

П О С Т Р О Е Н И Е  
К А Р Т О Г Р А М М Ы  
З Е М Л Я Н Ы Х  
Р А Б О Т



## Общие сведения

В состав мероприятий по инженерной подготовке территории входит вертикальная планировка. Для подсчета объемов работ по вертикальной планировке используют картограмму земляных работ. Предлагаемая программа (*CARTOGRAM.MBX*) выполняет построение картограммы земляных работ в рамках системы MapInfo. Рассмотрена также возможность использования поверхностей MapInfo для этих целей (*CARTOGRAMmig.MBX, withMigTab.MBX*).

Определимся с терминологией:

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <i>Черный рельеф</i>       | Существующий рельеф, представленный в виде результатов топографической съемки (горизонтали, группы пикетов). |
| <i>Красный рельеф</i>      | Проектируемый рельеф, в виде проектных горизонталей или/и набора проектных отметок.                          |
| <i>Черные отметки</i>      | Отметки точек черного рельефа.   |
| <i>Красные отметки</i>     | Отметки точек красного рельефа.  |
| <i>Рабочие отметки</i>     | Определяются как разность отметок красного и черного рельефа в данной точке.                                 |
| <i>Линия нулевых работ</i> | Горизонталь соответствующая рабочей отметке ноль.  |
| <i>Шаг сетки</i>           | Размер стороны квадрата картограммы.   |
| <i>Шаг красных точек</i>   | Параметр, определяющий плотность точек для красных горизонталей.   |

Замечания принимаются [ova\\_2011@list.ru](mailto:ova_2011@list.ru)

## Программа CARTOGRAM

Интерфейс программы организован в виде панели инструментов MapInfo.

Непосредственно после запуска программы панель инструментов имеет следующий вид.



Рис. 1

Крайняя правая кнопка это кнопка, через которую можно закрыть программу. А через крайнюю левую кнопку открывается стартовое окно установок проекта (Рис. 2).

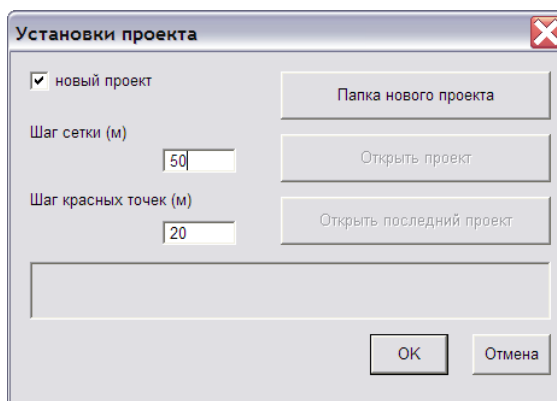


Рис. 2

Каждая новая задача организуется в виде проекта. Все данные проекта хранятся в отдельной папке. К данным проекта относятся таблицы MapInfo создаваемые программой, а также файл проекта. Файл проекта это текстовый файл с расширением *pro*. Используется для хранения установок проекта. Допустимы и другие файлы имеющие, по мнению пользователя, отношение к проекту.

Возможны три варианта организации стартового процесса.

### 1. Создать новый проект.

Отмечен переключатель **Новый проект**. После нажатия кнопки **Папка нового проекта** будет открыто окно определения папки нового проекта. В поле **Имя файла** введите имя нового проекта. Так для Рис. 3 будет создана папка нового проекта *..\Проекты\Project09*. Затем необходимо установить шаг сетки картограммы<sup>1</sup> и шаг красных точек. После нажатия кнопки **ОК** будет открыта новая форма, позволяющая установить рабочую область для таблиц. Далее будут созданы следующие таблицы:

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>reliefBlack</i> | Таблица точек черного рельефа.  |
| <i>reliefRed</i>   | Таблица точек красного рельефа.   |
| <i>Border</i>      | Таблица границ картограммы. В таблице может быть только один объект типа область представляющий зону картограммы. Его целесообразно определить сразу на первых шагах работы с проектом. |

Панель инструментов примет вид, показанный на Рис. 4, и новый проект будет создан<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Очень маленькое значение может значительно увеличить время построения картограммы.

<sup>2</sup> Для всех процедур программы требуется наличие активного окна карты.

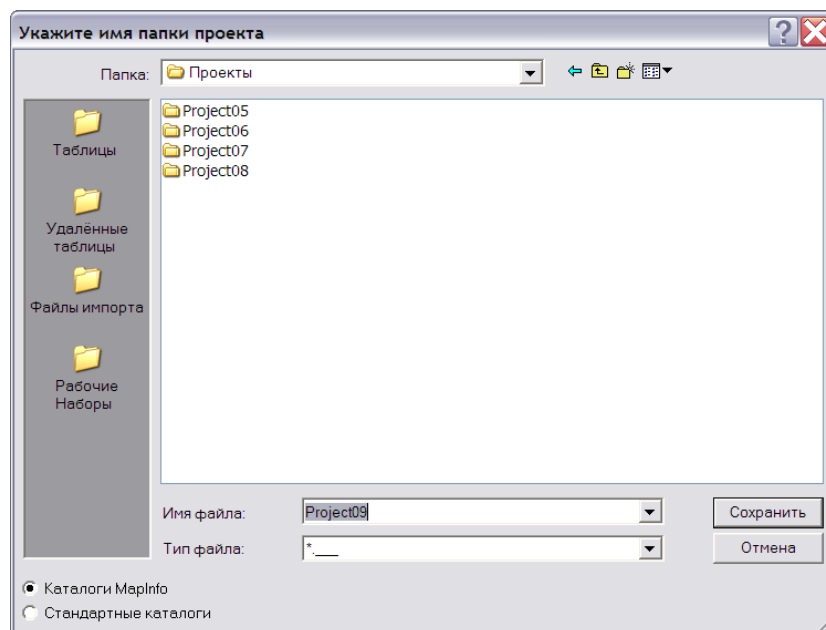


Рис. 3

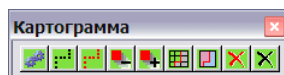


Рис. 4

## 2. Открыть существующий проект

Переключатель **Новый проект** не выбран. Нажимаем, ставшую доступной, кнопку **Открыть проект**. В открывшемся диалоге выбираем файл проекта. Далее необходимо нажать кнопку **ОК** на форме установок проекта. После этого будут загружены все имеющиеся файлы проекта. Панель инструментов примет вид, показанный на Рис. 4

## 3. Открыть последний используемый проект.

Переключатель **Новый проект** не выбран. Становится доступной кнопка **Открыть последний проект**. После нажатия этой кнопки и далее кнопки **ОК** будет загружен последний из открывавшихся проектов. Панель инструментов примет вид, показанный на Рис. 4

### Описание процедур программы связанных с кнопками панели инструментов.



На слое выделены горизонтали существующего рельефа. После нажатия на кнопку, в таблице *reliefBlack*, будут сформированы точки соответствующие узлам горизонталей.



На слое выделены горизонтали проектируемого рельефа. После нажатия на кнопку, в таблице *reliefRed*, будут сформированы точки соответствующие узлам горизонталей. Так как для проектных горизонталей расстояние между узлами может быть значительным, то между узлами вставляются дополнительные точки с шагом, обозначенным в установках как *шаг красных точек*.



Для редактируемого слоя удаляется точечный объект. После выбора инструмента нужно привести курсор на объект, и кликнуть мышью<sup>3</sup>.



Добавляет точку на редактируемый слой (*reliefBlack* или *reliefRed*)<sup>4</sup>. Для этого нужно привести курсор на место размещения новой точки, и кликнуть мышью.



Для ввода значения отметки будет открыто дополнительное окно.



Основная процедура программы. Перед входом в нее должны быть заполнены

<sup>3</sup> Для удобства наведения стоит включить режим точного позиционирования (клавиша «S» на клавиатуре). Под термином «кликнуть» понимается нажать и отпустить левую кнопку мыши.

<sup>4</sup> Таблица, в которую вставляются точки, должна иметь следующие поля: ID (Integer), X (Float), Y (Float), H (Float).

таблицы *reliefBlack*, *reliefRed* и *Border*. В процессе работы процедуры будут сформированы таблицы отметок для узлов сетки *gridBlack*, *gridRed*, *gridWorker* и таблица линий нулевых работ *contourLine*. По окончании работы процедуры можно, при необходимости, внести исправления в записи таблицы *contourLine*.



Вторая часть обработки: вычисление объемов и окончательное формирование картограммы земляных работ.



Закрывает проект.

Программа отлаживалась и тестировалась для следующей среды:

WinXP sp3

MapInfo 8.0

MapBasic 8.0

Тестирование и отладка для других программных конфигураций не производилась<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Программа запускалась и в среде MapInfo 10.0, проблем не наблюдалось.

## Организация работы с программой

Рассмотрим организацию работы с программой на примерах.

### Пример 1

В окне карты открыты две таблицы: *hrBlack* (горизонтали черного рельефа) и *hrRed* (горизонтали красного рельефа)<sup>6</sup>. Содержимое таблиц - полилинии представляющие соответствующие горизонтали. Обязательное условие в таблицах имеется поле Н (Float) заполненное значениями высот горизонталей (Рис. 5). В данном случае красный рельеф представляет собой горизонтальную площадку с отметкой 100 м.

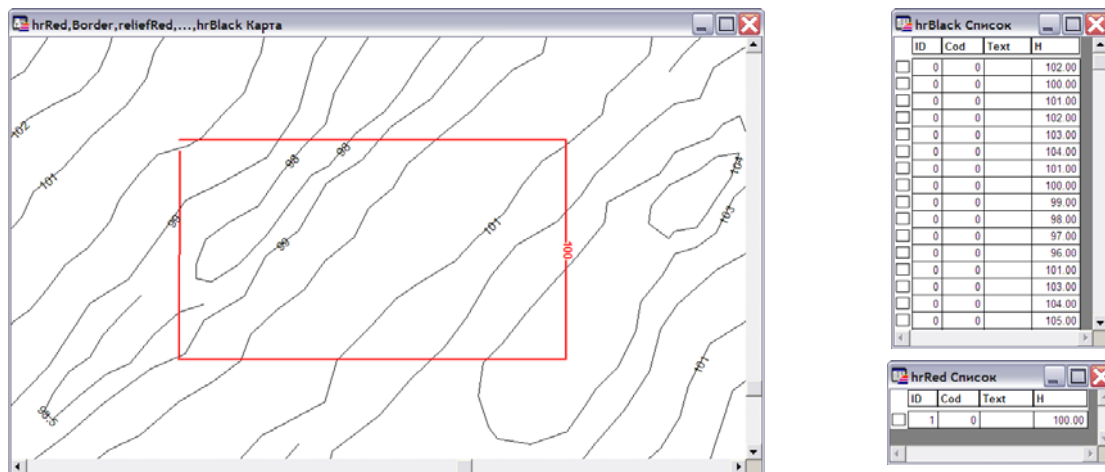



Рис. 5

На панели инструментов выбираем кнопку  (Установки проекта) и формируем новый проект. Установки проекта:

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| Имя проекта          | example1          |
| Шаг сетки            | 50                |
| Шаг красных точек    | 30                |
| Координатная система | CoordSys Nonearth |
| X min/max            | 2000000/4000000   |
| Y min/max            | 0/2000000         |

В список слоев карты добавились: *reliefBlack*, *reliefRed* и *Border*.

Далее необходимо сразу определить зону картограммы в виде соответствующего объекта типа область на слое *Border* (Рис. 6).

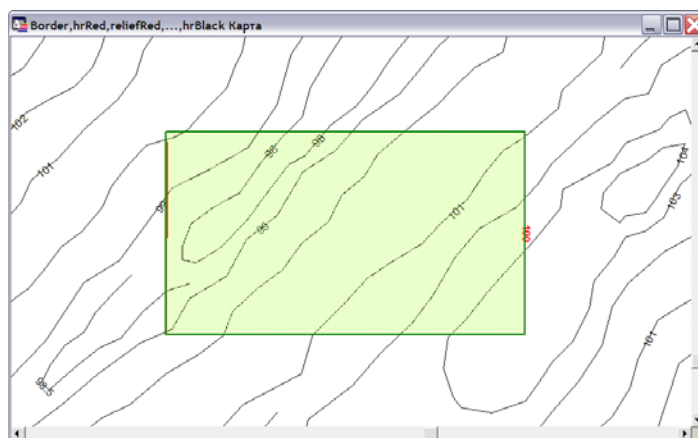

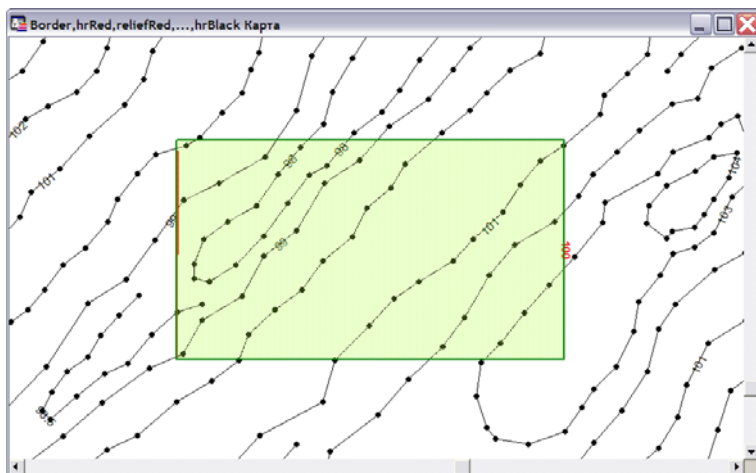


Рис. 6

<sup>6</sup> В рассматриваемых примерах проектный рельеф дан в упрощенном виде.



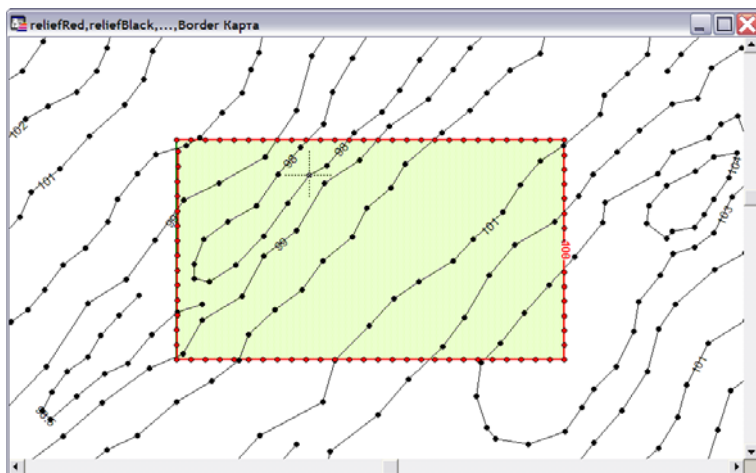
На следующем шаге заполним точками таблицу *reliefBlack*. Для этого выделим все горизонтали на слое *hrBlack*. Это можно сделать через меню **Запрос/Выбрать...** или непосредственно введя запрос в окно MapBasic `select * from hrBlack`. Далее нажимаем кнопку инструмента . Полученный результат показан на Рис. 7.



| ID | X          | Y            | H      |
|----|------------|--------------|--------|
| 1  | 249 874.69 | 3 249 112.22 | 102.00 |
| 2  | 249 904.61 | 3 249 127.18 | 102.00 |
| 3  | 249 944.51 | 3 249 174.56 | 102.00 |
| 4  | 250 006.86 | 3 249 204.49 | 102.00 |
| 5  | 250 046.76 | 3 249 234.41 | 102.00 |
| 6  | 250 094.14 | 3 249 266.83 | 102.00 |
| 7  | 250 131.55 | 3 249 291.77 | 102.00 |
| 8  | 250 168.95 | 3 249 319.20 | 102.00 |
| 9  | 250 208.85 | 3 249 356.61 | 102.00 |
| 10 | 250 253.74 | 3 249 399.00 | 102.00 |
| 11 | 250 283.67 | 3 249 448.88 | 102.00 |
| 12 | 250 316.09 | 3 249 513.72 | 102.00 |
| 13 | 250 360.97 | 3 249 558.60 | 102.00 |
| 14 | 250 413.34 | 3 249 581.05 | 102.00 |
| 15 | 250 458.23 | 3 249 593.52 | 102.00 |
| 16 | 250 495.64 | 3 249 603.49 | 102.00 |
| 17 | 250 557.98 | 3 249 628.43 | 102.00 |
| 18 | 250 602.87 | 3 249 670.82 | 102.00 |
| 19 | 250 595.41 | 3 249 972.57 | 100.00 |
| 20 | 250 503.12 | 3 249 940.16 | 100.00 |
| 21 | 250 403.37 | 3 249 920.20 | 100.00 |
| 22 | 250 365.96 | 3 249 902.74 | 100.00 |
| 23 | 250 313.59 | 3 249 882.79 | 100.00 |


Рис. 7

Аналогично заполним точками таблицу *reliefRed*. Для этого выделим все горизонтали на слое *hrRed* и нажмем кнопку инструмента . Результат показан на Рис. 8.




| ID | X          | Y            | H      |
|----|------------|--------------|--------|
| 1  | 250 207.45 | 3 249 736.91 | 100.00 |
| 2  | 250 207.45 | 3 250 602.24 | 100.00 |
| 3  | 250 207.45 | 3 249 768.96 | 100.00 |
| 4  | 250 207.45 | 3 249 801.01 | 100.00 |
| 5  | 250 207.45 | 3 249 833.06 | 100.00 |
| 6  | 250 207.45 | 3 249 865.11 | 100.00 |
| 7  | 250 207.45 | 3 249 897.15 | 100.00 |
| 8  | 250 207.45 | 3 249 929.20 | 100.00 |
| 9  | 250 207.45 | 3 249 961.25 | 100.00 |
| 10 | 250 207.45 | 3 249 993.30 | 100.00 |
| 11 | 250 207.45 | 3 250 025.35 | 100.00 |
| 12 | 250 207.45 | 3 250 057.40 | 100.00 |
| 13 | 250 207.45 | 3 250 089.45 | 100.00 |
| 14 | 250 207.45 | 3 250 121.50 | 100.00 |
| 15 | 250 207.45 | 3 250 153.55 | 100.00 |
| 16 | 250 207.45 | 3 250 185.60 | 100.00 |
| 17 | 250 207.45 | 3 250 217.65 | 100.00 |
| 18 | 250 207.45 | 3 250 249.70 | 100.00 |
| 19 | 250 207.45 | 3 250 281.75 | 100.00 |
| 20 | 250 207.45 | 3 250 313.80 | 100.00 |
| 21 | 250 207.45 | 3 250 345.85 | 100.00 |
| 22 | 250 207.45 | 3 250 377.90 | 100.00 |
| 23 | 250 207.45 | 3 250 409.95 | 100.00 |
| 24 | 250 207.45 | 3 250 442.00 | 100.00 |

Рис. 8

Для построения картограммы у нас явно не хватает красных отметок. Понадобится ряд точек на некотором удалении от границы картограммы, чтобы программа смогла построить триангуляцию. Добавим их с помощью инструмента . Окно карты, после выполнения этой процедуры, будет иметь вид, показанный на Рис. 9.

*Перед использованием инструментов **Добавить точку/Удалить точку** целевой слой нужно сделать редактируемым. Этот слой должен иметь следующие поля: ID (Integer), X (Float), Y (Float), H (Float).*

Далее можно переходить к обработке подготовленных данных и формированию картограммы. Выберем кнопку . В процессе решения будут заполнены данными таблицы: *gridBlack* (черные отметки в узлах картограммы), *gridRed* (красные отметки в узлах картограммы), *gridWorker* (рабочие отметки в узлах картограммы) и *contourLine* (линии нулевых работ). Вид окна карты, после выполнения процедуры, показан на Рис. 10.

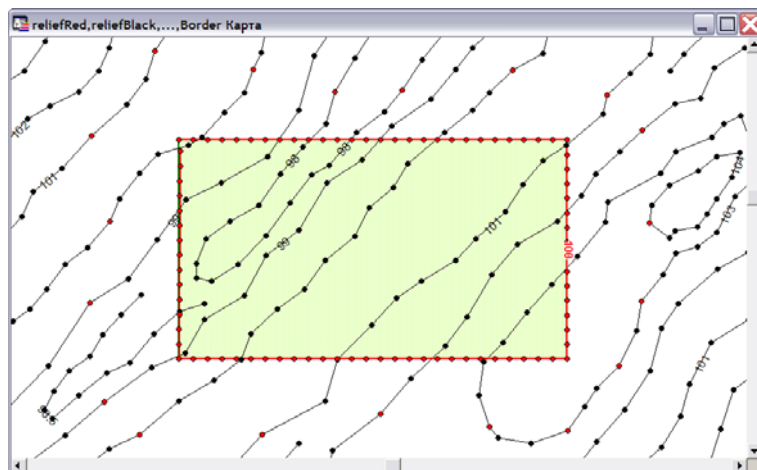



Рис. 9

Здесь процесс обработки прерывается, с тем, чтобы пользователь мог исправить возможные некорректности в расстановке линий нулевых работ. В данном случае необходимости в корректировке нет и можно сразу продолжить процесс, нажав кнопку . Окончательный вид окна карты с подготовленной картограммой показан на Рис. 11. В окне «Сообщения» будет выведен баланс земляных работ.

При необходимости на картограмму можно вывести черные, красные и рабочие отметки. Ну и, если все по серьезному, то объем выемки нужно умножить на коэффициент остаточного разрыхления грунта<sup>7</sup>.

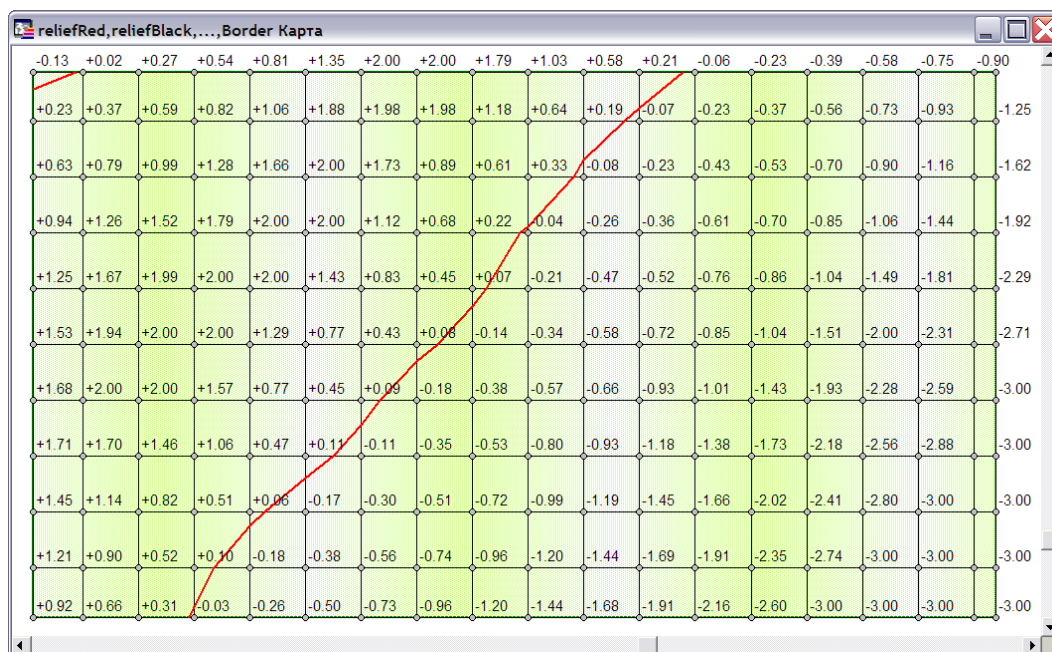


Рис. 10

<sup>7</sup> Песок 1.02; суглинок 1.05; глина 1.07; галечник 1.09; каменистый грунт 1.30 («Инженерные вопросы проектирования генеральных планов промышленных предприятий» А.Л. Резников, В.А. Неверов).



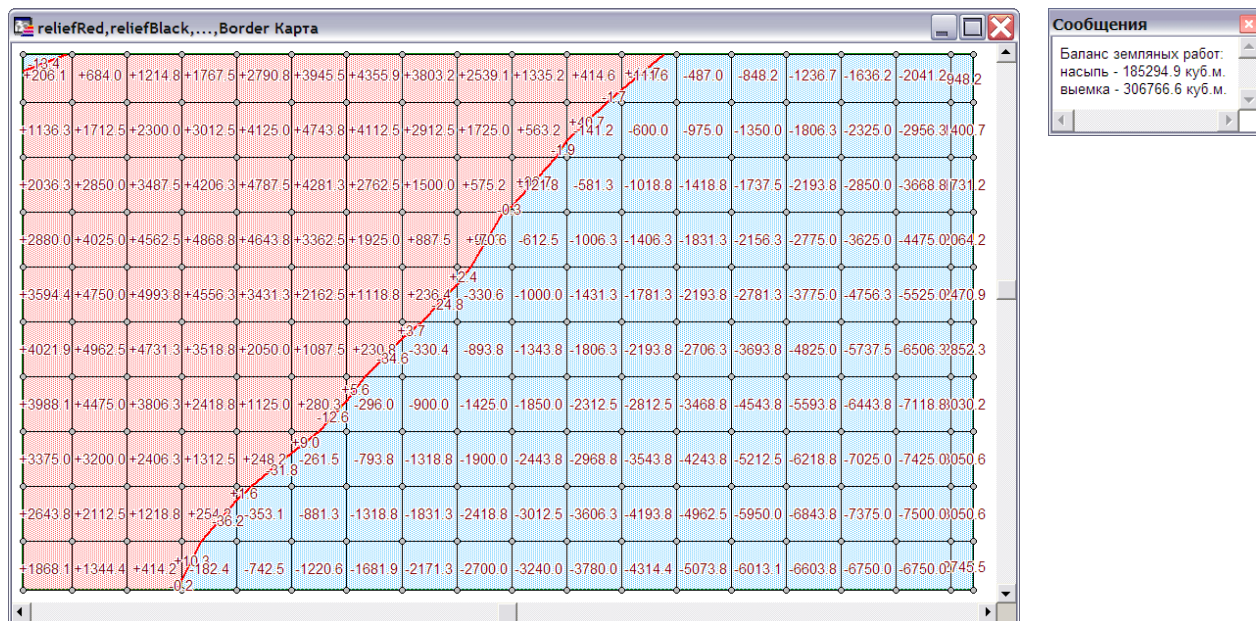


Рис. 11

## Пример 2

В окне карты открыты две таблицы с горизонталями *hrBlack* и *hrRed*. Содержимое таблиц - полилинии представляющие соответствующие горизонтали (Рис. 12).

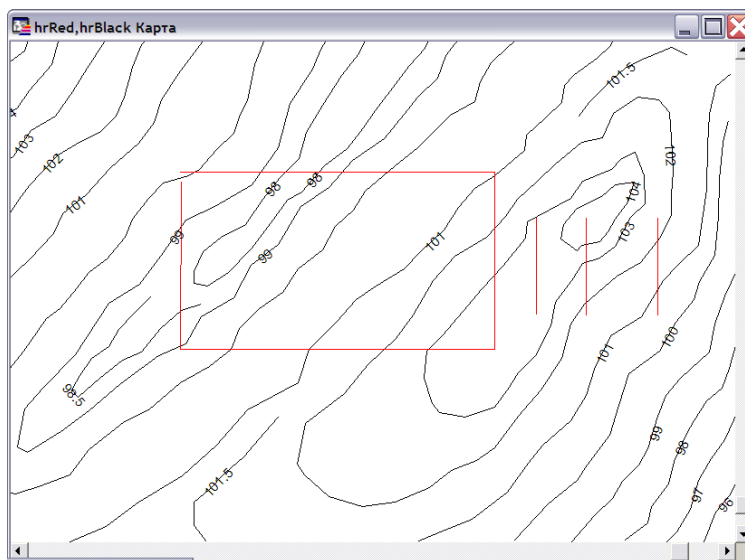




Рис. 12

Чтобы перейти к формированию нового проекта нужно предварительно закрыть активный проект. Для этого нужно нажать кнопку  на панели инструментов.

Далее выбираем кнопку  (Установки проекта) и формируем новый проект. Установки проекта:

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| Имя проекта          | example2          |
| Шаг сетки            | 50                |
| Шаг красных точек    | 30                |
| Координатная система | CoordSys Nonearth |
| X min/max            | 2000000/4000000   |
| Y min/max            | 0/2000000         |

В список слоев карты добавились: *reliefBlack*, *reliefRed* и *Border*.

Определим зону картограммы в виде соответствующего объекта типа область на слое *Border* (Рис. 13).

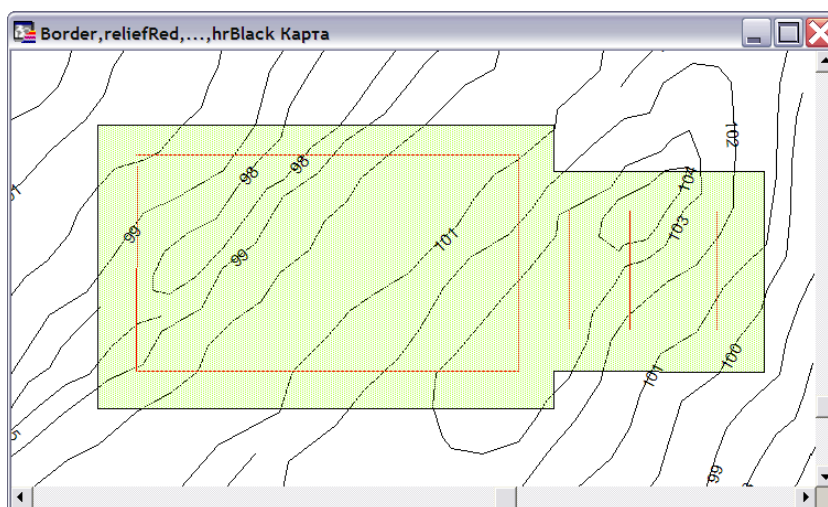




Рис. 13

Заполним точками таблицу *reliefBlack*. Для этого выделим все горизонтали на слое *hrBlack*, и нажмем кнопку инструмента . Аналогично заполним точками таблицу *reliefRed*. Для этого выделим все горизонтали на слое *hrRed* и нажмем кнопку инструмента . Результат показан на Рис. 14.

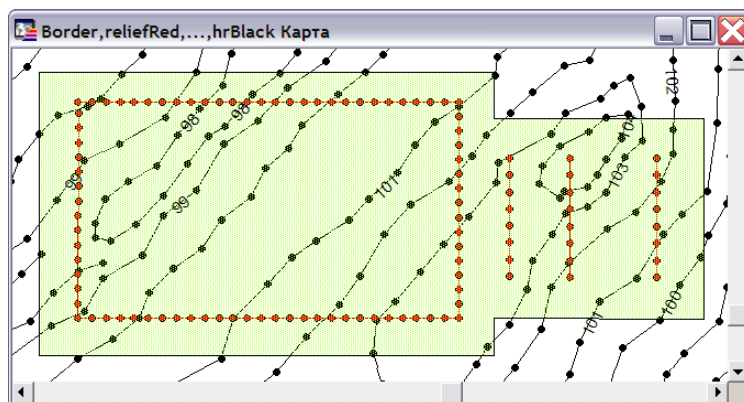




Рис. 14

Для построения картограммы необходимо добавить красных отметок. Во-первых, по границе картограммы, здесь красный рельеф будет выходить на черный рельеф, а также внутри площадки с отметкой 100 метров. Кроме этого понадобится ряд точек на некотором удалении от границы картограммы, чтобы программа смогла построить триангуляцию. Добавим их с помощью инструмента . Окно карты, после выполнения этой процедуры, будет иметь вид, показанный на Рис. 15.

Если черных или красных точек недостаточно для построения соответствующей триангуляции, то в поле **H** таблиц узлов сетки (*gridBlack*, *gridRed*) для неопределенных узлов будет записано значение -999. Что в дальнейшем, в процессе обработки, приведет к прерыванию.

В этом случае необходимо проанализировать таблицы узлов (*gridBlack*, *gridRed*) и определить, где нужно добавить точки рельефа. Добавить точки в таблицы рельефа (*reliefBlack*, *reliefRed*). Вновь запустить процесс обработки ().

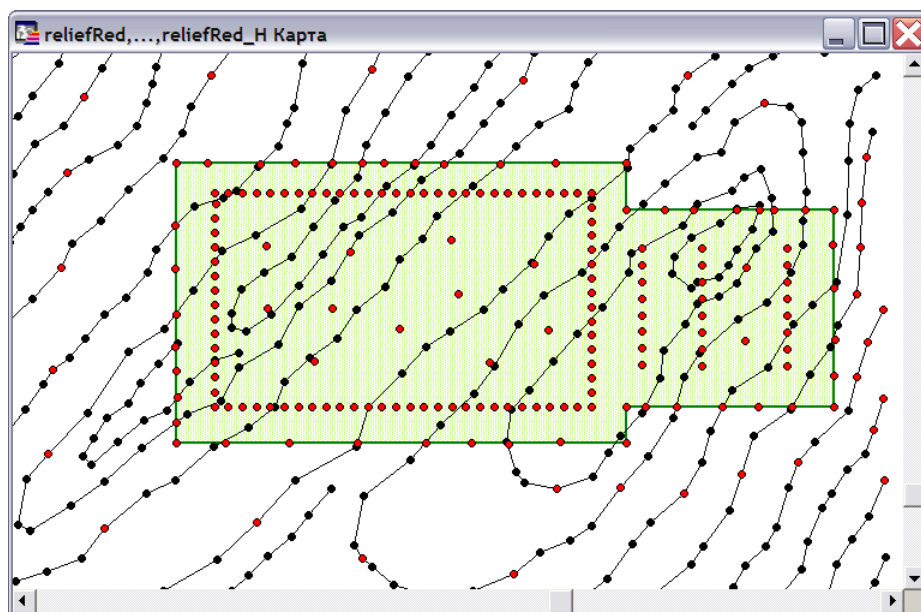


Рис. 15

Запускаем первую часть процесса обработки ( ). Полученный результат показан на Рис. 16.

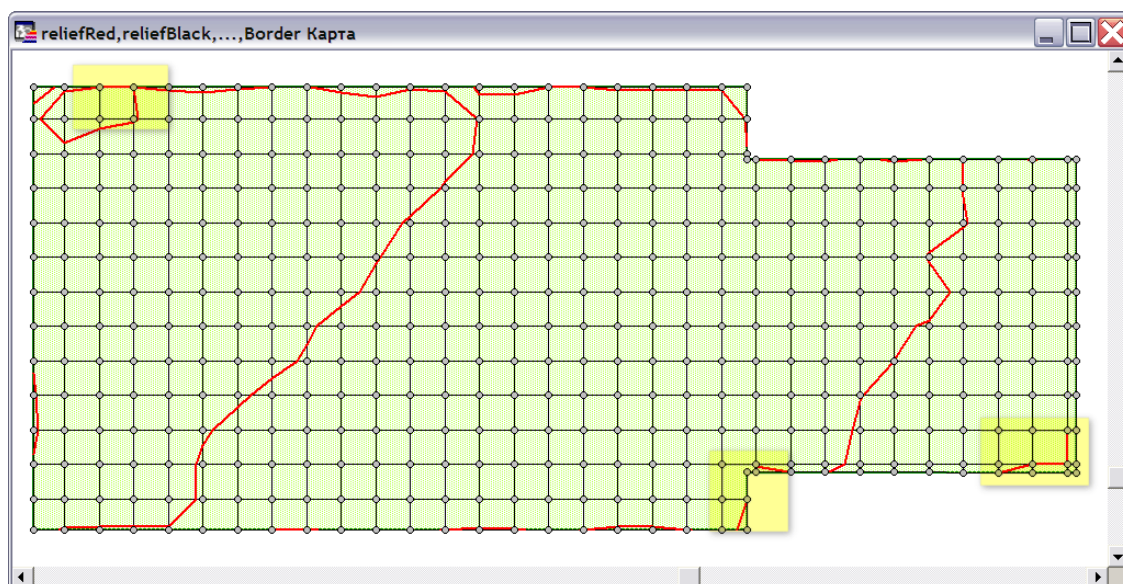


Рис. 16

Здесь, чтобы разгрузить картинку, рабочие отметки скрыты. Желтым отмечены проблемные места с линиями нулевых работ. Рассмотрим их более подробно.

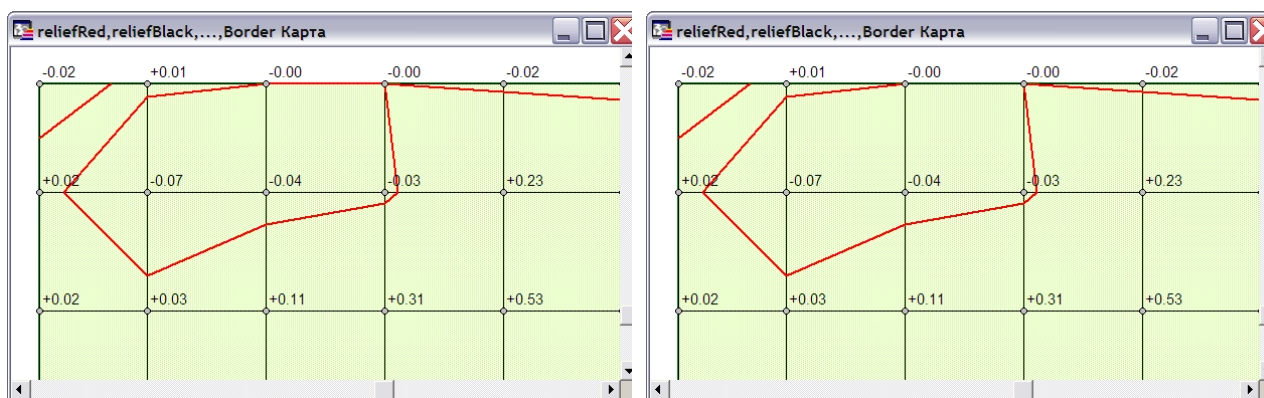


Рис. 17



Ситуация показанная на Рис. 17 слева требует упрощения. Результат такого упрощения показан на Рис. 17 справа.

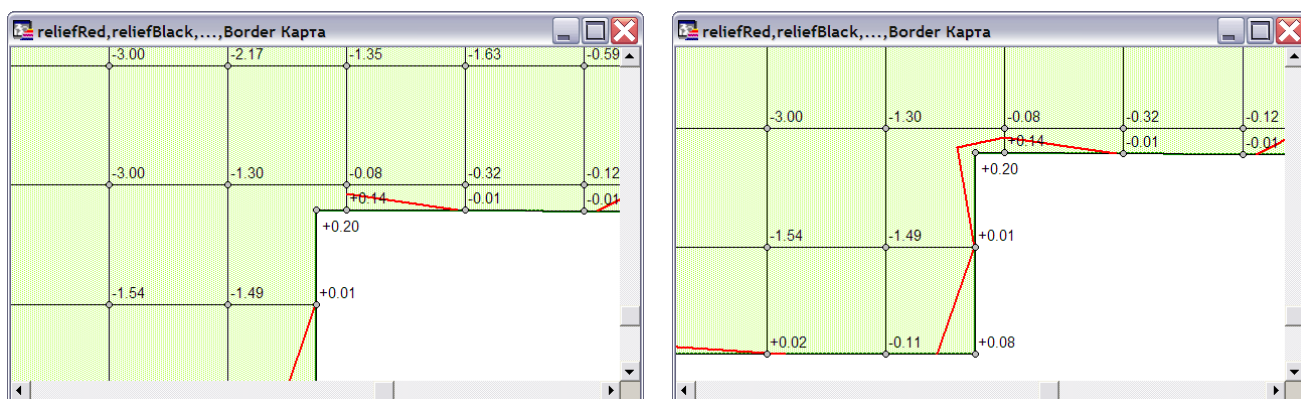



Рис. 18


На Рис. 18 слева показана ситуация которая может возникать для ячеек картограммы имеющих вид вогнутого многоугольника<sup>8</sup>. Недостающую часть нужно нарисовать вручную<sup>9</sup>.



Рис. 19

На Рис. 19 слева нарисована линия нулевых работ, которая не является разделителем насыпи и выемки и с этой точки зрения она не нужна и ее можно удалить (Рис. 19 справа). Хотя ее можно и оставить, на процесс вычислений это не повлияет.

Далее остается продолжить процесс, нажав кнопку . Окончательный вид окна карты с подготовленной картограммой показан на Рис. 20. Здесь, для наглядности, скрыты подписи элементарных объемов по ячейкам. В окно «Сообщения» будет выведен баланс земляных работ.

*Если результат в чем-то не устраивает или была зафиксирована ошибка, можно повторно выполнить редакцию таблицы `contourLine` и снова запустить процесс .*

<sup>8</sup> В силу того, что используется упрощенный алгоритм, который не может рисовать произвольные изолинии.

<sup>9</sup> Все линии должны стыковаться по узлам, целевая таблица - `contourLine`.

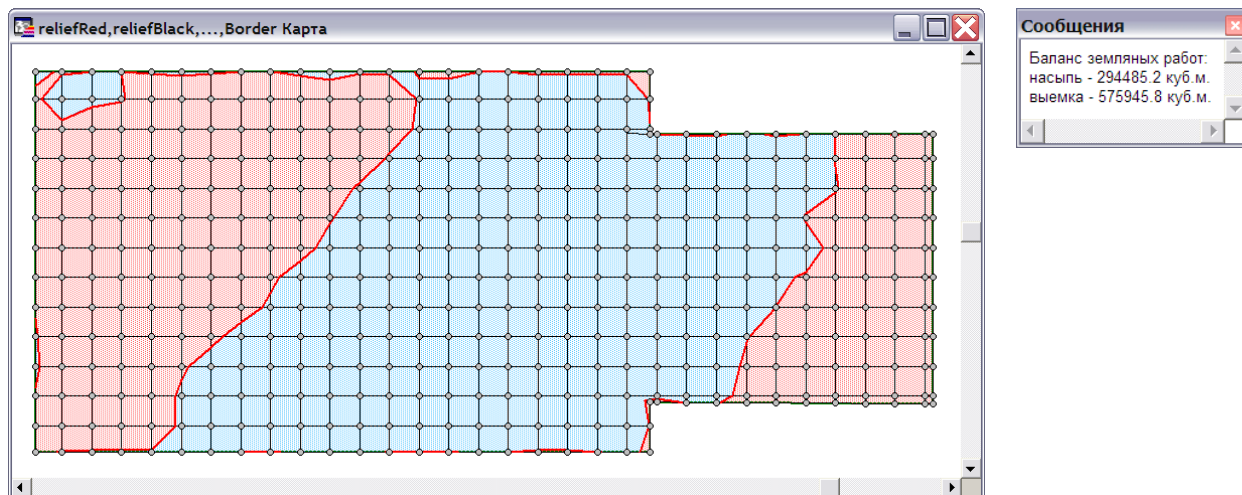


Рис. 20

### Пример 3

Закрываем активный проект (✖). Выбираем кнопку установок проекта (🔧). Снимаем галочку с переключателя **Новый проект**. Нажимаем, ставшую доступной, кнопку **Открыть проект**. В открывшемся диалоге выбираем файл проекта - example1. После нажатия кнопки **ОК** на форме установок проекта, будут загружены все имеющиеся файлы проекта (Рис. 21а). Для удобства работы скроем ненужные слои (Рис. 21б).

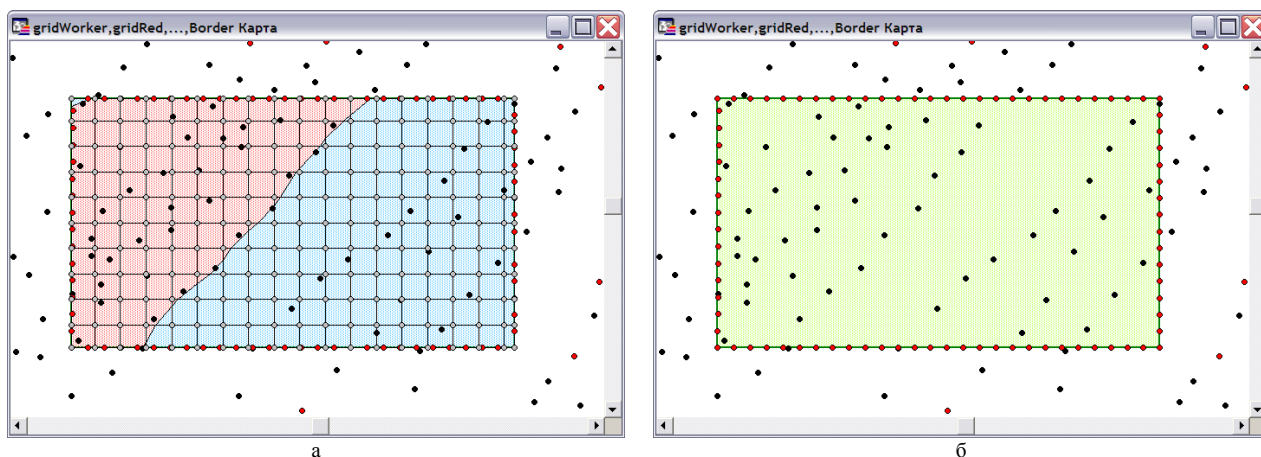


Рис. 21

Изменим границу картограммы (слой *Border*), а именно вырежем из нее часть (Рис. 22). По окончании не забудьте упаковать таблицу *Border*.

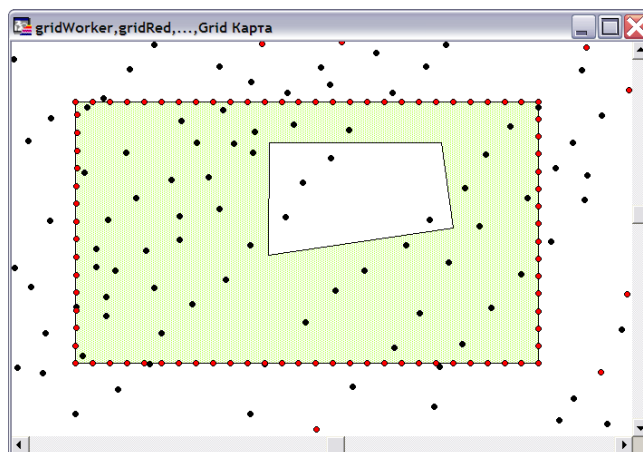




Рис. 22

Перейдем к обработке информации (  ). Результат этого этапа показан на Рис. 23а. Продолжим обработку (  ). Окончательный вид окна карты показан на Рис. 23б<sup>10</sup>.

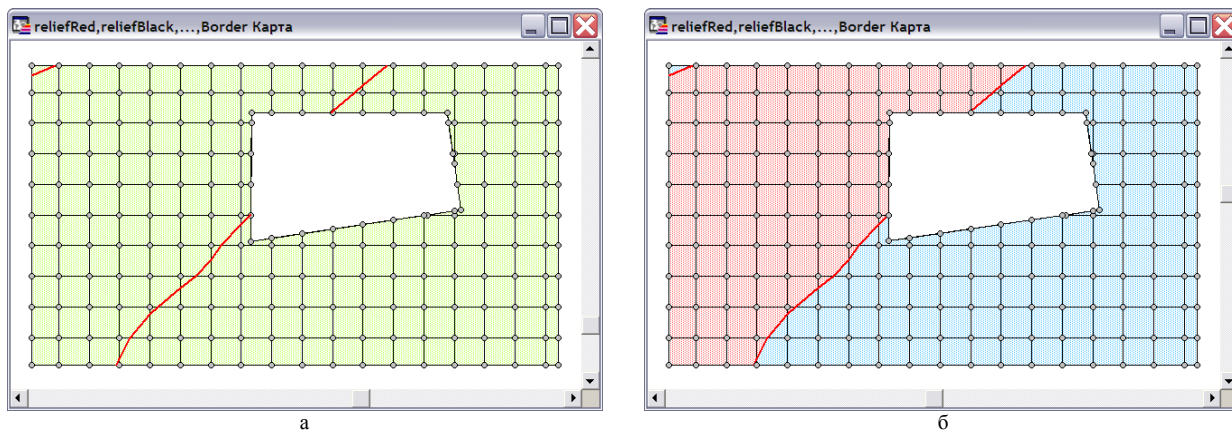


Рис. 23

Баланс объемов земляных работ показан на Рис. 24.

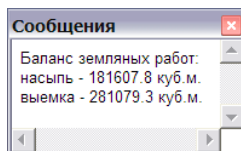






Рис. 24

#### Пример 4

Обработаем данные предыдущего примера при разных значениях шага сетки картограммы.

Закрываем активный проект (  ). Выбираем кнопку установок проекта (  ). Снимаем галочку с переключателя **Новый проект**. Нажимаем, ставшую доступной, кнопку **Открыть последний проект**. Устанавливаем значение шага сетки равным 20 м. Нажимаем кнопку **ОК** на форме установок проекта.

На раскрывшейся панели инструментов последовательно выбираем  и . Результат представлен на Рис. 25.

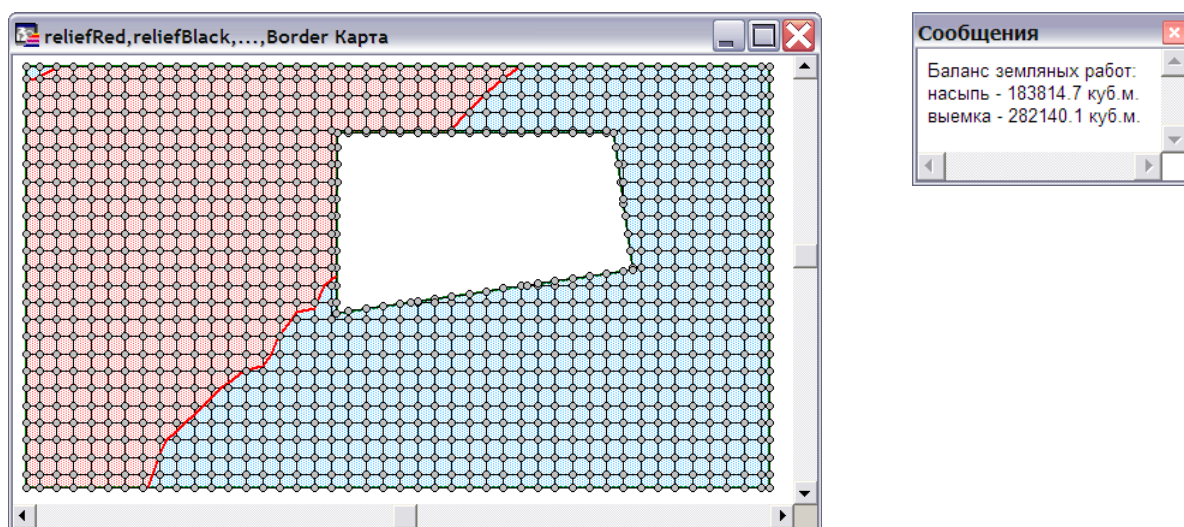
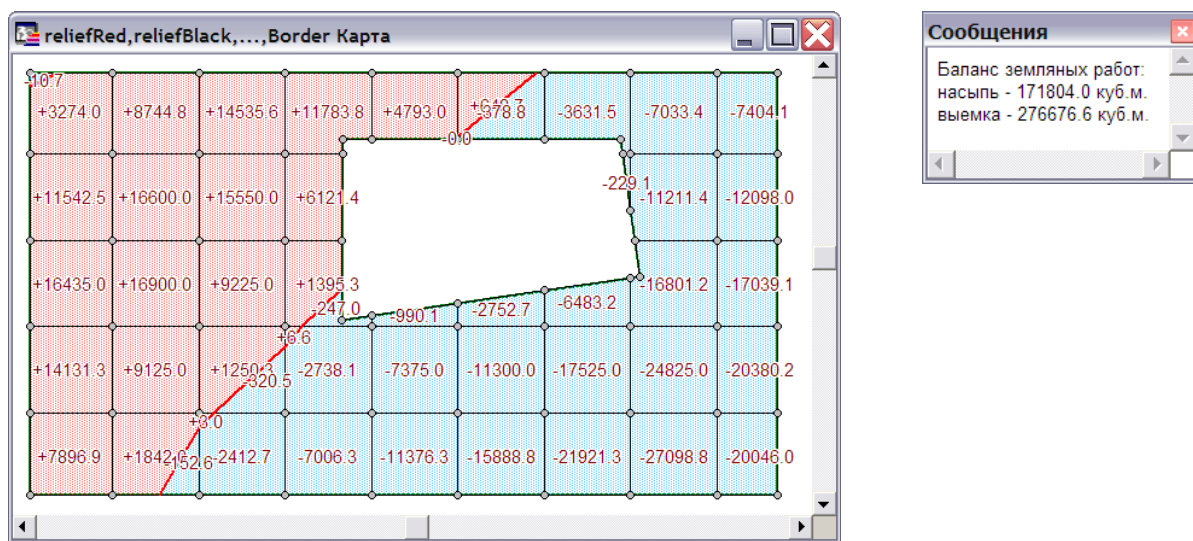


Рис. 25

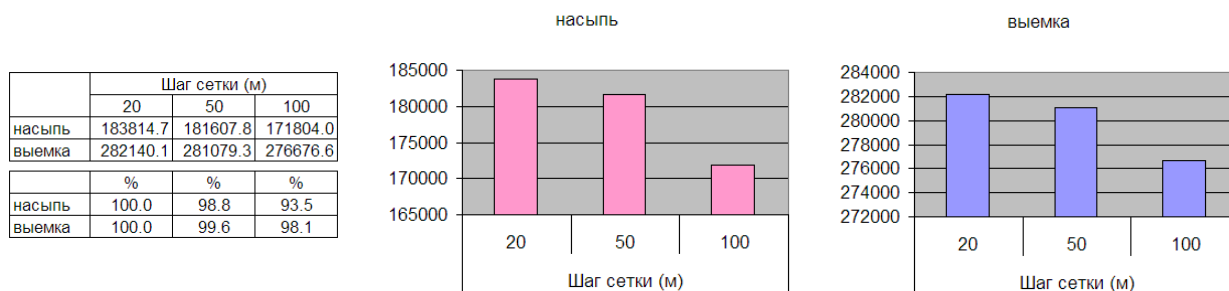
<sup>10</sup> Все подписи скрыты, чтобы не загружать изображение.



Повторим вычисления для этого проекта при шаге сетки равным 100 м. Результат представлен на Рис. 26.

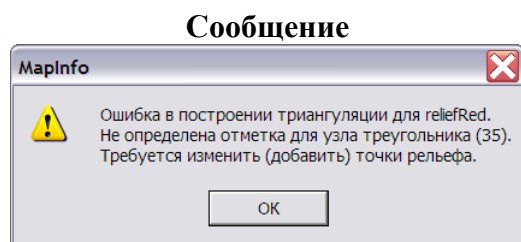


Обобщим полученные результаты.





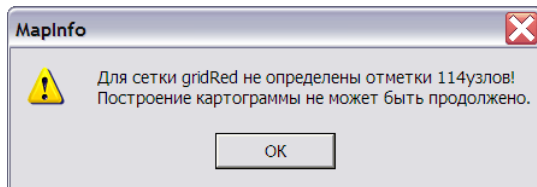
Вывод здесь вполне очевиден, чем меньше шаг сетки, тем точнее результат. Следует также отметить, что чем сложнее рельеф, тем большим будет расхождение результатов полученных для разных значений шага.

## Сообщения об ошибках



## Действия

Открыть таблицу *deloneRed* в виде списка. Найти строку с номером треугольника 35 (поле ID) и выделить ее. Определить в окне карты выделенный треугольник. Установить слой *reliefRed* редактируемым и с помощью инструмента  вставить необходимую точку. Если ситуация имеет систематический характер нужно сразу определить все необходимые дополнительные точки. После исправления нужно повторить обработку (.



Открыть таблицу *gridRed* в виде списка и проанализировать ситуацию. Для точек с неопределенными отметками в поле **Н** стоит значение -999.

В данном случае не хватает значительной части красного рельефа. Необходимо дополнить информацией таблицу *reliefRed*.

## Программа CARTOGRAMmig

Программа *CARTOGRAM* дает достаточно хорошие результаты, однако ее производительность не высока. Это связано с большим объемом дополнительных затрат на различные контрольные вычисления, в основном при построении триангуляции.

Возможные пути ее улучшения видятся по следующим направлениям:

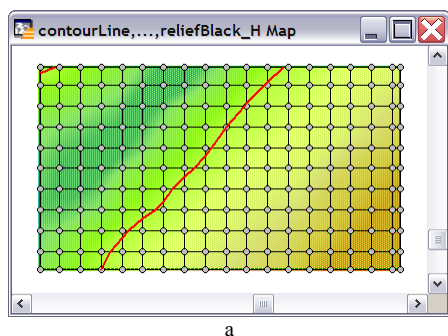
- ✓ Использование более эффективного алгоритма триангуляции.
- ✓ Использование поверхностей MapInfo.

Последнее направление реализовано в программе *CARTOGRAMmig* которая является точной копией программы *CARTOGRAM* в плане интерфейса и большинства функций. Изменения коснулись лишь определения отметок узлов картограммы. Для интерполяции отметок используются поверхности, построенные для черного и красного рельефов<sup>11</sup>. Программа *CARTOGRAMmig.MBX* написана на MapBasic 10 и работает в среде MapInfo версии 10 и выше.

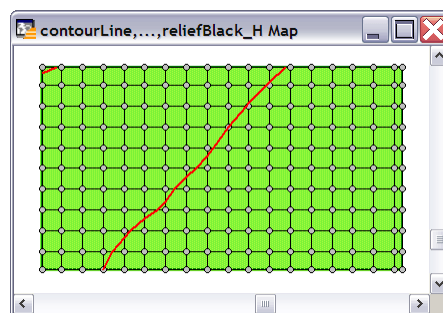
Рассмотрим решение примеров 1 и 2 предыдущего раздела, с помощью программы *CARTOGRAMmig*.

### Пример 1

Открываем файл проекта и так как данные уже сформированы, переходим к обработке (рис. 28). На Рис. 28 показан результат первого шага обработки. Сформированы таблицы узлов сетки и линий нулевых работ. Для иллюстрации показаны два вида окна карты с разными подложками. На Рис. 28а показана поверхность черного рельефа, а на Рис. 28б - поверхность красного рельефа.



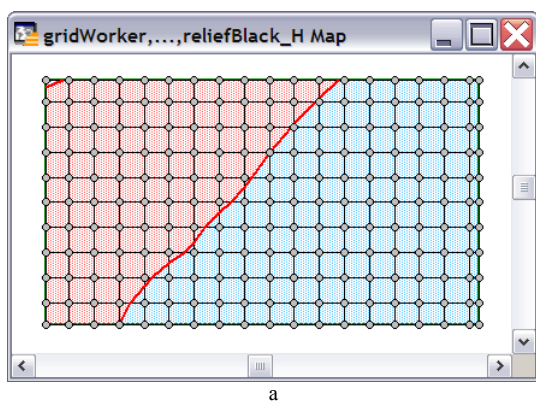
а



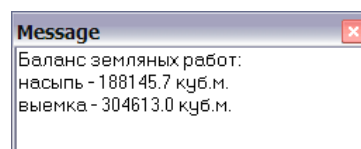
б

Рис. 28

После выполнения второго шага обработки (рис. 29а) окно карты примет вид, показанный на Рис. 29а. Баланс земляных работ будет выведен в окно «Сообщения» (Рис. 29б).



а



б

Рис. 29

<sup>11</sup> Характеристики построенных поверхностей можно посмотреть **Map/Modify Thematic Map...**

## Пример 2

Результат выполнения первого шага обработки показан на Рис. 30. Здесь также как и в предыдущем примере на рисунке «а» показана поверхность черного рельефа, а на рисунке «б» – поверхность красного рельефа.

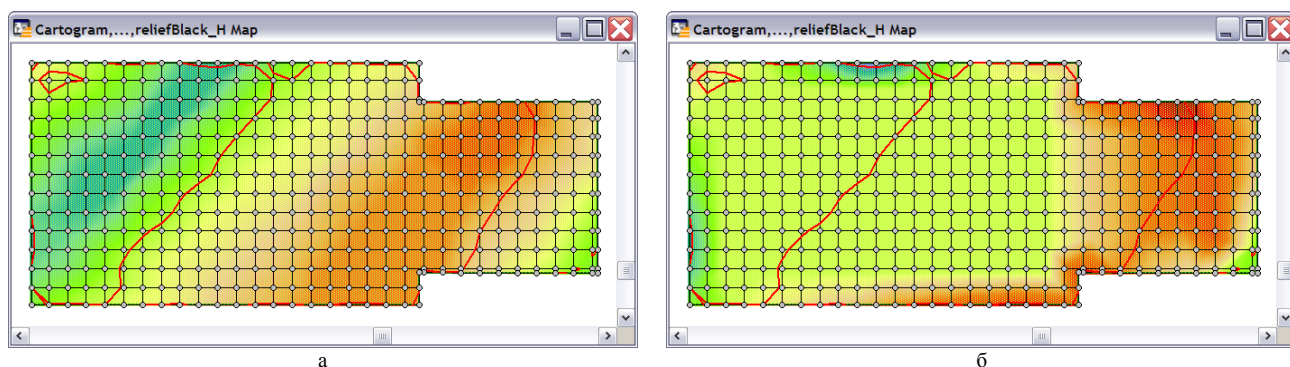


Рис. 30

Результат выполнения второго шага обработки показан на Рис. 31.

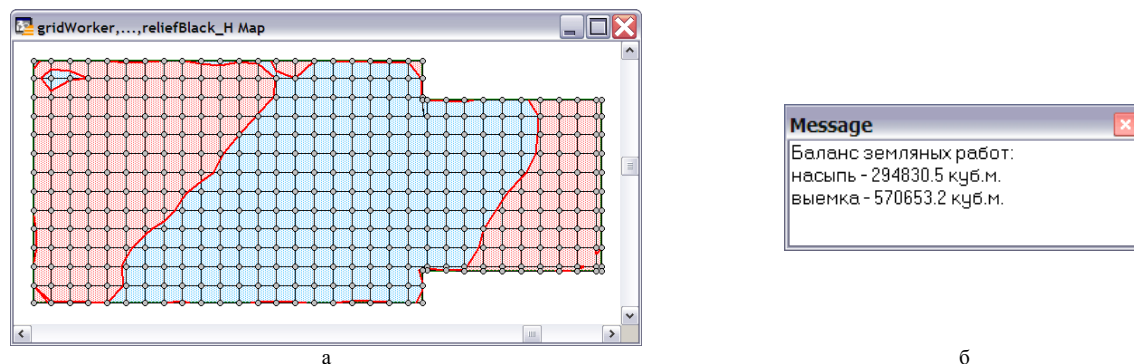


Рис. 31

Далее приводится сводная таблица полученных результатов и их сравнение с результатами, полученными в программе *CARTOGRAM*. Нужно отметить, что производительность программы выросла.

| Шаг сетки 50 м      |        | Пример 1 | Пример 2 |
|---------------------|--------|----------|----------|
| CARTOGRAM           | насыпь | 185294.9 | 294485.2 |
|                     | выемка | 306766.6 | 575945.8 |
| CARTOGRAMmig        | насыпь | 188145.7 | 294830.5 |
|                     | выемка | 304613.0 | 570653.2 |
| Уклонения* (куб. м) | насыпь | 2850.8   | 345.3    |
|                     | выемка | -2153.6  | -5292.6  |
| Уклонения (%)       | насыпь | 1.5      | 0.1      |
|                     | выемка | -0.7     | -0.9     |

\* Уклонения CARTOGRAMmig относительно CARTOGRAM

Рис. 32

## Анализ результатов определения объемов земляных работ

Попробуем определить, насколько достоверные результаты получаются при обработке данных программами *CARTOGRAM.MBX* и *CARTOGRAMmig.MBX*. Сравним их с результатами, получаемыми при непосредственном подсчете объемов работ через поверхности, сформированные в MapInfo (*withMigTab.MBX*).

### Тестовый пример

Для тестового примера наиболее подошла бы поверхность, смоделированная на основе некоторой гладкой (и не очень гладкой) функции  $H=f(x,y)$ . Остановимся на простейшем варианте.

Размер площадки 500 на 500 метров. Красный рельеф представляет собой горизонтальную плоскость с отметкой 100 метров. Черный рельеф состоит из двух плоскостей в соответствии с Рис. 33. Теоретические объемы работ составляют: насыпь – 612500 куб.м., выемка – 637500 куб.м.

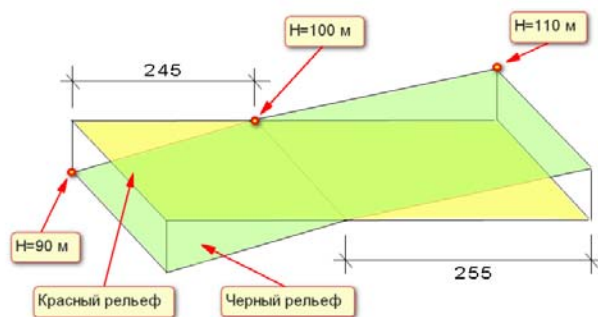


Рис. 33

### Результаты обработки программой *CARTOGRAM*

В процессе обработки программой *CARTOGRAM.MBX* сформированы таблицы *reliefBlack* и *reliefRed*. Их экранное представление показано на Рис. 34.

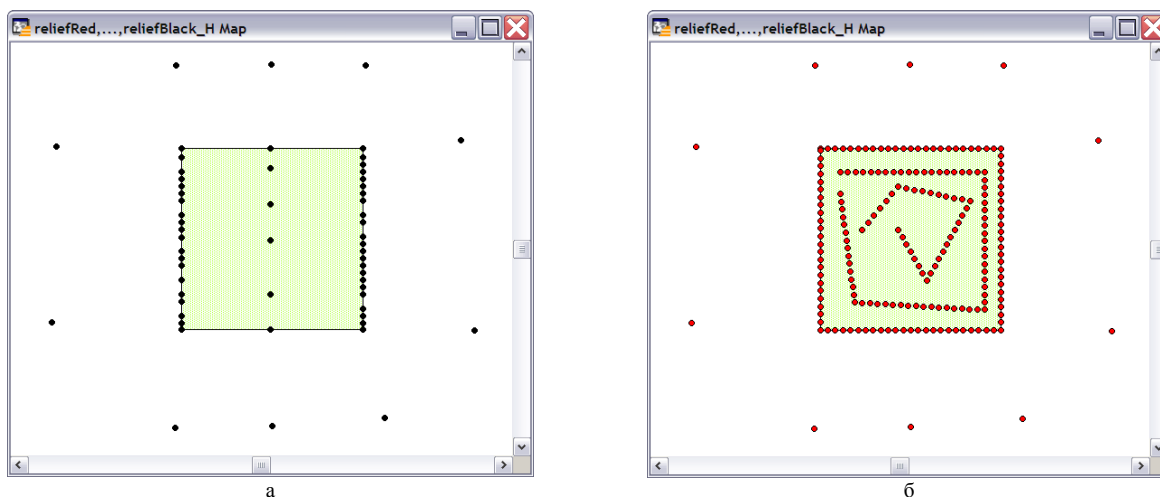


Рис. 34

Далее была выполнена многократная обработка этих данных при разных значениях шага сетки. Полученные результаты представлены в виде таблицы (Рис. 35). Как видно из таблицы программа достаточно корректно выполняет свою работу и можно быть



уверенным, что и на реальном рельефе будут получены адекватные действительности результаты<sup>12</sup>.

|        | теор.    | Шаг сетки (м) |          |          |
|--------|----------|---------------|----------|----------|
|        |          | 100           | 50       | 20       |
| насыпь | 612500.0 | 612860.0      | 612300.0 | 612542.0 |
| выемка | 637500.0 | 636760.0      | 637250.0 | 637550.6 |

|        | %     | %      | %     | %      |
|--------|-------|--------|-------|--------|
| насыпь | 100.0 | 100.06 | 99.97 | 100.01 |
| выемка | 100.0 | 99.88  | 99.96 | 100.01 |

Рис. 35

### Результаты обработки программой *CARTOGRAMmig*

Те же данные были обработаны программой *CARTOGRAMmig.MBX*. Полученные результаты представлены на Рис. 36.

|        | теор.    | Шаг сетки (м) |          |          |
|--------|----------|---------------|----------|----------|
|        |          | 100           | 50       | 20       |
| насыпь | 612500.0 | 614340.6      | 612262.5 | 610612.5 |
| выемка | 637500.0 | 633703.1      | 634187.5 | 634912.5 |

|        | %     | %      | %     | %     |
|--------|-------|--------|-------|-------|
| насыпь | 100.0 | 100.30 | 99.96 | 99.69 |
| выемка | 100.0 | 99.40  | 99.48 | 99.59 |

Рис. 36

### Непосредственный подсчет объемов с использованием поверхностей

Для данного эксперимента была написана небольшая программа (*withMigTab.MBX*) вычисляющая объемы насыпи и выемки для существующего и проектируемого рельефов, представленных в виде поверхностей MapInfo. Объемы вычисляются путем суммирования элементарных объемов представленных ячейками поверхности. Программа написана на MapBasic 10 и работает в среде MapInfo версии 10 и выше.

Практические вычисления организуются следующим образом:

1. Формируем поверхности на базе таблиц *reliefBlack* и *reliefRed* с заданными размерами ячейки<sup>13</sup> (Рис. 37).
2. Нажимаем кнопку на панели инструментов (Рис. 38а) и выбираем соответствующие таблицы поверхностей (Рис. 38б). По окончании вычислений результат будет представлен в окне «Сообщения» (Рис. 38в).

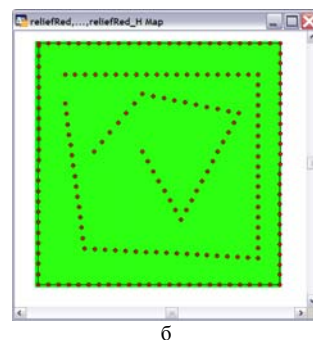
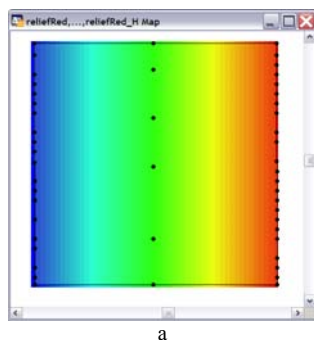


Рис. 37

<sup>12</sup> Конечно, для реального рельефа, значения уклонов будут больше.

<sup>13</sup> Поверхности формируются в пределах картограммы заданной таблицей *Border*.



Были организованы вычисления для размеров ячейки 10, 5 и 2 метра. Результаты представлены в виде таблицы (Рис. 39).

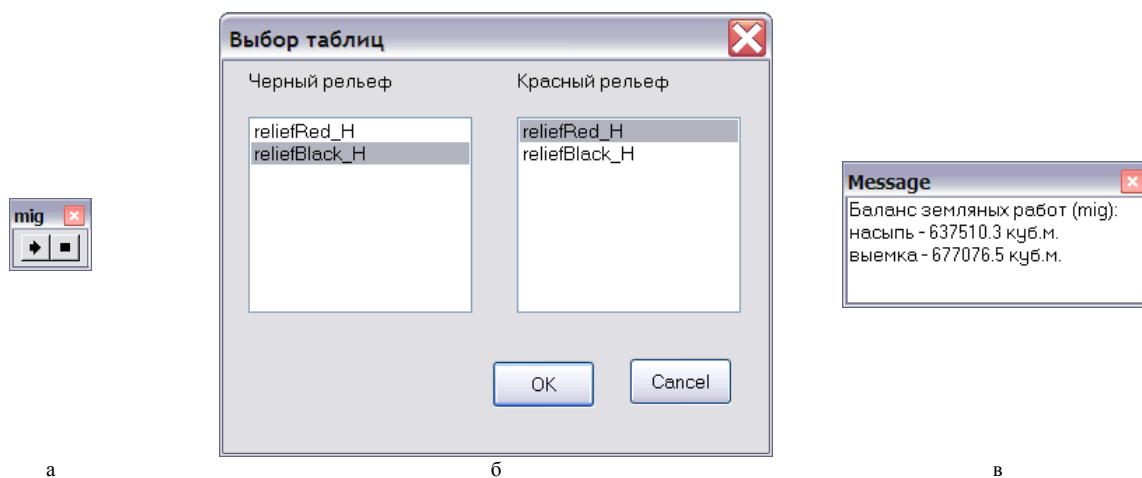


Рис. 38

Нужно отметить, что границы поверхности не совпадают с границами картограммы даже для такой простой фигуры как квадрат. Чем меньше ячейка, тем лучше поверхность вписывается в заданные границы<sup>14</sup>. Но нужно учитывать, что с уменьшением размеров ячейки увеличивается время обработки<sup>15</sup>.

|        | теор.    | Размер ячейки (м) |          |          |
|--------|----------|-------------------|----------|----------|
|        |          | 10                | 5        | 2        |
| насыпь | 612500.0 | 637510.3          | 610166.4 | 615961.5 |
| выемка | 637500.0 | 677076.5          | 628188.4 | 640676.2 |

|        | %     | %     | %    | %     |
|--------|-------|-------|------|-------|
| насыпь | 100.0 | 104.1 | 99.6 | 100.6 |
| выемка | 100.0 | 106.2 | 98.5 | 100.5 |

Рис. 39

<sup>14</sup> Хотя, как видно из таблицы, переход от пяти метров к двум не уменьшил абсолютного значения уклонения от истинного значения.

<sup>15</sup> Так вариант с ячейкой 2 м будет обрабатываться очень долго.