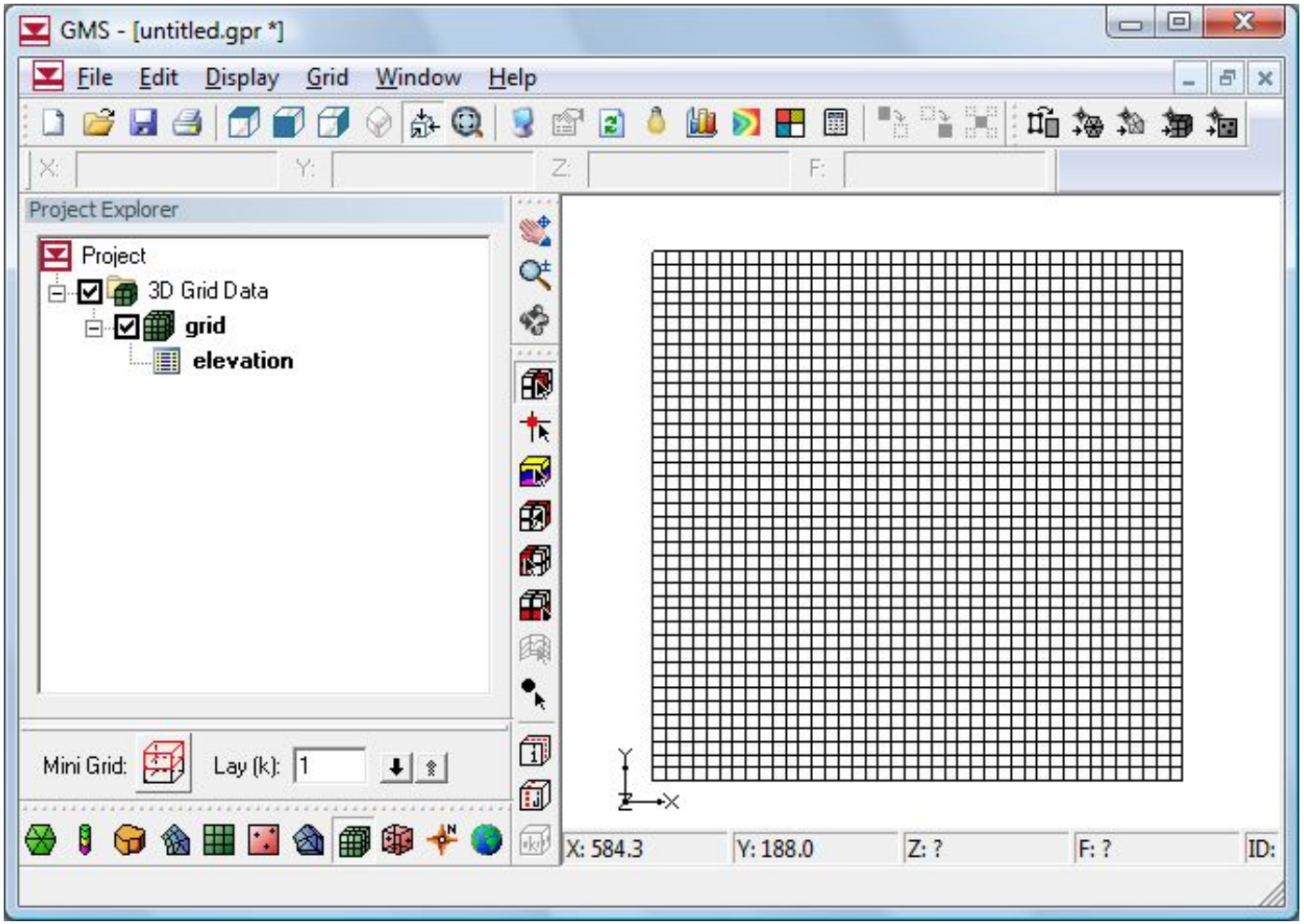
Начальный диалог создания новой КР-сетки области фильтрации



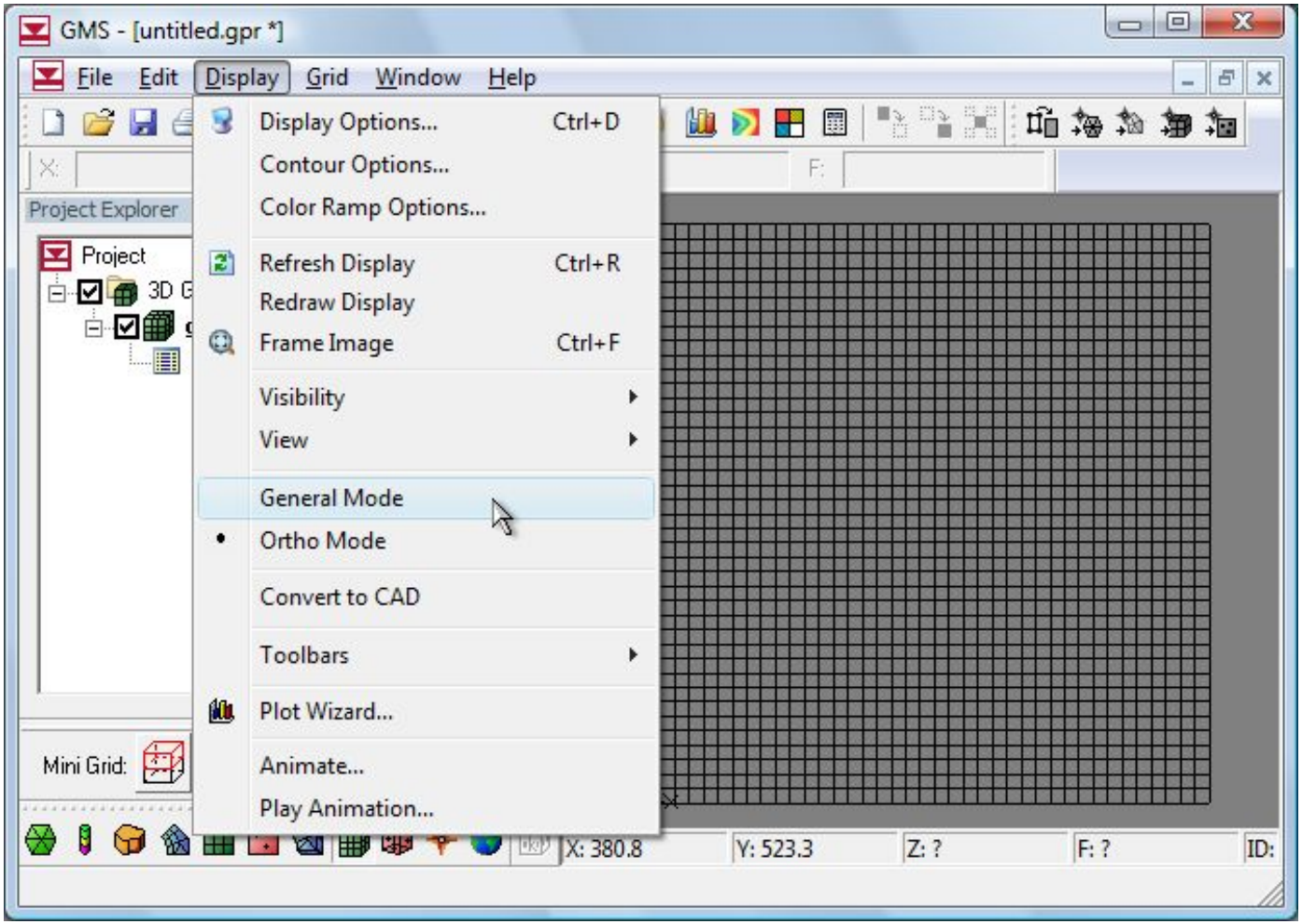
Диалоговое окно создания новой КР-сетки области фильтрации, с размерностью, соответствующей условиям тестовой задачи



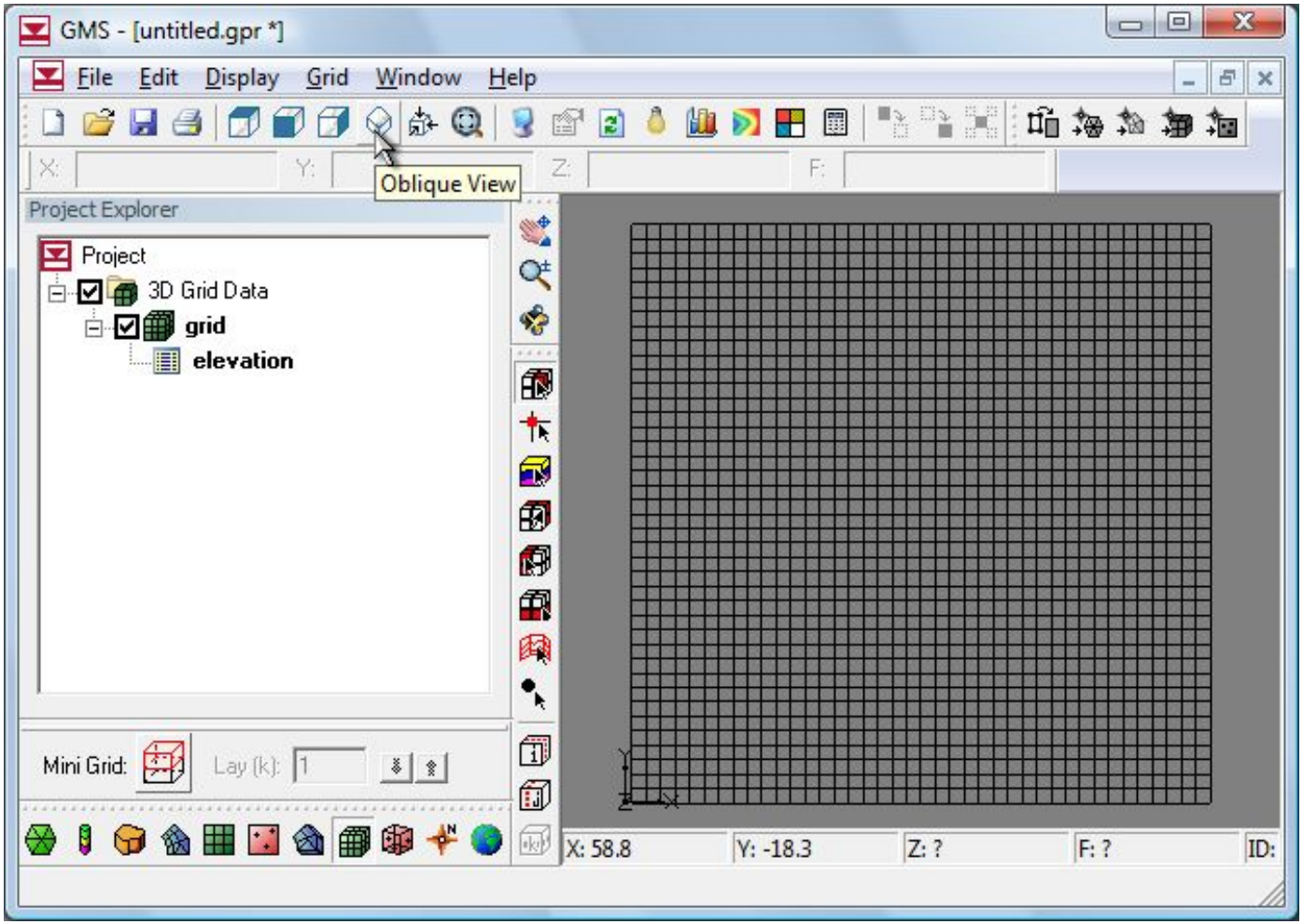
Результат создания новой КР-сетки области фильтрации (ортогональный вид сверху)



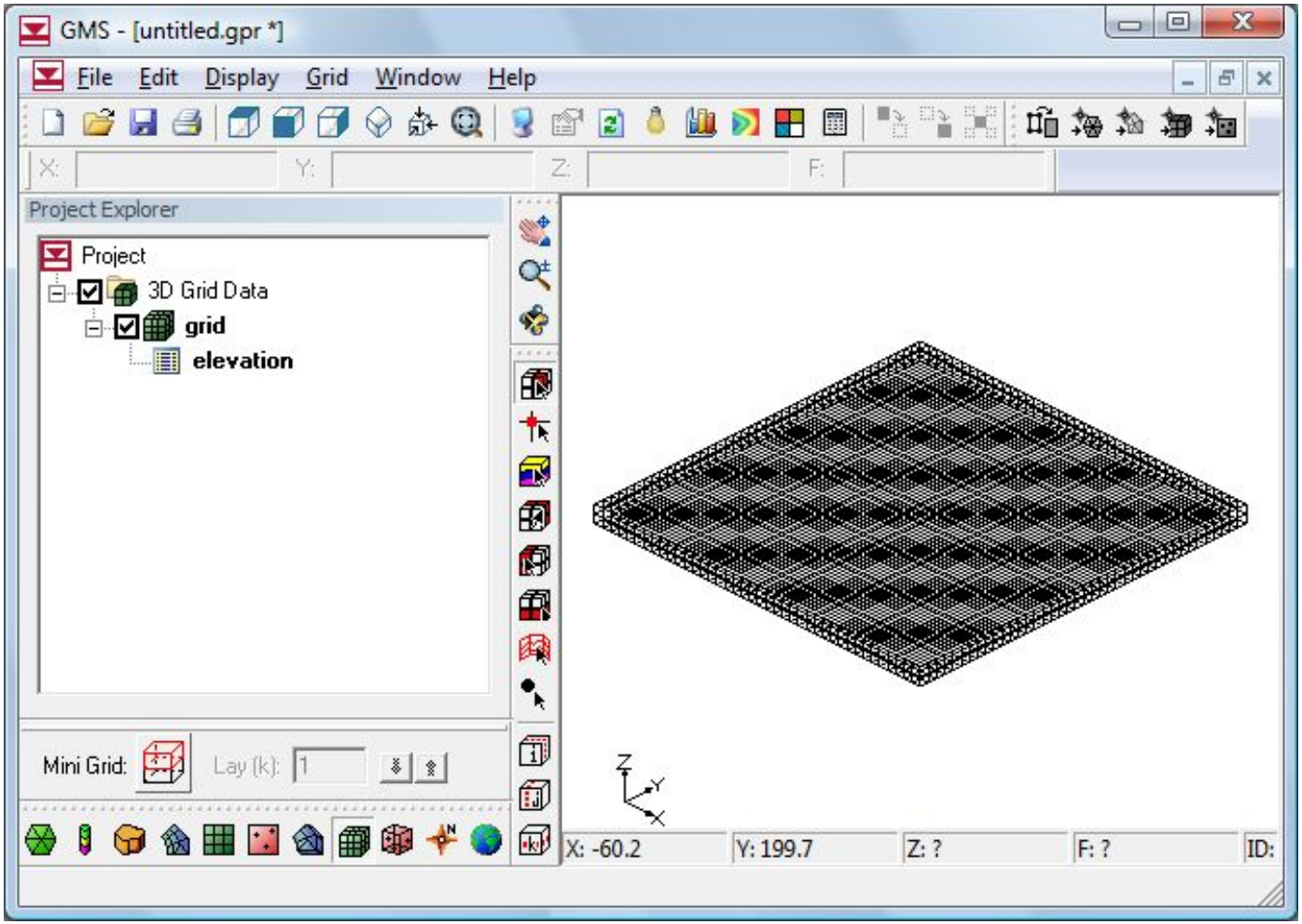
Переключение режима просмотра КР-сетки



Выбор объемного представления КР-сетки



Вид КР-сетки в изометрической проекции



Разработка численной гидродинамической модели

Создание гидродинамической модели области фильтрации

Разработка численной гидродинамической модели

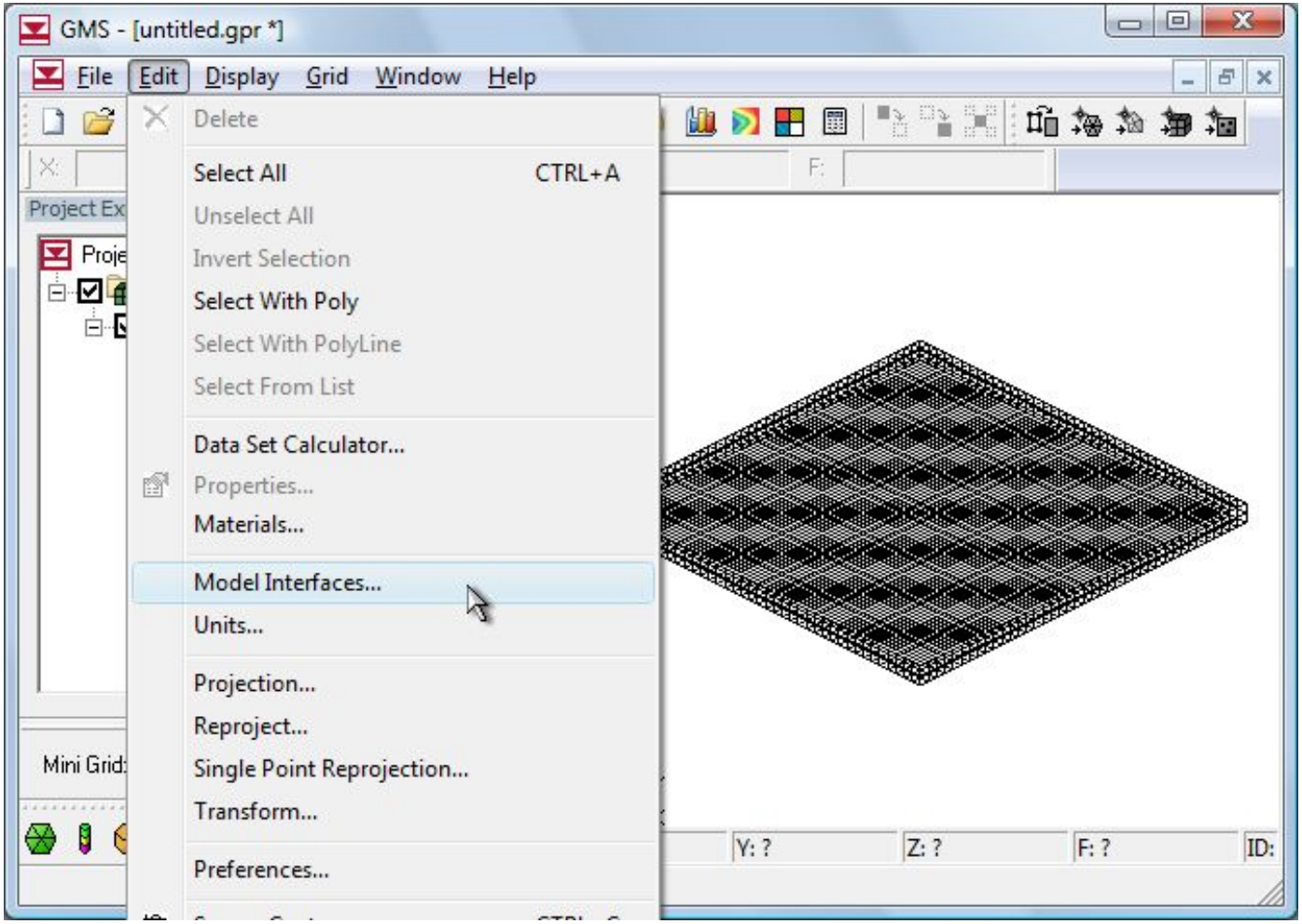
Завершение геометрической разбивки области фильтрации на расчетные блоки соответствует этапу создания геологической модели

Формируется пространство, которое может быть наполнено свойствами водовмещающих пород и граничных условий.

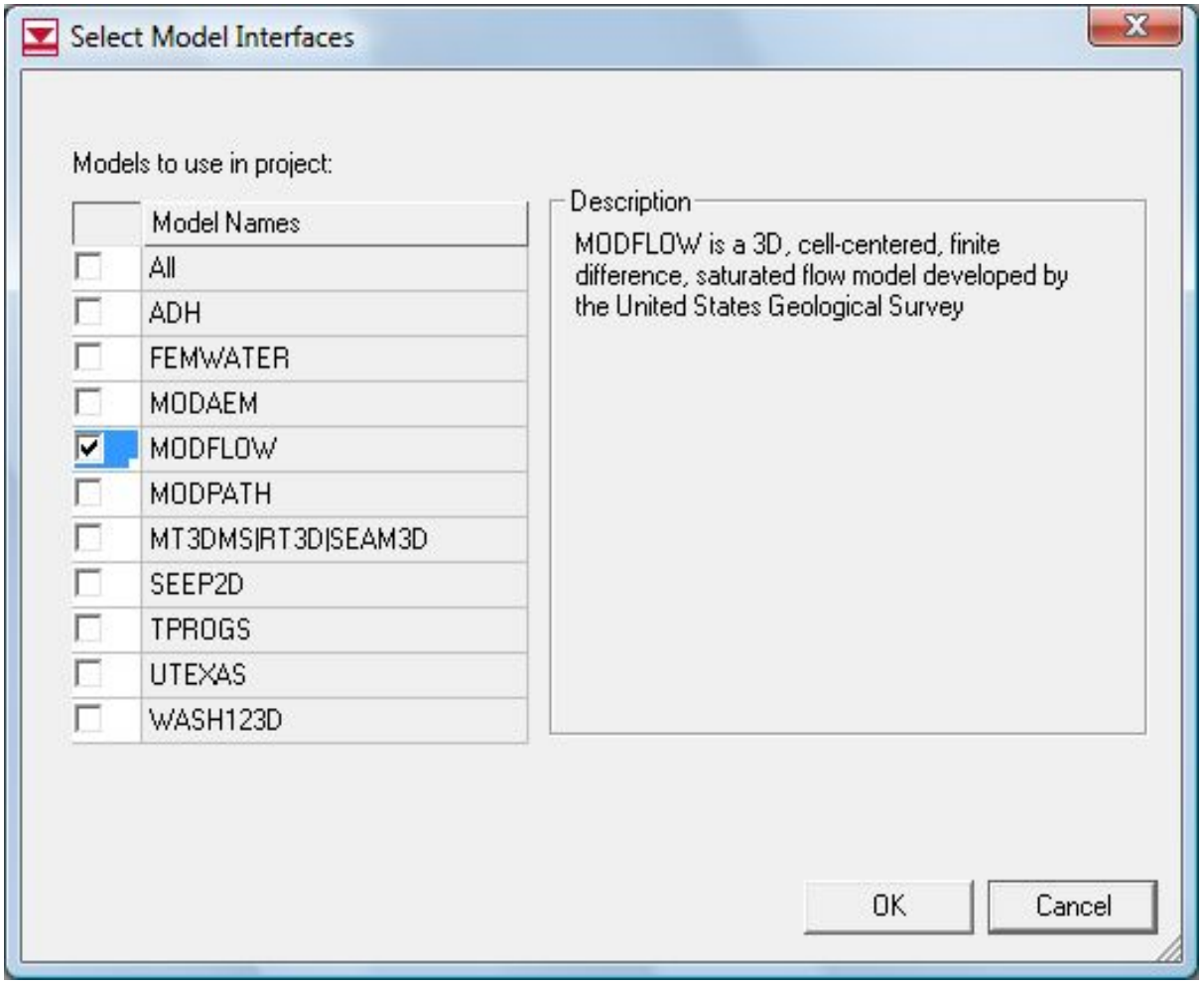
Эта часть работы выполняется в модуле MODFLOW

После этого можно начать новый сеанс моделирования и продолжить создание гидродинамической модели области фильтрации

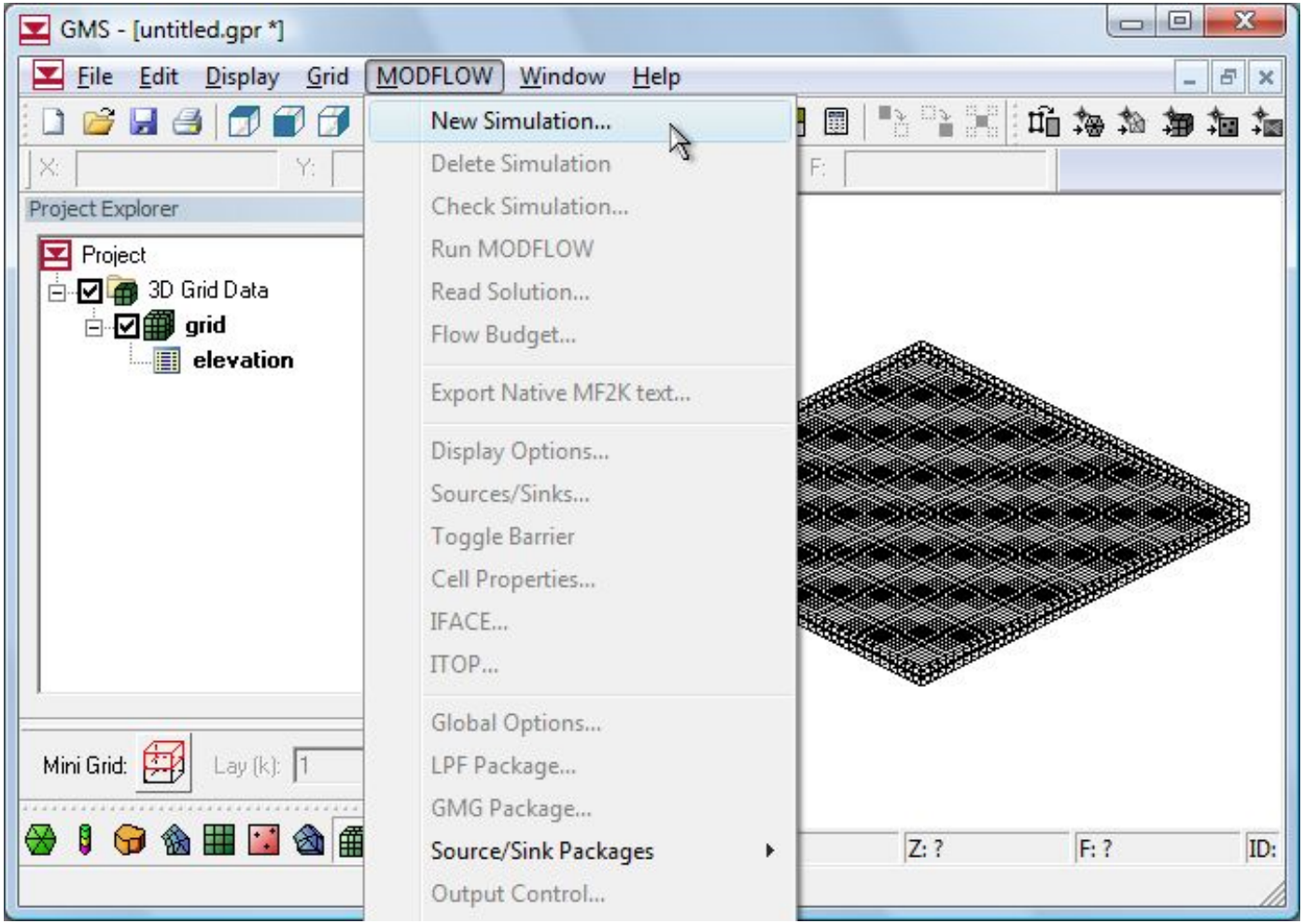
Подключение временно скрытых компонентов интерфейса модели



Подключение интерфейса модуля MODFLOW



Выбор нового сеанса моделирования



Разработка численной гидродинамической модели

Новый сеанс моделирования предполагает выполнение ряда основных настроек гидродинамической модели (следующий слайд).

На панели инструментов ***MODFLOW Global/Basic Package*** каждой настройке соответствует отдельный переключатель или кнопка:

Steady state/Transient выбор стационарного или нестационарного режима решения прогнозной задачи;

Stress Periods… управление количеством временных шагов;

Packages… выбор типов внутренних граничных условий;

Units… выбор единиц измерения линейных размеров модели;

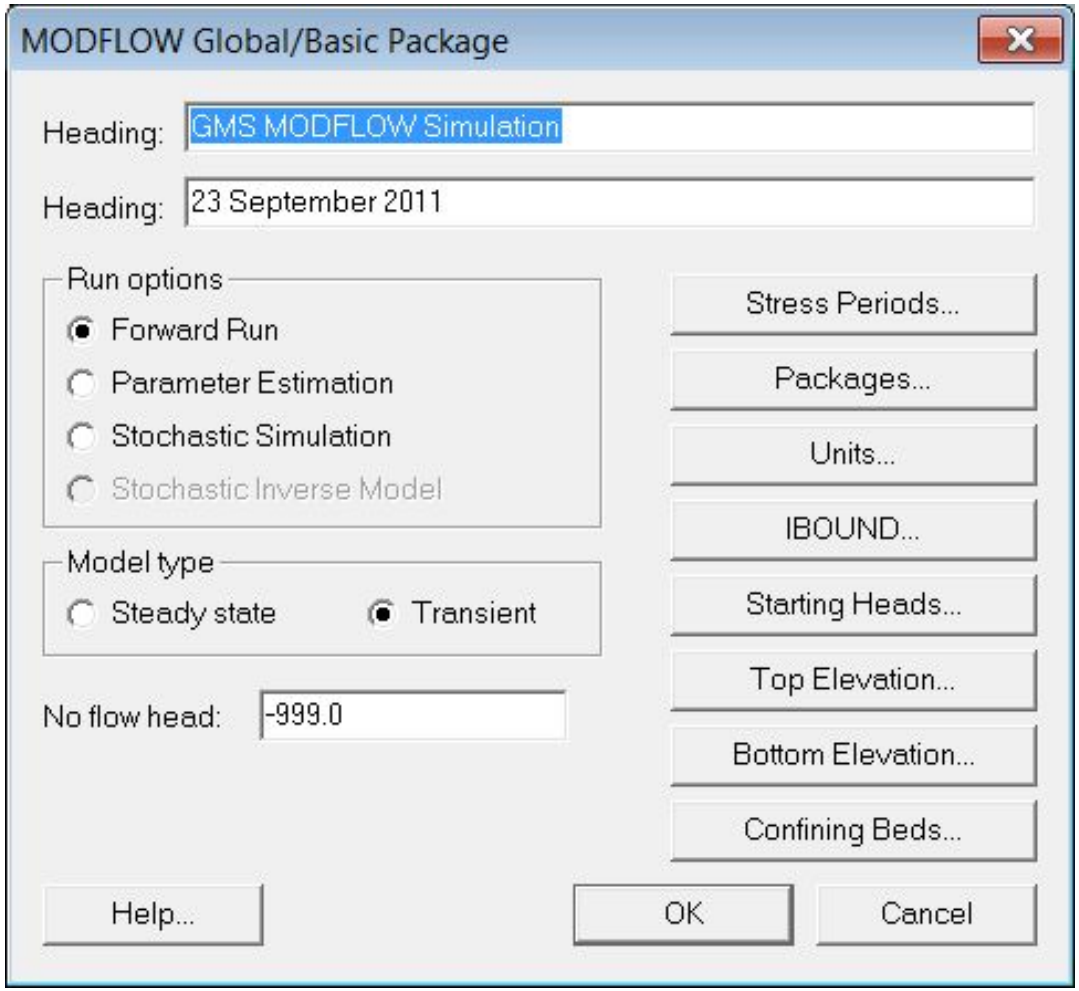
IBOUND – управление активностью расчётных ячеек модели;

Starting Heads… задание начальных напоров в области фильтрации;

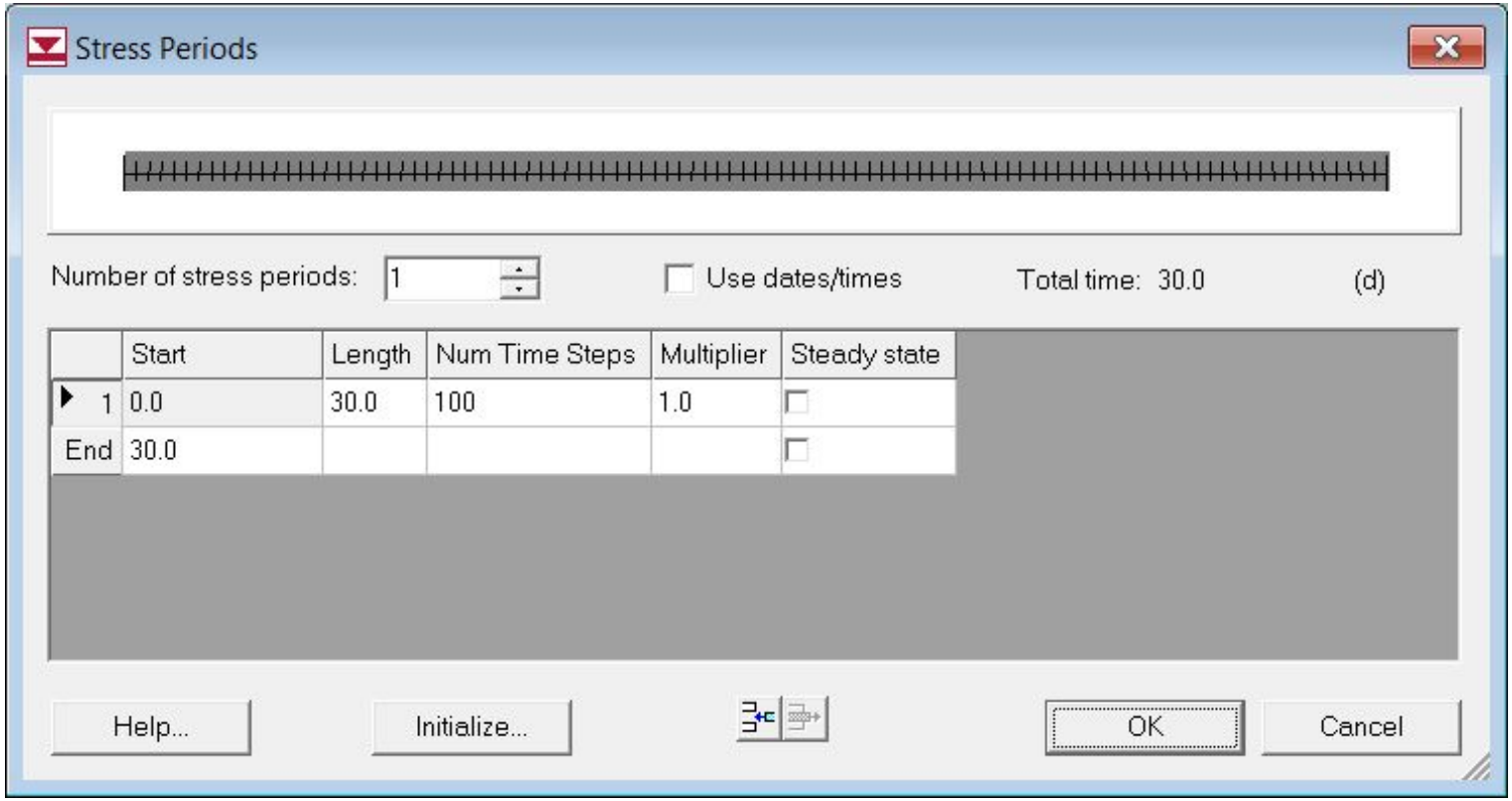
Top Elevation… – задание отметок кровли слоёв модели;

Bottom Elevation… задание отметок подошвы слоёв модели.

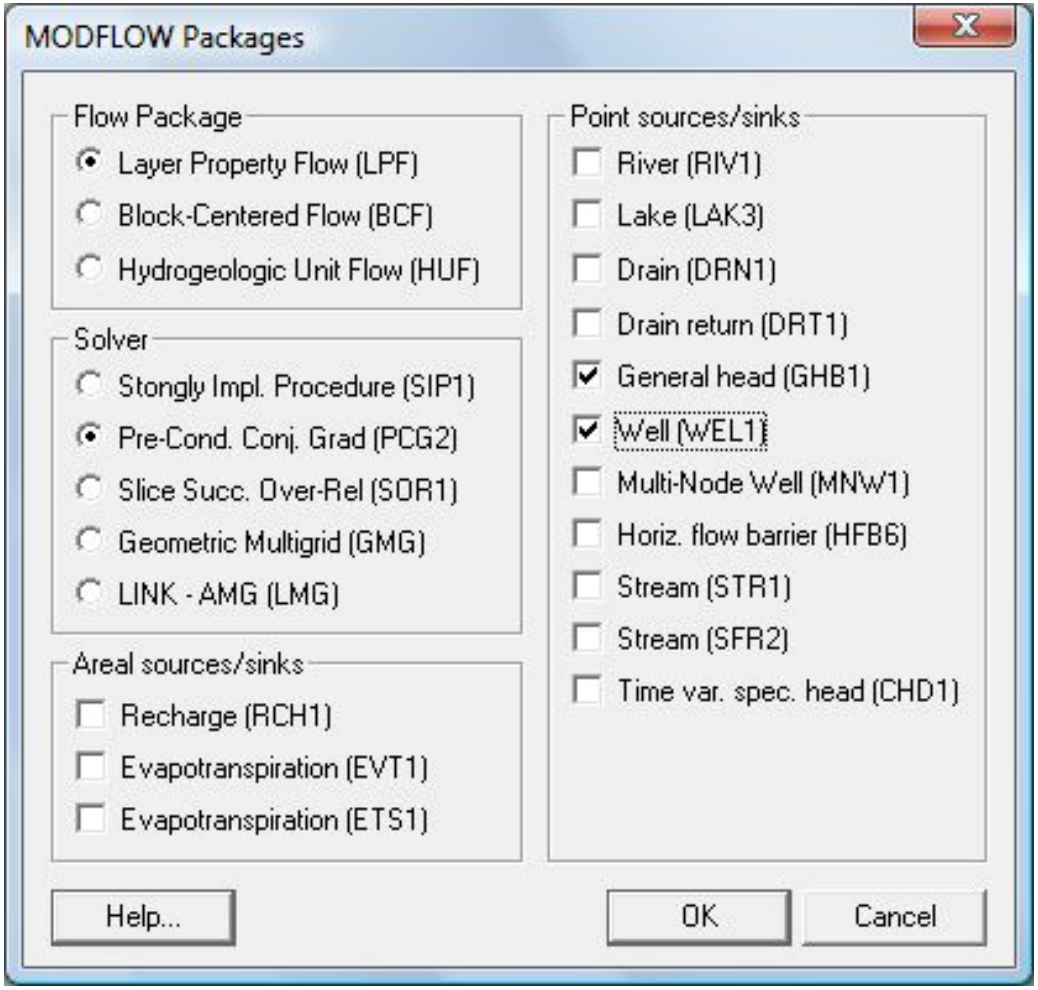
Основные настройки модели



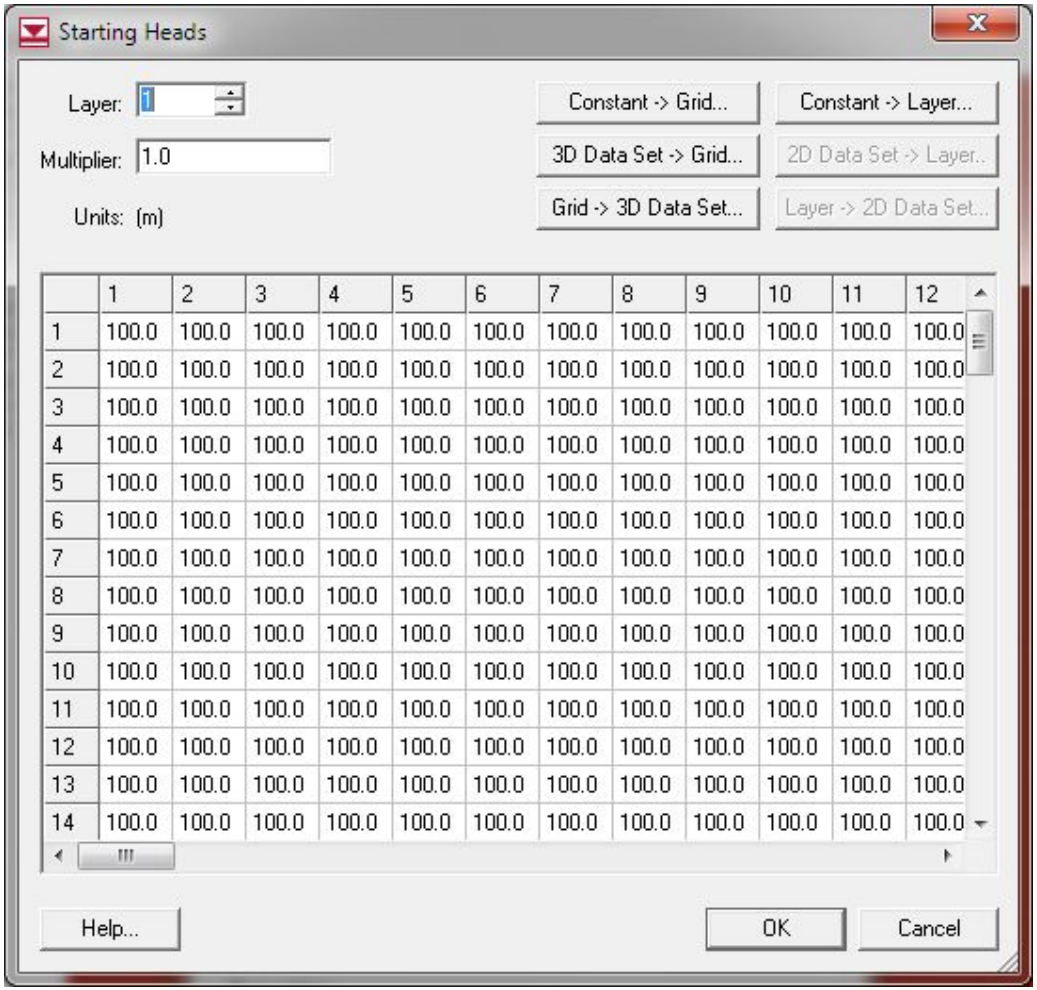
Управление временными шагами расчетного периода



Выбор двух пакетов решения, для моделирования заданных напоров и возмущающих скважин

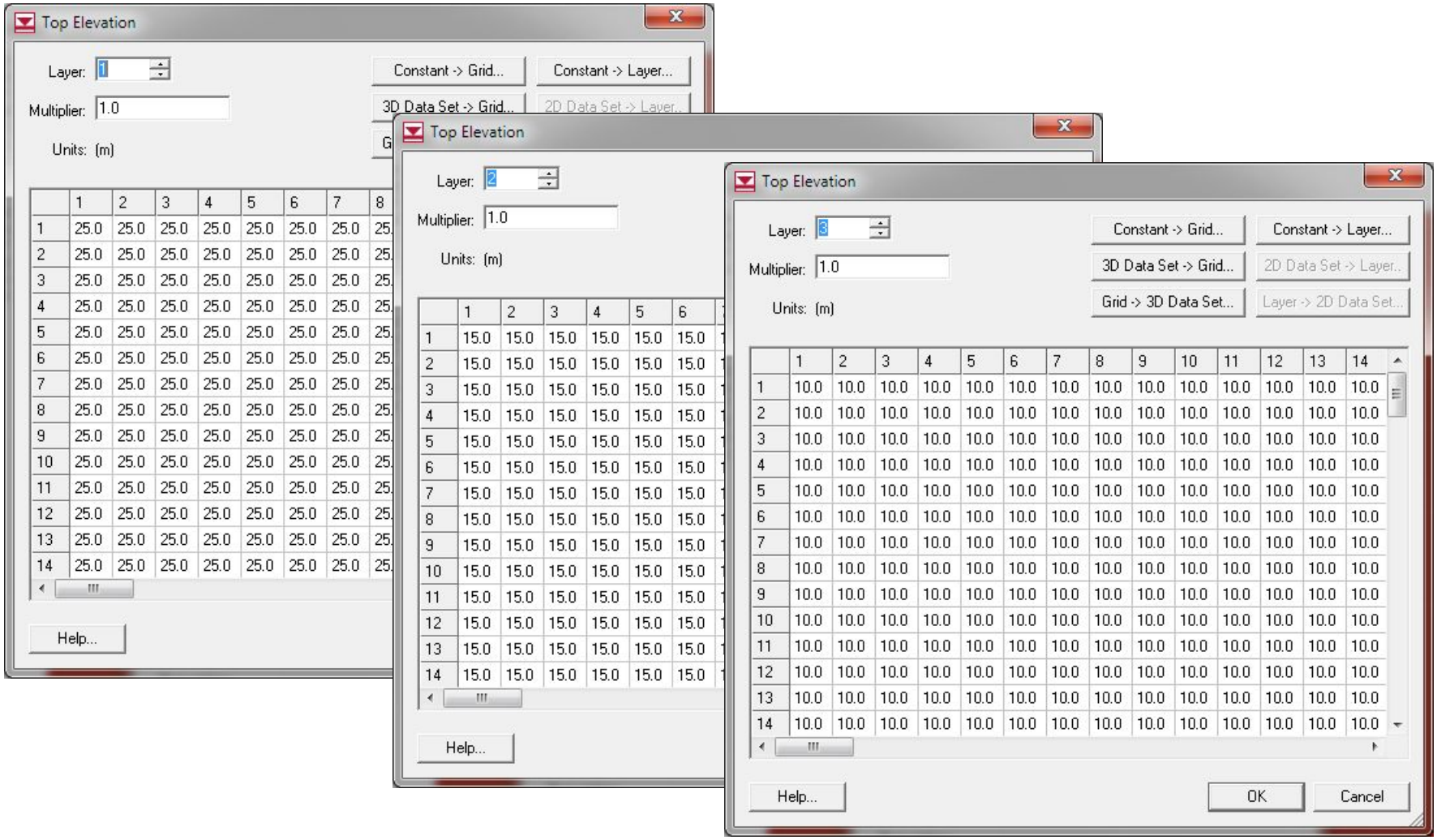


Начальные напоры в первом слое модели
(значения в других слоях не изменяются)

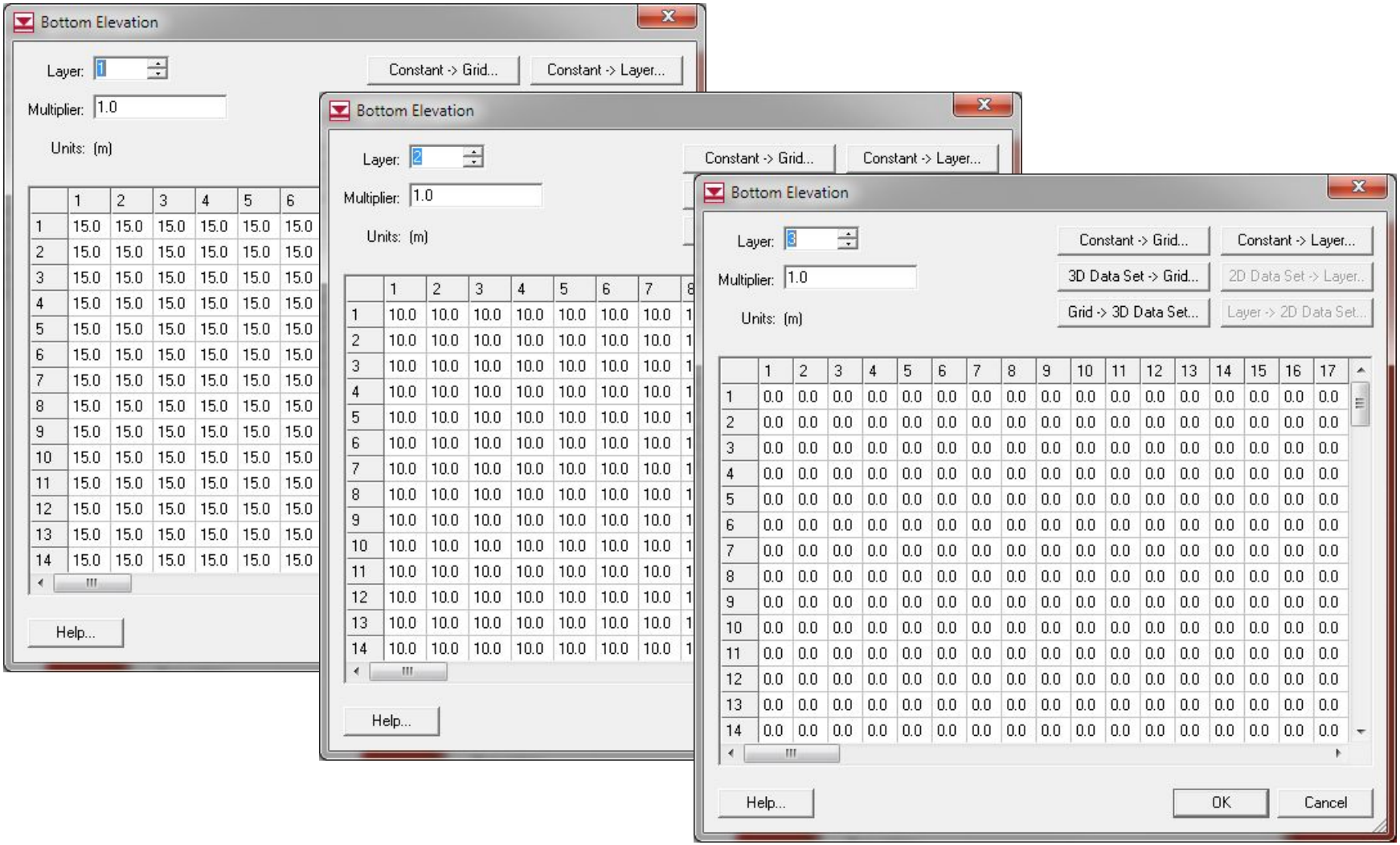


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
10	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
11	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
12	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
13	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
14	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

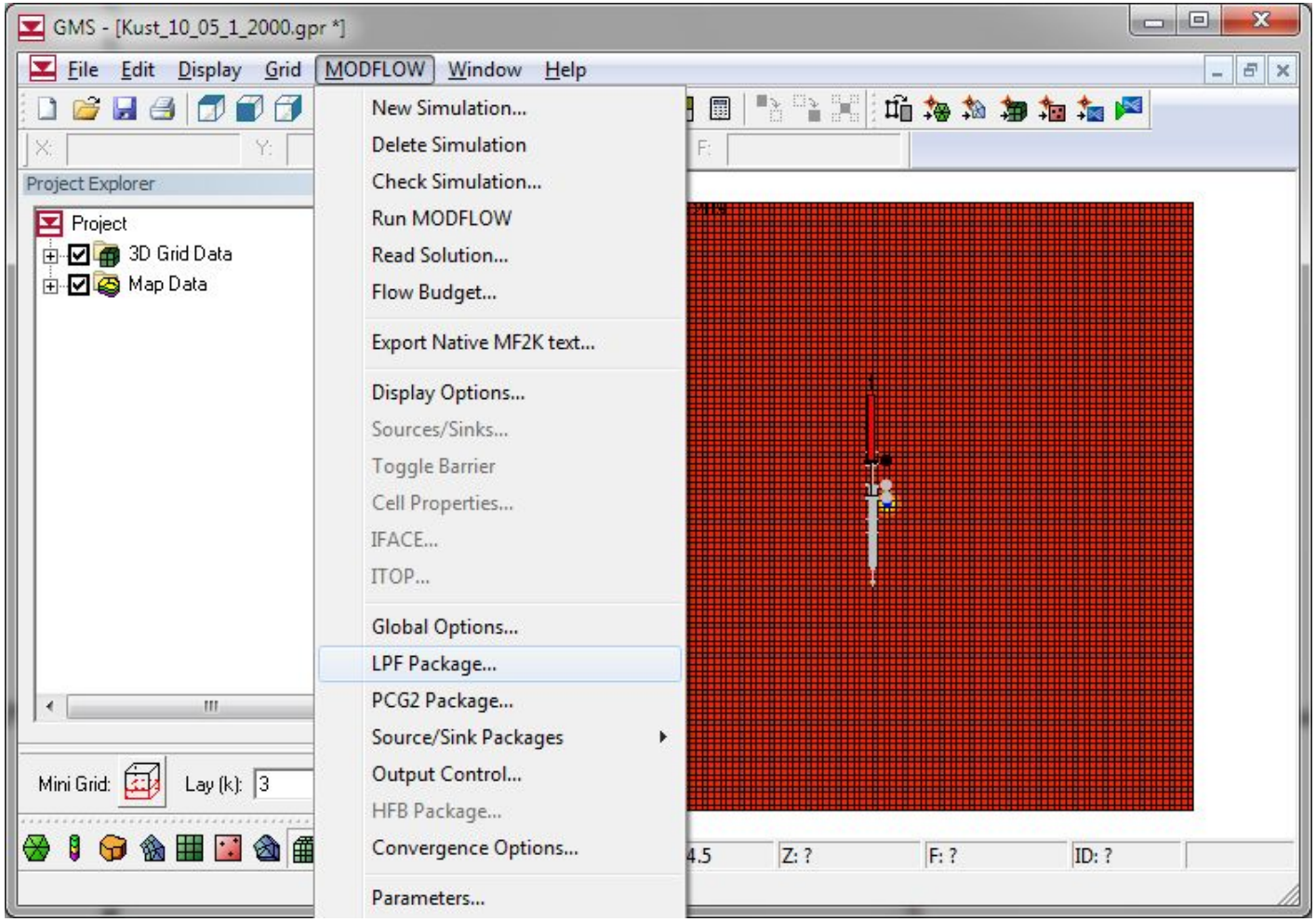
Отметки кровли трехслойной модели



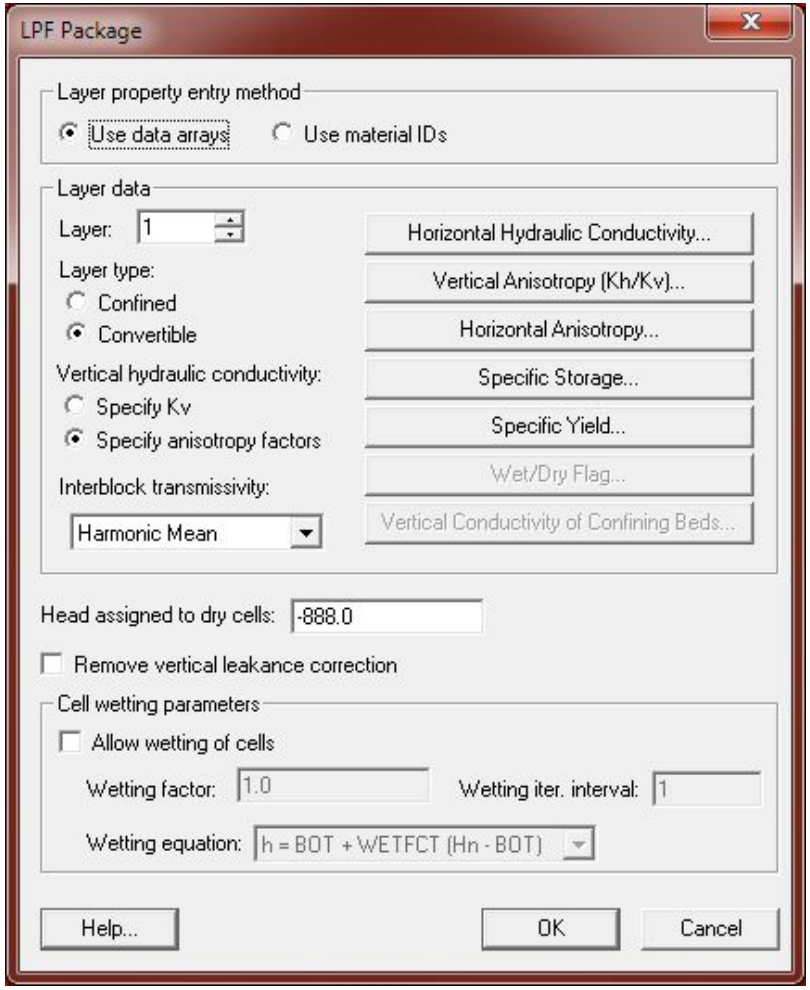
Отметки подошвы трехслойной модели



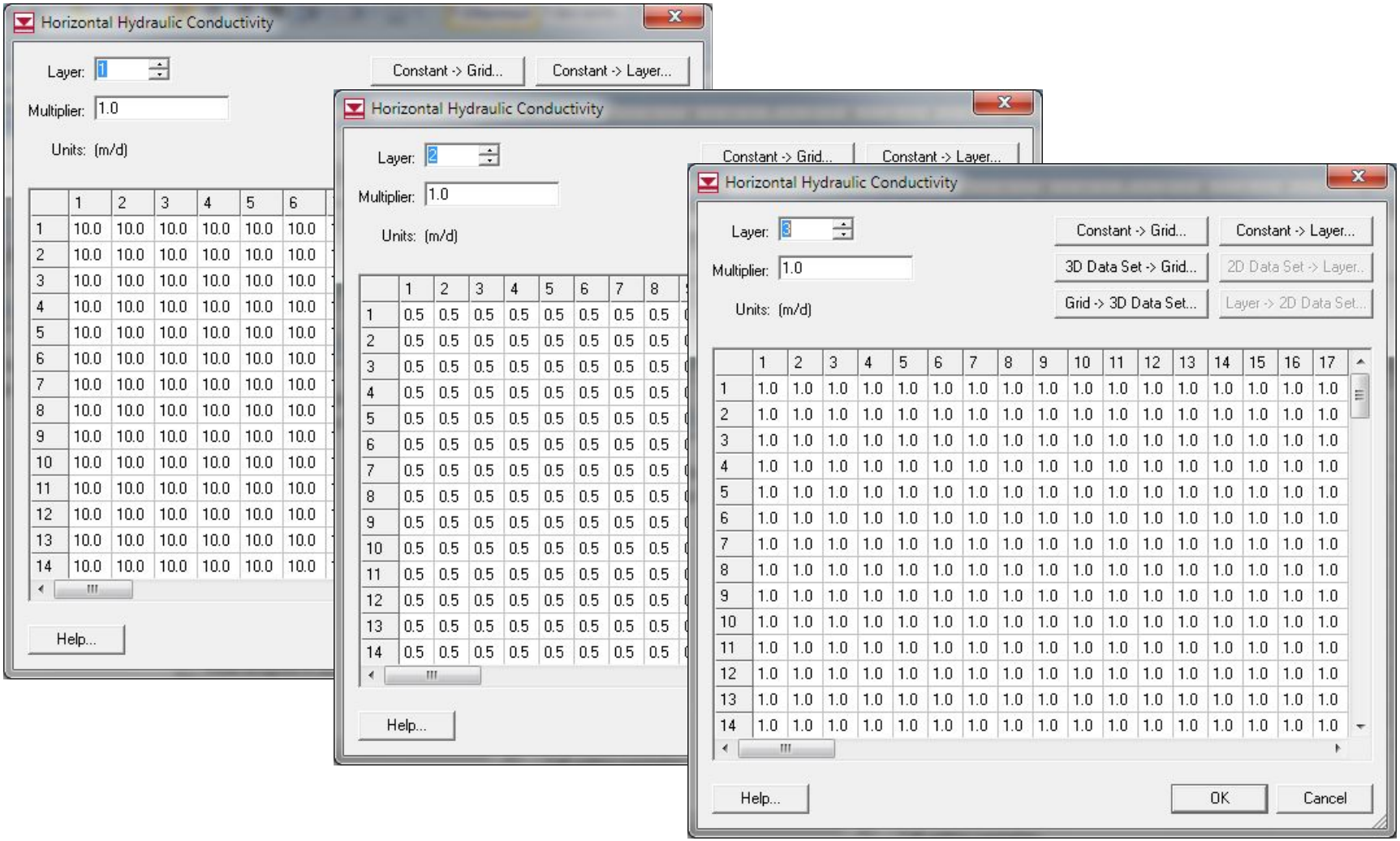
Подключение пакета прикладных программ LPF, управляющего вводом значений фильтрационных параметров



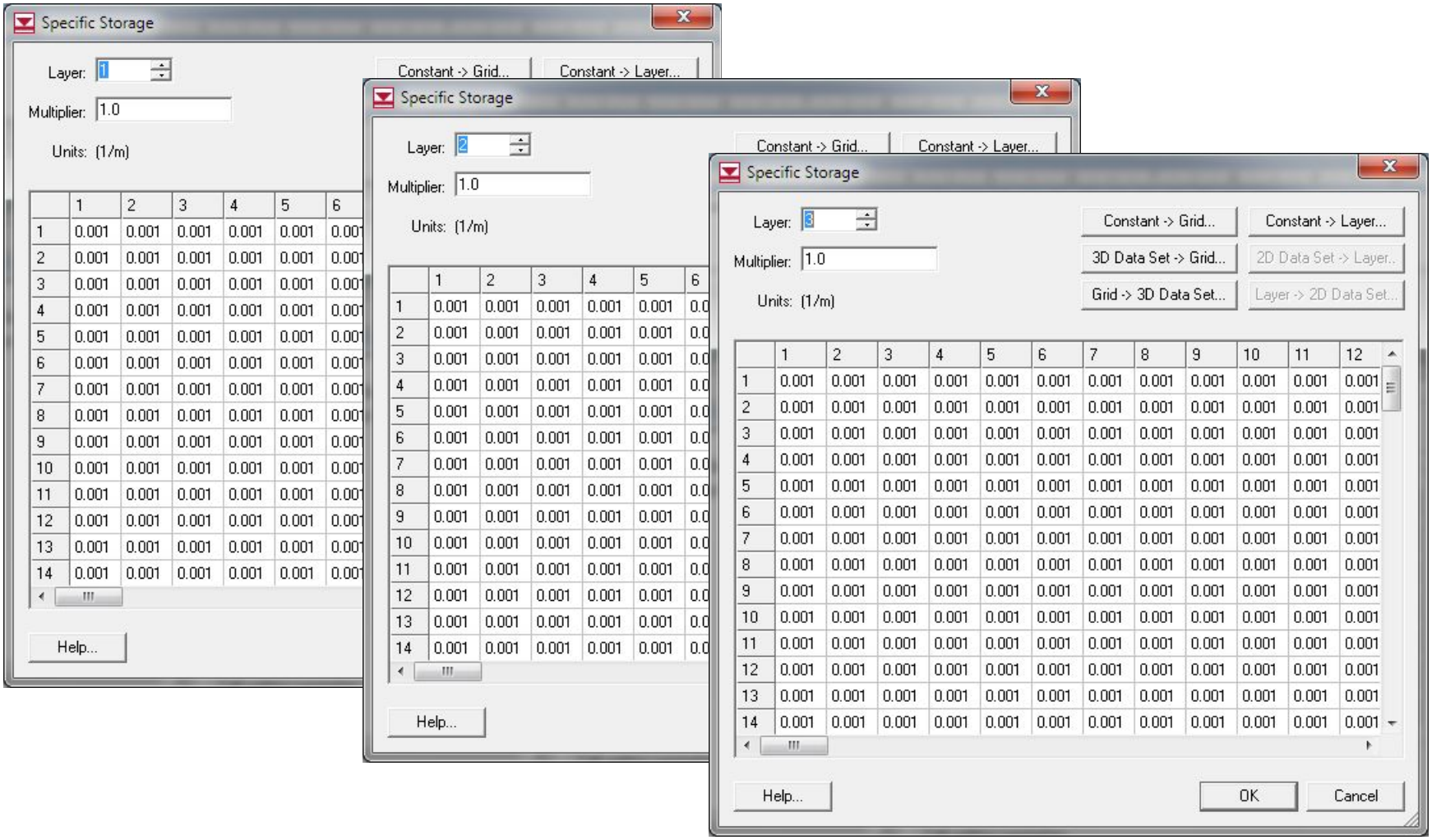
Окно пакета прикладных программ LPF



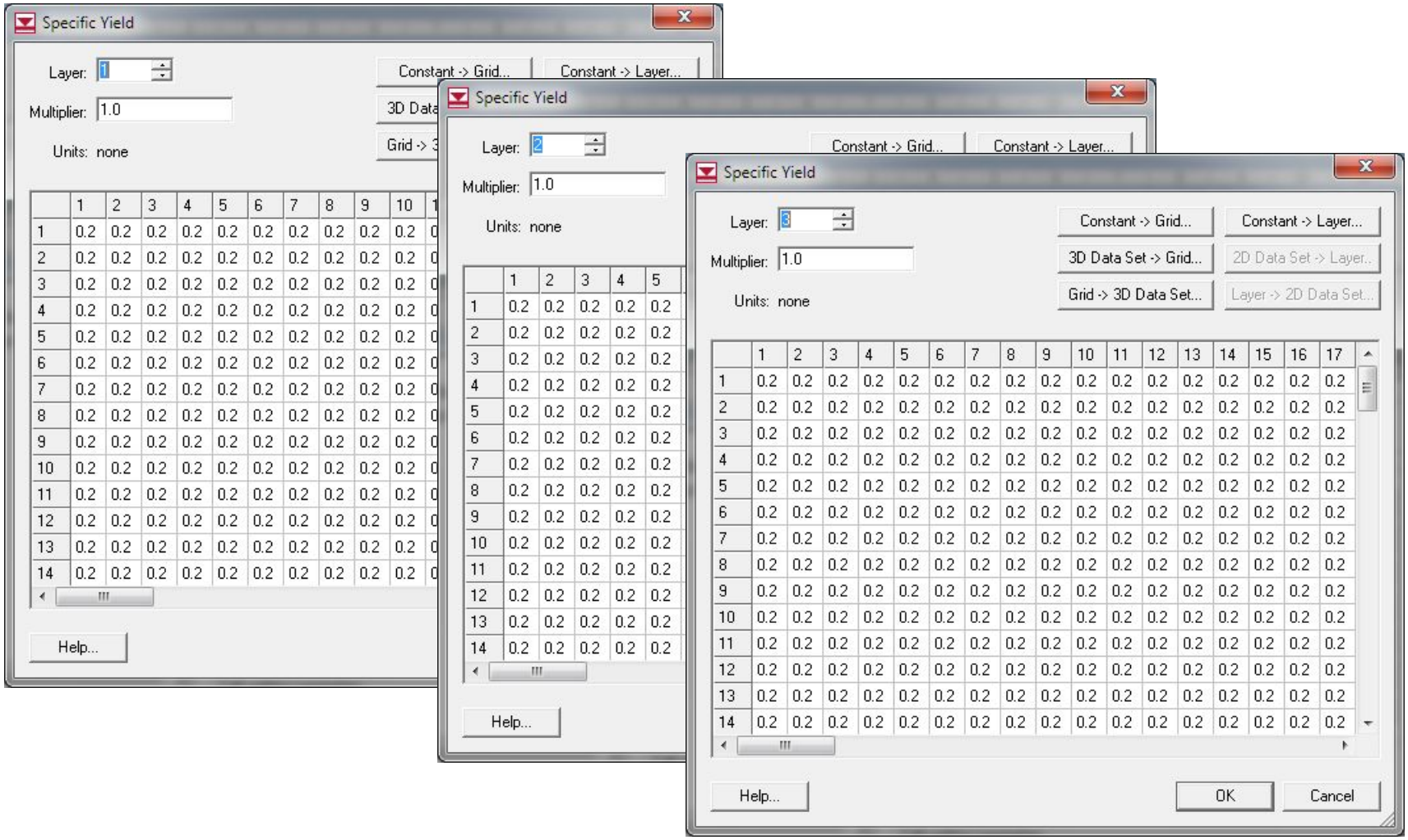
Значения коэффициента фильтрации



Значения коэффициентов упругоёмкости водовмещающих пород



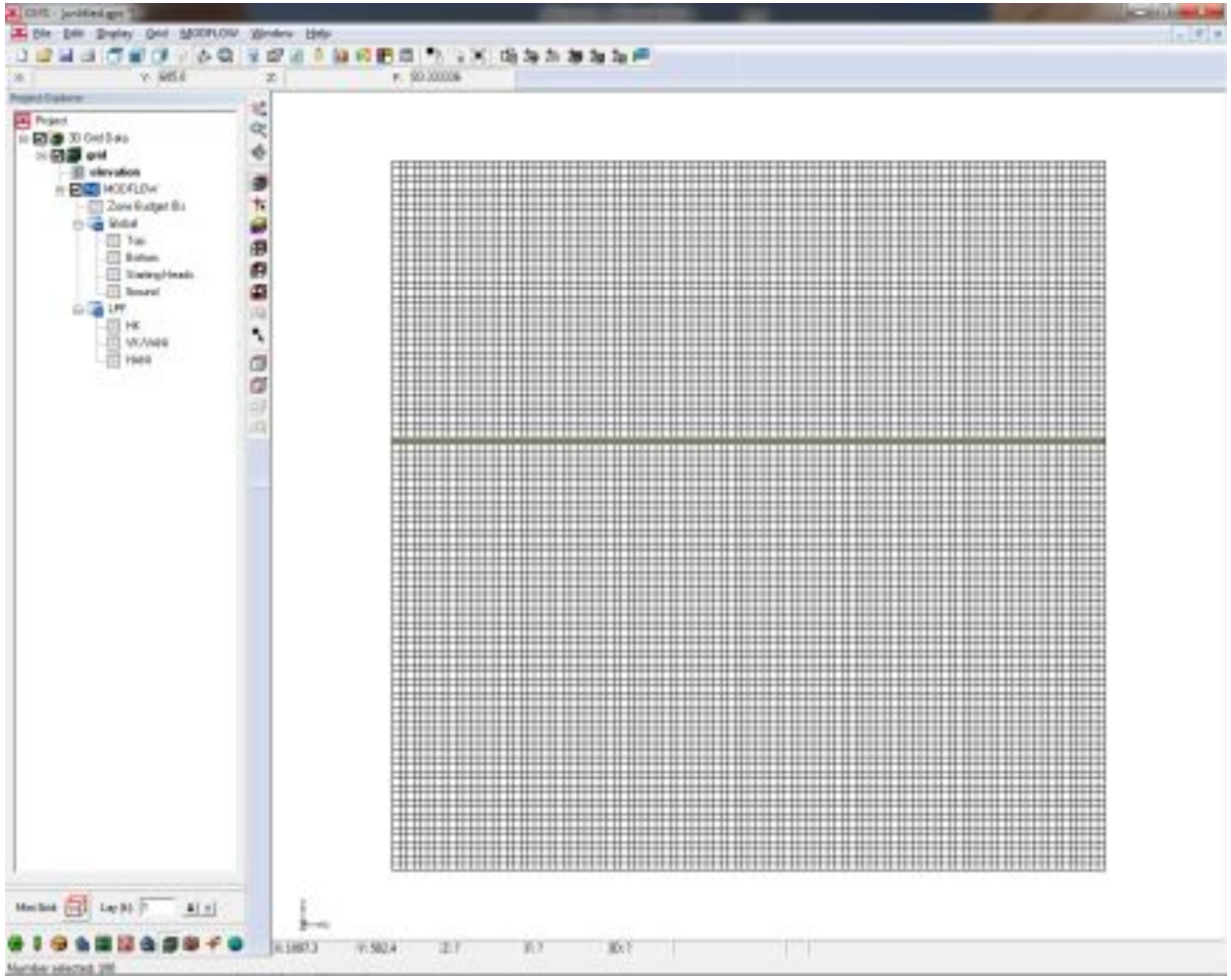
Значения коэффициента гравитационной водоотдачи



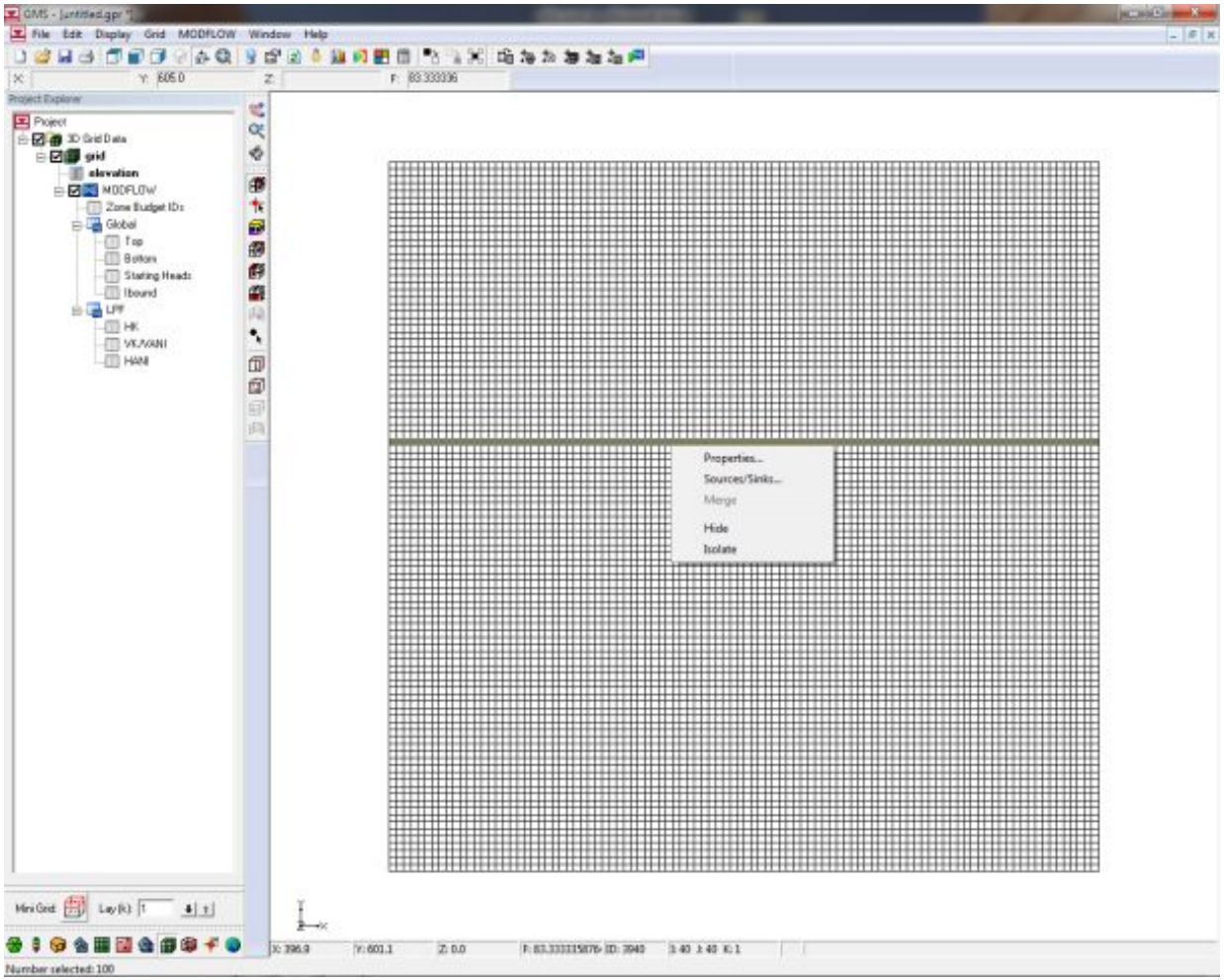
Создание внутренних граничных условий области фильтрации

Разработка численной гидродинамической модели

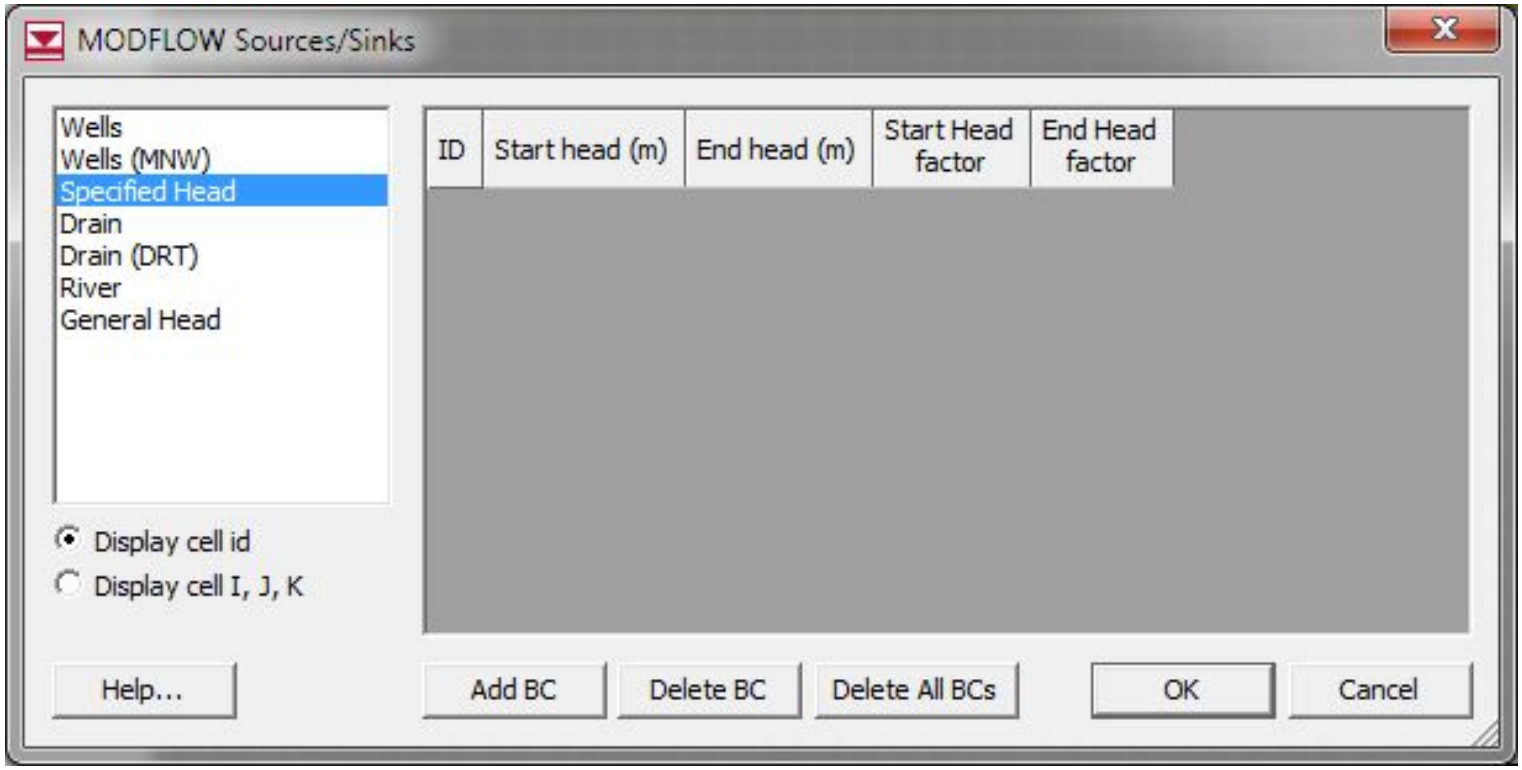
Выделены ячейки, подготовленные для ввода границы первого рода



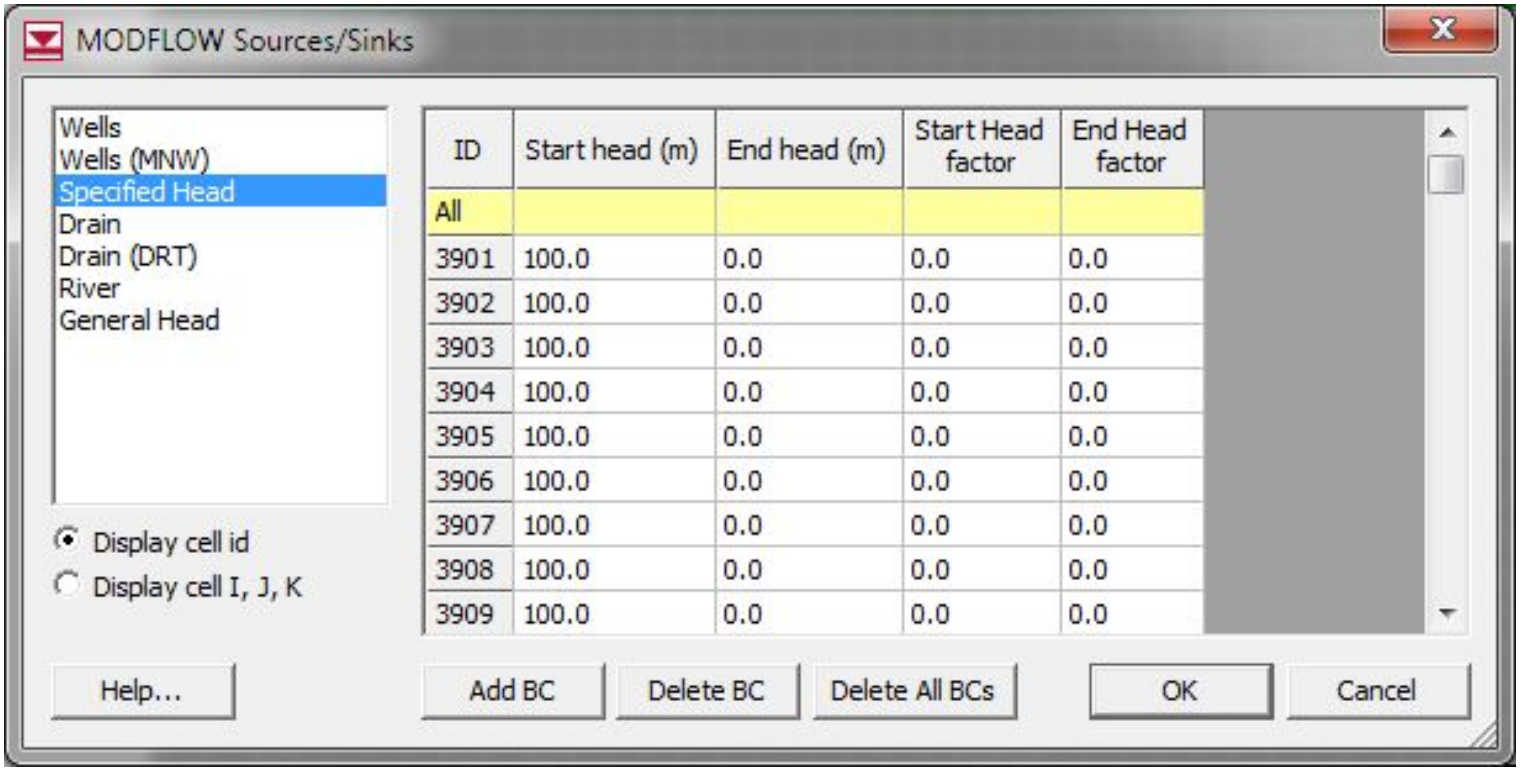
Диалоговое окно управления свойствами выделенных ячеек



Диалоговое окно выбора типа источников-стоков



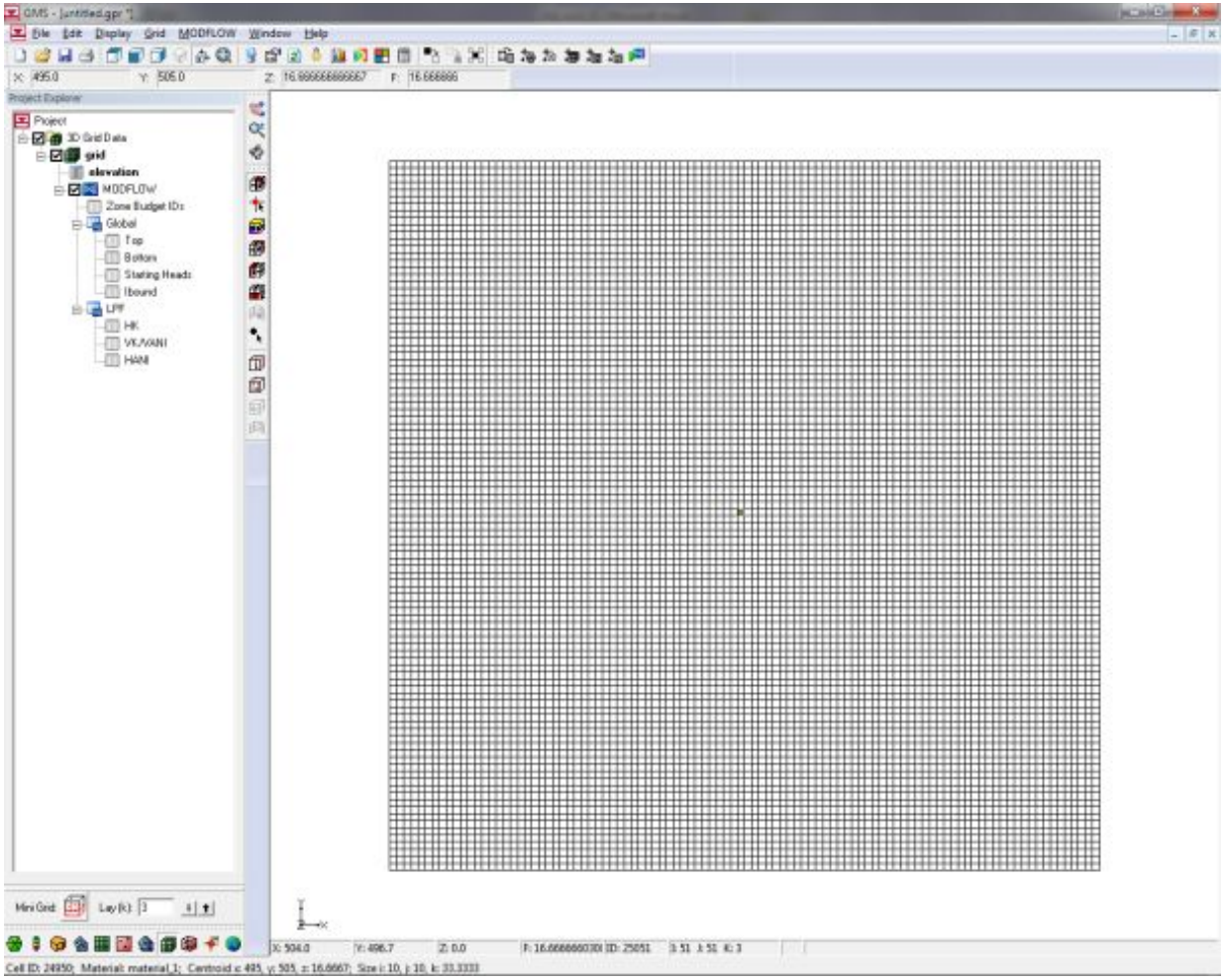
Диалоговое окно управления величинами постоянных напоров)



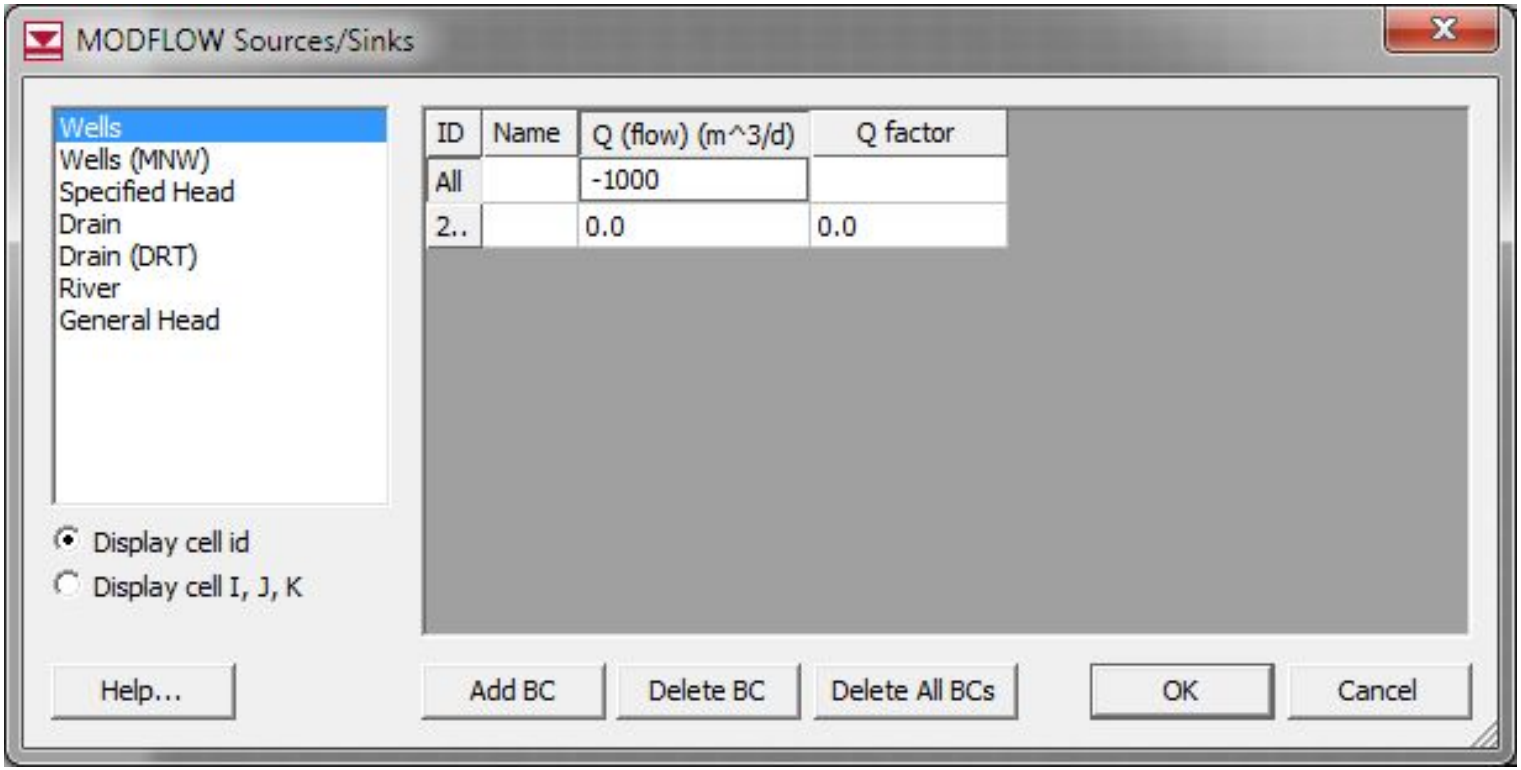
ID	Start head (m)	End head (m)	Start Head factor	End Head factor
All				
3901	100.0	0.0	0.0	0.0
3902	100.0	0.0	0.0	0.0
3903	100.0	0.0	0.0	0.0
3904	100.0	0.0	0.0	0.0
3905	100.0	0.0	0.0	0.0
3906	100.0	0.0	0.0	0.0
3907	100.0	0.0	0.0	0.0
3908	100.0	0.0	0.0	0.0
3909	100.0	0.0	0.0	0.0

Разработка численной гидродинамической модели

Выделена ячейка, подготовленная для ввода центральной скважины



Диалоговое окно управления величиной расхода центральной скважины



Создание наблюдательных скважин

Разработка численной гидродинамической модели

Нами рассмотрен порядок создания численной модели области фильтрации по одному из двух возможных способов, а именно путем непосредственного здания параметров в ячейки конечно-разностной сетки

Этот способ является наиболее простым, но, в то же время, несколько ограничен в своих возможностях. Более универсальным методом организации данных подход, связанный с использованием инструментарием концептуальной модели

Разработка численной гидродинамической модели

Согласно основной идее этого метода модель разрабатывается в два этапа

На первом этапе все элементы будущей модели компонуются в модуле «Map» на отдельных покрытиях, которые условно можно считать аналогами слоев электронной карты

На завершающем этапе создания модели все свойства покрытий передаются в узлы КР сетки области фильтрации. Технология использования покрытий и их свойств для разработки моделей может помочь существенно сократить объемы ввода первичной информации, поскольку не требует работы с отдельными ячейками КР сетки

Разработка численной гидродинамической модели

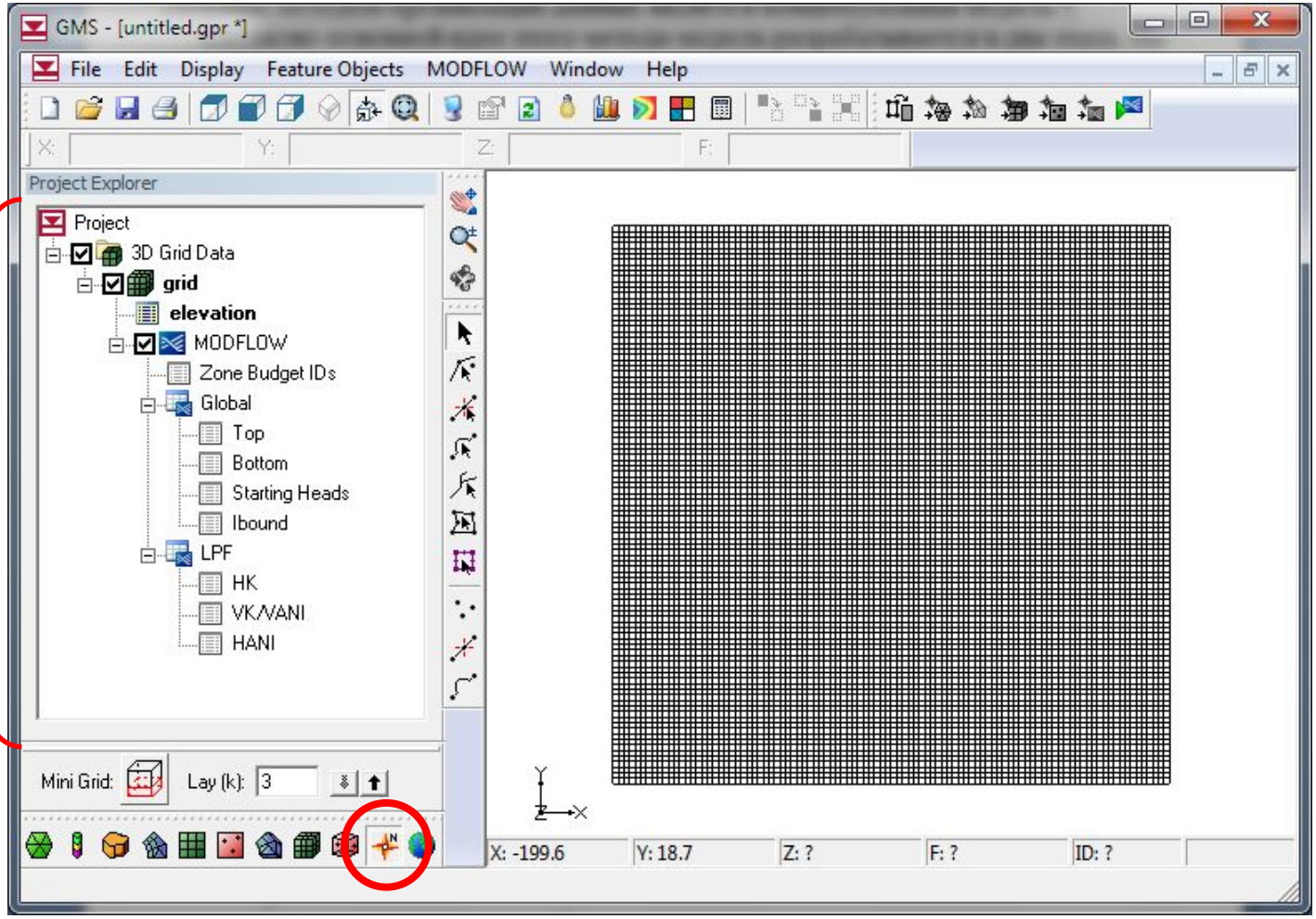
Некоторые разновидности исходных данных невозможно передать на численную модель непосредственным заданием на сетку без использования покрытий

К такого вида информации относятся сведения о расположении наблюдательных скважин

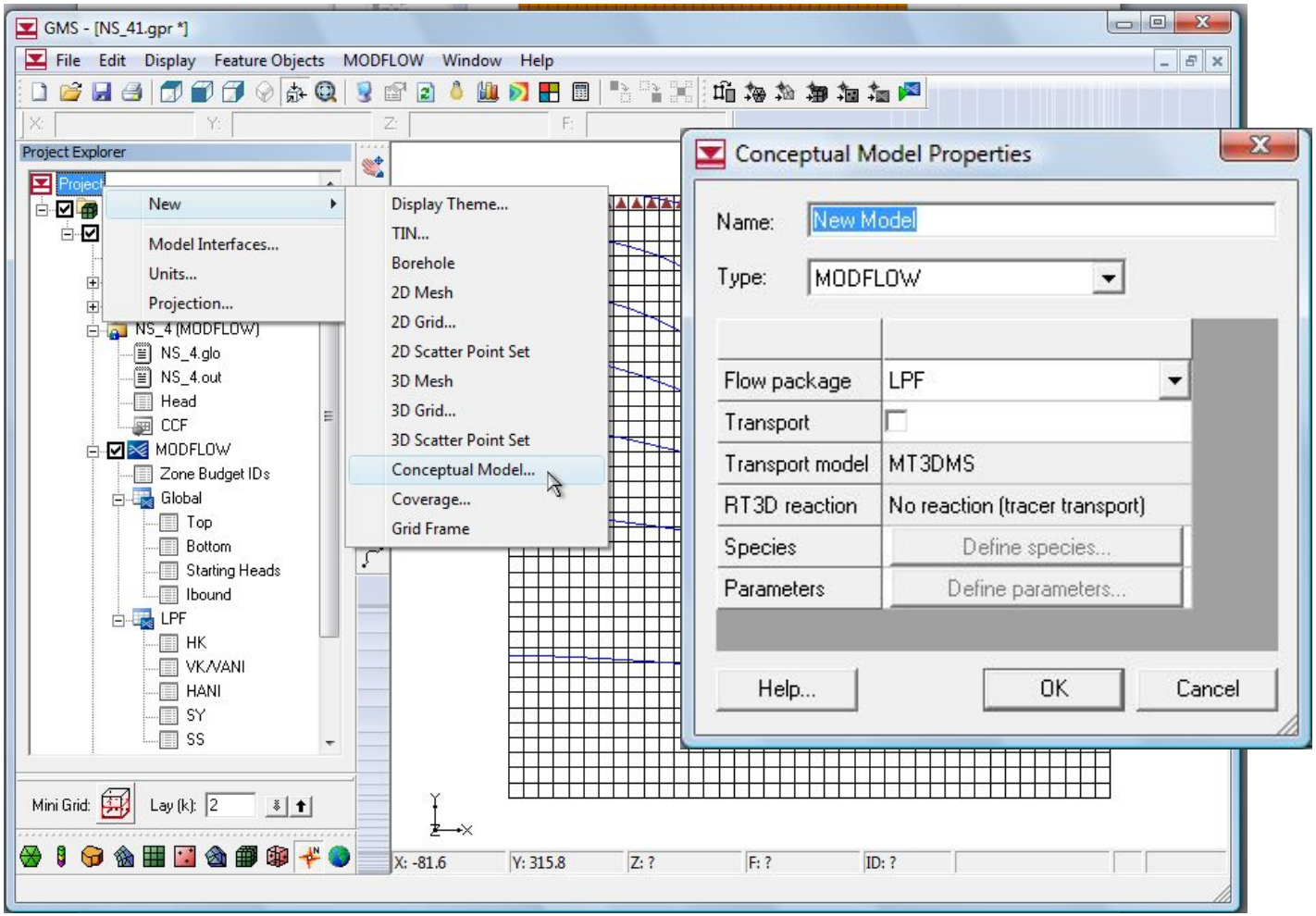
Для организации их работы в структуре численной модели необходимо создать специальное покрытие в разделе концептуальной модели проекта GMS с использование возможностей модуля «Map»

Кнопка подключения модуля «Map»

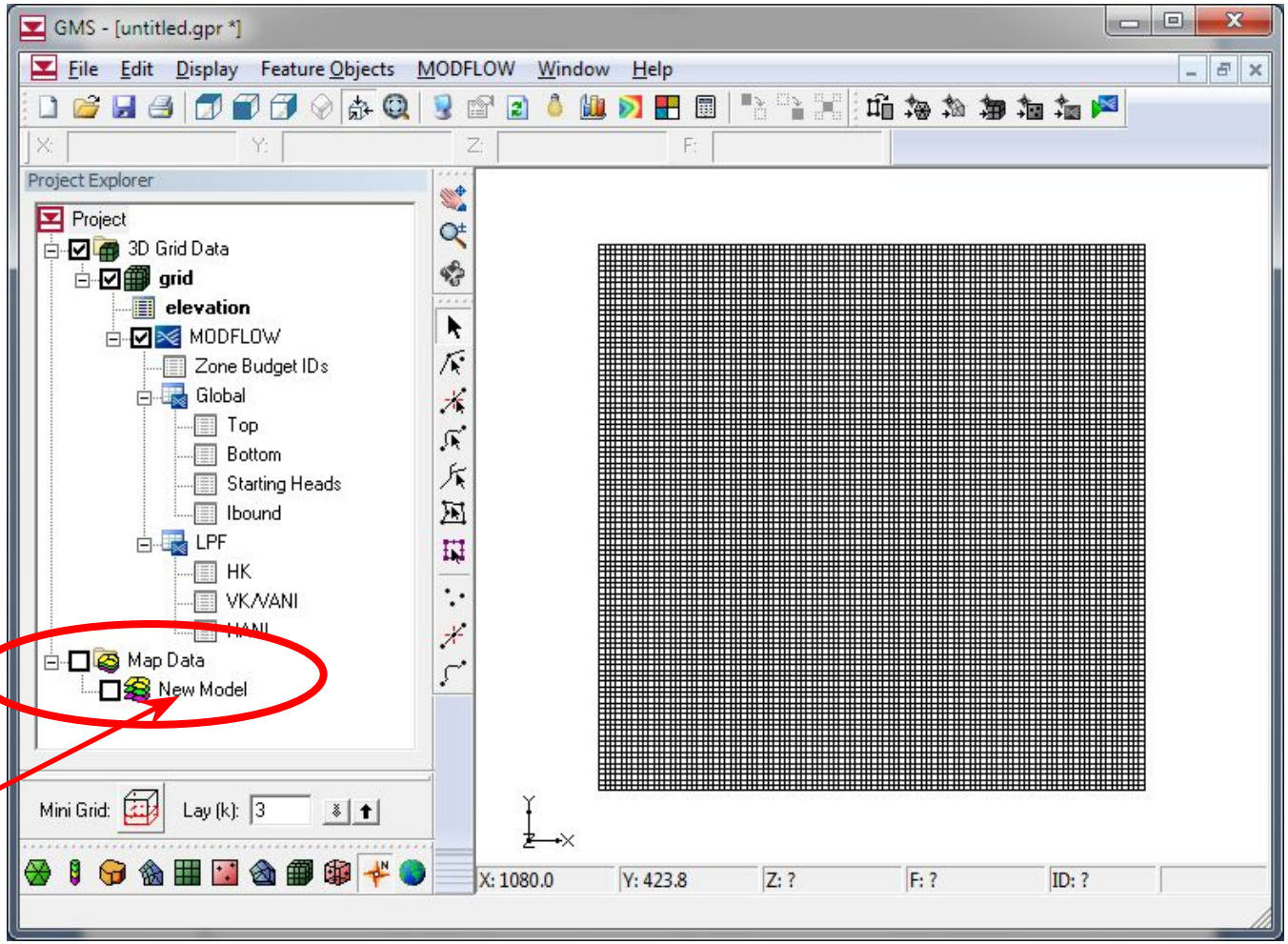
Проект GMS



Диалоговое окно создания новой концептуальной модели (открывается правым щелчком в окне проекта)

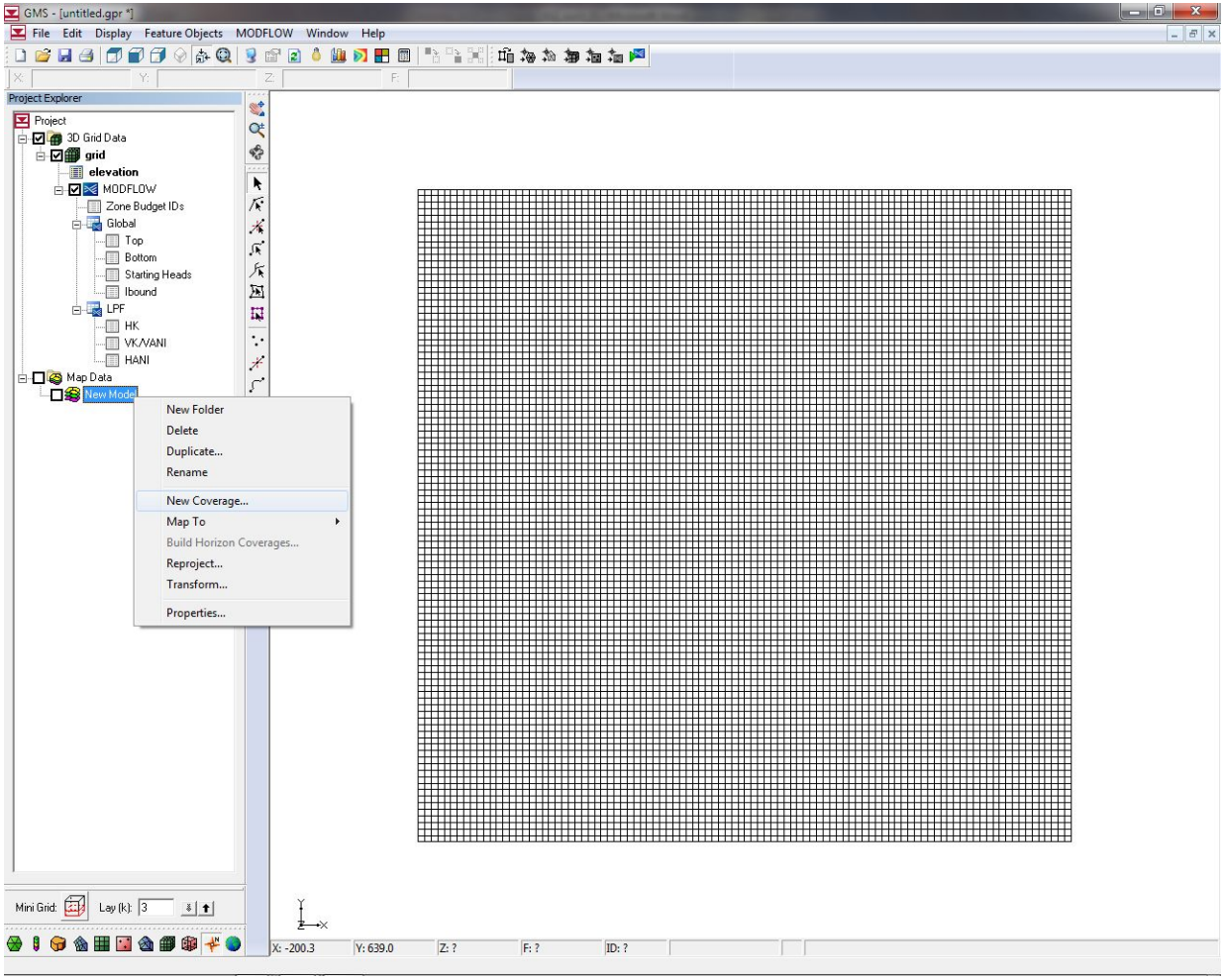


Информационный блок концептуальной модели в окне проекта

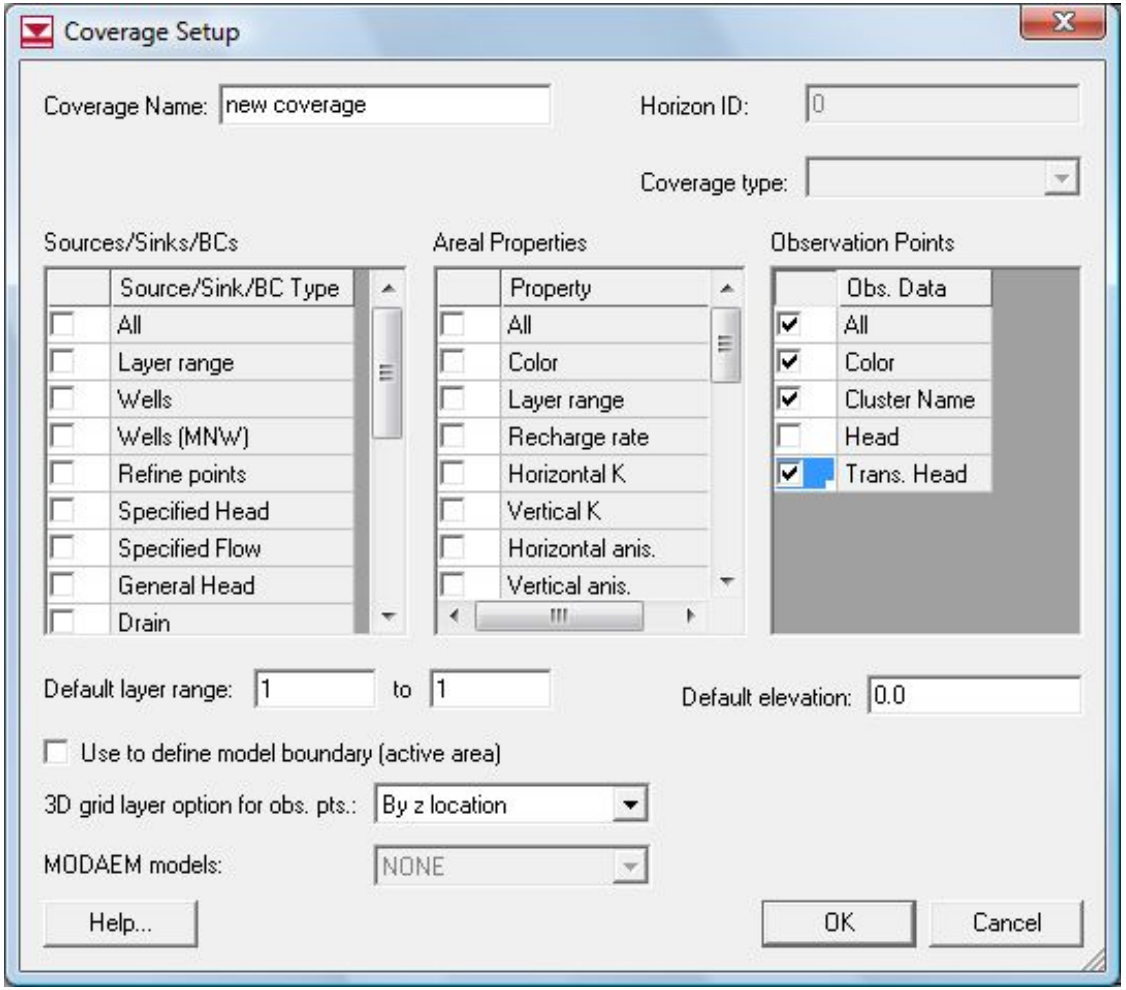


Концептуальная модель

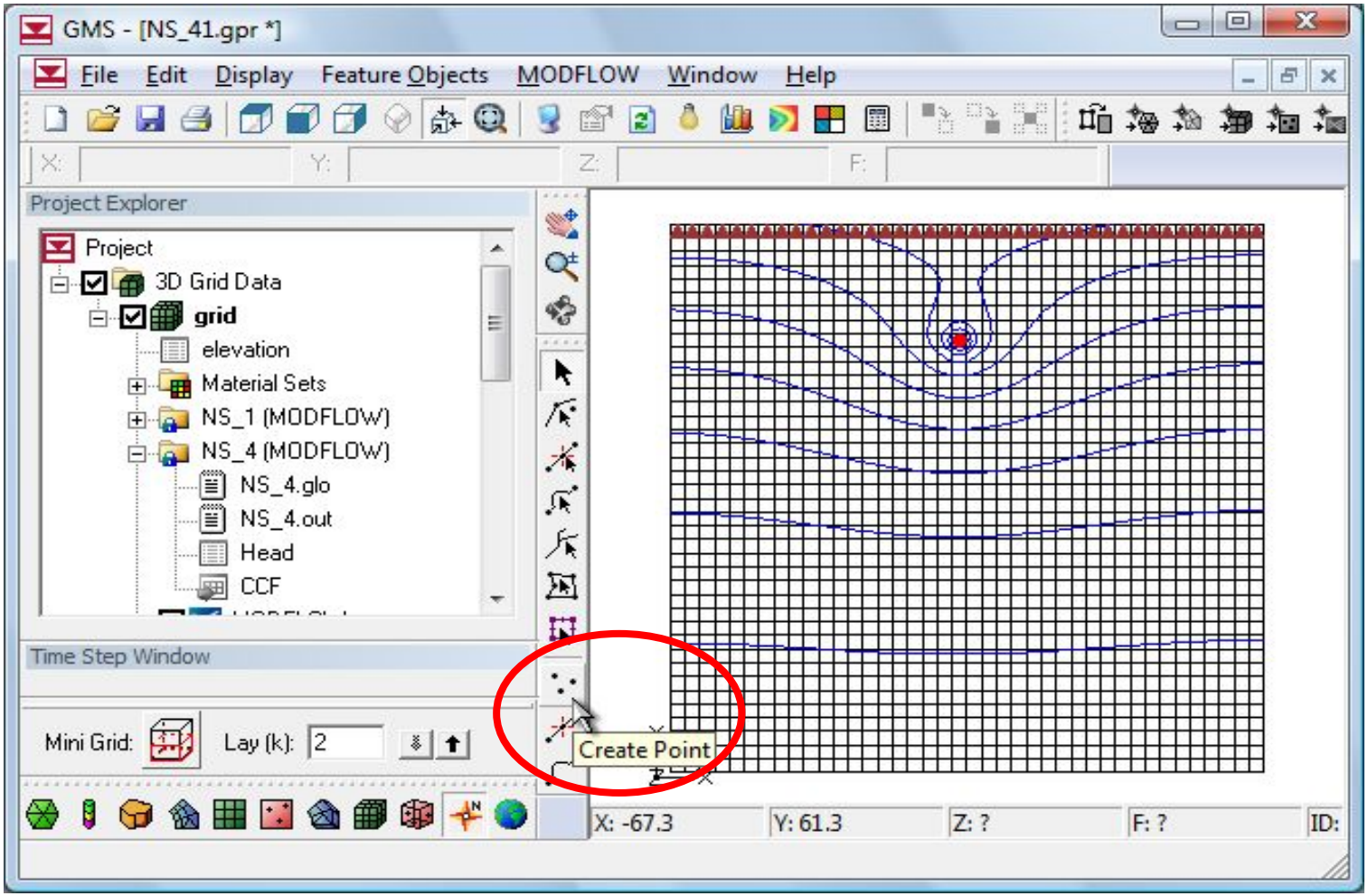
Диалоговое окно создания нового покрытия концептуальной модели



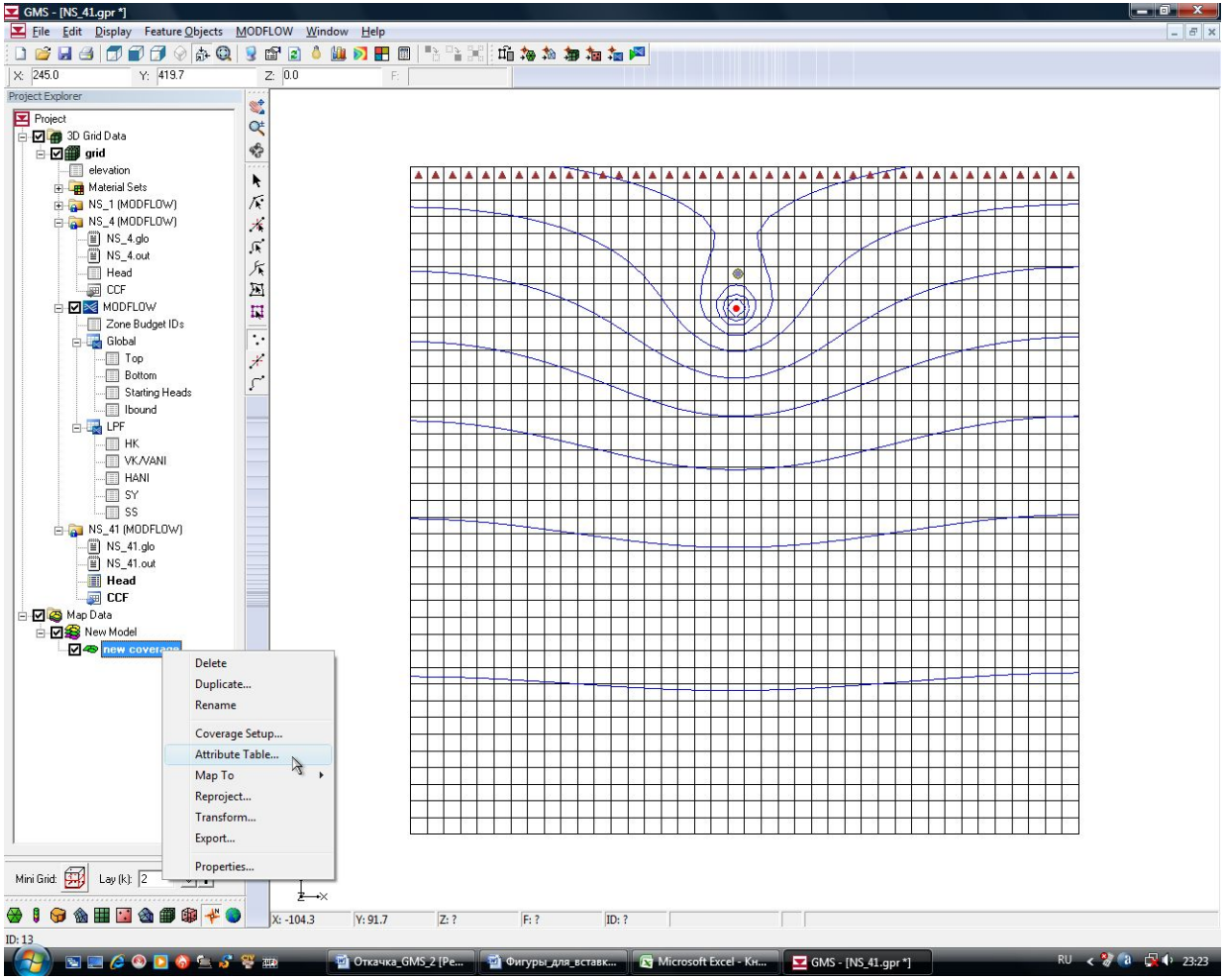
Настройка свойств нового покрытия. Для точек наблюдения установлено свойство, позволяющее фиксировать изменяющийся напор



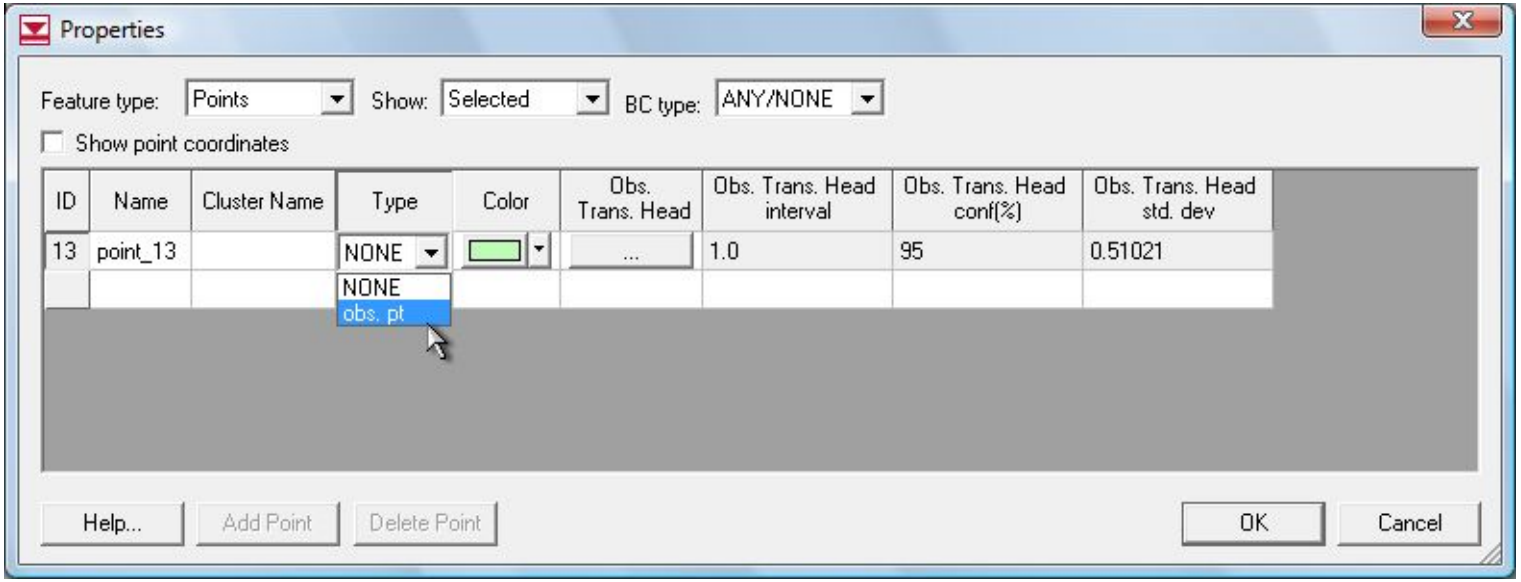
Инструмент создания точки в модуле «Map»



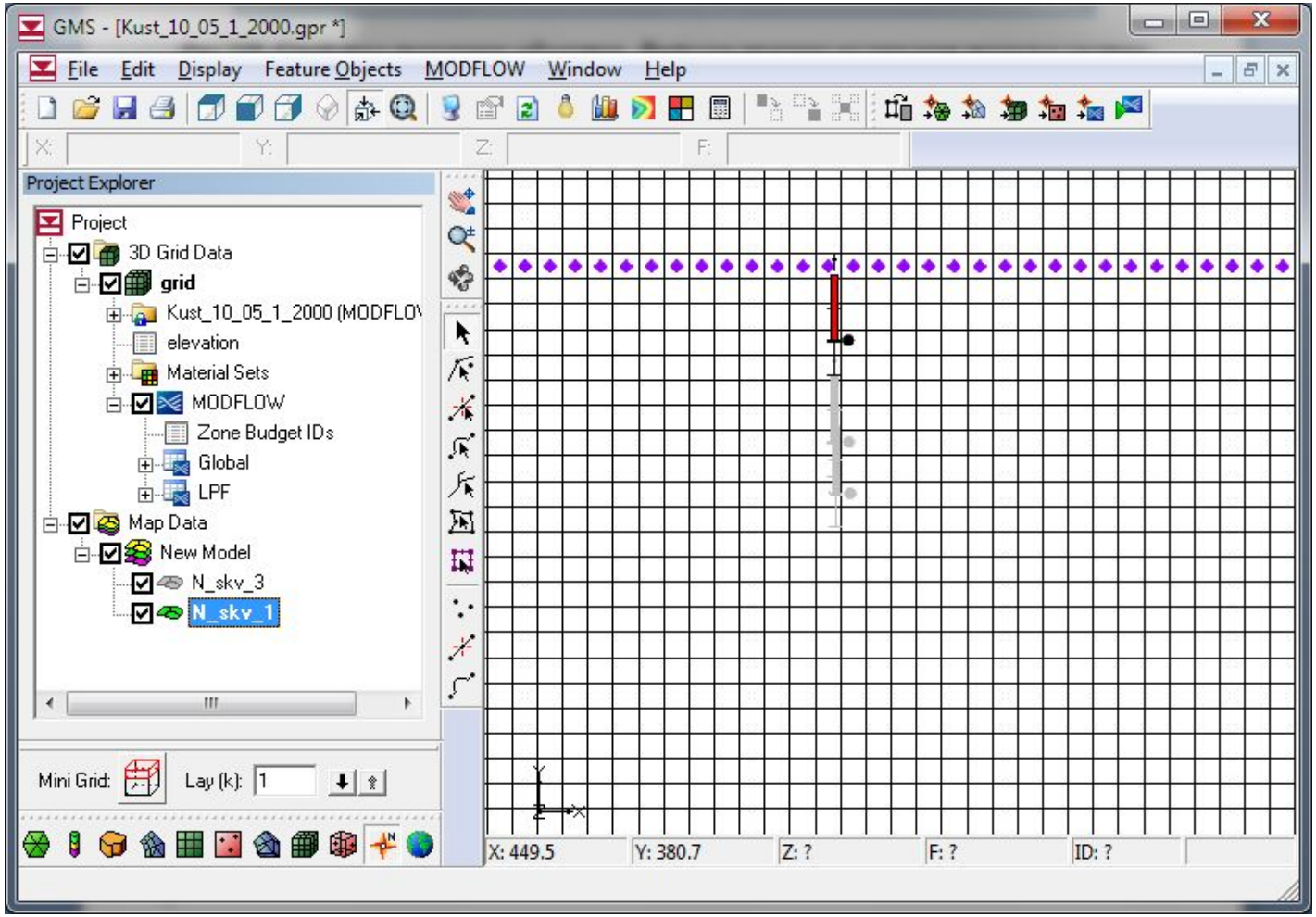
Диалоговое окно доступа к свойствам точечного объекта



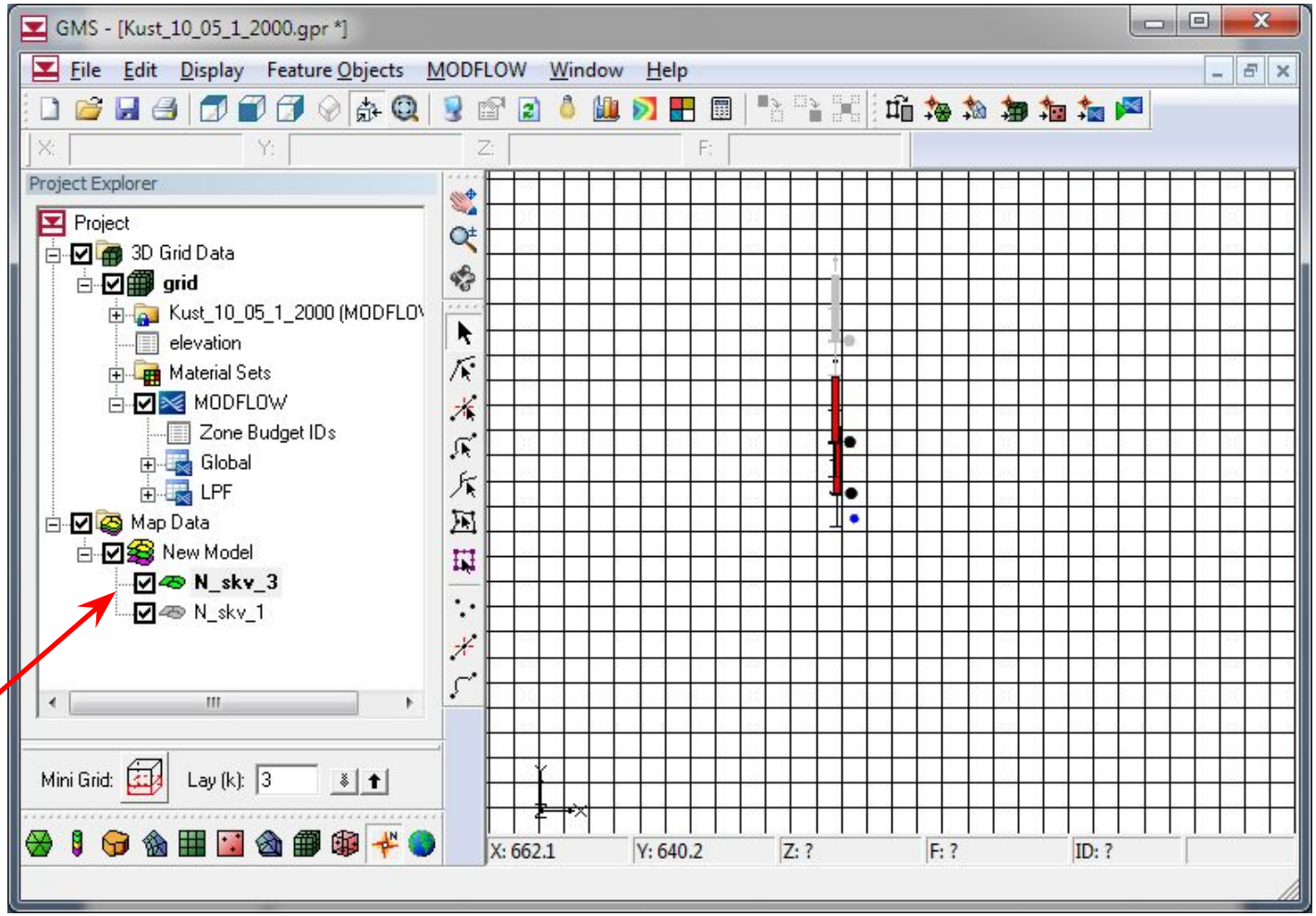
Свойства точечных объектов. Выделен признак включения точки в состав наблюдательной сети



Вид наблюдательной скважины в первом (верхнем) слое КР сетки численной модели



Вид наблюдательной скважины в третьем (нижнем) слое КР сетки численной модели



Покрытия

Разработка численной гидродинамической модели

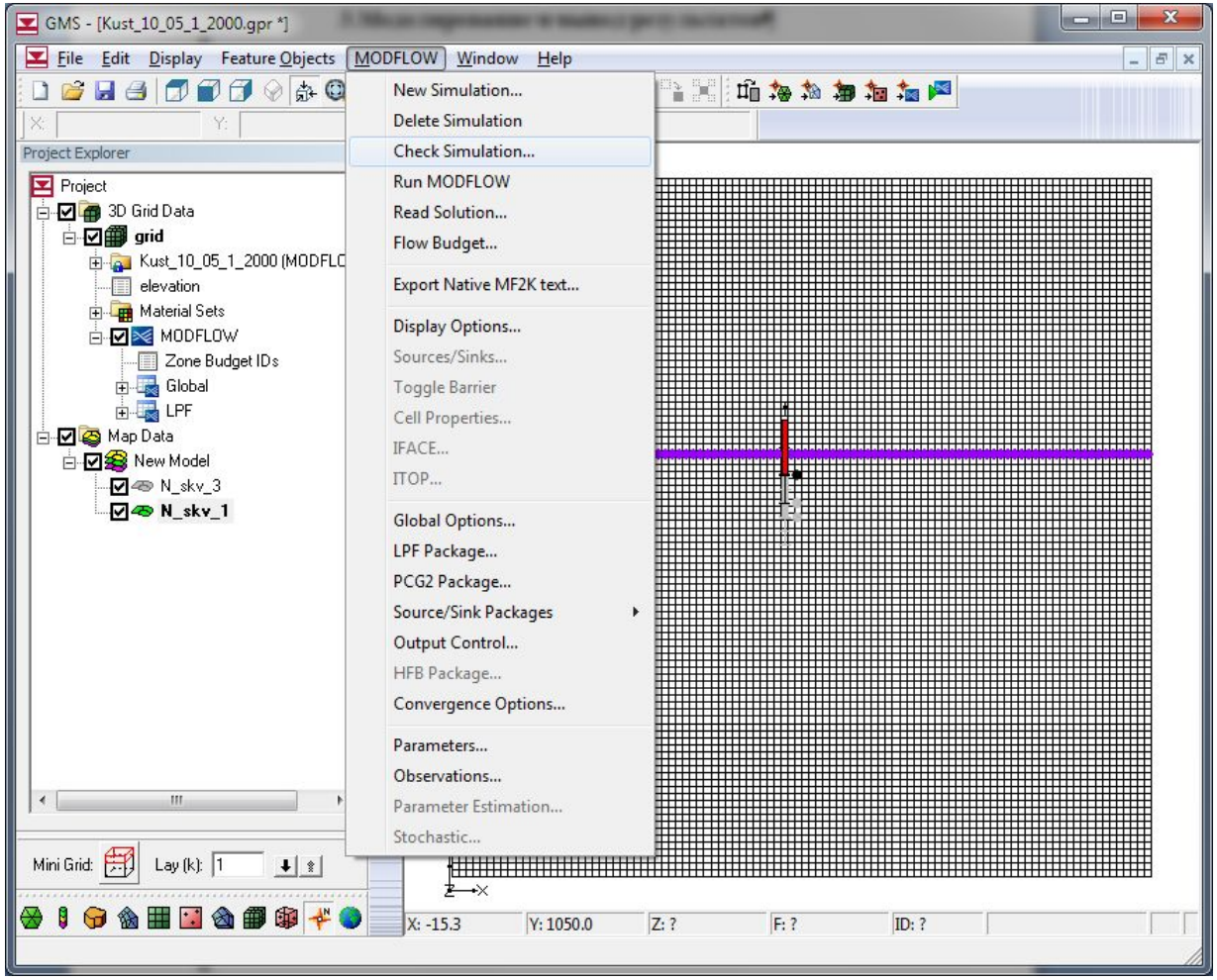
Наблюдательные скважины в процессе моделирования используются для получения данных о снижении уровней при откачке. За один сеанс моделирования можно получить несколько (два - три) набора исходных данных к журналам откачки, если использовать несколько (две – три) систем наблюдательных скважин, раз-личным образом ориентированных по отношению к центральной скважине куста и внутренней границе (реке) области фильтрации.

Моделирование и вывод результатов решения прогнозной задачи

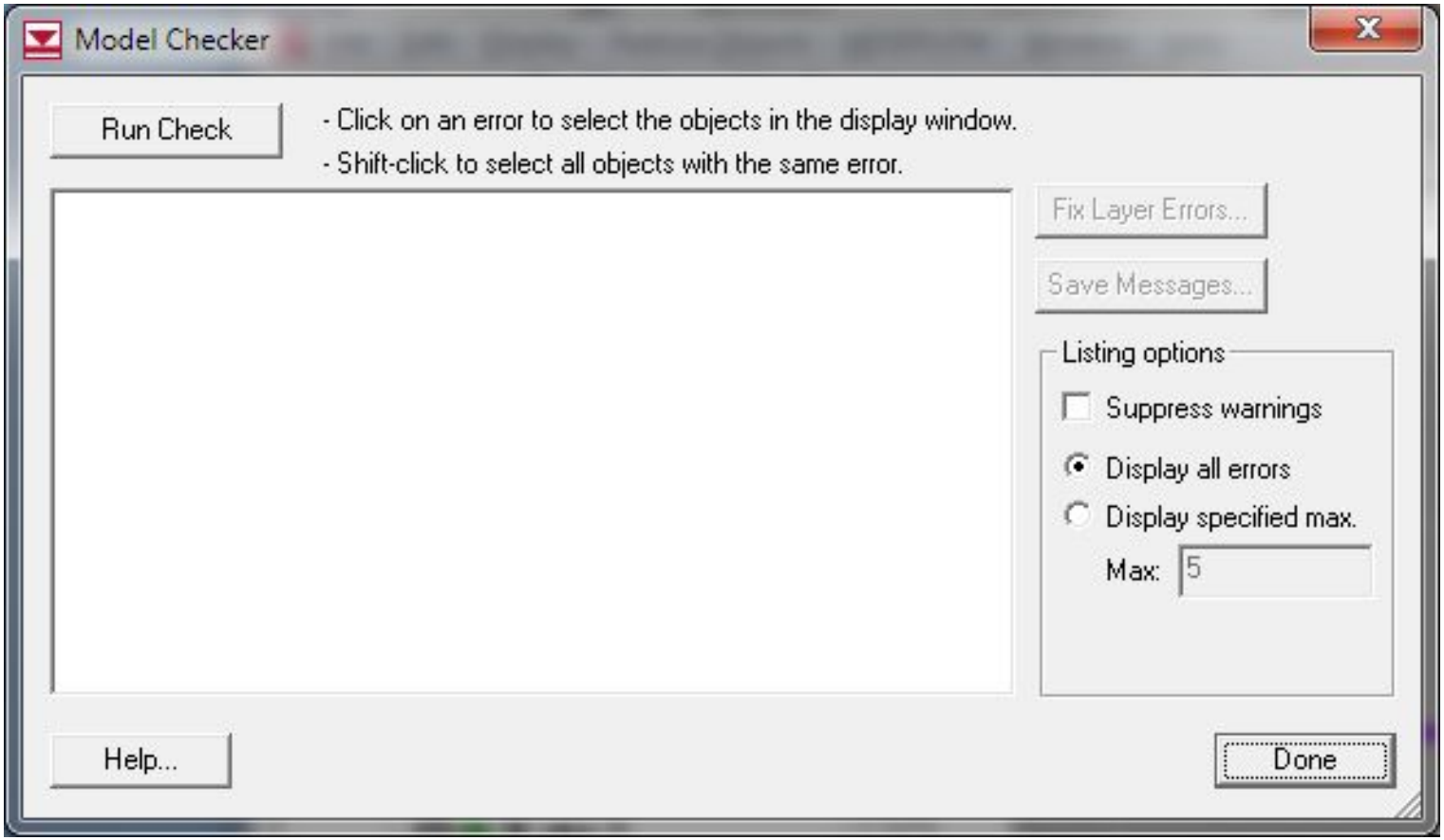
Разработка численной гидродинамической модели

Процесс моделирования полностью автоматизирован и не требует участия пользователя. Все необходимые расчёты выполняются в модуле MODFLOW 2000, который использует для своей работы данные, подготовленные на этапе разработки гидродинамической модели

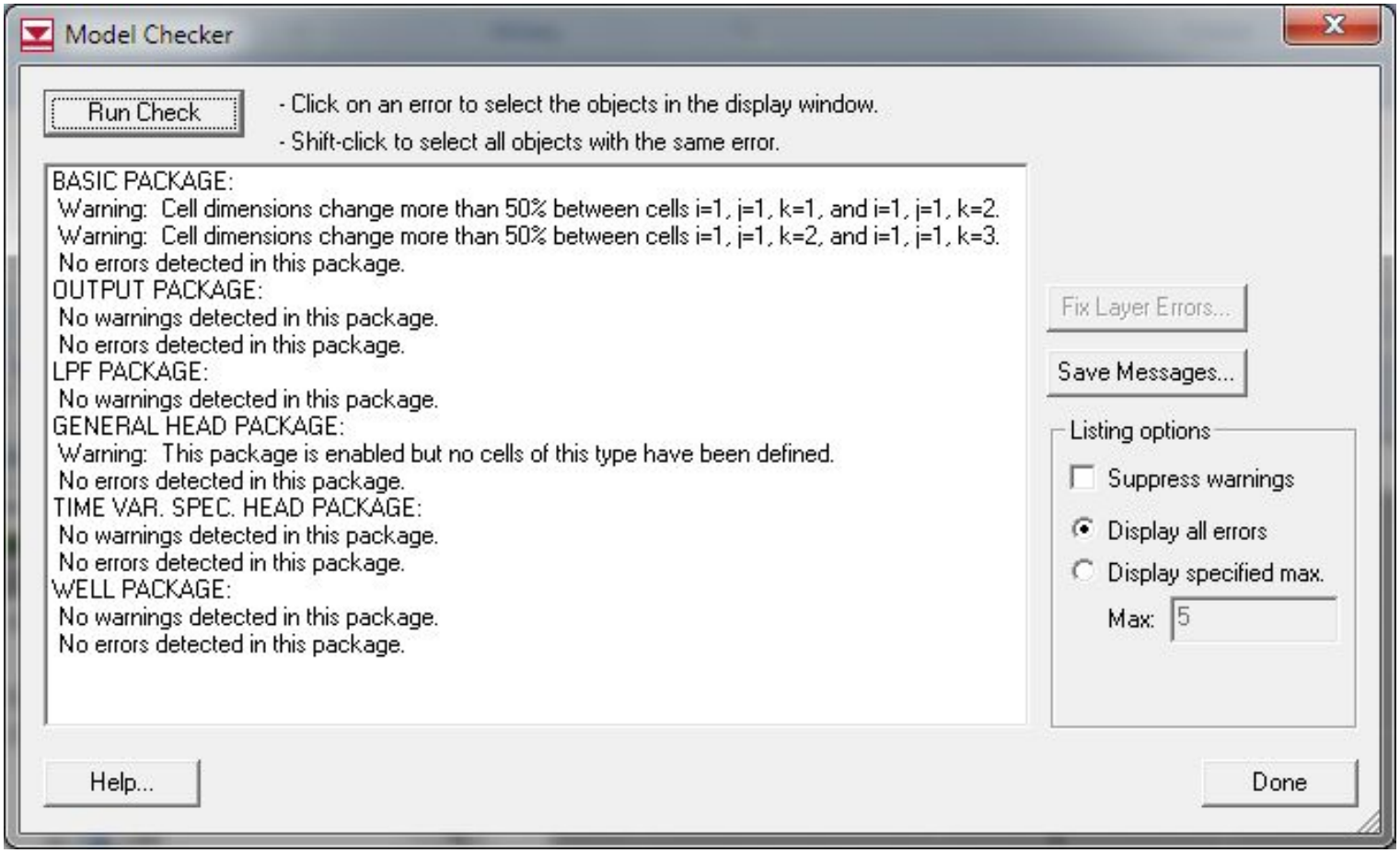
Меню выбора процедуры проверки корректности численной модели



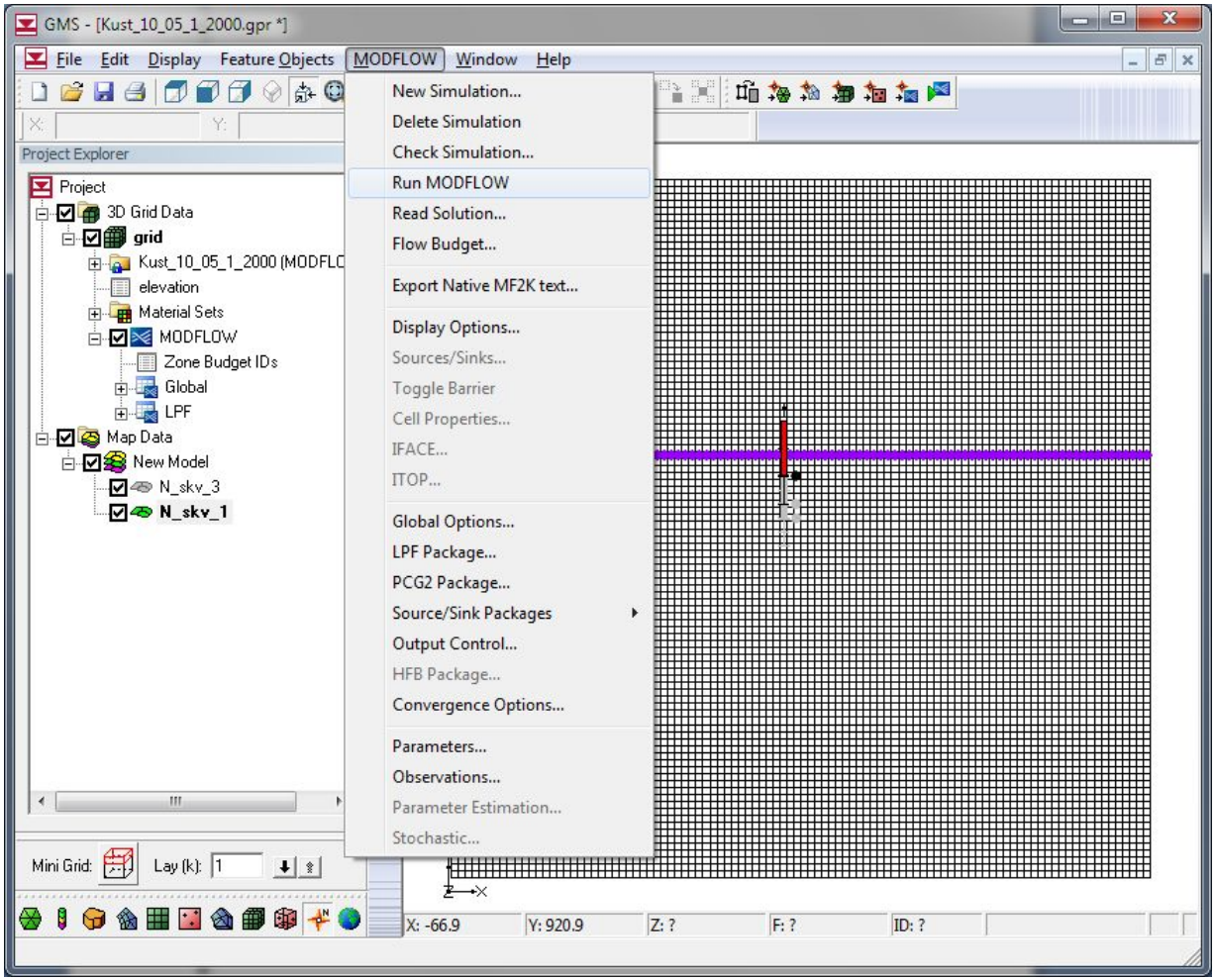
Окно настроечных параметров процедуры проверки численной модели



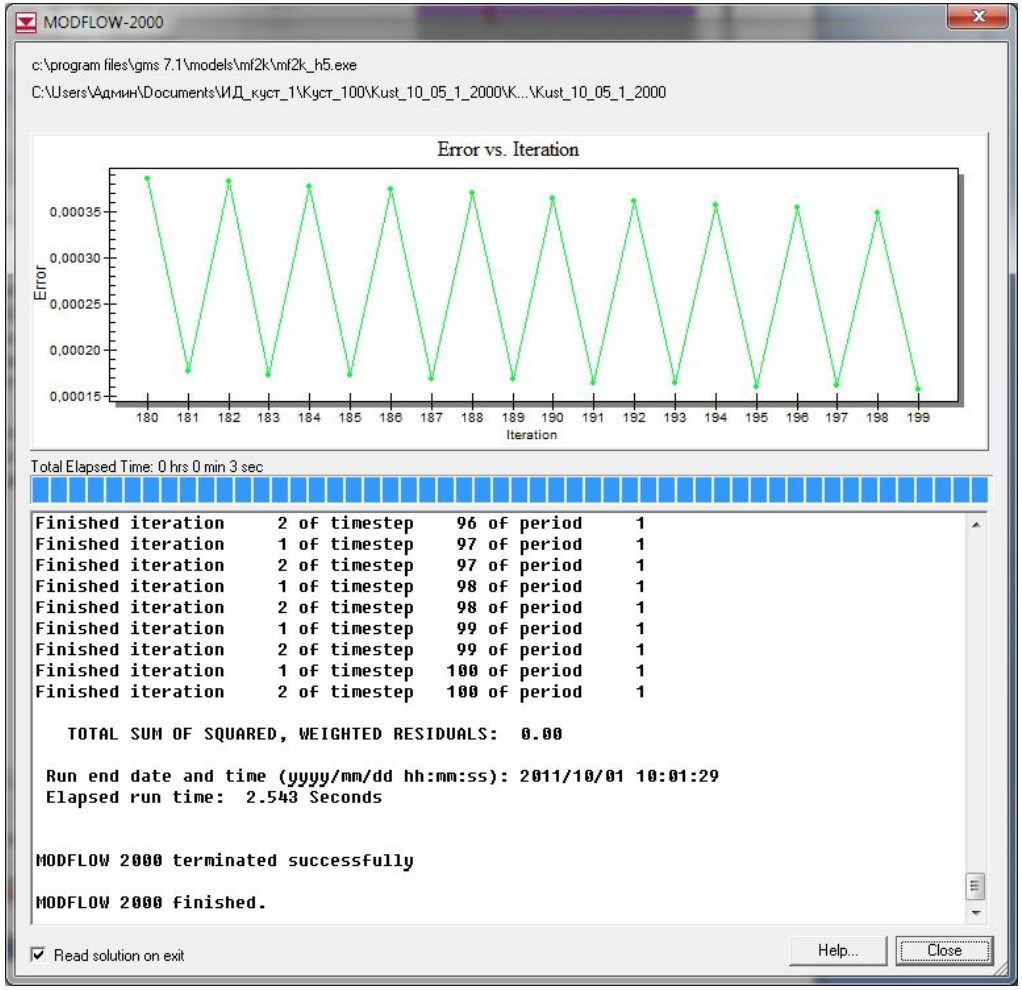
Протокол проверки исходных данных численной модели



Меню запуска процесса моделирования



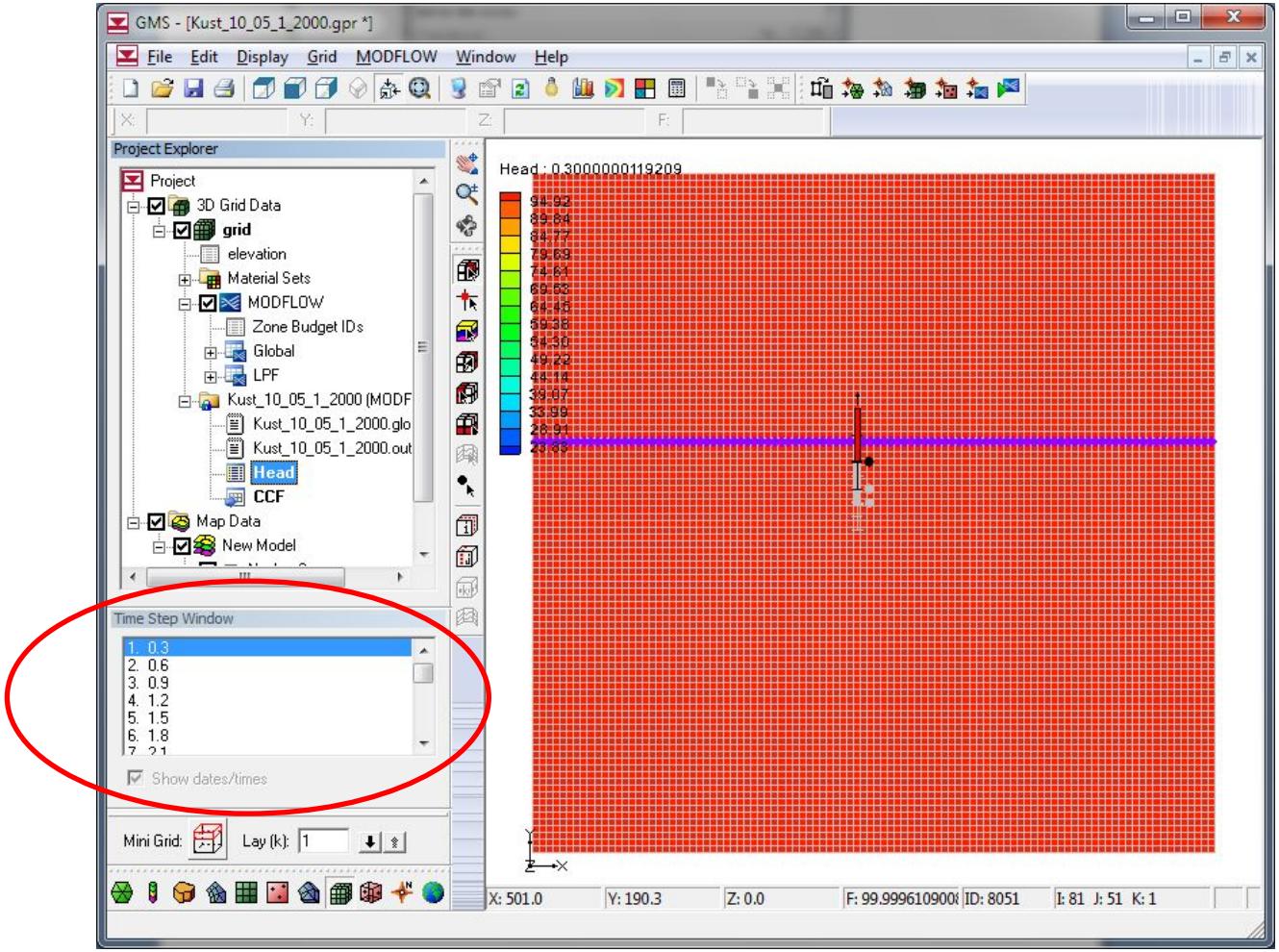
Сообщение об успешном завершении процесса моделирования



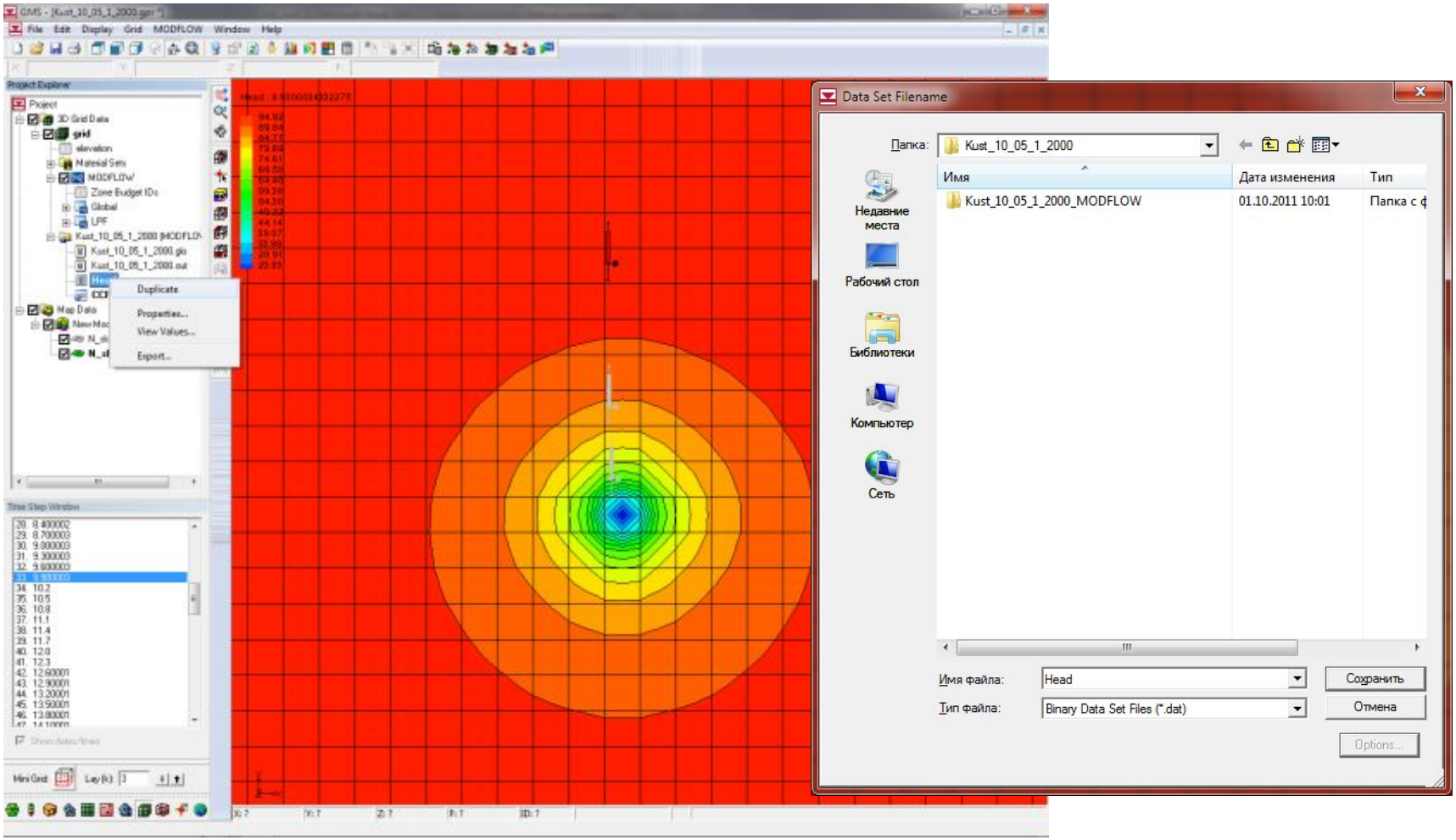
Организация вывода результатов моделирования

Разработка численной гидродинамической модели

Управление номером модельного слоя и прогнозным моментом времени для анализа поля напоров
(выделены окна управляющих параметров просмотра решения)

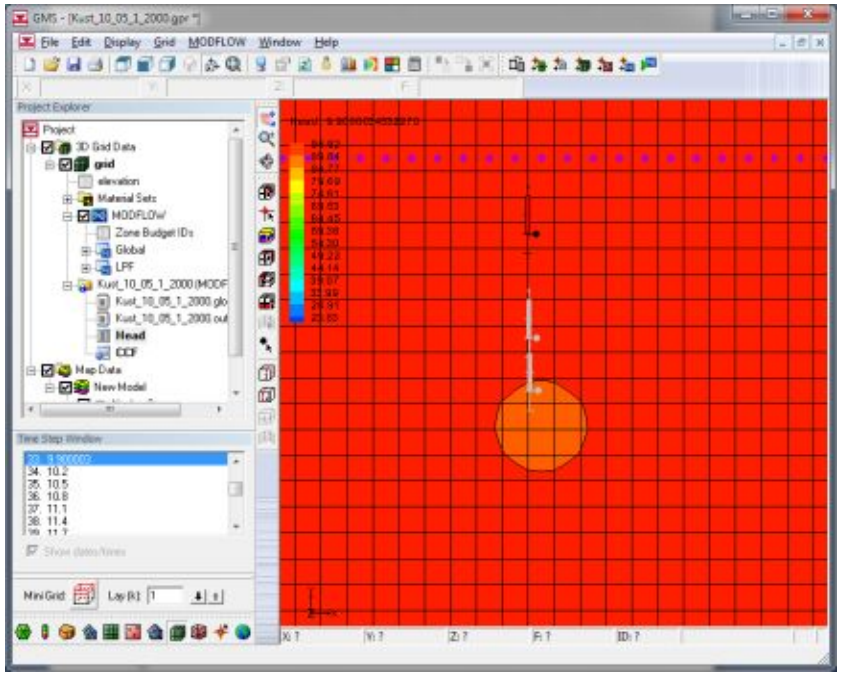


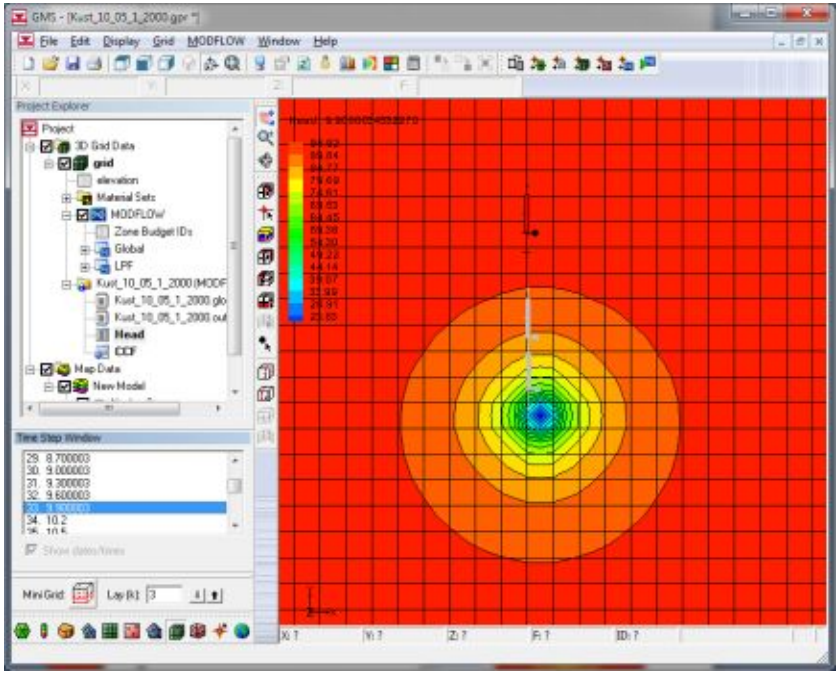
Меню и диалоговое окно экспорта результирующего файла напоров



Разработка численной гидродинамической модели

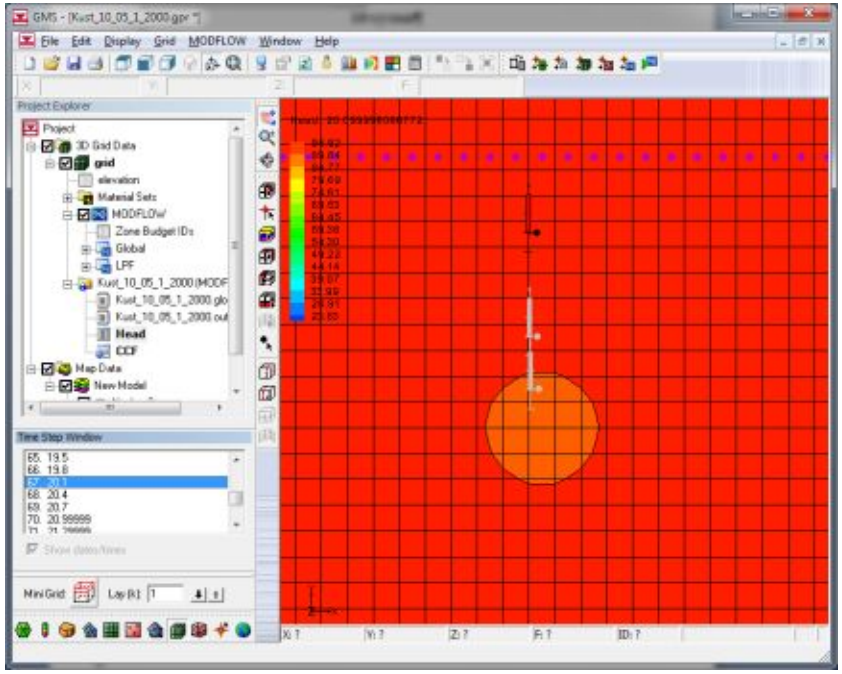
Изменение напоров при откачке в верхнем (слева) и нижнем слое модели через
10 сут после начала откачки

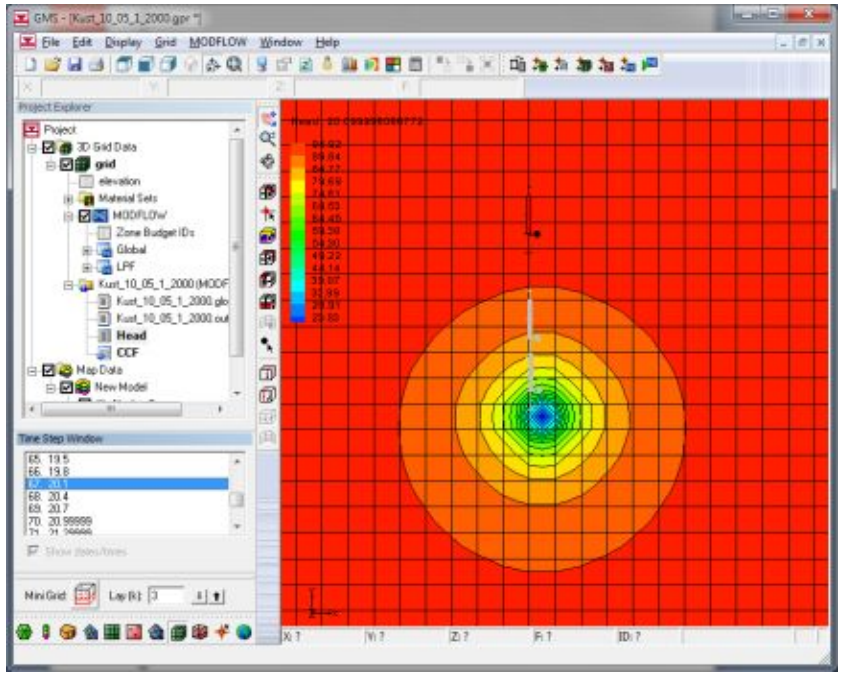




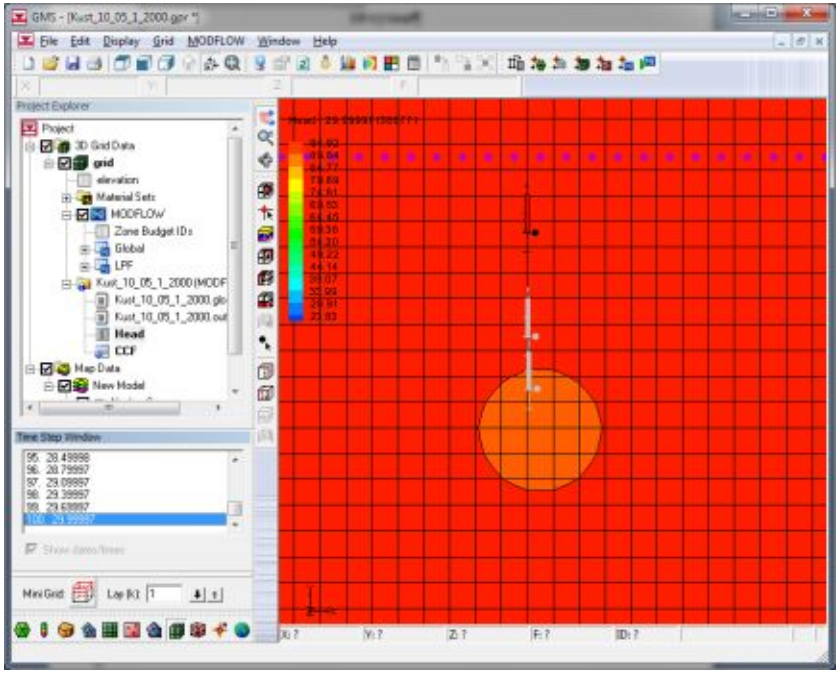
Разработка численной гидродинамической модели

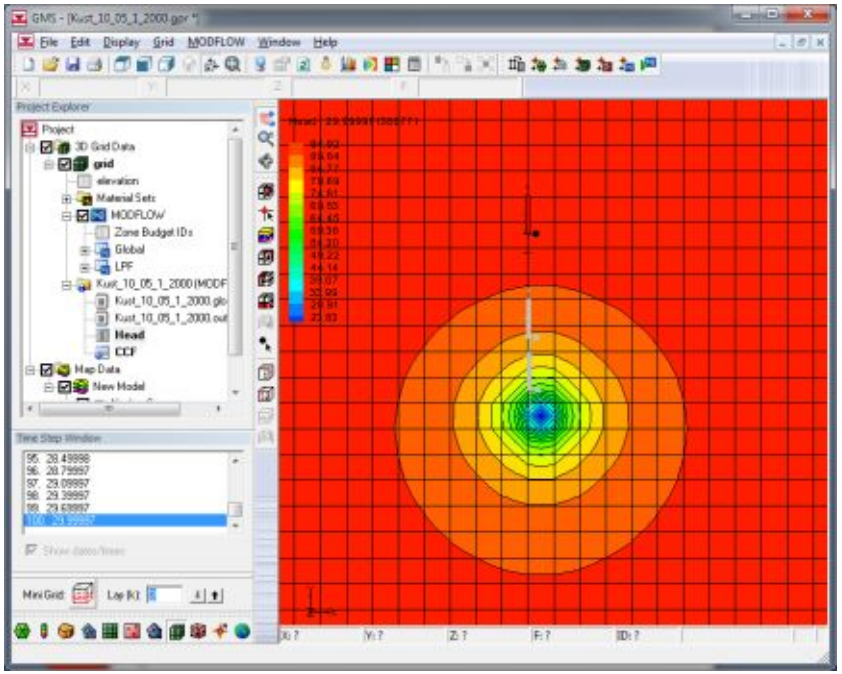
Изменение напоров при откачке в верхнем (слева) и нижнем слое модели через
20 сут после начала откачки



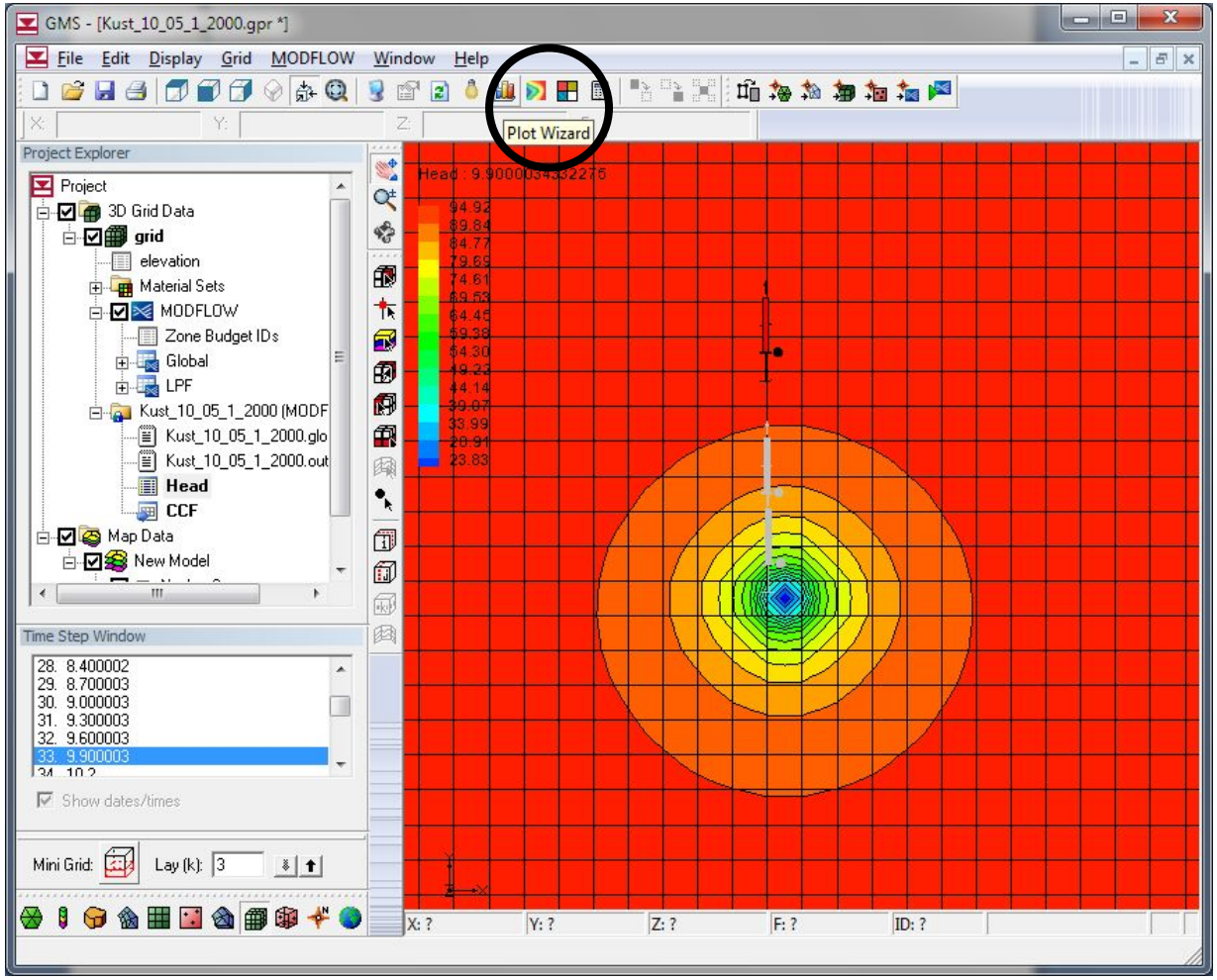


Изменение напоров при откачке в верхнем (слева) и нижнем слое модели через
30 сут после начала откачки

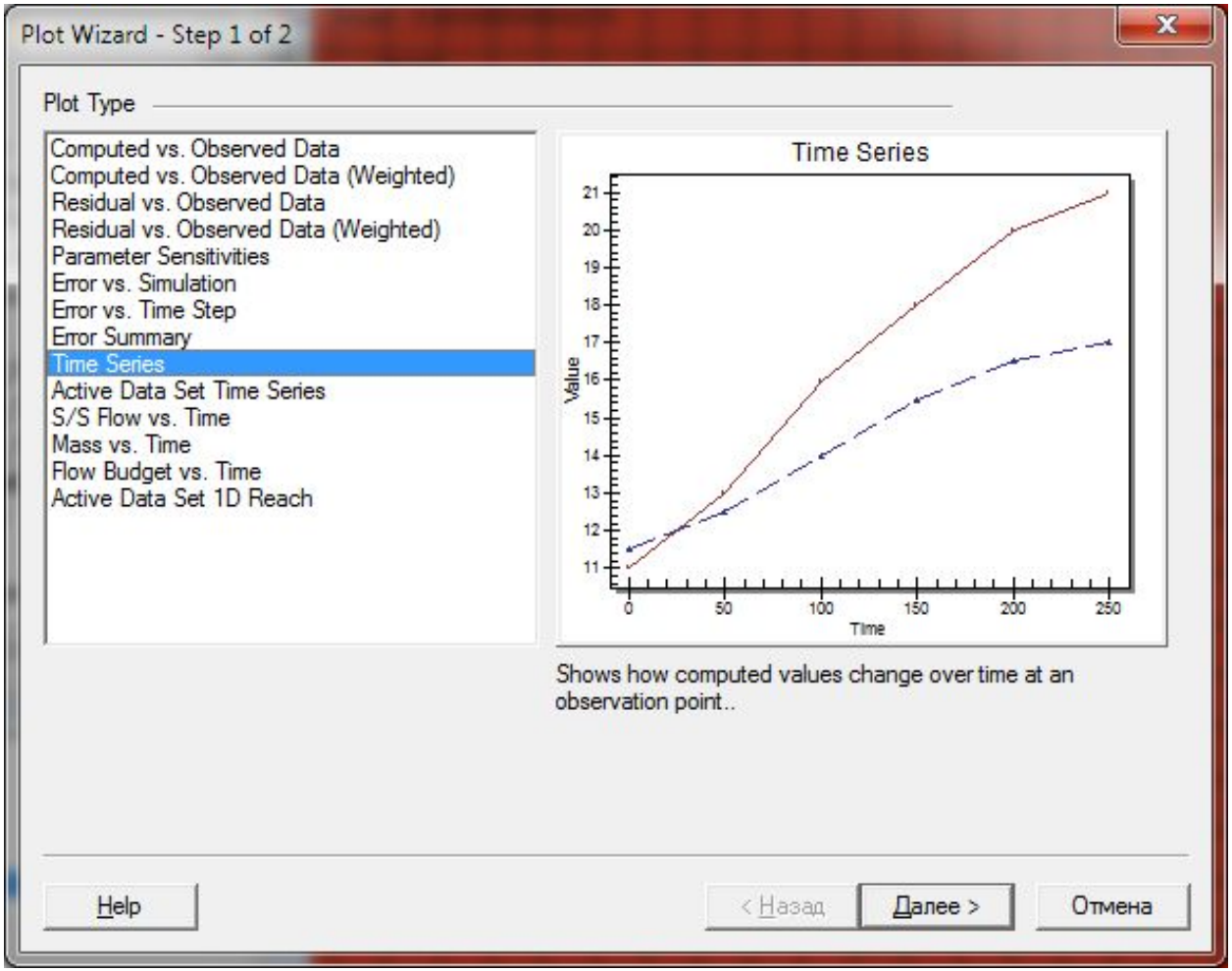




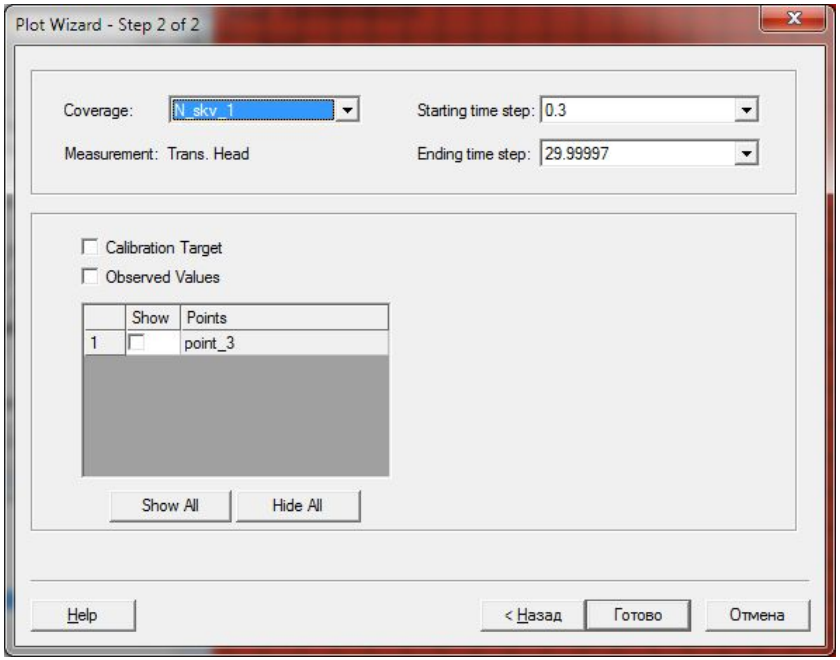
Кнопка активации мастера построения диаграмм

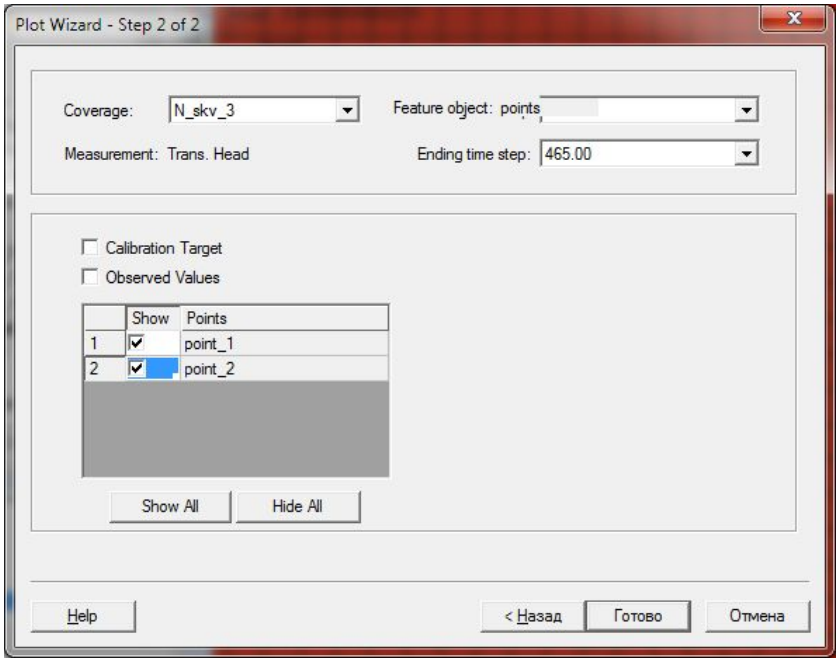


Меню активации мастера построения диаграмм
(выбран режим построения графиков временного прослеживания уровней)



Меню выбора наблюдательных скважин для просмотра графиков временного прослеживания уровней

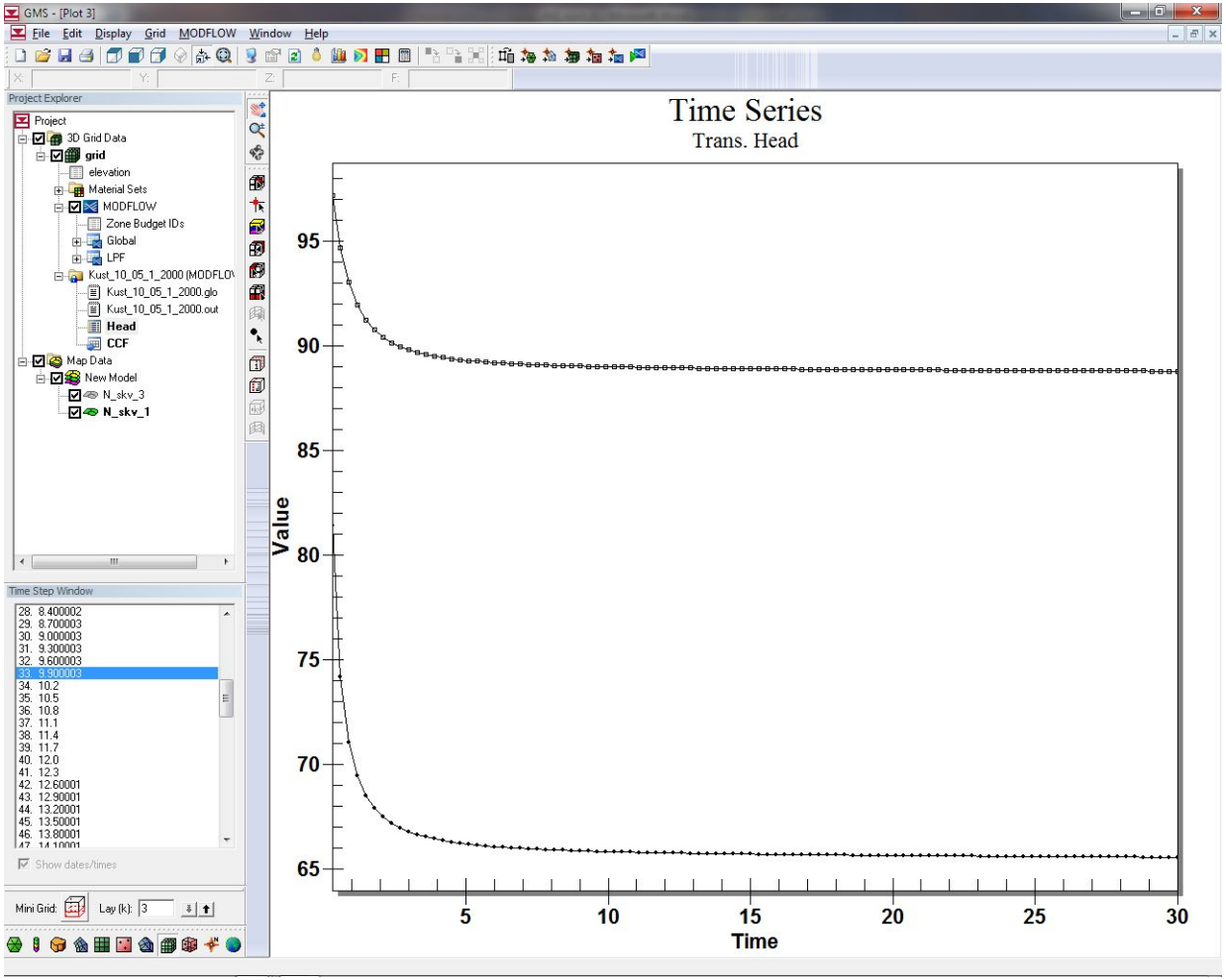




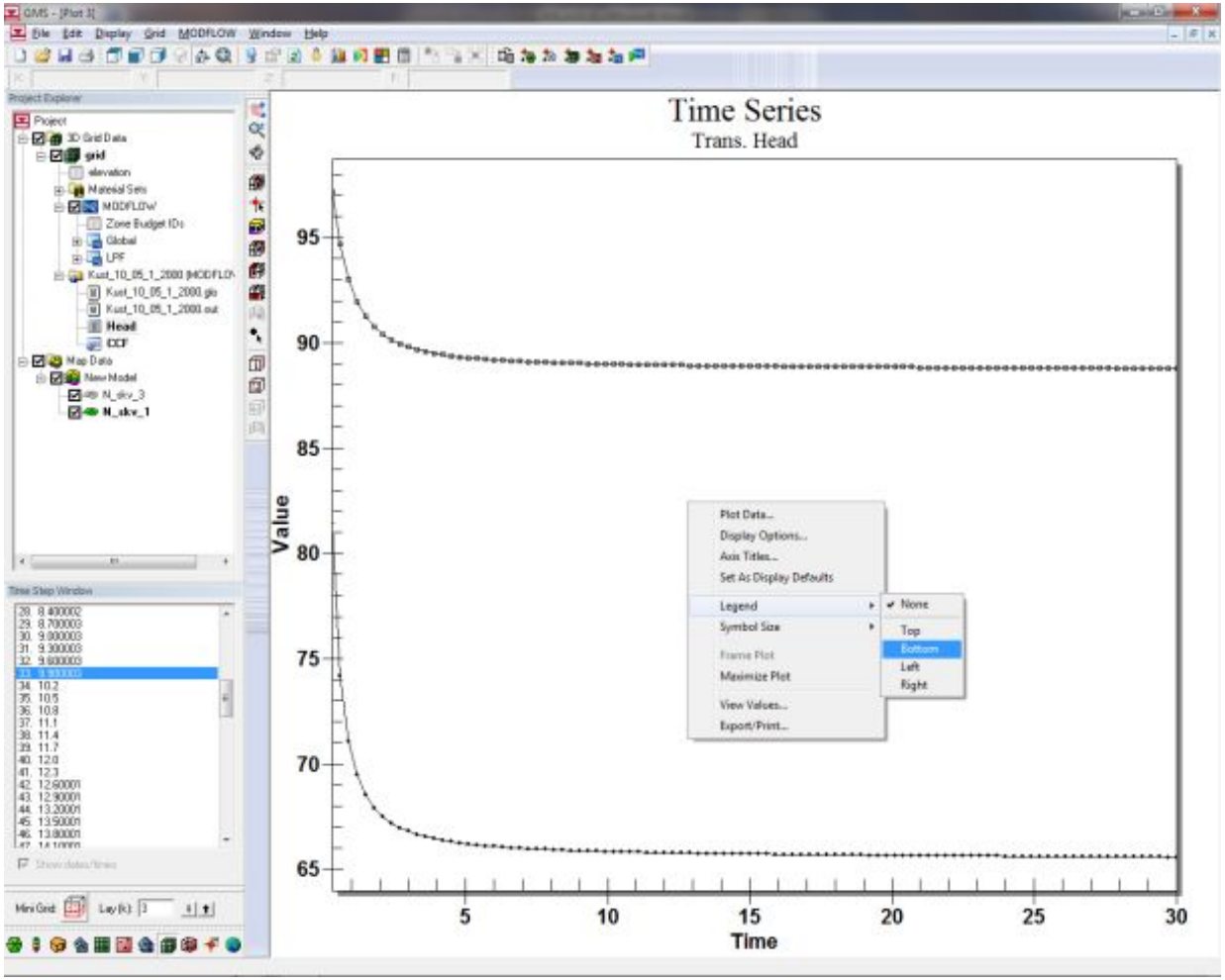
а) б)

а) в верхнем водоносном горизонте (poin_3);
б) в нижнем водоносном горизонте (poin_1; point_2)

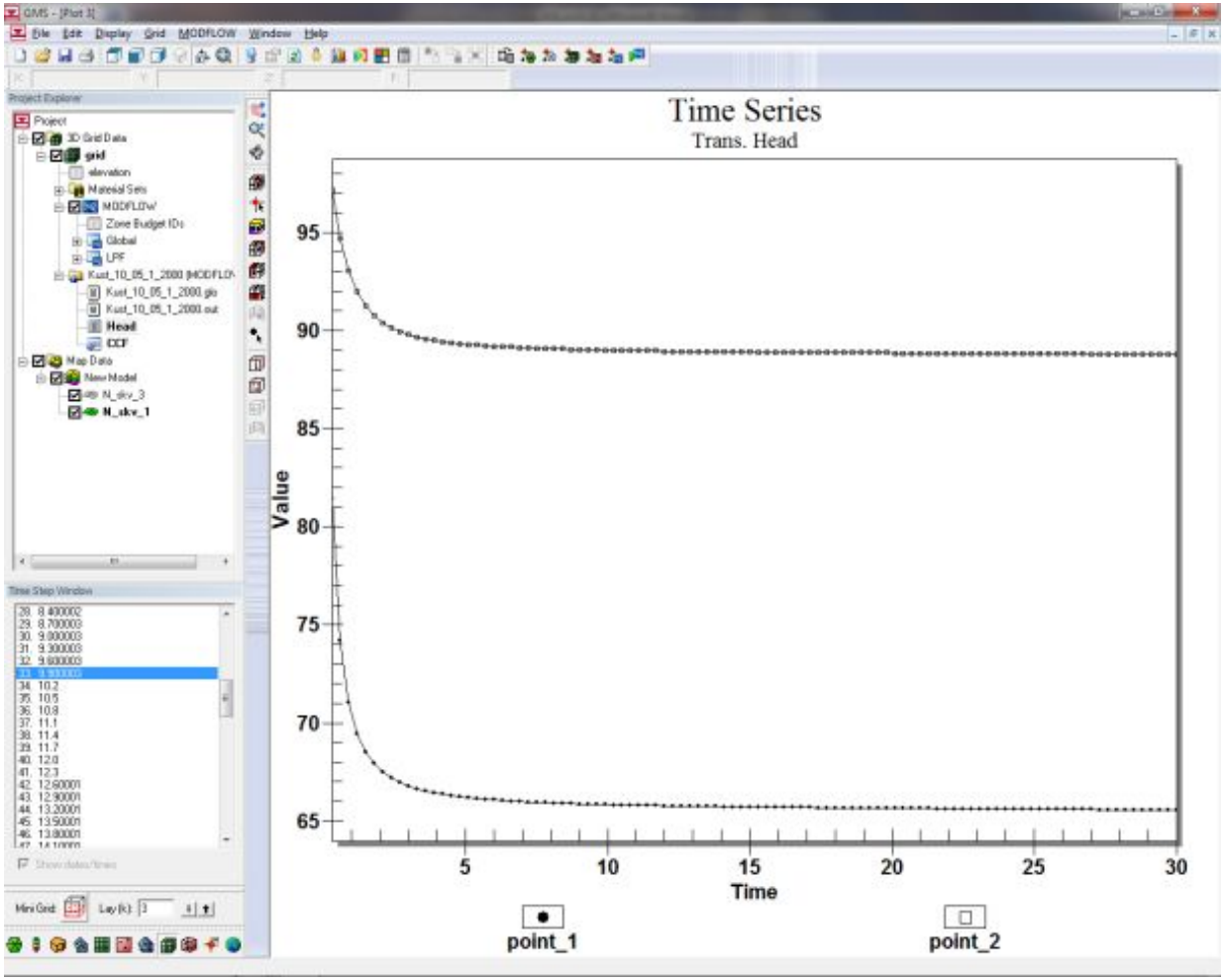
Режим просмотра графиков временного прослеживания уровней а наблюдательных скважинах нижнего водоносного горизонта



Контекстное меню настройки параметров диаграммы
(выбран режим вывода легенды в нижней части рисунка)



Результат редактирования диаграммы
(выведена легенда в нижней части рисунка)



Контекстное меню настройки параметров диаграммы (выбран режим просмотра таблицы замеров уровней)

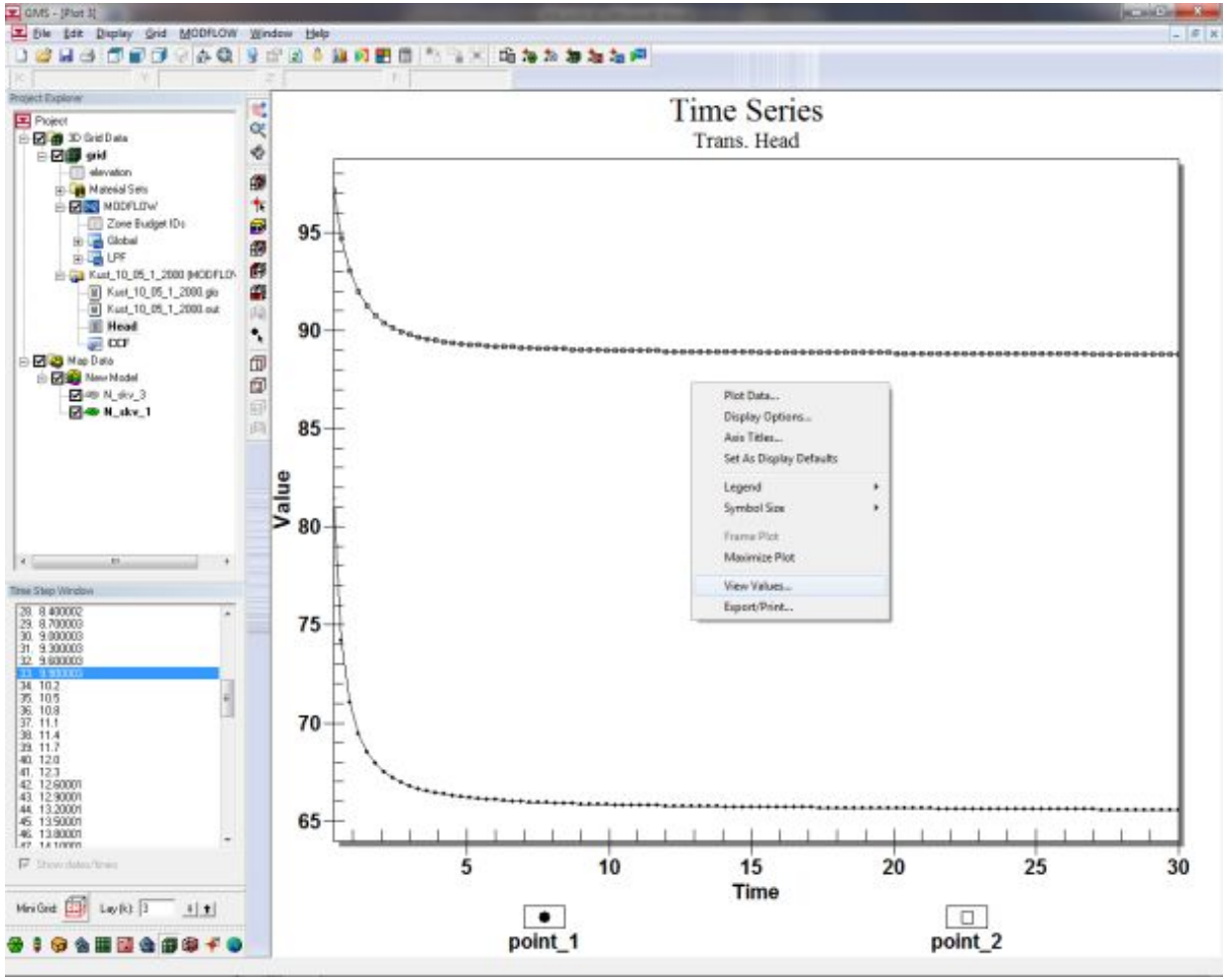


Таблица замеров уровней

View Values

	point_1		point_2	
	Time	Value	Time	Value
1	0.3000000119209	81.42262	0.3000000119209	97.16266
2	0.6000000238419	74.18615	0.6000000238419	94.69782
3	0.9000000357628	71.06319	0.9000000357628	93.03854
4	1.2000000476837	69.46101	1.2000000476837	91.9613
5	1.5	68.52225	1.5	91.24657
6	1.7999999523163	67.91779	1.7999999523163	90.75497
7	2.0999999046326	67.50124	2.0999999046326	90.40439
8	2.3999998569489	67.19939	2.3999998569489	90.14613
9	2.6999998092651	66.97206	2.6999998092651	89.95043
10	2.9999997615814	66.79561	2.9999997615814	89.7985
11	3.2999997138977	66.65527	3.2999997138977	89.67803
12	3.599999666214	66.54138	3.599999666214	89.58074
13	3.8999996185303	66.44736	3.8999996185303	89.50088
14	4.1999998092651	66.36862	4.1999998092651	89.43436
15	4.5	66.30183	4.5	89.37827
16	4.8000001907349	66.24453	4.8000001907349	89.3304
17	5.1000003814697	66.1949	5.1000003814697	89.28915
18	5.4000005722046	66.15151	5.4000005722046	89.25324
19	5.7000007629395	66.1133	5.7000007629395	89.22176
20	6.0000009536743	66.0794	6.0000009536743	89.19392
21	6.3000011444092	66.04913	6.3000011444092	89.16916
22	6.600001335144	66.02195	6.600001335144	89.14698
23	6.9000015258789	65.9974	6.9000015258789	89.12701
24	7.2000017166138	65.97512	7.2000017166138	89.10893
25	7.5000019073486	65.95482	7.5000019073486	89.09249
26	7.8000020980835	65.93622	7.8000020980835	89.07746

Close

Финишная обработка результатов моделирования

Разработка численной гидродинамической модели

Заключительный этап работы предполагает объединение результатов моделирования откачки в общую базу данных.

Наиболее простой путь объединения данных разных сеансов моделирования использование буфера обмена операционной системы. В этом случае данные таблицы замеров уровней выделяются и копируются в буфер обмена, затем следует переключение в среду ***ПК EXCEL***, где происходит вставка скопированных данных и их накопления при повторении процедуры копирования как для других наблюдательных скважин в пространстве одной модели, так и для последующих сеансов моделирования.

Выделение данных для копирования в окне таблицы замеров уровней выполняется обычным образом при нажатой клавише ***Shift***

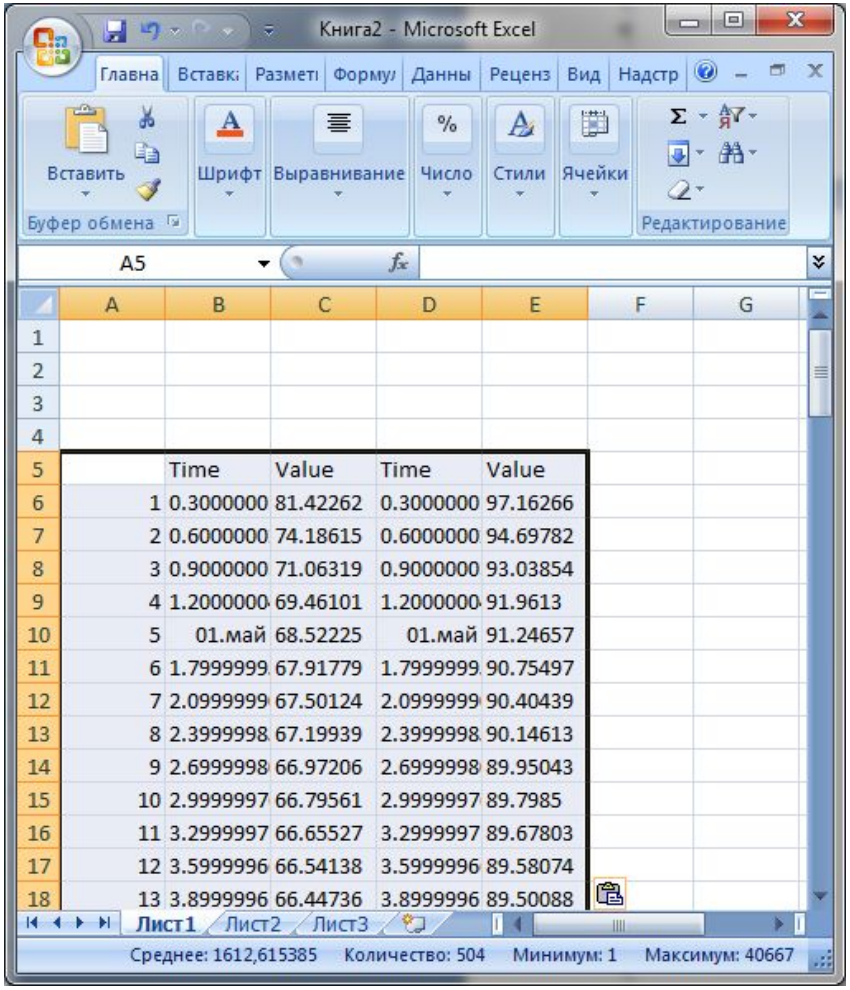
Выделенные данные в таблице замеров уровней

View Values

	point_1		point_2	
74	22.199991226196	65.63306	22.199991226196	88.83637
75	22.499990463257	65.63028	22.499990463257	88.83419
76	22.799989700317	65.62753	22.799989700317	88.83204
77	23.099988937378	65.62485	23.099988937378	88.82993
78	23.399988174438	65.62219	23.399988174438	88.82785
79	23.699987411499	65.61957	23.699987411499	88.82579
80	23.99998664856	65.61698	23.99998664856	88.82376
81	24.29998588562	65.61443	24.29998588562	88.82177
82	24.599985122681	65.61192	24.599985122681	88.81979
83	24.899984359741	65.60943	24.899984359741	88.81784
84	25.199983596802	65.60698	25.199983596802	88.81592
85	25.499982833862	65.60456	25.499982833862	88.81403
86	25.799982070923	65.60217	25.799982070923	88.81215
87	26.099981307983	65.59981	26.099981307983	88.8103
88	26.399980545044	65.59747	26.399980545044	88.80847
89	26.699979782104	65.59516	26.699979782104	88.80666
90	26.999979019165	65.59289	26.999979019165	88.80487
91	27.299978256226	65.59063	27.299978256226	88.80311
92	27.599977493286	65.5884	27.599977493286	88.80136
93	27.899976730347	65.5862	27.899976730347	88.79964
94	28.199975967407	65.58402	28.199975967407	88.79793
95	28.499975204468	65.58186	28.499975204468	88.79623
96	28.799974441528	65.57973	28.799974441528	88.79456
97	29.099973678589	65.57762	29.099973678589	88.79292
98	29.399972915649	65.57554	29.399972915649	88.79128
99	29.69997215271	65.57348	29.69997215271	88.78966
100	29.999971389771	65.57143	29.999971389771	88.78806

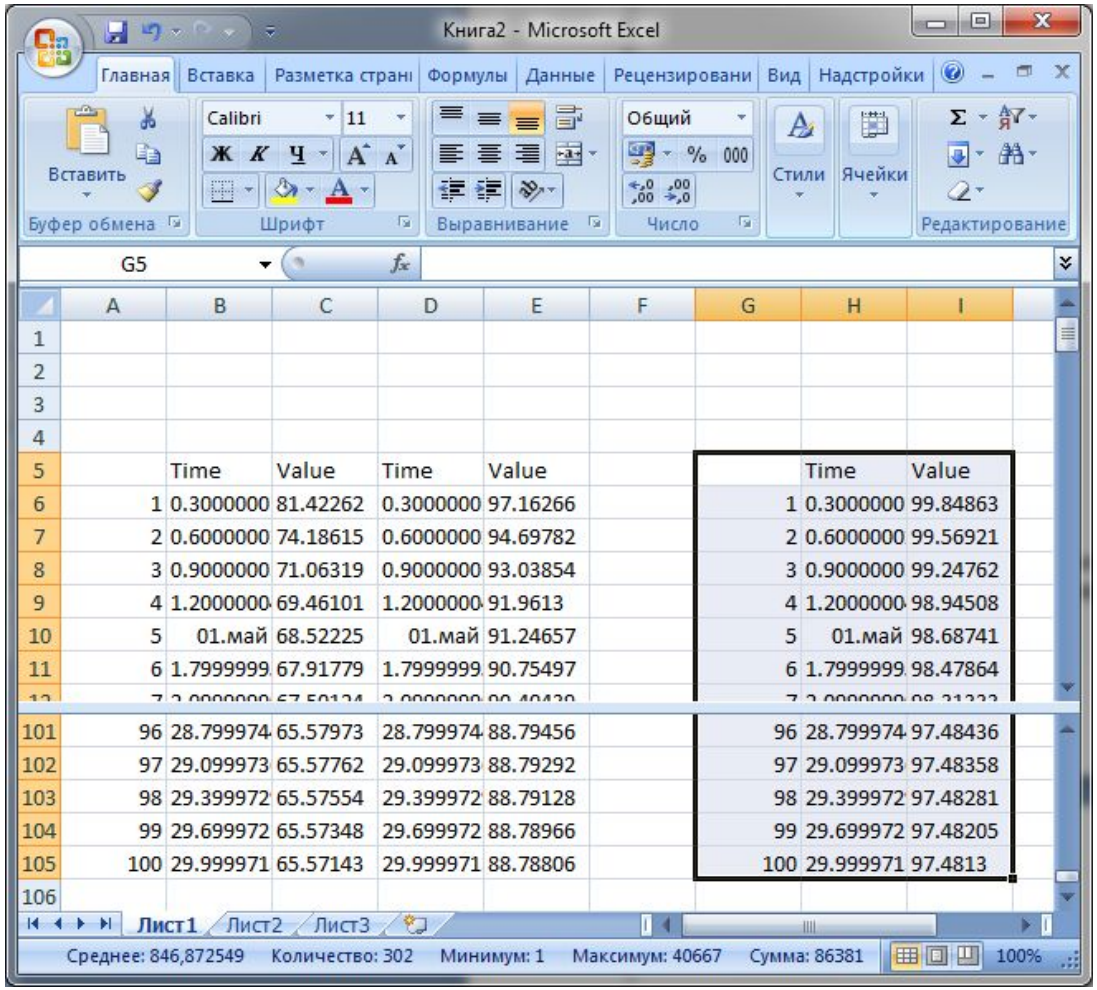
Close

Результат вставки данных замеров уровней по нижнему водоносному горизонту в таблицу ПК EXCEL



		Time	Value	Time	Value
6	1	0.3000000	81.42262	0.3000000	97.16266
7	2	0.6000000	74.18615	0.6000000	94.69782
8	3	0.9000000	71.06319	0.9000000	93.03854
9	4	1.2000000	69.46101	1.2000000	91.9613
10	5	01.май	68.52225	01.май	91.24657
11	6	1.7999999	67.91779	1.7999999	90.75497
12	7	2.0999999	67.50124	2.0999999	90.40439
13	8	2.3999998	67.19939	2.3999998	90.14613
14	9	2.6999998	66.97206	2.6999998	89.95043
15	10	2.9999997	66.79561	2.9999997	89.7985
16	11	3.2999997	66.65527	3.2999997	89.67803
17	12	3.5999996	66.54138	3.5999996	89.58074
18	13	3.8999996	66.44736	3.8999996	89.50088

Результат вставки данных замеров уровней по нижнему и верхнему водоносным горизонтам в таблицу ПК EXCEL



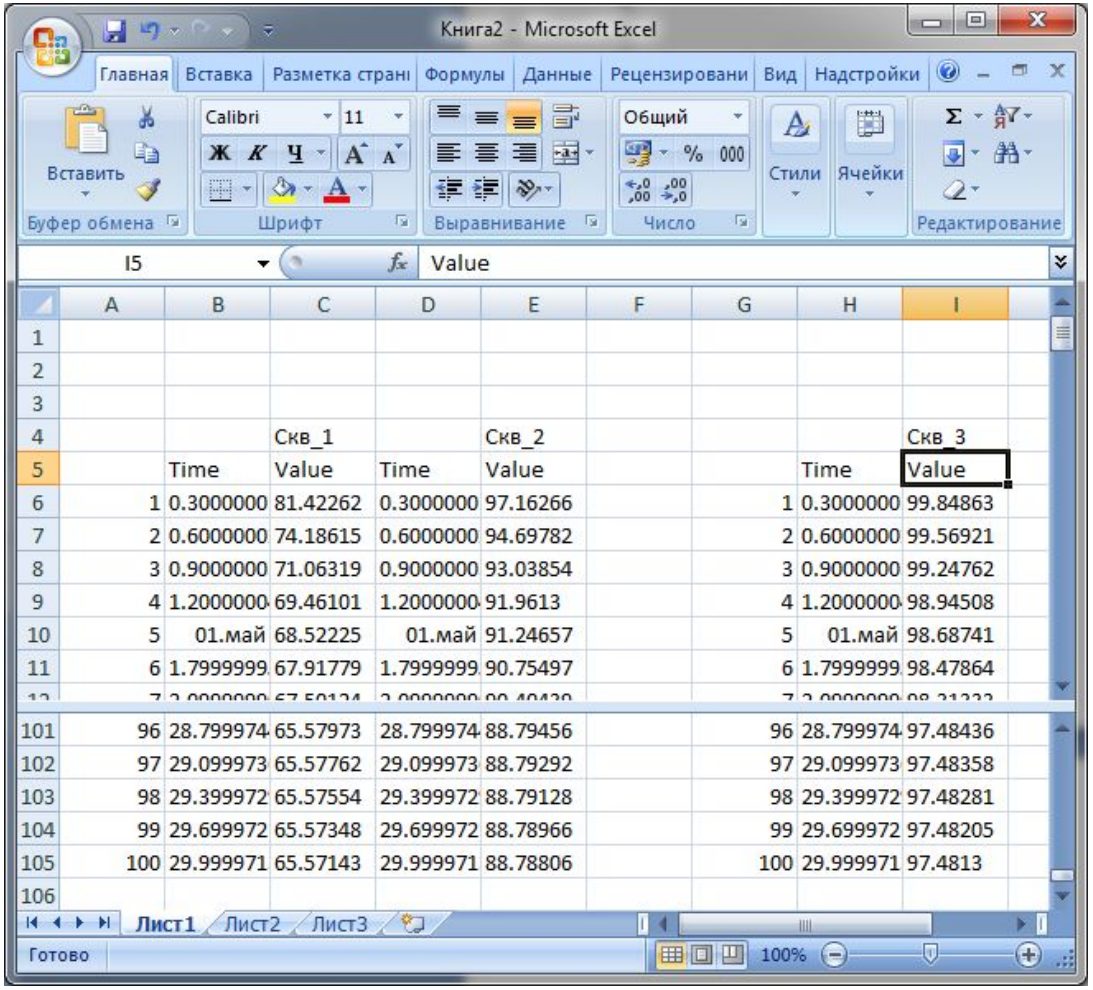
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
5		Time	Value	Time	Value			Time	Value
6	1	0.3000000	81.42262	0.3000000	97.16266		1	0.3000000	99.84863
7	2	0.6000000	74.18615	0.6000000	94.69782		2	0.6000000	99.56921
8	3	0.9000000	71.06319	0.9000000	93.03854		3	0.9000000	99.24762
9	4	1.2000000	69.46101	1.2000000	91.9613		4	1.2000000	98.94508
10	5	01.май	68.52225	01.май	91.24657		5	01.май	98.68741
11	6	1.7999999	67.91779	1.7999999	90.75497		6	1.7999999	98.47864
101	96	28.799974	65.57973	28.799974	88.79456		96	28.799974	97.48436
102	97	29.099973	65.57762	29.099973	88.79292		97	29.099973	97.48358
103	98	29.399972	65.57554	29.399972	88.79128		98	29.399972	97.48281
104	99	29.699972	65.57348	29.699972	88.78966		99	29.699972	97.48205
105	100	29.999971	65.57143	29.999971	88.78806		100	29.999971	97.4813

Разработка численной гидродинамической модели

После переноса данных в таблицу ***EXCEL***, завершается их обработка, которая включает:

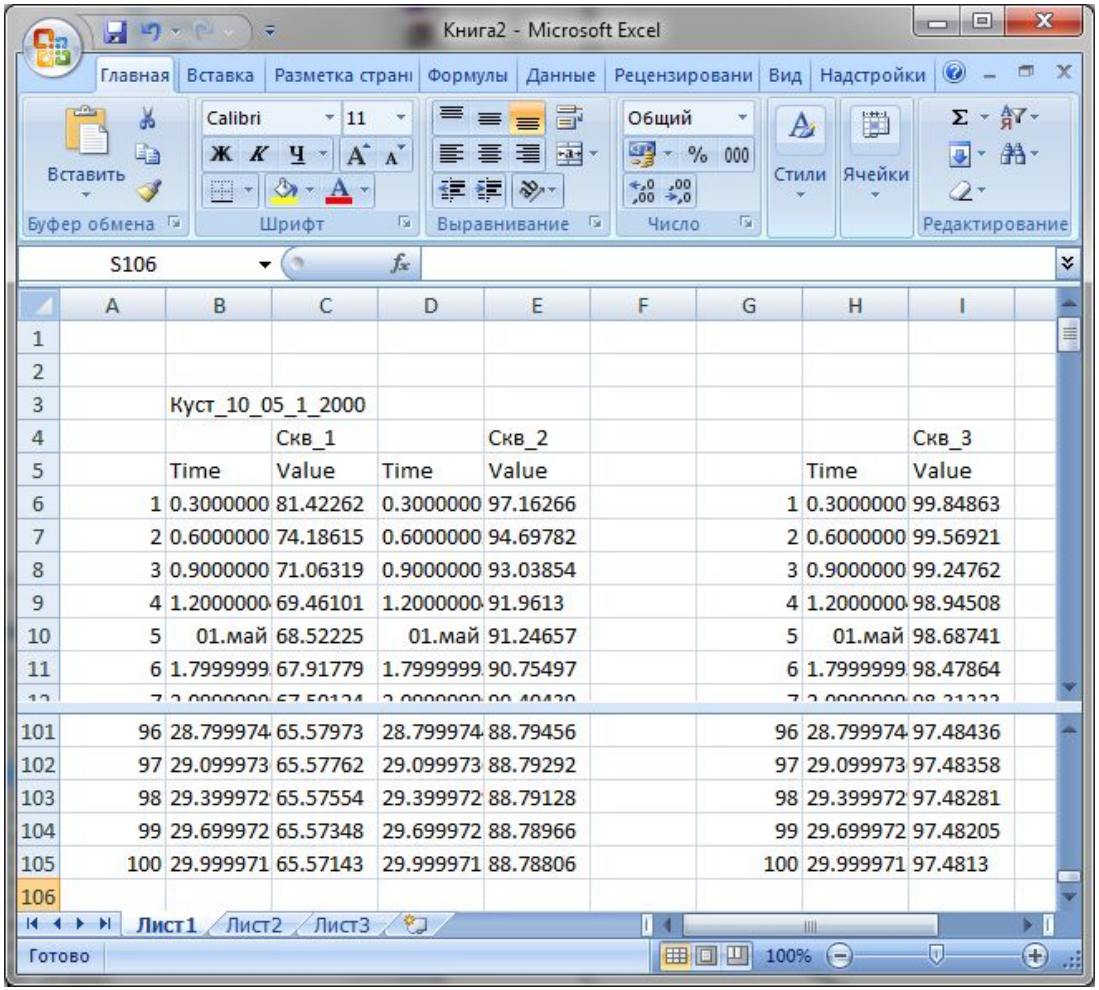
- наименование столбцов значений уровней по наблюдательным скважинам;
- наименование очередного набора данных;
- удаление лишних столбцов с замерами времени;
- замена разделителей пробной части чисел с точки на запятую;
- проверка данных на однородность числового типа, исключение случайных текстовых переменных;
- построение индикаторных графиков откачки;
- пересчет напоров в величины глубин залегания уровней подземных вод

Результат наименования столбцов таблицы данных замеров уровней



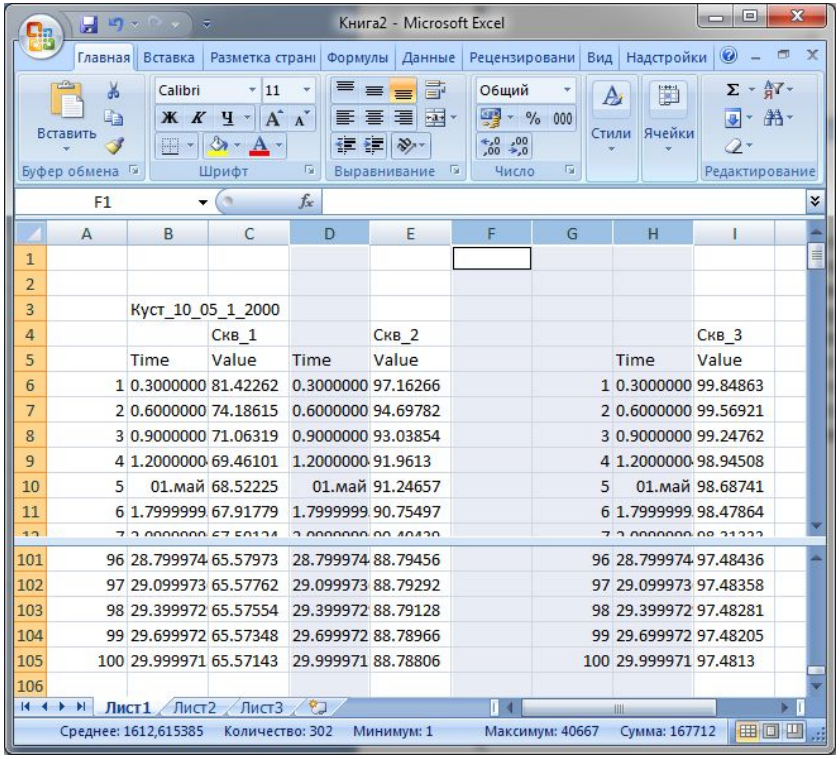
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
4			Скв_1		Скв_2				Скв_3
5		Time	Value	Time	Value			Time	Value
6	1	0.3000000	81.42262	0.3000000	97.16266		1	0.3000000	99.84863
7	2	0.6000000	74.18615	0.6000000	94.69782		2	0.6000000	99.56921
8	3	0.9000000	71.06319	0.9000000	93.03854		3	0.9000000	99.24762
9	4	1.2000000	69.46101	1.2000000	91.9613		4	1.2000000	98.94508
10	5	01.май	68.52225	01.май	91.24657		5	01.май	98.68741
11	6	1.7999999	67.91779	1.7999999	90.75497		6	1.7999999	98.47864
101	96	28.799974	65.57973	28.799974	88.79456		96	28.799974	97.48436
102	97	29.099973	65.57762	29.099973	88.79292		97	29.099973	97.48358
103	98	29.399972	65.57554	29.399972	88.79128		98	29.399972	97.48281
104	99	29.699972	65.57348	29.699972	88.78966		99	29.699972	97.48205
105	100	29.999971	65.57143	29.999971	88.78806		100	29.999971	97.4813

Результат наименования набора данных по наблюдательным скважинам

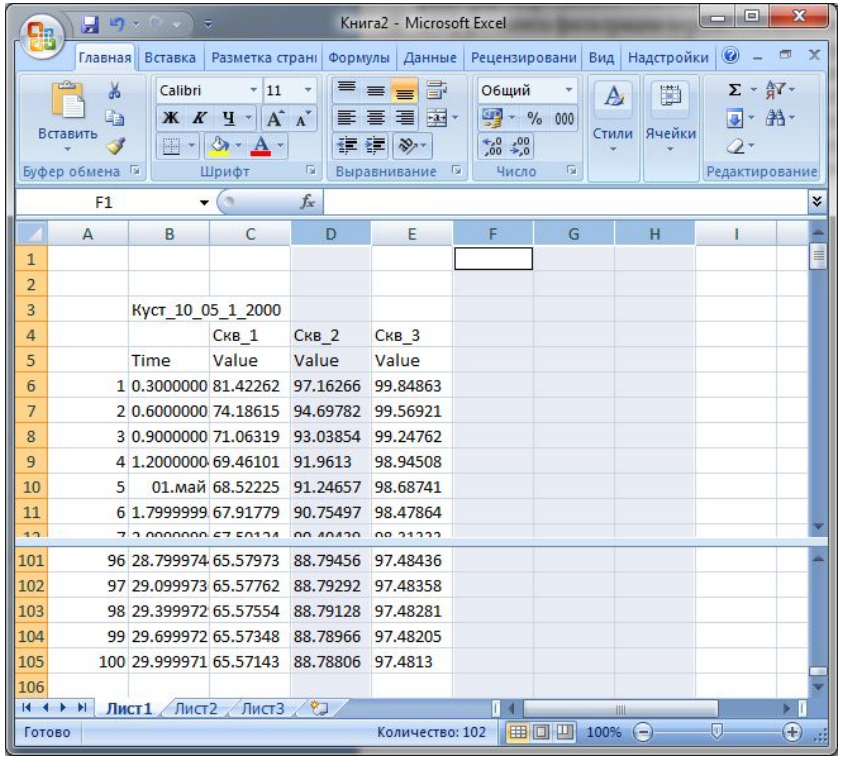


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		Куст_10_05_1_2000							
4			Скв_1		Скв_2				Скв_3
5		Time	Value	Time	Value			Time	Value
6	1	0.3000000	81.42262	0.3000000	97.16266		1	0.3000000	99.84863
7	2	0.6000000	74.18615	0.6000000	94.69782		2	0.6000000	99.56921
8	3	0.9000000	71.06319	0.9000000	93.03854		3	0.9000000	99.24762
9	4	1.2000000	69.46101	1.2000000	91.9613		4	1.2000000	98.94508
10	5	01.май	68.52225	01.май	91.24657		5	01.май	98.68741
11	6	1.7999999	67.91779	1.7999999	90.75497		6	1.7999999	98.47864
12	7	2.0000000	67.50124	2.0000000	90.40420		7	2.0000000	98.21222
101	96	28.799974	65.57973	28.799974	88.79456		96	28.799974	97.48436
102	97	29.099973	65.57762	29.099973	88.79292		97	29.099973	97.48358
103	98	29.399972	65.57554	29.399972	88.79128		98	29.399972	97.48281
104	99	29.699972	65.57348	29.699972	88.78966		99	29.699972	97.48205
105	100	29.999971	65.57143	29.999971	88.78806		100	29.999971	97.4813
106									

Подготовка к удалению (а), использована клавиша Ctrl для выделения несмежных диапазонов ячеек, и результат удаления лишних столбцов (б)

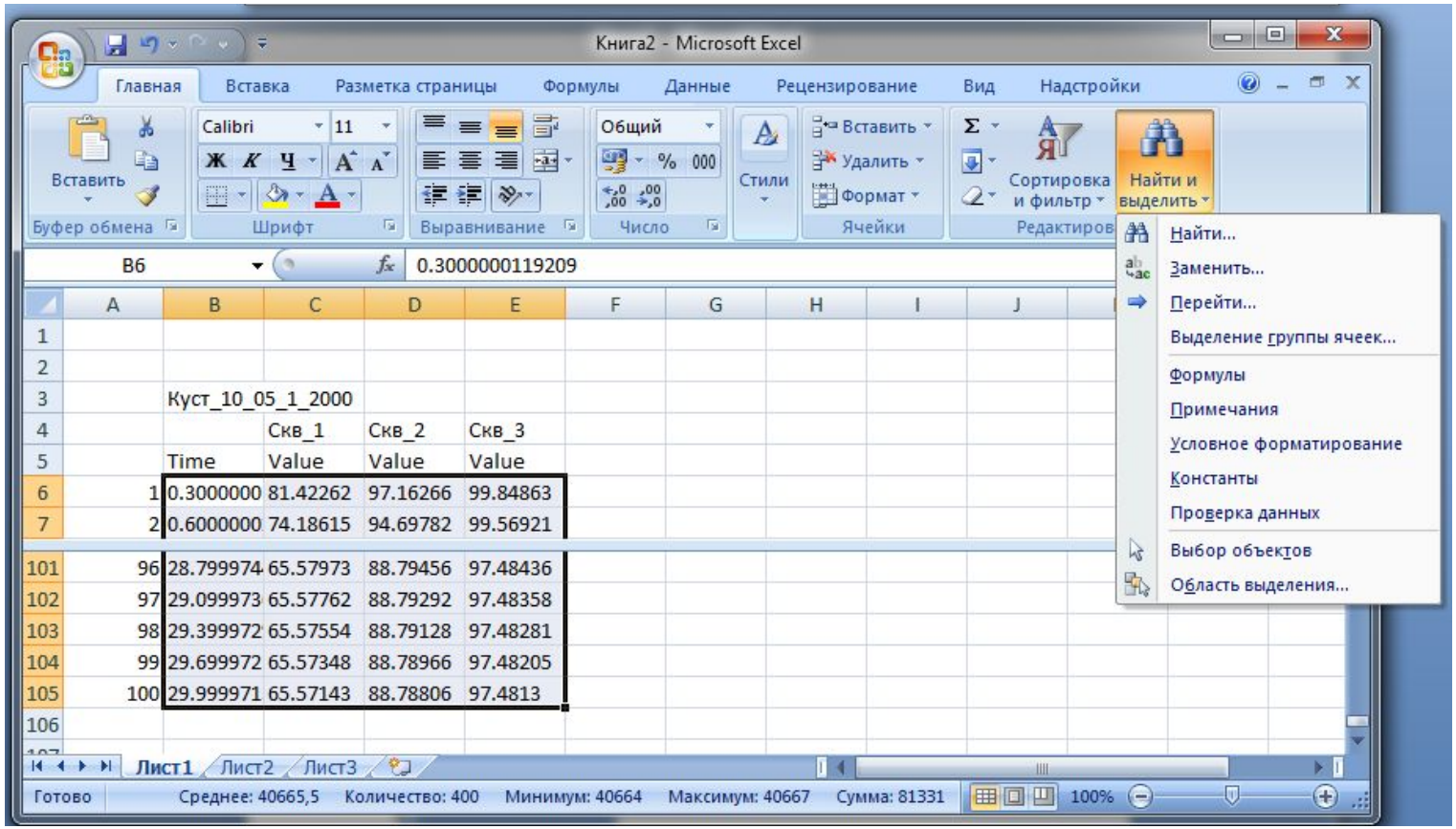


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
3		Куст_10_05_1_2000							
4			Скв_1		Скв_2				Скв_3
5		Time	Value	Time	Value			Time	Value
6	1	0.3000000	81.42262	0.3000000	97.16266		1	0.3000000	99.84863
7	2	0.6000000	74.18615	0.6000000	94.69782		2	0.6000000	99.56921
8	3	0.9000000	71.06319	0.9000000	93.03854		3	0.9000000	99.24762
9	4	1.2000000	69.46101	1.2000000	91.9613		4	1.2000000	98.94508
10	5	01.май	68.52225	01.май	91.24657		5	01.май	98.68741
11	6	1.7999999	67.91779	1.7999999	90.75497		6	1.7999999	98.47864
101	96	28.799974	65.57973	28.799974	88.79456		96	28.799974	97.48436
102	97	29.099973	65.57762	29.099973	88.79292		97	29.099973	97.48358
103	98	29.399972	65.57554	29.399972	88.79128		98	29.399972	97.48281
104	99	29.699972	65.57348	29.699972	88.78966		99	29.699972	97.48205
105	100	29.999971	65.57143	29.999971	88.78806		100	29.999971	97.4813

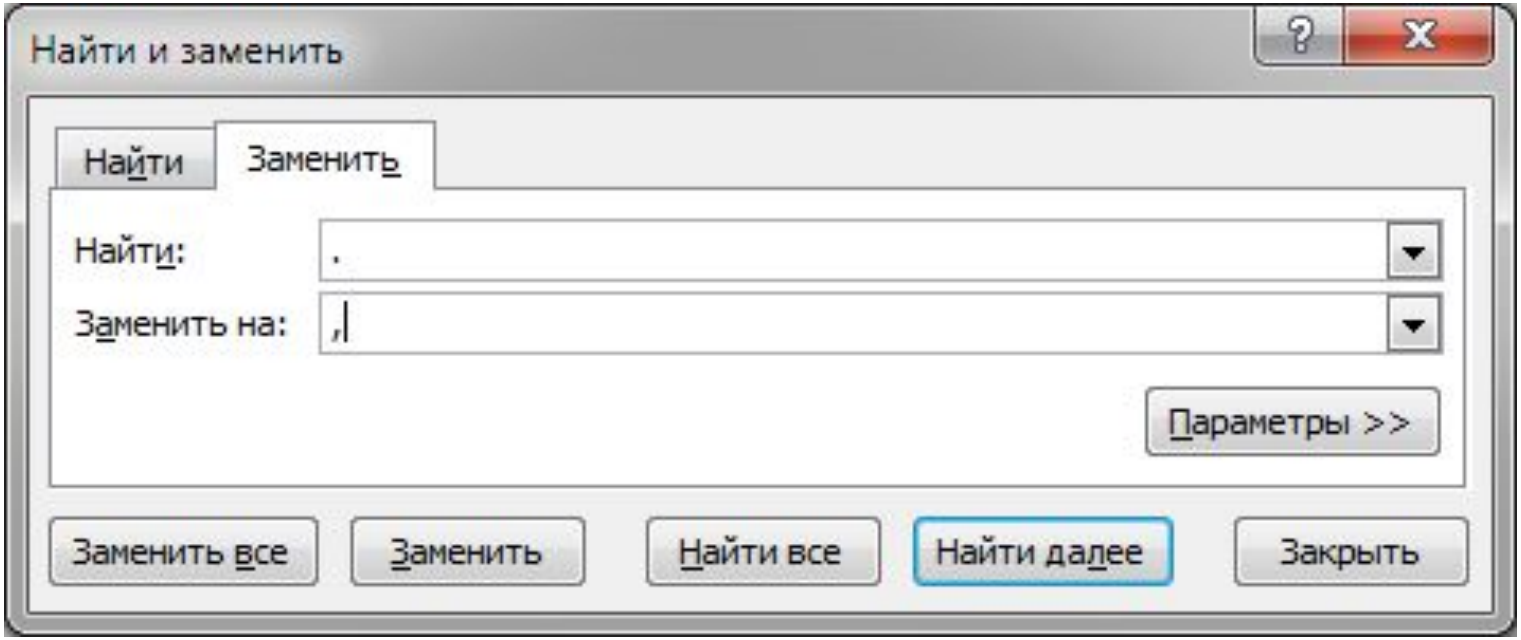


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
3		Куст_10_05_1_2000							
4			Скв_1	Скв_2	Скв_3				
5		Time	Value	Value	Value				
6	1	0.3000000	81.42262	97.16266	99.84863				
7	2	0.6000000	74.18615	94.69782	99.56921				
8	3	0.9000000	71.06319	93.03854	99.24762				
9	4	1.2000000	69.46101	91.9613	98.94508				
10	5	01.май	68.52225	91.24657	98.68741				
11	6	1.7999999	67.91779	90.75497	98.47864				
101	96	28.799974	65.57973	88.79456	97.48436				
102	97	29.099973	65.57762	88.79292	97.48358				
103	98	29.399972	65.57554	88.79128	97.48281				
104	99	29.699972	65.57348	88.78966	97.48205				
105	100	29.999971	65.57143	88.78806	97.4813				

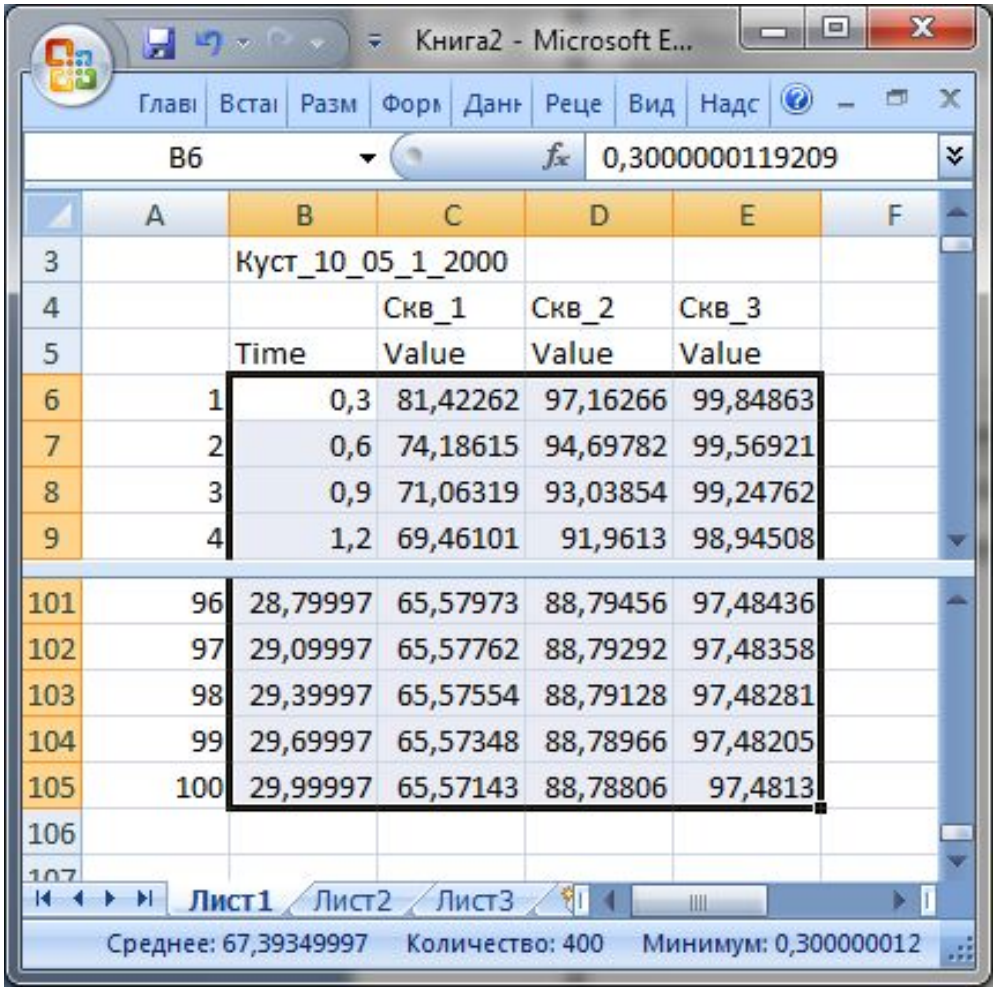
Подготовка (выделение) диапазона ячеек к замене разделителя дробной части чисел.
Активно окно выбора инструмента замены



Настройка инструмента замены на изменение точки на запятую



Результат замены разделителя дробной части чисел



Книга2 - Microsoft E...

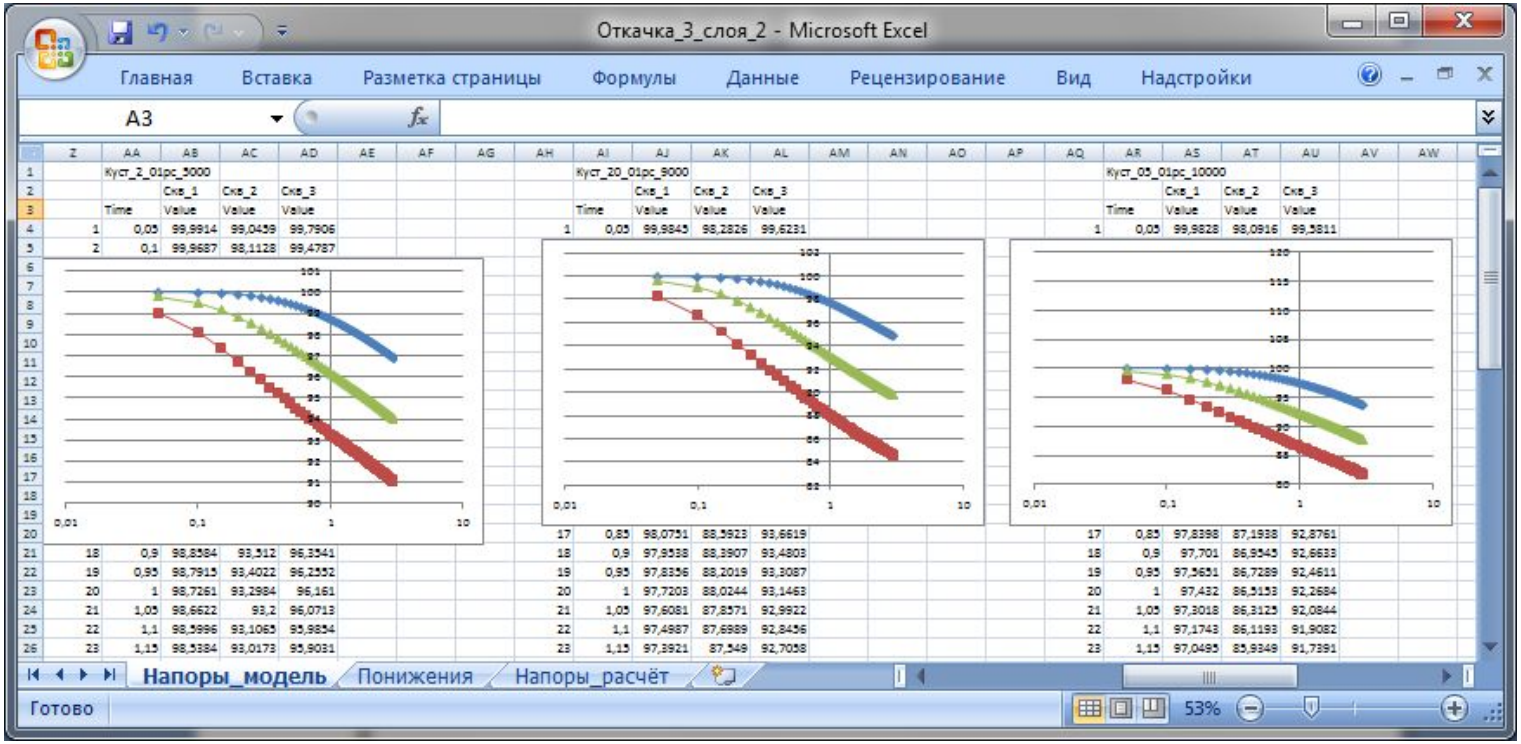
B6 | 0,3000000119209

	A	B	C	D	E	F
3		Куст_10_05_1_2000				
4			Скв_1	Скв_2	Скв_3	
5		Time	Value	Value	Value	
6	1	0,3	81,42262	97,16266	99,84863	
7	2	0,6	74,18615	94,69782	99,56921	
8	3	0,9	71,06319	93,03854	99,24762	
9	4	1,2	69,46101	91,9613	98,94508	
101	96	28,79997	65,57973	88,79456	97,48436	
102	97	29,09997	65,57762	88,79292	97,48358	
103	98	29,39997	65,57554	88,79128	97,48281	
104	99	29,69997	65,57348	88,78966	97,48205	
105	100	29,99997	65,57143	88,78806	97,4813	
106						

Лист1 Лист2 Лист3

Среднее: 67,39349997 Количество: 400 Минимум: 0,300000012

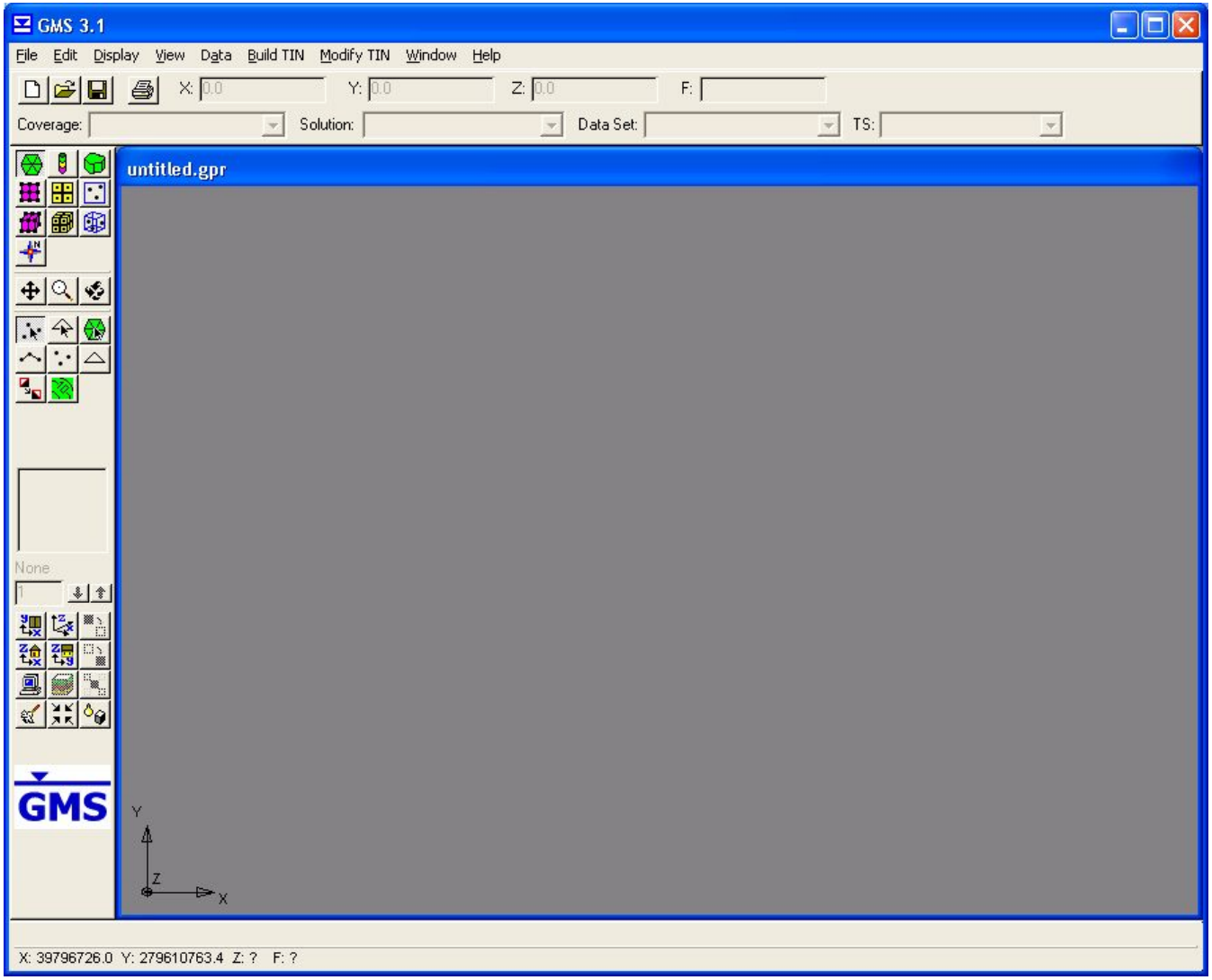
Индикаторные графики откачек в общей базе данных (фрагмент)



Разработка численной гидродинамической модели

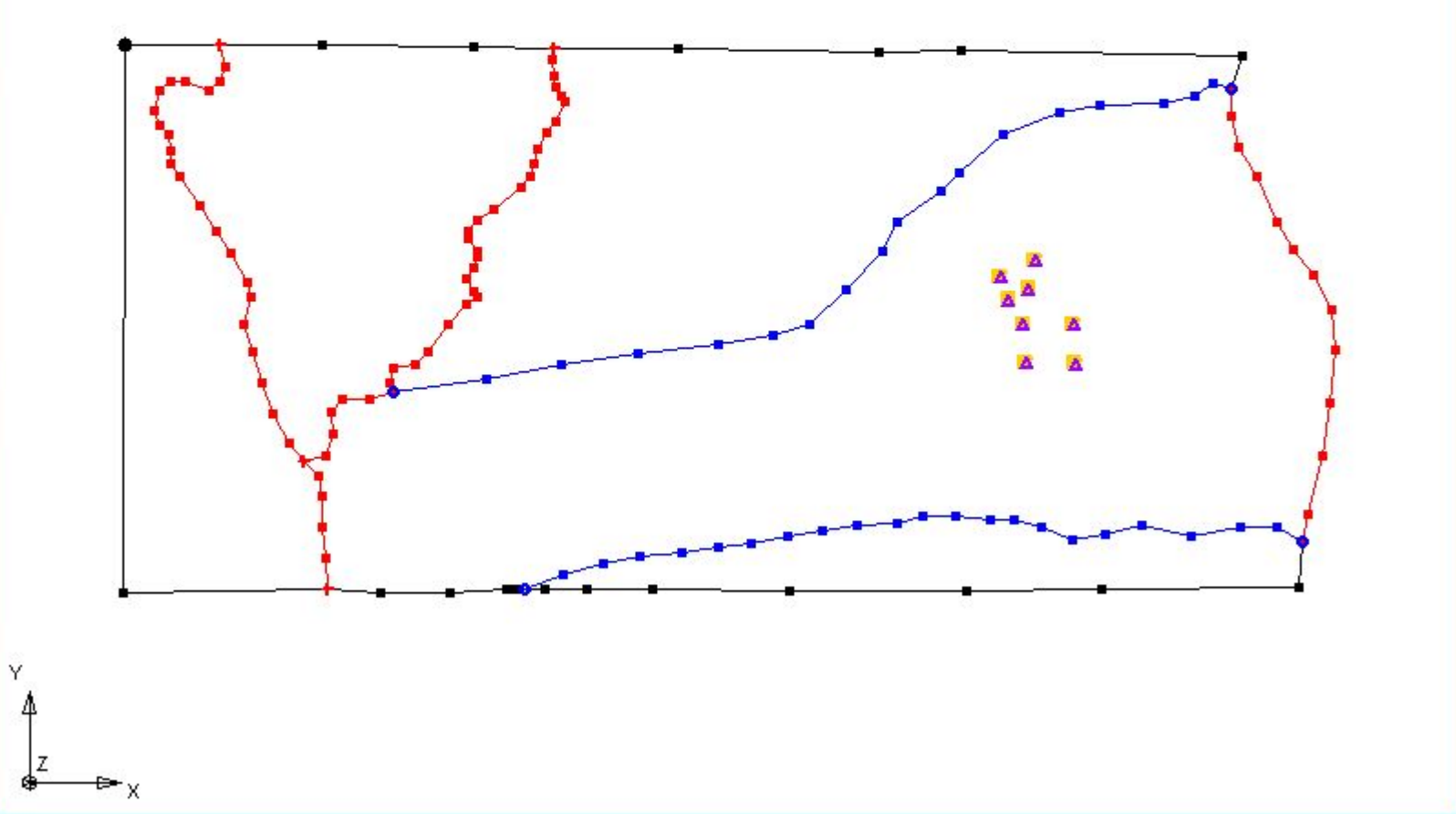
Создание численной гидродинамической модели с использованием покрытий, т.е. специальных электронных слоев для задания параметров (идеология концептуальной модели)

Главное окно программного комплекса

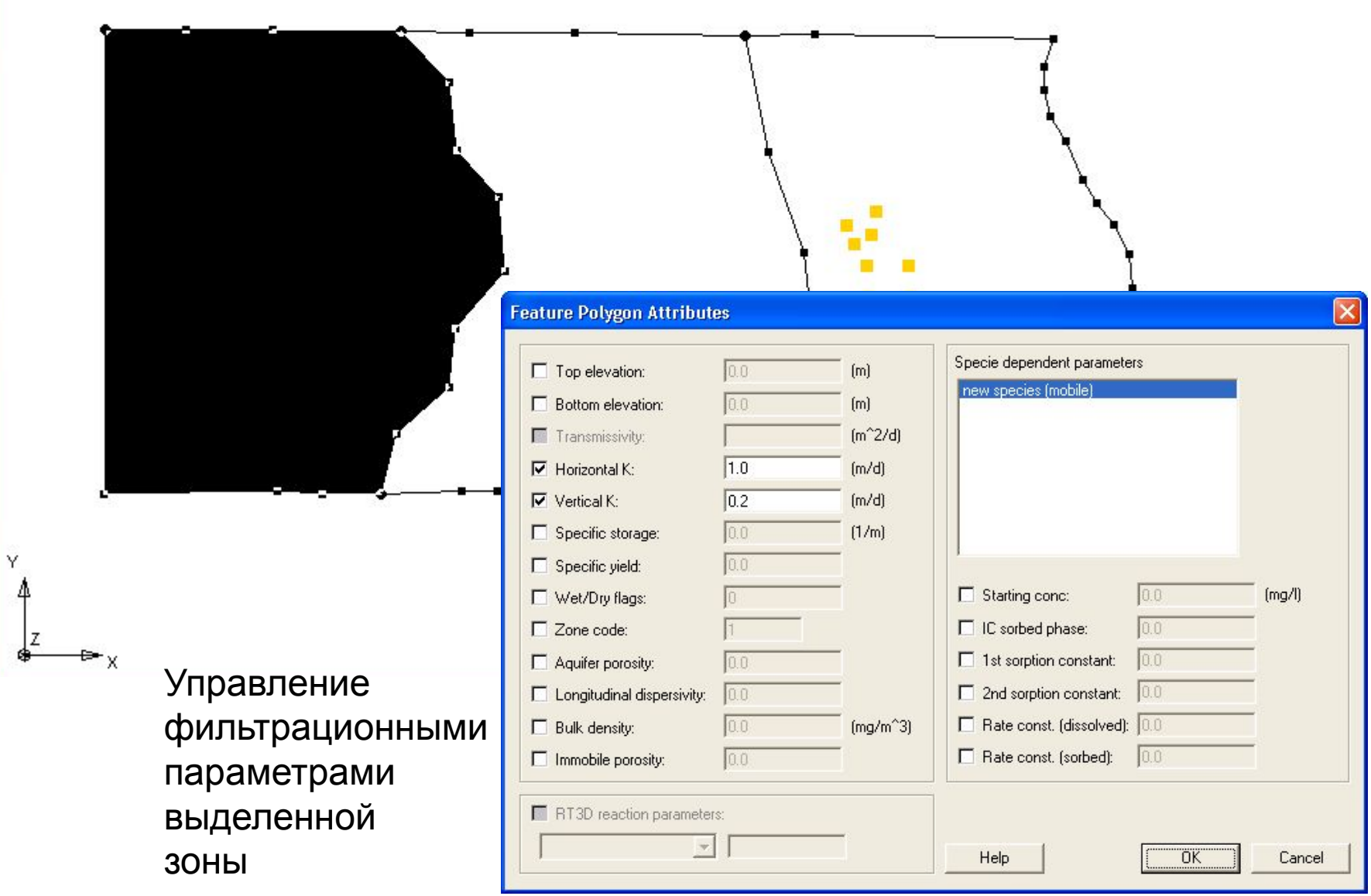


Режим задания граничных условий

Границы первого рода
Реки
Скважины
Непроницаемые границы

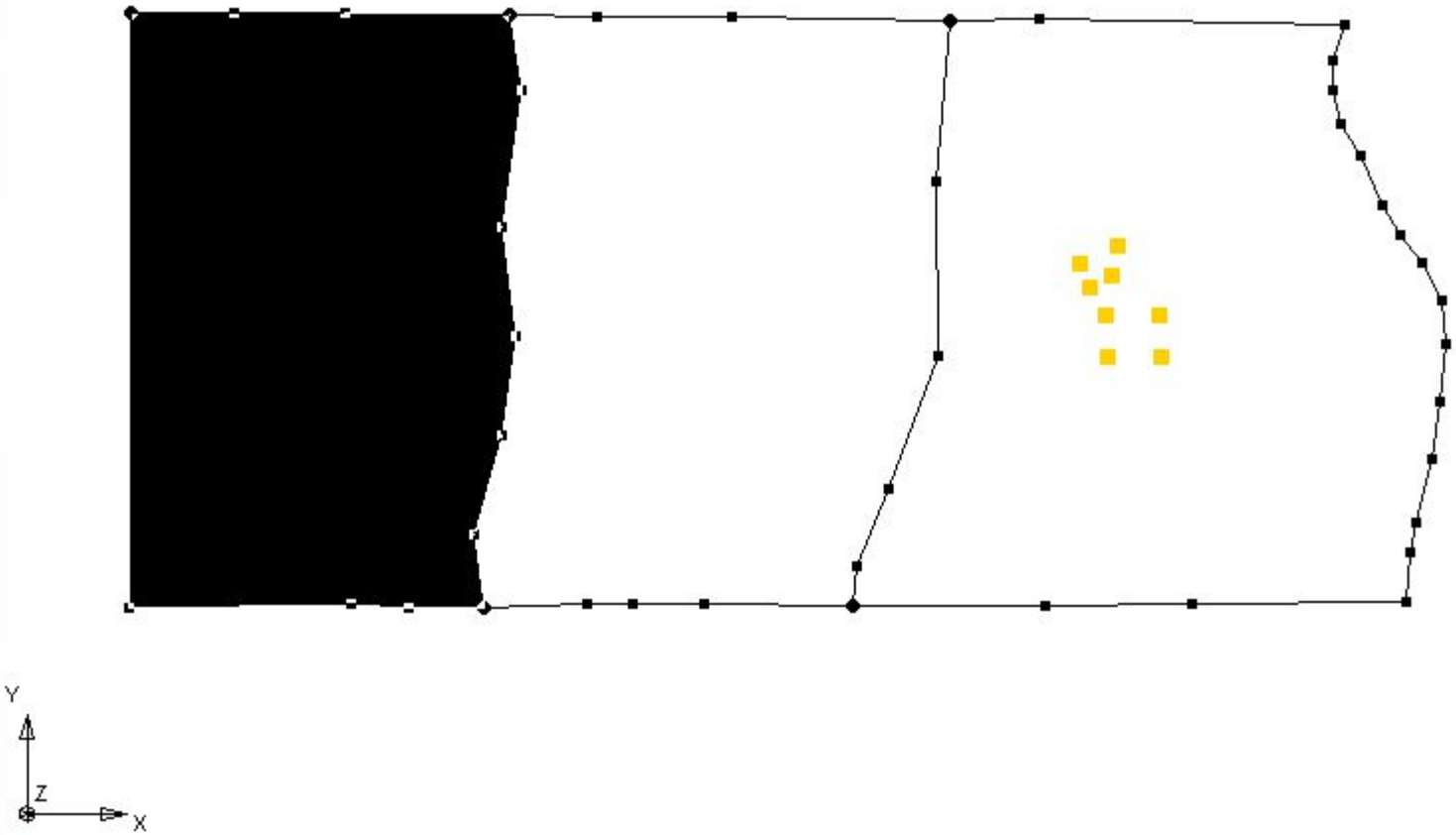


Режим задания фильтрационной неоднородности для слоя №1

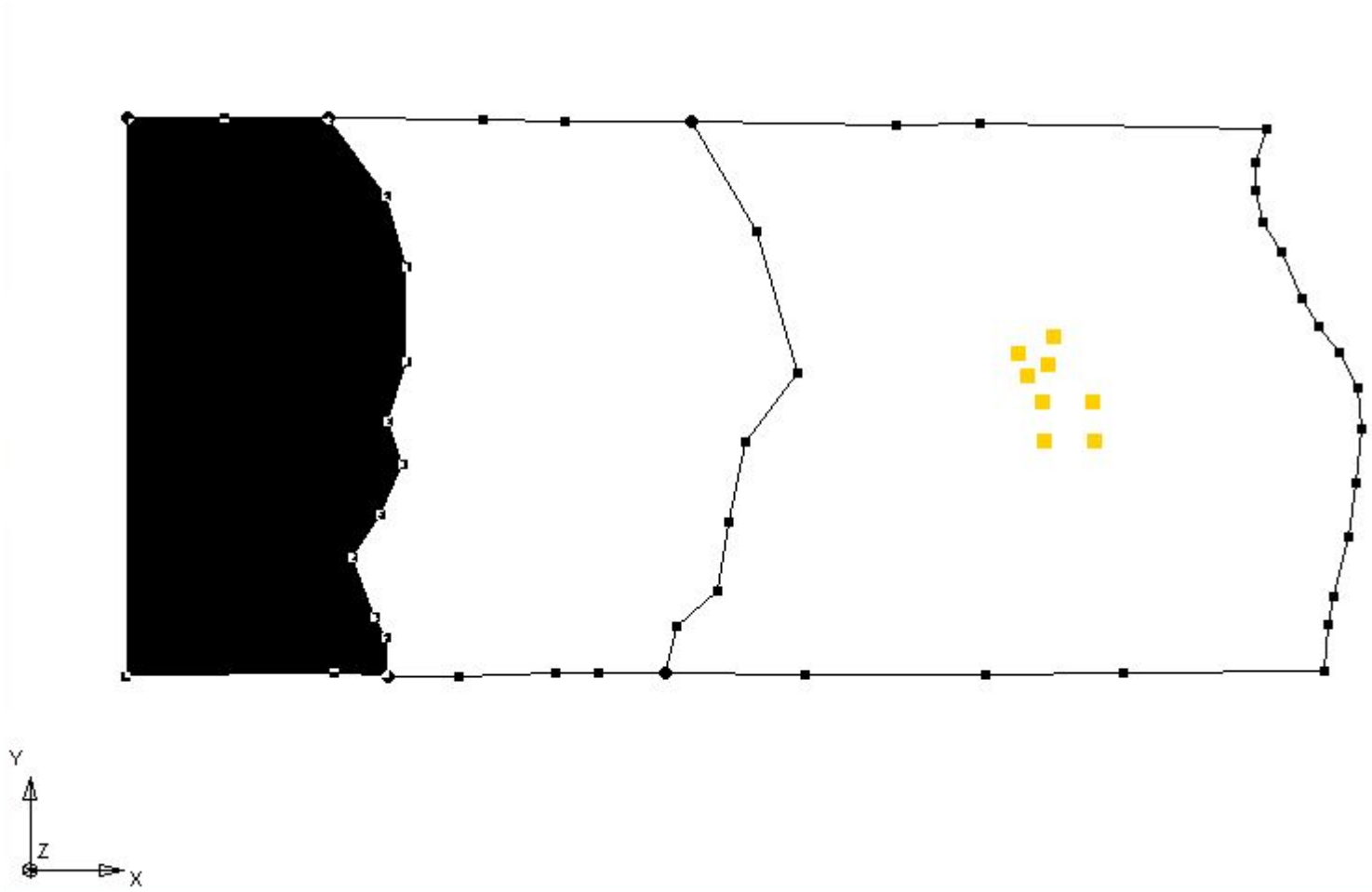


Управление фильтрационными параметрами выделенной зоны

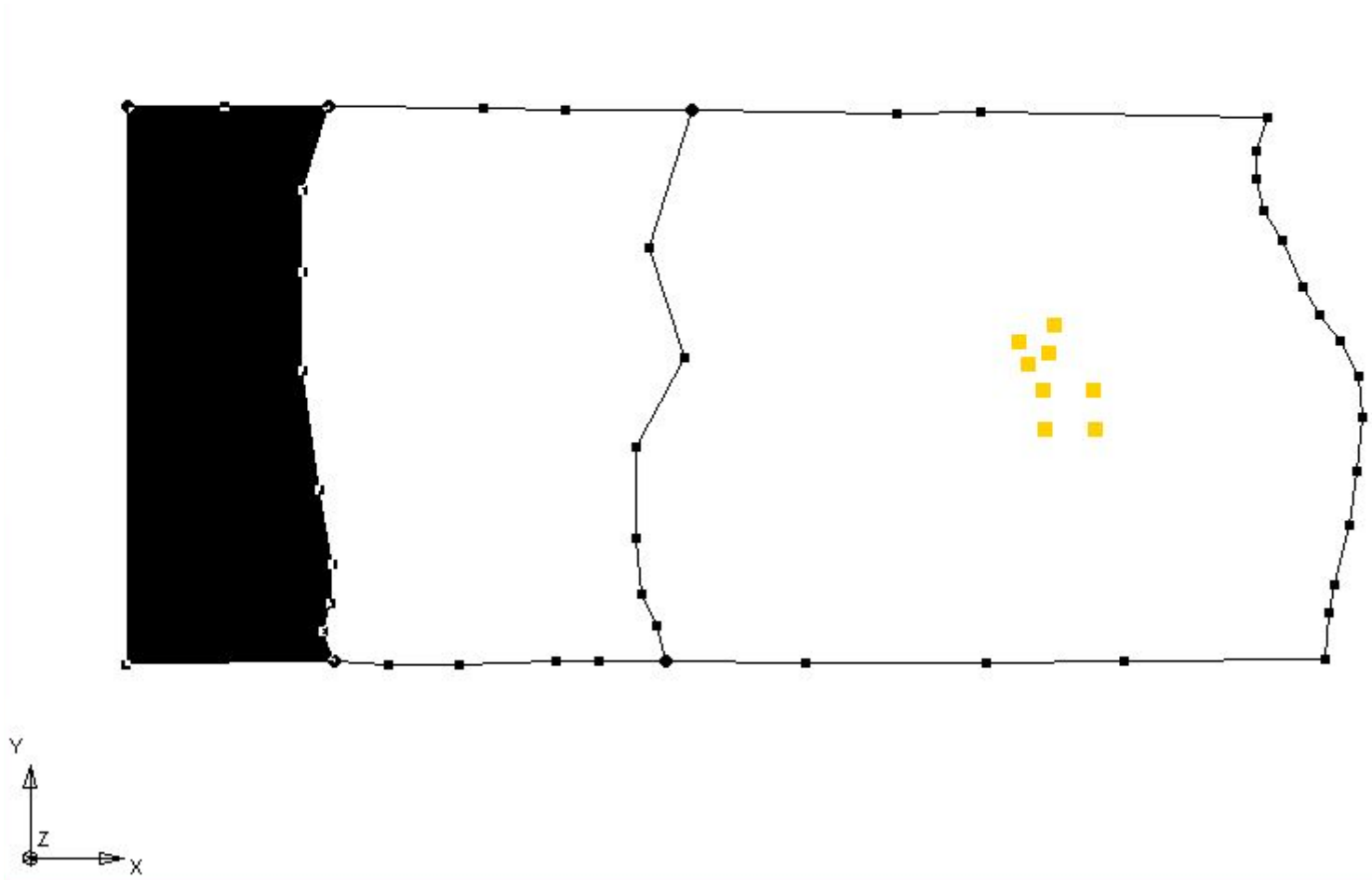
Режим задания фильтрационной неоднородности для слоя №2



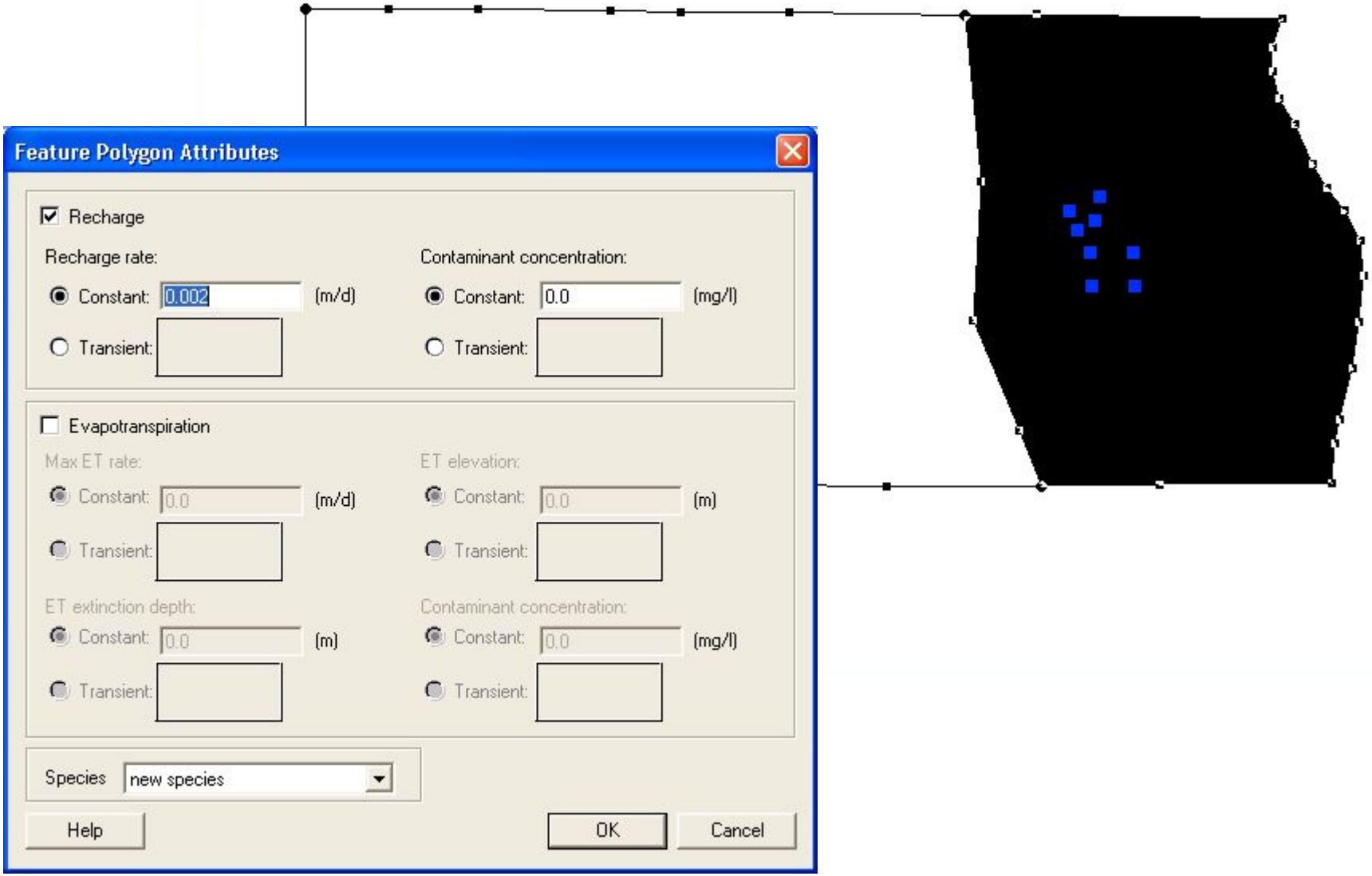
Режим задания фильтрационной неоднородности для слоя №3



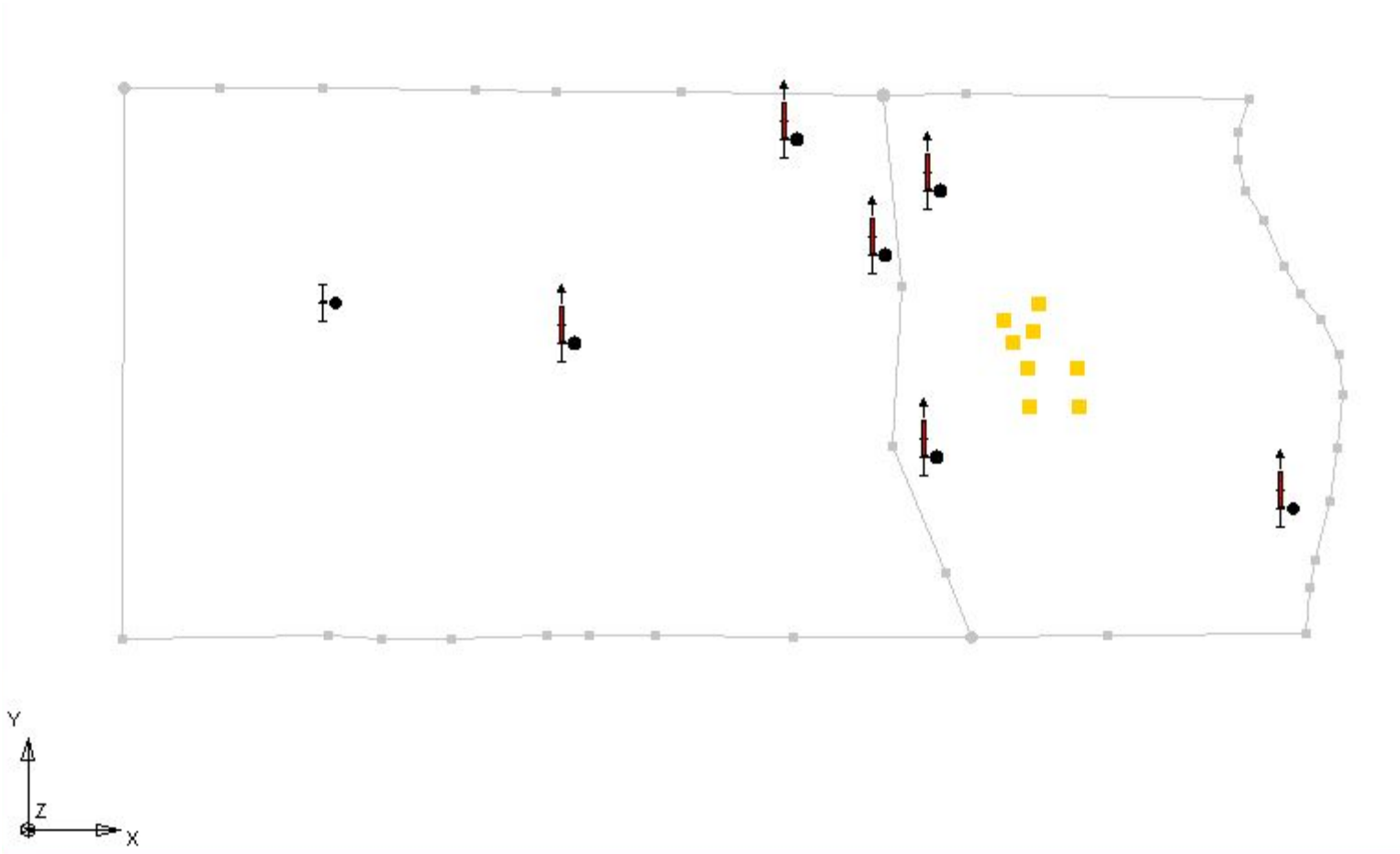
Режим задания фильтрационной неоднородности для слоя №4



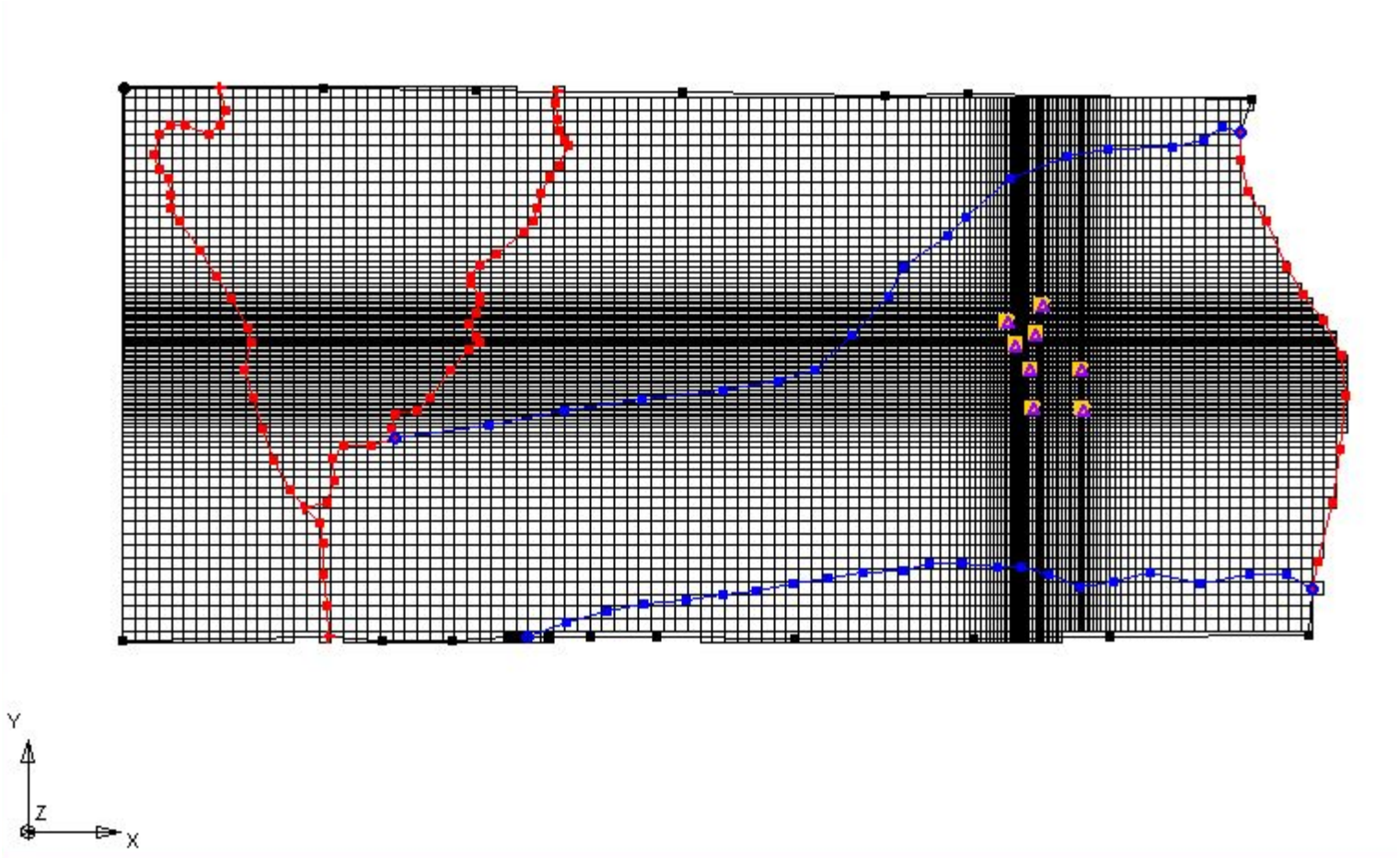
Режим задания зон неоднородности инфильтрационного питания



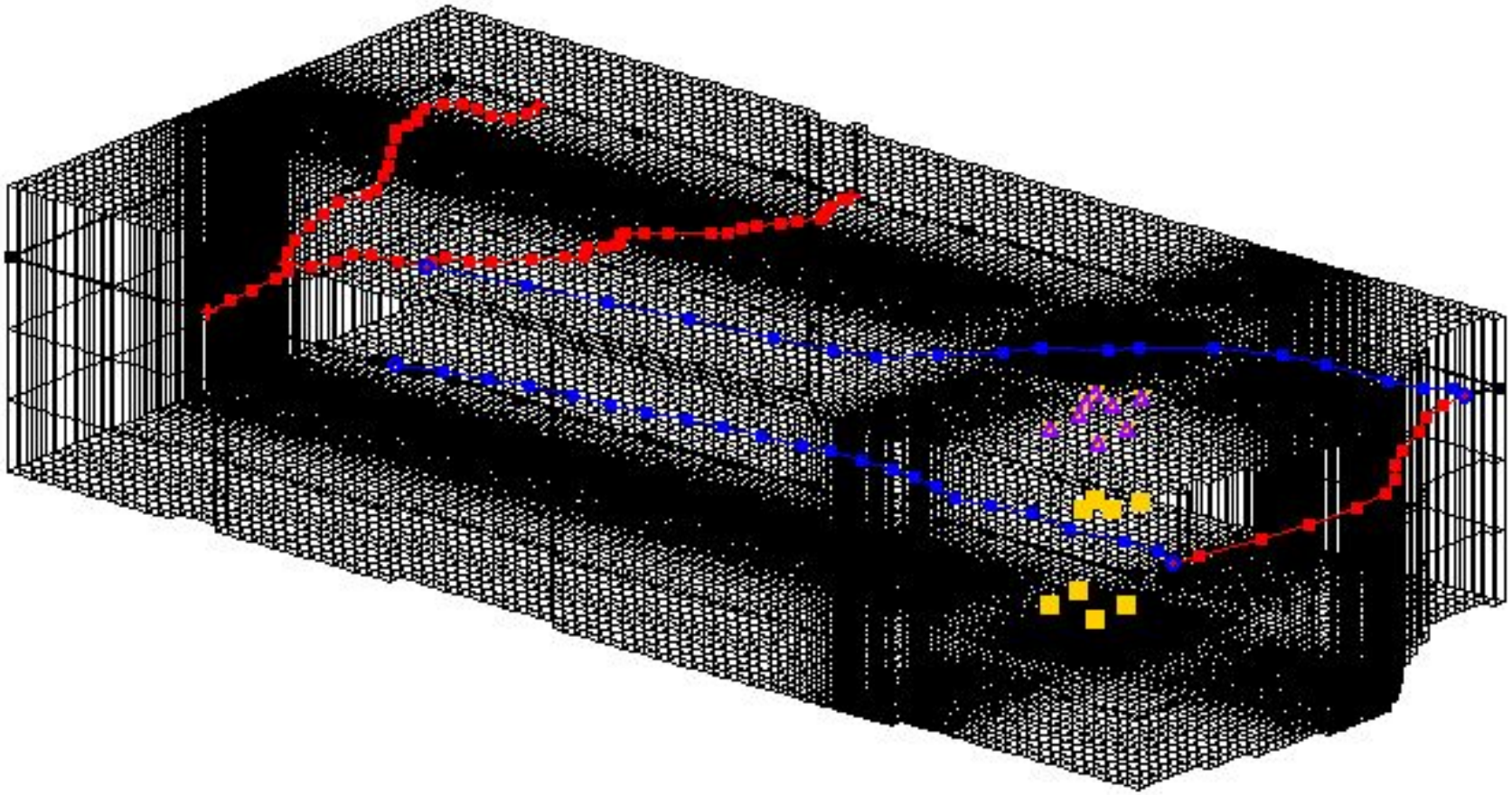
Режим задания наблюдательных скважин

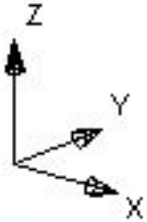


Конечно-разностная сетка области фильтрации, построенная в автоматизированном режиме (план)



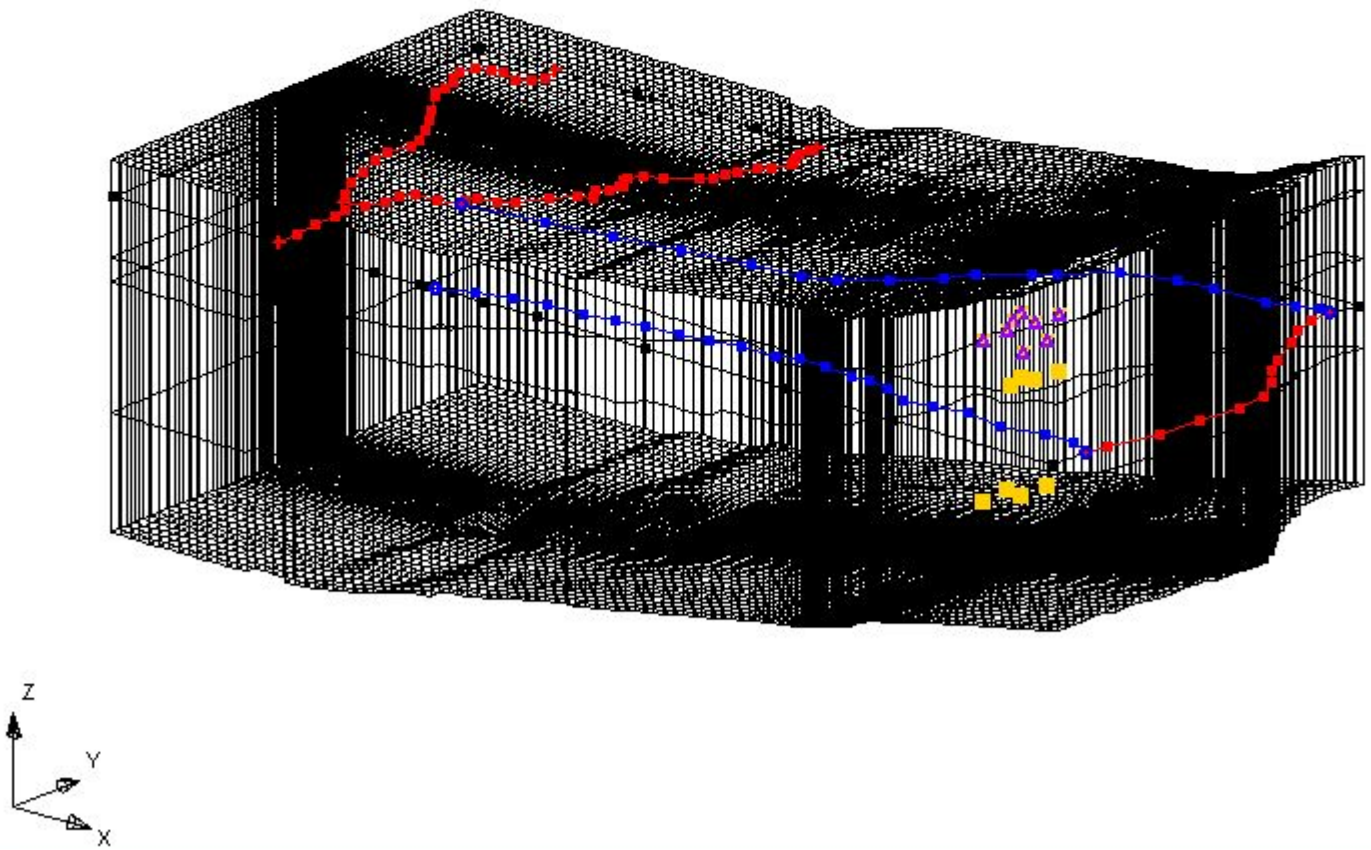
Пространственное представление конечно-разностной сетки области фильтрации в обычном представлении





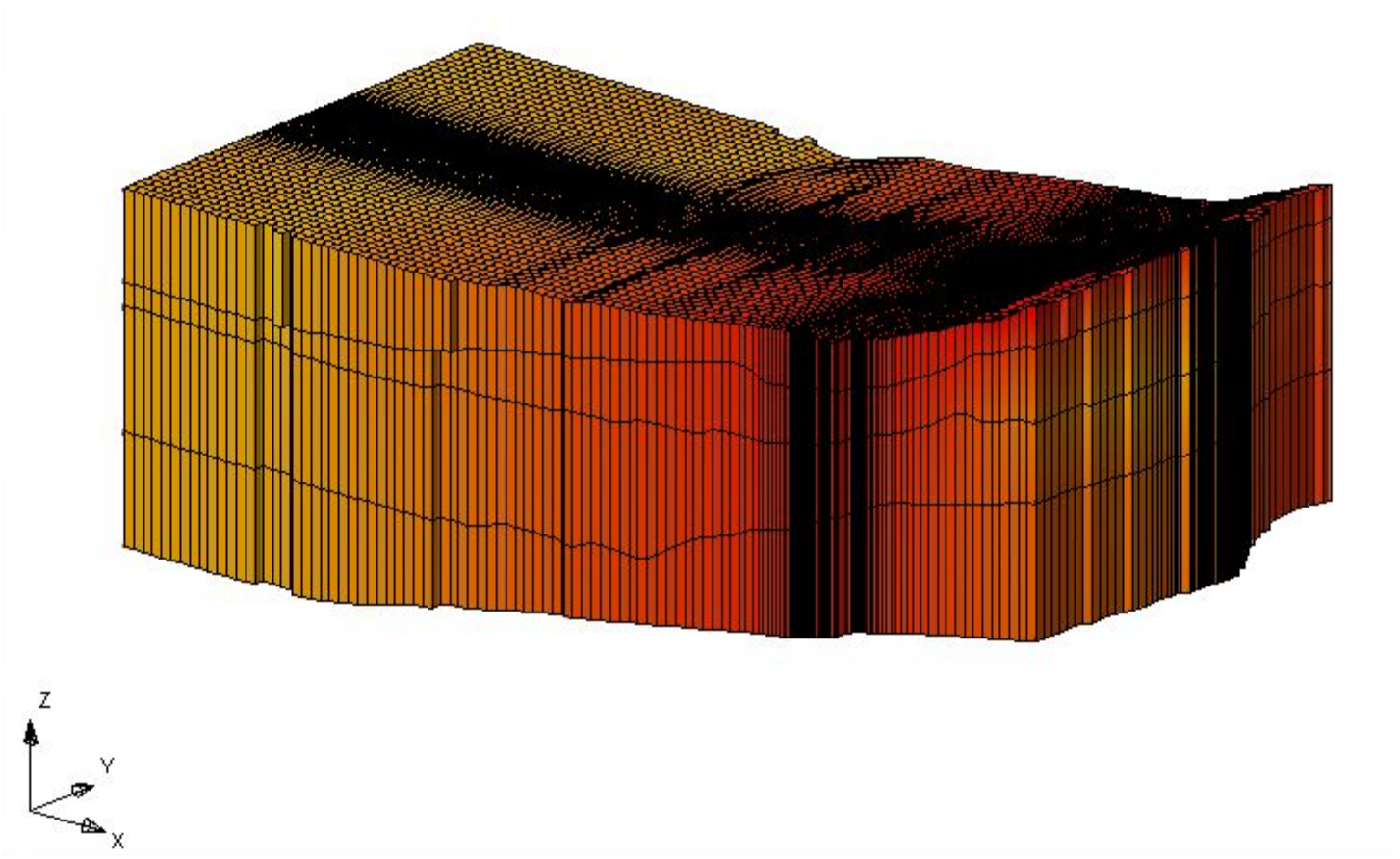
Конечно-разностная сетка

Пространственное представление конечно-разностной сетки области фильтрации в виде реалистичного представления слоистой толщи

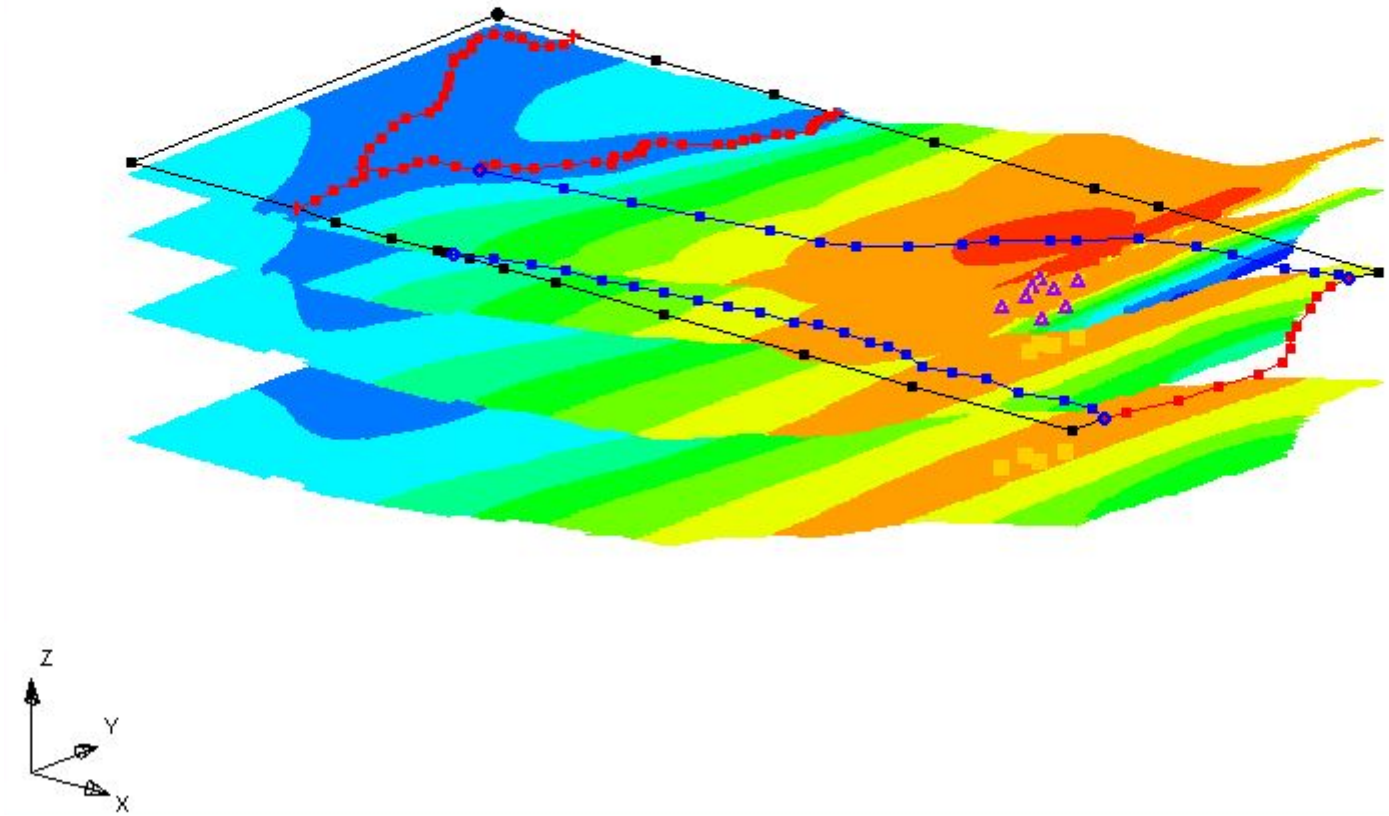


Конечно-разностная сетка

Пространственное представление конечно-разностной сетки области фильтрации в виде реалистичного представления слоистой толщи



Результат решения нестационарной задачи.
Пространственное представление поля напоров



Особенности программного комплекса ***Groundwater Modeling System***:

В состав программного комплекса входит большой набор вспомогательных средств для гибкого управления всеми элементами численной модели от наборов исходных данных и картографического материала до управления отладкой, процессом решения и постпроцессорной обработки результатов моделирования;

Программный комплекс использует для решения балансовых конечно-разностных уравнений два главных решающих модуля MODFLOW 96-базовый и MODFLOW 2000- с расширенными возможностями учёта сложных граничных условий, которые не только являются признанными мировым стандартами в решении прогнозных гидродинамических задач, но и используются в других программных комплексах гидродинамического моделирования;

Применение программного комплекса не вызывает вопросов по выбору программного обеспечения для решения прогнозных задач;

Большой набор относительно самостоятельных модулей требует грамотного комплектования пакета программ при приобретении