

2. Описание системы моделирования перемещения поллютантов р. Туул, Орхон и Селенга в программе HEC-RAS

2.1 Подготовка геометрических данных

Подготовка расчетной модели включает два основных этапа: работа в программном комплексе HEC-GeoRAS (подготовка геометрических данных) и работа в основной программе HEC-RAS.

К основным геометрическим данным относятся:

- схемы русловой сети;
- данные о размерах и форме поперечного сечения потоков;
- длины участков;
- коэффициенты сопротивления (для расчета потерь энергии на преодоление сил трения и потерь при сжатии или расширении потока)
- информация о слиянии (разделении) потоков.

Подготовка входных геометрических данных производится в программном комплексе ArcGIS при помощи встроенной в него функции HEC-GeoRAS.

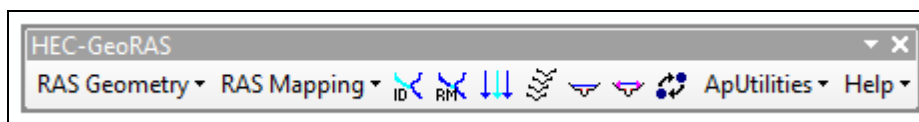


Рисунок 2.1 Интерфейс программы HEC-GeoRAS

Для создания файла с геометрической информацией, в последствие используемого в программном комплексе HEC-RAS, необходимо последовательно создать и наполнить информацией различные слои (RAS layers). Встроенная функция позволяет автоматически создавать эти файлы с разрешением .shp с определенными атрибутами внутри них. Процесс заполнения атрибутивной таблицы заключается в считывании программой необходимых ей данных с ЦМР (цифровой модели рельефа).

Наиболее важными файлами являются: центральная линия (stream centerline), береговые линии (bank lines), точки уреза (bank points), линии направления течения (flow path centerlines), поперечные профили (xs cut lines), информация о шероховатости русла (landuse areas).

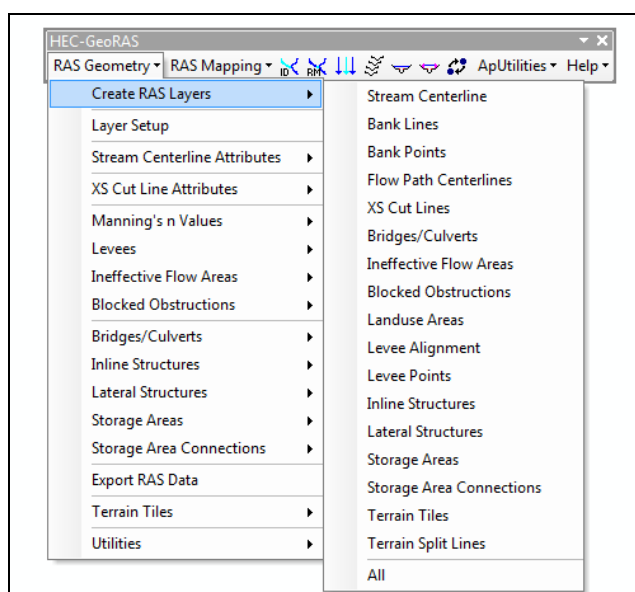


Рисунок 2.2 Создание слоев в программе HEC-GeoRAS

Первый шаг подготовки входной геометрии заключается в создании центральной линии, она необходима для идентификации речной сети. Центральная линия, как и большинство подготавливаемых файлов, проводится в обязательном порядке от верхней границы моделируемого участка к нижней (по течению). Затем дается название реки и название участка (функция ID), это особенно необходимо для приточного модельного участка, когда на месте впадения притока участок реки делится на отдельные её части. Следующий шаг – получение из центральной линии 3D линию, т.е. продольный профиль

моделируемого участка реки, для этого используется функция «Stream centerline attributes».

Затем по тому же принципу, как и в случае центральной линии, проводятся береговые линии. Точки, обозначающие урезы русла, считываются автоматически на месте пересечения поперечных профилей и береговых линий.

Линии направления течения необходимы для расчётов прохождения высоких расходов воды при выходе потока на пойму. Эти линии проводятся также сверху вниз по течению, причем сначала необходимо провести левую, а затем правую линию.

Следующий шаг подготовки файла входной геометрии заключается в создании поперечных профилей. Именно поперечные профили являются ключевыми входными данными для программного комплекса HEC-RAS. Создаваемые поперечные профили должны полным образом отражать плановое очертание русла, а также все особенности рельефа поймы (ложбины, гривы и т.д.). Необходимо, чтобы поперечники захватывали всю пойму и в обязательном порядке должны проходить перпендикулярно к руслу реки, проводятся поперечные профили слева на право (смотря по течению). Поперечные сечения необходимо задавать на тех участках потока, где встречаются изменения расходов воды, уклонов, формы поперечного сечения русла или шероховатости, в местах начала или конца дамб, мостов, плотин и т.д. независимо от расстояний между сечениями. Расстояние между поперечными сечениями также является функцией длины потока, уклона и однородности формы поперечного сечения. Большие однородные реки с малыми уклонами обычно требуют наименьшего количества числа поперечных сечений на километр.

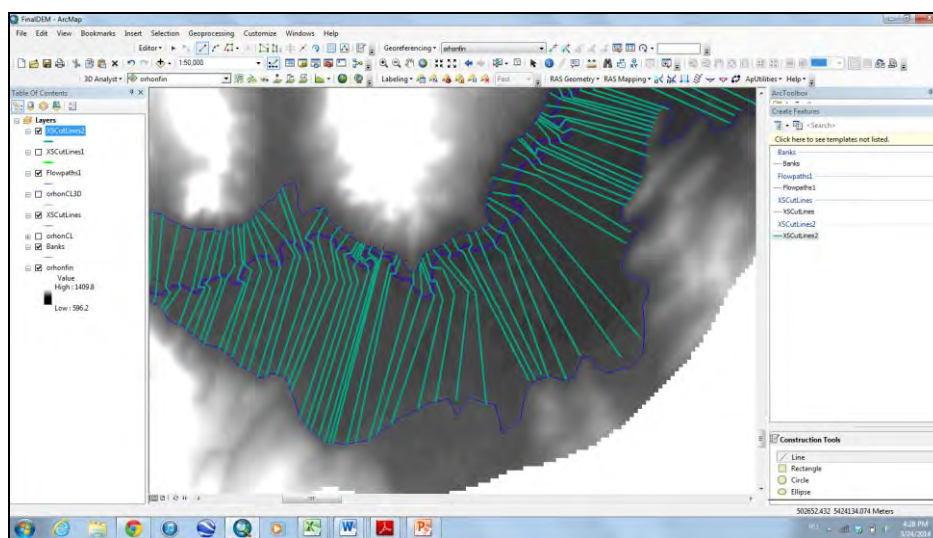


Рисунок 2.3 Создание поперечных профилей

Программный комплекс HEC-GeoRAS позволяет автоматически строить поперечные профили одной ширины через равное расстояние. Однако, применение этой функции возможно лишь для небольших прямолинейных модельных участков рек, с поймой одной ширины.

После создания поперечников, как и в случаи с другими файлами, их необходимо наполнить информацией. Каждому поперечнику дается номер, соответствующий расстоянию от нижней (по течению) границы участка, также считывается информация о точках урезов русла реки. Главным шагом подготовки поперечников является наполнение их информацией об абсолютных высотах. После этого шага мы имеем 3D профили, которые готовы к экспорту в HEC-RAS.

Последний необходимый шаг подготовки входных файлов – ввод информации о шероховатости русла и поймы. Для этого создаются полигины, их может быть любое количество, для каждого полигона задается своё значение коэффициента шероховатости.

Кроме того возможно добавление файлов с информацией о мостах, дамбах, возможно задание границ «мертвых» зон. Однако эта информация является дополнительной, но не обязательной.

После подготовки всех необходимых файлов файл с входной геометрией можно экспортировать в HEC-RAS (функция Export RAS Data).

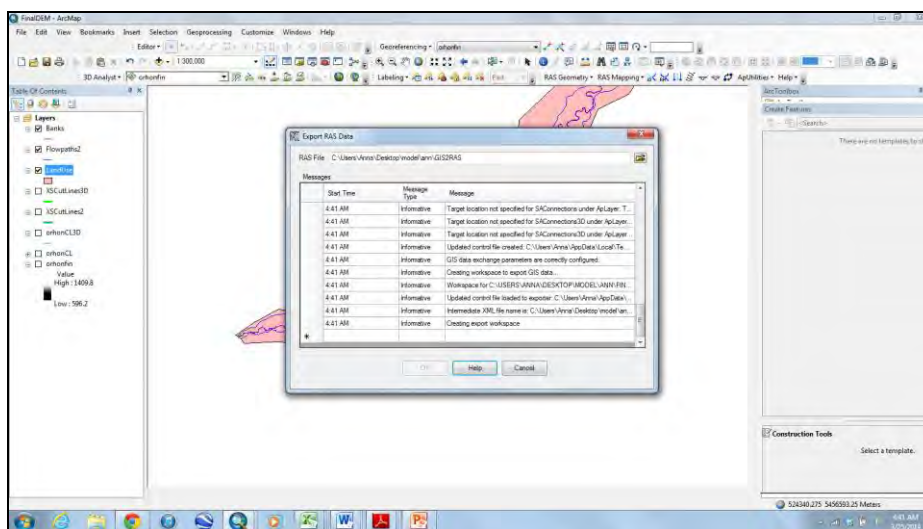


Рисунок 2.4 Окно экспорта данных в HEC-RAS

2.2 Основной этап создания модели

Для создания гидравлической модели и выполнения расчётов в программном комплексе HEC-RAS работа ведется в проектах. Проект представляет собой совокупность файлов на основе которых ведутся расчёты.

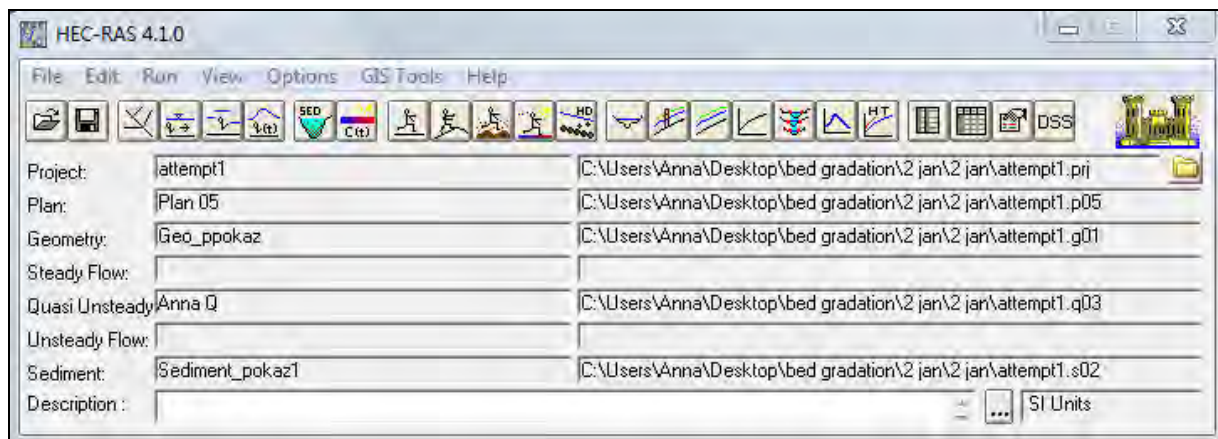


Рисунок 2.5 Интерфейс программы HEC-RAS

При запуске программы пользователь может открыть проект или создать новый (выпадающее меню «File»).

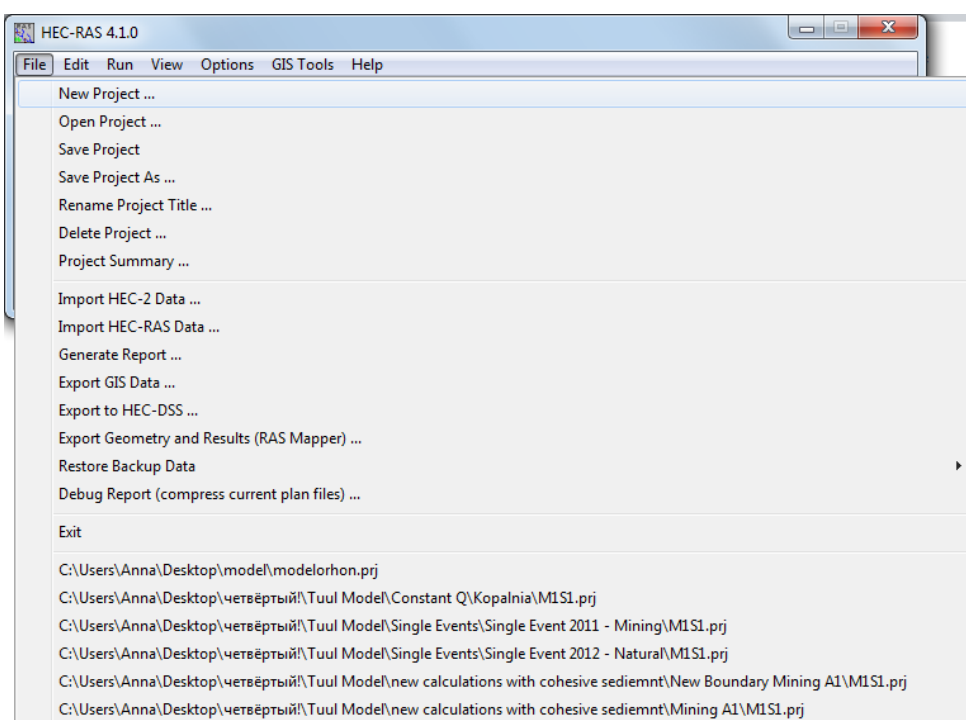


Рисунок 2.6 Окно работы с проектом (создание, открытие, сохранение и т.д.)

Проект включает в себя:

-файлы с разрешением .P01-.P99. Это планы, создающиеся автоматически при запуске расчётов;

-файлы запуска .R01-.R99. Они соотносятся с плановыми файлами, то есть файлу .P01 соответствует .R01. Файлы запуска также создаются автоматически при запуске расчётов.

-выходные файлы .O01-.O99, создаются автоматически после окончания расчётов

-файл геометрических данных .G01-.G99. Файл можно открыть, создать или экспортировать в окне Geometric Data

Для просмотра или добавления геометрических данных пользователь может нажать на третий в строке значок с изображением речной сети. Здесь же может происходить редактирование, как в целом параметров геометрических данных, так и в отдельности каждого поперечного профиля. Также здесь можно добавить дополнительные изображения (карты, снимки) для удобства работы пользователей.

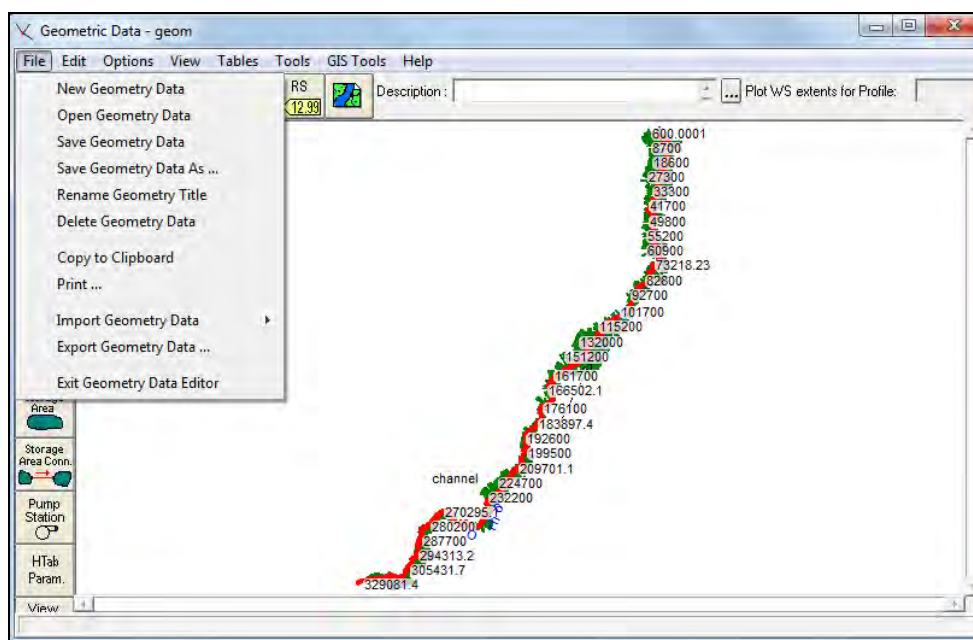


Рисунок 2.7 Геометрические данные

- файлы с гидрологическими данными для установившегося режима потока .F01-.F99, для неустановившегося .U01-.U99 и для квази-установившегося потока (.Q01-.Q99). Создаются в соответствующих окнах. Для работы с модулем транспорта наносов используется блок расчёта квази-установившегося движения воды. Для просмотра этих

данных можно нажать на значки с четвертого по шестой. Там задаются начальные и граничные условия для гидрологических данных.

-файлы с данными о наносах .S01-.S99. Они включают в себя данные о стоке воды, граничные условия и непосредственно характеристики наносов. Для их просмотра необходимо начать седьмой значок с изображением русла с наносами.

- файлы с характеристиками качества воды (.w01-.w99), как и предыдущие файлы, вводятся только при использовании соответствующих модулей. Следующий после данных о наносах значок.

После задания всех параметров и сохранения файлов в одном проекте, он сохраняется и при последующих запусках необходимо лишь открыть, как указано выше, проект.

После открытия проекта можно менять заданные параметры и характеристики, их сохранение происходит автоматически, перед закрытием проекта его необходимо сохранять.

Для запуска расчётов, в зависимости от используемого модуля, пользователь нажимает один из указанных ниже значков. Или же выполнить это через всплывающее окно "Run". Для модуля транспорта наносов используется третий значок.

Для просмотра результатов пользователь вызывает всплывающее меню "View". Для расчётов транспорта наносов пользователь имеет возможность посмотреть результаты распределения характеристик по времени и по пространству (sediment spatial plot, sediment time series plot)

Основные результаты расчета транспорта наносов включают:

- 1) общий расход наносов (в том числе с разделением по фракциям крупности), проходящий через каждое поперечное сечение, и
- 2) объем отложения (или размыва) наносов к каждому поперечному сечению, начиная с верхнего створа, с которого ведется моделирование.