

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТУРА ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА

Кирыкова О.В.¹, Лапина Л.А.¹, Гронь Д.Н.¹, Капустина С.В.¹, Солопко И.В.¹

¹ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail: purik28@yandex.ru

В работе обсуждается разработанное программно-алгоритмическое обеспечение для расчета оптимального контура вскрышных работ при освоении месторождений россыпного золота. В основу алгоритма расчета заложена авторская методика вскрышных работ с учетом угла выезда землеройно-транспортной техники. Оконтуривание балансовых и промышленных запасов проводится по данным разведочных скважин. Информационная технология позволяет провести переоконтуривание промышленных запасов, причем новый контур устанавливают от точки пересечения разведочной скважины с минимальной отметкой контура балансовых запасов по кровле пласта песков и первоначального контура промышленных запасов до контура балансовых запасов «пески – торфы». Разработанная информационная технология позволяет вести вскрышные работы по экологически щадящей технологии разработки месторождений полезных ископаемых, что приводит к снижению площади земель, занимаемых под отвалы.

Ключевые слова: алгоритм, вскрышные работы, оконтуривание, рациональная технология.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR FORMATION THE CONTOUR OF OVERBURDEN OF WORKS AT DEVELOPMENT OF FIELDS OF LOOSE GOLD

Kiryakova O.V.¹, Lapina L.A.¹, Gron D.N.¹, Kapustina S.V.¹, Solopko I.V.¹

¹Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodnii av. 79), e-mail: purik28@yandex.ru

In work the developed program and algorithmic providing for calculation of an optimum contour of overburden works at development of fields of loose gold is discussed. In a basis of calculation algorithm the authoring technique of overburden operations taking into account corner of departure earth-moving-transport technique. Balance and industrial supplies delineation is conducted from data exploration wells. Information technology allows to conduct redistribution of industrial supplies, thus a new contour is set from a point by crossings of exploration wells with the minimum mark of contour of balance supplies on the coverage layer of sands and primary contour of industrial supplies to the contour of balance supplies sands – peat. The developed information technology allows to conduct stripping works on ecologically sparing technology of development of minerals deposits, that results in the decline of area of earths, occupied under dumps.

Keywords: algorithm, overburden operations, delimitation, rational technology.

Подорожание драгметаллов и появление новых технологий извлечения рудного золота меняет парадигму отрасли. Сейчас золотодобытчики могут работать с теми месторождениями, освоение которых ранее считалось нерентабельным, а также проводить доразведку тех участков, которые были отработаны ранее с использованием устаревших технологий. Наконец, эксперты уверены, что в российских недрах таится огромное количество запасов, которые еще никто не нашел. Россия в силу геологических особенностей территории аномально богата россыпями, но в целом в мировой золотодобыче доля россыпного золота составляет менее 1%, и у нас его доля с годами будет снижаться.

На территории Красноярского края есть четыре старые золотодобывающие территории: Енисейский кряж, Кузнецкий Алатау, Мотыгинский и Северо-Енисейский

районы. В природе месторождения золота бывают двух типов: коренные – золото находится в рудах, и россыпные – золото встречается в россыпях. Золотодобыча россыпного золота в крае имеет историю около 200 лет, рудного золота несколько меньше, но самому старому руднику уже около ста лет [1].

Сравнительно недавно было открыто и введено в эксплуатацию Олимпиадинское месторождение в Северо-Енисейском районе Красноярского края. Это месторождение дает до 20-25 тонн золота в год. Еще несколько рудников пытаются добывать золото из коренных руд. Но ввести золотодобывающее предприятие в действие достаточно сложно и требует больших финансовых вложений [3].

Целью создания информационной технологии для формирования контура вскрышных работ при освоении месторождений россыпного золота является разработка и внедрение новых технологий освоения россыпных месторождений с учетом фактора распределения полезного компонента, обеспечивающих повышение эффективности разработки россыпей в сложных горно-геологических условиях.

Одним из основных направлений создания рациональной и экологически щадящей технологии разработки месторождений полезных ископаемых является снижение площади земель, занимаемых под отвалы. Особый интерес представляет эта проблема при бульдозерной технологии ведения вскрышных работ на россыпных месторождениях [4].

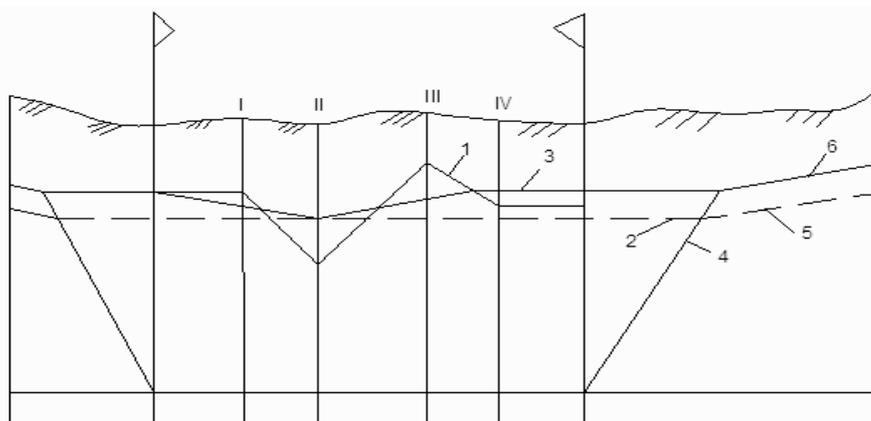
Контур балансовых запасов за редким исключением позволяет проводить вскрышные работы без потерь и разубоживания балансовых песков. При традиционном оконтуривании промышленных запасов с уменьшением потерь возрастает разубоживание балансовых запасов торфами и наоборот. Интенсивность изменения среднего содержания металла в промышленных рыхлых отложениях зависит от характера распределения полезного компонента по мощности рыхлых отложений.

В зависимости от контура границы балансовых запасов по кровле пласта песков, а также типа используемой землеройно-транспортной техники, промышленный контур имеет наклон или вид ломаной линии. Причем максимальная площадь контура балансовых запасов по кровле пласта песков отнесена к части контура и определяется мощностью землеройно-транспортной техники (скрепер, бульдозер) или соответствует углу откоса борта разреза. Контур вскрышных работ с учетом угла выезда землеройно-транспортной техники:

$$\iiint_{000}^{H A1 B} D \cdot dh \cdot da \cdot db \rightarrow \max,$$

где $A1$ – предельный угол выезда землеройно-транспортной техники (da – шаг итерации угла выезда); B – ширина балансовых запасов по расчетной разведочной линии (b – шаг итерации по ширине россыпи).

Увеличение чистого дохода золотодобывающего предприятия достигается за счет того, что в предлагаемом ниже способе разработки месторождений, включающем оконтуривание балансовых и промышленных запасов по данным разведочным скважинам, производят переоконтуривание промышленных запасов, причем новый контур устанавливают от точки пересечения разведочной скважины с минимальной отметкой контура балансовых запасов по кровле пласта песков и первоначального контура промышленных запасов до контура балансовых запасов пески – торфы под углом выезда землеройно-транспортной техники вскрышного оборудования. У линии дневной поверхности показаны номера разведочных скважин (рис. 1).



I – IV – номера скважин

Рис. 1. Схема организации оптимального контура промышленных запасов по кровле пласта песков с итерацией угла выезда землеройно-транспортной техники.

По результатам геолого-разведочных работ и установленным кондициям проведен контур балансовых запасов 1 по кровле пласта песков. Затем проведено оконтуривание промышленных запасов 2 с разносом бортов по пласту песков 4 и по торфам 5 с учетом максимума получаемой прибыли предприятием и предельного угла выезда землеройно-транспортной техники. Переоконтуривание промышленных запасов производят от точки пересечения разведочной скважины с минимальной отметкой контура балансовых запасов по кровле пласта песков (скважина № 2) и первоначального контура промышленных запасов 2 до контура балансовых запасов по кровле (пески – торфа) под углом выезда землеройно-транспортной техники вскрышного оборудования (контур 3). Далее контур 3 проводят аналогично (параллельно) контурам 2 и 5 – контур разноса бортов после оконтуривания – 6.

С целью создания оптимального контура по кровле пласта песков после выемки торфов до максимальной отметки контура предлагается следующая схема ведения вскрышных работ (рис. 2).

Вскрышные работы сплошными поперечными выездами до уровня максимальной отметки контура балансовых запасов обеспечивают минимальные показатели разубоживания

полезного компонента. Добычные работы продольными заходками бульдозера в месте максимальной отметки контура балансовых запасов приводят к более полному извлечению полезного компонента, с наименьшими его потерями. Транспортирование торфов, расположенных между поднятиями, продольными заходками с вторичным перемещением в отвалы дает возможность упростить схему организации движения транспорта.

На рисунке 2 (поперечный разрез россыпного месторождения по разведочной линии) над линией дневной поверхности показаны номера разведочных скважин. По результатам геолого-разведочных работ и установленным кондициям проведен контур балансовых запасов по кровле пласта песков 2. Первоначально вскрытие пласта песков и вскрышные работы производят сплошными поперечными выездами 1 бульдозеров во внешние отвалы (на рисунке не показаны) на два борта россыпи. Причем работы производят до максимальной отметки контура балансовых запасов 2 с разносом бортов 10. При этом работы производят до максимальной отметки контура балансовых запасов 2 с разносом бортов 10.

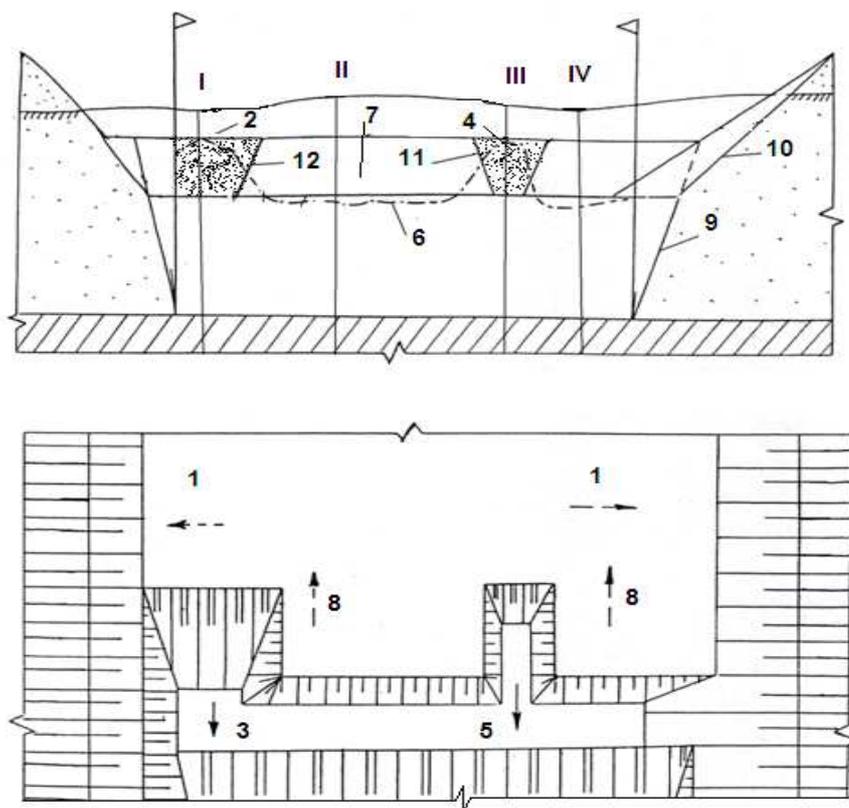


Рис. 2. Направление движения бульдозера при выемке кондиционной части из объемов вскрышных работ.

Добычные работы начинают продольными заходами 3 бульдозера с максимальной отметки контура балансовых запасов с транспортированием песков в выработанное пространство, с образованием выемки 12. Каждое последующее поднятие контура балансовых запасов 4 отрабатывается продольными заходками бульдозера 5 с созданием выработки 11. Торфы 7, расположенные между поднятиями контура балансовых запасов 2 и 4, транспортируются продольными заходками 8 с вторичным перемещением торфов 1 в

отвалы. По достижении отметки вскрышных и добычных работ до уровня минимальной отметки контура балансовых запасов б добычные работы производят известными способами, например вскрытием с разносом бортов 9. Таким образом, предложенное решение позволяет снизить потери и разубоживание, а, следовательно, увеличить чистую прибыль, получаемую предприятием.

На предложенный способ подана заявка в Федеральный институт промышленной собственности. Данный авторский способ лег в основу создания информационной системы.

Созданная информационная технология позволяет быстро и с высокой степенью точности рассчитать объем выполняемых работ, а также оценить процент потерь и разубоживания.

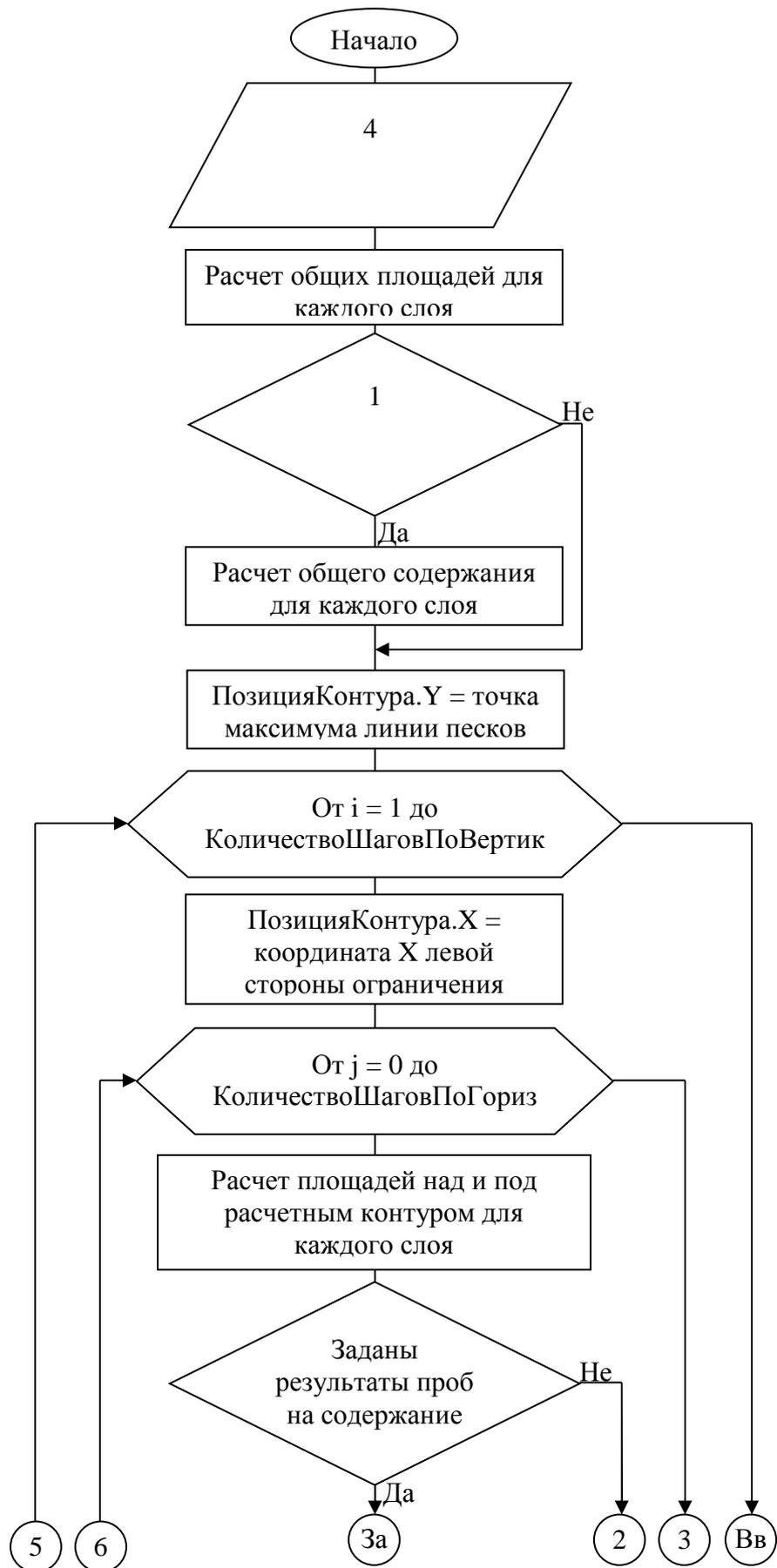
Блок-схема общего алгоритма работы ИТ представлена на рисунке 3.

Описание алгоритма расчета площадей вскрышных работ:

- расчет площадей вскрыши выполняется для каждого слоя. Точки пересечения упорядочиваются по координате X в порядке возрастания;
- расчет общей площади слоя;
- поиск точек пересечения левого угла контура с верхней линией слоя;
- поиск точек пересечения левого угла контура с нижней линией слоя;
- поиск точек пересечения правого угла контура с нижней линией слоя;
- поиск точек пересечения правого угла контура с верхней линией слоя;
- пока не перебраны все полученные точки пересечения, выполняется построение замкнутых областей над расчетным контуром;
- сумма площадей найденных областей – площадь слоя, попавшая во вскрышу;
- площадь слоя, не попавшая во вскрышу, рассчитывается как разница между общей площадью слоя и найденной на предыдущем шаге.

Описание алгоритма расчета содержания (интерполяция методом):

- содержание принимается одинаковым в области, построенной по следующему правилу: от середины между верхней и текущей пробой и до середины между текущей и следующей по оси OY; от середины между предыдущей и текущей скважинами и до середины текущей и следующей по оси OX;
- рассчитывается общее содержание в слое как сумма произведений площадей каждой области, полученных на предыдущем шаге, на содержание в данной области;
- для каждой итерации рассчитывается сумма произведений площадей каждой области, построенной на шаге 1 в каждом слое над расчетным контуром по принципу,



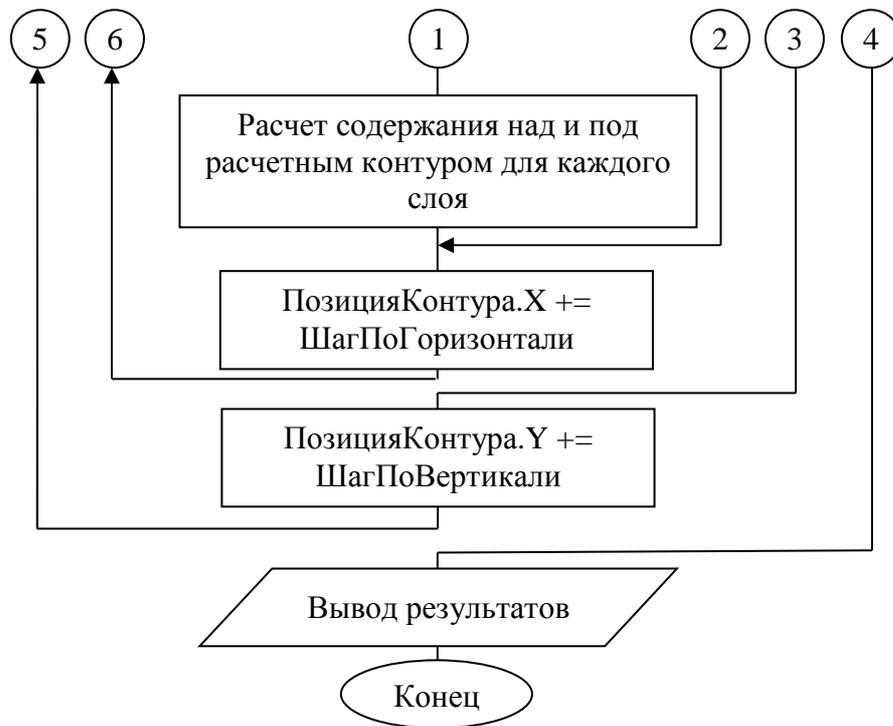


Рис. 3. Блок-схема общего алгоритма работы программы.

описанному в алгоритме расчета площадей, на содержание для данной области. Эта величина является содержанием руды, попавшей во вскрышу для данного слоя;

– содержание руды для данного слоя, не попавшее во вскрышу, рассчитывается как разница между общим и рассчитанным на предыдущем шаге.

За оптимальный контур принимается контур, сумма потерь и разубоживания которого минимальна [2; 5].

Программный комплекс представляет собой Windows-приложение, разработанное в среде Microsoft Visual Studio 2010 на языке C#. Такой выбор позволил увеличить скорость разработки и отладки благодаря широкому функционалу, предоставляемому Visual Studio 2010, а также большой коллекции классов, поставляемых с библиотекой NET Framework.

Исходными для ИТ являются следующие данные: координаты ограничивающего прямоугольника; координаты линий торфов, песков и плотика; результаты проб на содержание (если необходимо рассчитать содержание).

Их можно задать двумя способами: непосредственно ручное задание в приложении, с помощью диалогов редактирования данных (после задания их можно сохранить в специальный формат файла); импорт данных из файла (из ранее сохраненного файла специального формата или из файла, созданного в табличном процессоре MS Excel).

Исходными данными для расчета являются: левый и правый предельные углы; шаг или количество шагов по горизонтали; шаг или количество шагов по вертикали.

На основе заданных данных программный комплекс выполняет расчет данных и формирует результирующую таблицу, каждая строка которой содержит площадь торфов,

песков и плотика выше и ниже расчетного горизонта ($\text{м}^3/\text{погонный метр}$) для каждой итерации, и, если были заданы результаты проб на содержание, количество извлекаемого металла выше и ниже расчетного контура для каждого слоя.

Головное окно ИТ представлено на рисунке 4.

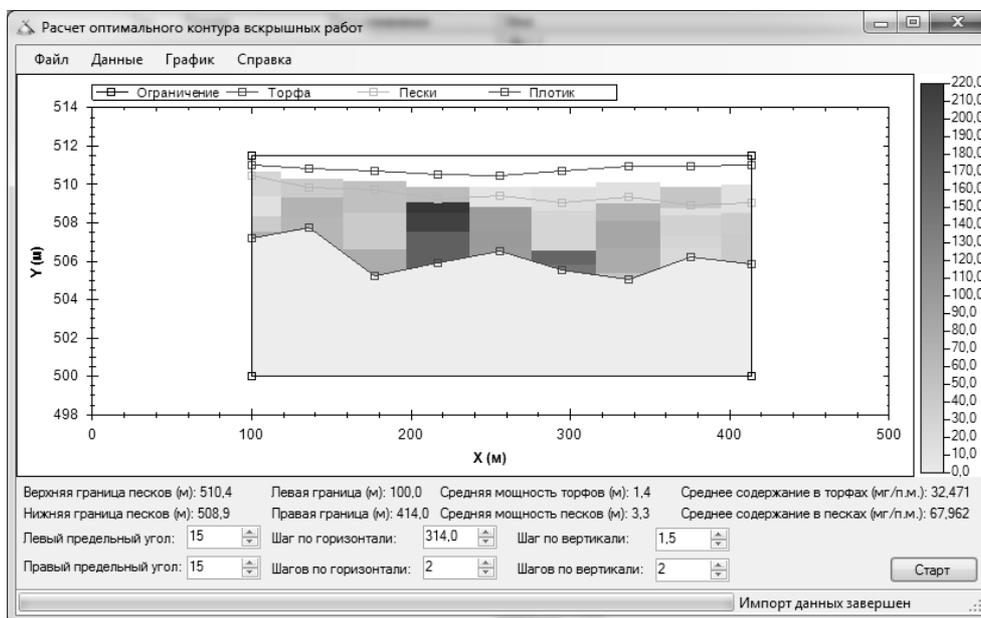


Рис. 4. Головное окно ИТ.

На нем расположены основные элементы управления для задания исходных данных и отображения статуса выполнения текущей задачи: главное меню; область отображения; поля задания исходных данных для расчета; шкала содержания извлекаемого вещества в данной области (если они были заданы); поле статуса текущей задачи.

Для задания исходных данных можно воспользоваться импортом данных из ранее сохраненного файла в формате xml, или из файла, созданного в табличном редакторе MS Excel. Также можно задать исходные данные вручную с помощью диалогов, приведенных на рисунке 5.

Координата X (м)	Координата Y (м)
Ограничение	
100	500
414	511,5
Торфа	
100	511
136,5	510,8
177,5	510,7
217	510,5
256	510,4
295	510,7
337	510,9
375,7	510,9
414	511
Пески	
100	510,4
136,5	509,8
177,5	509,7

Рис. 5. Диалог редактирования координат линий.

Далее необходимо задать параметры расчета (предельные углы и шаги итерации) с помощью элементов управления, расположенных в нижней части формы. Для запуска расчета необходимо нажать кнопку «Старт». По завершении расчетов будет выведено окно с результатами, в котором будут подсвечены строки с наиболее оптимальными контурами ведения работ (рис. 6).

Номер шага по вертикали (координат Y угла)	Номер шага по горизонтали (координат X угла)	Площадь торфов выше расчетного контура (м3/п.м.)	Площадь торфов ниже расчетного контура (м3/п.м.)	Содержание в торфах выше расчетного контура (мг/п.м.)	Содержание в торфах ниже расчетного контура (мг/п.м.)	Площадь песков выше расчетного контура (м3/п.м.)	Площадь песков ниже расчетного контура (м3/п.м.)	Содержание в песках выше расчетного контура (мг/п.м.)	Содержание в песках ниже расчетного контура (мг/п.м.)	Площадь плотика выше расчетного контура (м3/п.м.)	Площадь плотика ниже расчетного контура (м3/п.м.)	Содержание в плотике выше расчетного контура (мг/п.м.)	Содержание в плотике ниже расчетного контура (мг/п.м.)
3 (509,8)	1 (100,0)	2,0	426,7	24,6	6630,2	0,6	1043,4	17,7	76485,9	0,0	1898,4	0,0	0,0
	2 (178,5)	3,0	425,7	31,6	6623,2	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
	3 (257,0)	1,4	427,3	0,4	6654,4	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
	4 (335,5)	4,4	424,2	4,7	6650,1	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
	5 (414,0)	2,7	426,0	1,0	6653,8	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
4 (509,5)	1 (100,0)	2,7	426,0	35,4	6619,4	1,4	1042,6	39,9	76463,7	0,0	1898,4	0,0	0,0
	2 (178,5)	5,2	423,5	90,0	6564,8	0,1	1043,9	7,0	76496,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
	3 (257,0)	3,1	425,6	6,0	6648,8	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
	4 (335,5)	7,2	421,5	18,8	6636,0	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
	5 (414,0)	4,2	424,5	6,5	6648,3	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0
5 (509,2)	1 (100,0)	3,4	425,3	46,7	6608,1	2,5	1041,5	69,8	76433,7	0,0	1898,4	0,0	0,0
	2 (178,5)	7,4	421,3	150,9	6503,9	0,9	1043,1	46,9	76456,7	0,0	1898,4	0,0	0,0
	3 (257,0)	5,4	423,3	16,9	6637,9	0,1	1043,9	1,3	76502,2	0,0	1898,4	0,0	0,0
	4 (335,5)	10,6	418,1	41,9	6612,9	0,0	1044,0	0,4	76503,2	0,0	1898,4	0,0	0,0
	5 (414,0)	6,0	422,7	16,7	6638,1	0,0	1044,0	0,0	76503,6	0,0	1898,4	0,0	0,0

Общая площадь торфов: 428,7 м3/п.м. Общая площадь песков: 1044,0 м3/п.м. Общая площадь плотика: 1898,4 м3/п.м.
Общее содержание в торфах: 6654,8 мг/п.м. Общее содержание в песках: 76503,6 мг/п.м. Общее содержание в плотике: 0,0 мг/п.м.

Рис. 6. Форма с результатами расчетов.

Разработанная информационная технология позволяет быстро и с высокой степенью точности рассчитать объем вскрышных работ, а также оценить процент потерь и разубоживания. Является высокотехнологичной, актуальной и востребованной.

Список литературы

1. Авдонин В.В. Геология полезных ископаемых / В.В. Авдонин, В.И. Старостин. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 384 с.
2. Александрова Н.А. Верификация экспертной информации при построении систем оперативного управления и диагностики технологических процессов / Александрова Н.А., Куркина В.В., Рудакова И.В., Русинов Л.А. // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2007. - С. 14-17.
3. Байков Б.Н. Справочник по нормированию потерь руды на карьерах. – М. : Недра, 1980. – 296 с.
4. Нестеренко Г.В. Происхождение россыпных месторождений. – Новосибирск : Наука, 1977. – 310 с.
5. Цымбал В.П. Математическое моделирование сложных систем в металлургии : учебник для вузов. – Кемерово; М. : Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат – АСТШ, 2006. – 431 с.

Рецензенты:

Ловчиков А.Н., д.т.н., профессор кафедры систем автоматического управления Института космической техники СибГАУ, г. Красноярск.

Пашков Г.Л., д.т.н., профессор, руководитель Научно-образовательного центра ИХХТ СО РАН «Поверхностные явления в процессах переработки сырья цветных, редких и благородных металлов и создании новых материалов на их основе», г. Красноярск.