

Тема поисков алмазоносных кимберлитовых трубок интересна для геофизического сообщества, о чем свидетельствуют публикации [2,6] и доклады на конференциях [3-5].

Внимание геофизиков привлекает поиск такого метода, который бы один смог решать поставленную задачу. Или ставится задача распознавания объекта по совокупности аномальных признаков [1].

В данной работе предлагается подход, направленный на построение геолого-геофизической модели изучаемых участков. Причем процесс уточнения модели должен продолжаться не только на поисковом, но и на разведочном этапе с учетом результатов бурения.

В работе [3] приводится вывод о том, что алмазоносные кимберлитовые трубки якутской провинции обладают магнитной восприимчивостью от 20 до  $200 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ. Наиболее вероятные пределы изменяются от 50 до  $75 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ. Приведем фрагмент вывода: "Алмазоносные кимберлитовые трубки характеризуются устойчивыми, но весьма и весьма слабо повышенными значениями аномальной магнитной восприимчивости, которая может проявляться в наблюдаемых магнитных полях аномалиями интенсивностью в среднем не более первых нТл. (Такие аномалии обычно выделяются на площадях аэрогеофизических поисков алмазов в количествах, измеряемых тысячами и десятками тысяч штук. По материалам наземных съемок такие аномалии обычно подавлены шумом от поверхностных геологических неоднородностей)."

На основании этого ставится под сомнение возможность магнитометрии для поисков таких объектов. Наши исследования [4,5], проведенные на реальных, не менее сложных объектах, свидетельствуют об обратном. Разработанные при этих исследованиях технологии с применением пакета ADM-3D-V2 мы попытаемся применить в данной работе.

Первоначально для нас было интересно оценить уровень магнитного поля от трубок разного диаметра и от неоднородных по мощности траппов. Наиболее подходящий для этой цели оказалась модель, взятая из работы [6]. На рис.1 (а, б) видим исходный [6] и модельный разрез, проходящий через три алмазоносных трубки. Как видно, трубка Соболева имеет наибольший диаметр, около 300 м, а трубки Устинова и Щукина – около 200 м и 100 м соответственно. Верхний слой представлен траппами, мощность которых меняется от 10 до 150 м. Это изменение мощности является главным аномальным объектом, маскирующим аномалии от трубок.

На первом шаге моделирования магнитная восприимчивость в слое 1 принята равной 0, а восприимчивость трубок  $100 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ. Намагничивающее поле принято равным  $H_z=0.5$ ,  $H_y=0.1$ ,  $H_x=0$ . (Ось Y направлена на север, а X – на восток).

На рис. 1 с,d видим магнитное поле на уровне 4 и 70 м от поверхности рельефа. Они меняются от -20 до 149 нТл на уровне 4 м и от -8 до 77 нТл на уровне 70 м. Аномалии уменьшатся в два раза, если мы уменьшим магнитные восприимчивости в 2 раза, то есть до уровня наиболее вероятной магнитной восприимчивости, указанной в работе [3]. Полученные в этом случае аномалии от кимберлитовых трубок не единицы, а десятки нанотесла. Совокупность трех трубок создает единую широтную аномалию. Небольшая отрицательная магнитная аномалия в северной части участка – следствие бокового намагничивания.

Поле от всей модели, в которой магнитная восприимчивость траппового долерита принята равной  $1000 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ показано на рис.1е. За счет сильных аномалий слоя долерита (которые меняются в пределах от -678 до 853 нТл на высоте 4 м и от -274 до 263 нТл на высоте 70 м) аномалии трубок слабо видны на высоте 70 м и практически не видны на высоте 4 м. В центре аномалий от трубок поставлены фиктивные скважины. Наиболее отчетливо на высоте 70 м видны аномалии от трубки Устинова, максимум которой совпадает с максимумом двумерного поля от изменчивого траппа. Незамкнутая аномалия видна на трубке Соболева, и очень слабый след от трубки Щукина, попадающей в область большой амплитуды отрицательного поля от долерита. Все три аномалии (рис.1 с,d) смещены от центра трубок к югу за счет горизонтального намагничивания.

В работе [4] на реальных данных была показана возможность выделения трубок не только на этапе поисков, но и на этапе разведки, причем в условиях, близких к экватору. Посмотрим эти возможности на нашем модельном примере. Конечно, в случае известного строения траппа трубки выделяются или путем исключения модельного поля от всей модели. В нашем случае априорная модель траппа введена в общую модель. Объект, имитирующий кимберлитовый

массив, задан плоским слоем мощностью 40 м с магнитной восприимчивостью  $100 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ. В таком виде аномальное поле от плоского слоя будет равно 0 и только изменение его мощности будет создавать аномалии. Таким образом, увеличение мощности слоя укажет на положение искомого объекта.

Решив обратную задачу, после 3 итераций получим результат, приведенный на рис.2а,б, где показаны разрез модели и глубины подошвы слоя. Как видно, в этом случае уверенно выделены трубки 1 и 2 и слабее — 3.

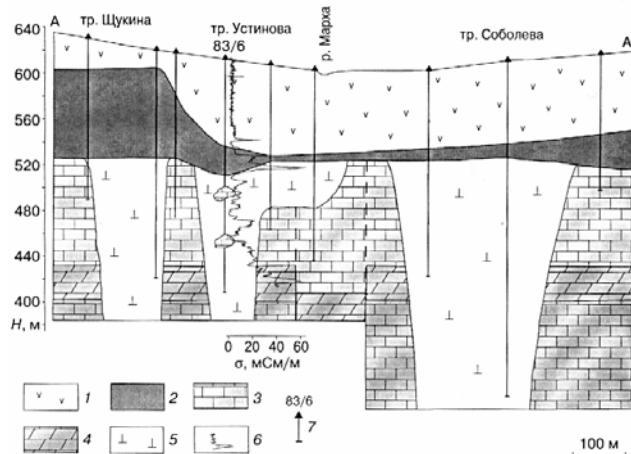
Посмотрим, какие результаты удастся получить при неизвестной модели. Они приведены на рис.2 с,d,e,f. Амплитуда кровли невелика, но она позволяет выделить объекты 1 и 2. На подошве слоя отчетливо выделена трубка 1. Аномалия вытягивается к объекту 2. Объект 3 выделить не удается, так как он оказывается в области большой отрицательной аномалии.

## Выводы

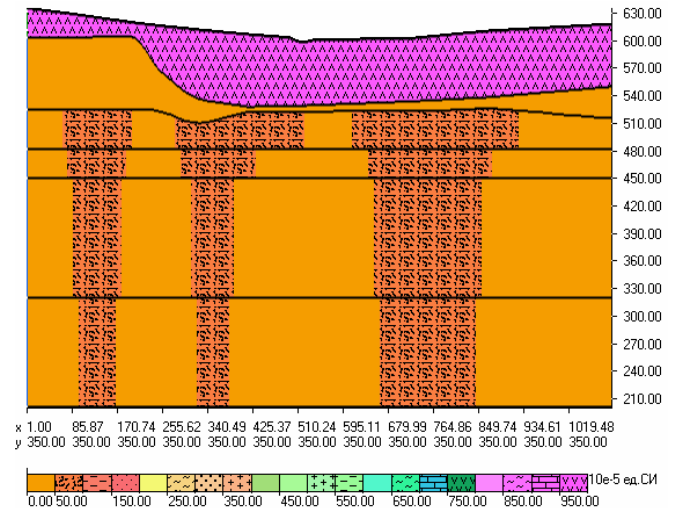
1. Магнитное поле от кимберлитовых трубок при  $k=100 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ составляет от 40 до 150 нТл, а при  $50 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ в два раза меньше.
2. Амплитуда аномалии магнитного поля, создаваемого траппами переменной мощности, может на порядок превышать аномалии от трубок и имеет большие минимумы. Следует принять во внимание, что при постоянной мощности траппа его магнитное поле будет близко к 0.
3. Решение контактной задачи при известной модели траппов по данным на трех уровнях наблюдения (1, 4 и 70 м) позволило выделить все три объекта, а в том случае, когда информация о всех границах неизвестна, уверенно удастся выделить только объект 1. Объект 2 выделяется слабо по поведению границы 3.
4. Намагничивающее поле принято совпадающим с современным, о чем свидетельствуют данные из [3]. Наиболее вероятная величина коэффициента Кенигсбергера равна 0.3.
5. В технологии решаются задачи, учитывающие рельеф, что оказывает очень сильное влияние на результаты.
6. Использование технологии ADM-3D позволяет уверенно выделить объекты при известной модели верхних слоев и повысить вероятность обнаружения крупных объектов в том случае, когда модель верхних слоев отсутствует.

## Ссылки

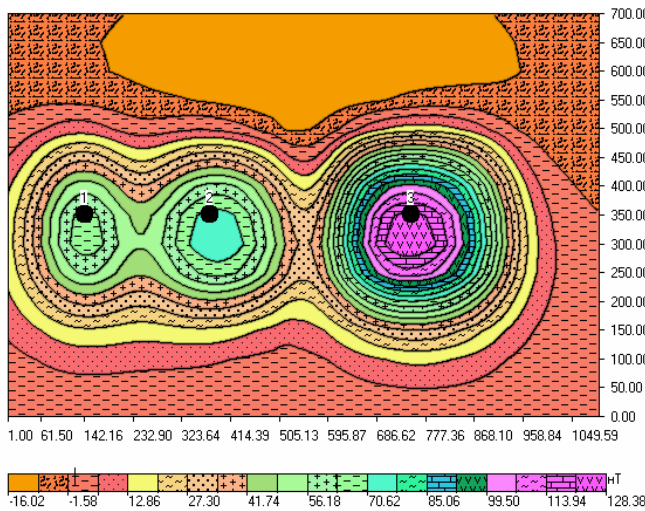
- [1] Бабаянц П.С., Иванова М.А. Технология интерпретации данных детальной аэромагнитной съемки при поисках месторождений алмазов. Межд.сем.им.Д.Г.Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей.», Москва, 29 января-3 февраля 2007 г.
- [2] Мухаметшин А.М., Виноградов В.Б. Магниторазведка. Екатеринбург, 2003.
- [3] Контарович Р.С., Цыганов В.А. Доклад на конференции PDAC 99 в Торонто, Канада.
- [4] Кочнев В.А., Муравьев Л.А., Гоз И.В. Контактная 3D задача магнитометрии по многоуровневым наблюдениям на примере кимберлитового объекта. Мат. 35-й сессии Международного семинара им Д.Г.Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». Ухта, 29 января – 3 февраля 2008 г, стр.141-144.
- [5] Кочнев В.А., Муравьев Л.А., Гоз И.В. “Решение контактной задачи магнитометрии по многоуровневым наблюдениям на кимберлитовом объекте” Конф. EAGE Saint Petersburg 2008, 7-10 апреля 2008 года, докл. 3193.
- [6] Стогний В.В., Тимофеев А.П. Поиск методом переходных процессов кимберлитовых тел как поляризующихся объектов. Геофизика, №4, 2009, стр.29-35.



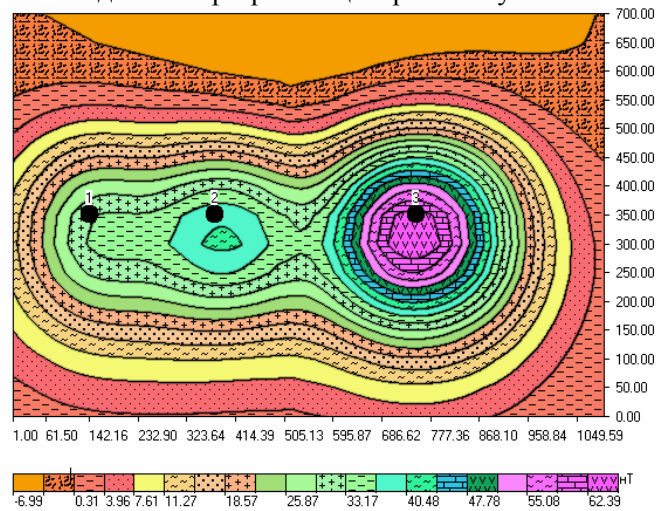
а. Геологический разрез через кимберлитовую трубку Щукина, Устинова и Соболева [5].



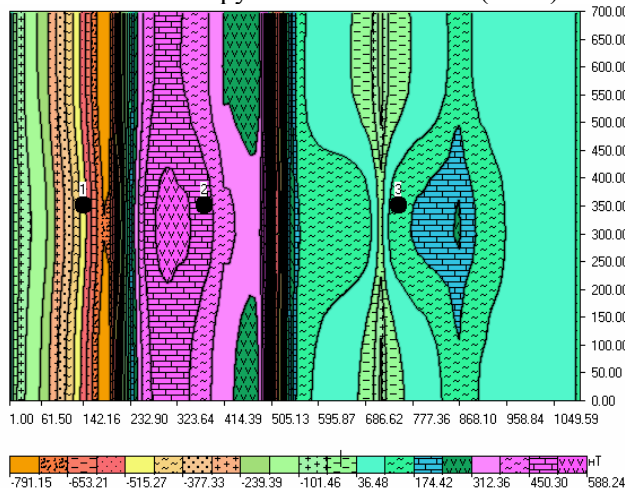
б. Модельный разрез по центральному сечению.



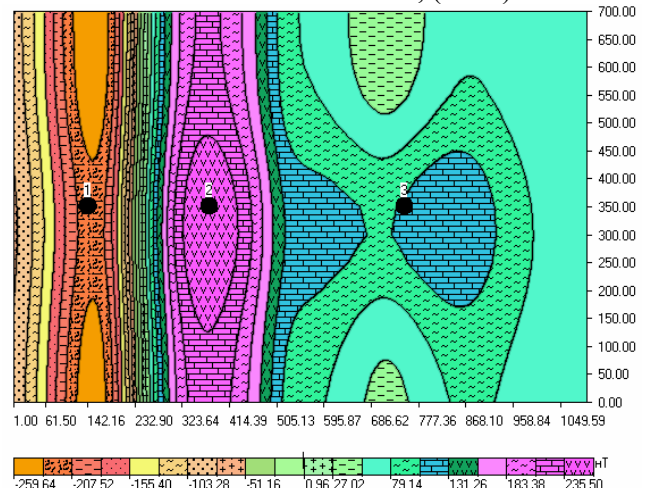
с. Поле от трубок на высоте 4 м ( $k_1=0$ )



д. Поле на высоте 70 м, ( $k_1=0$ )

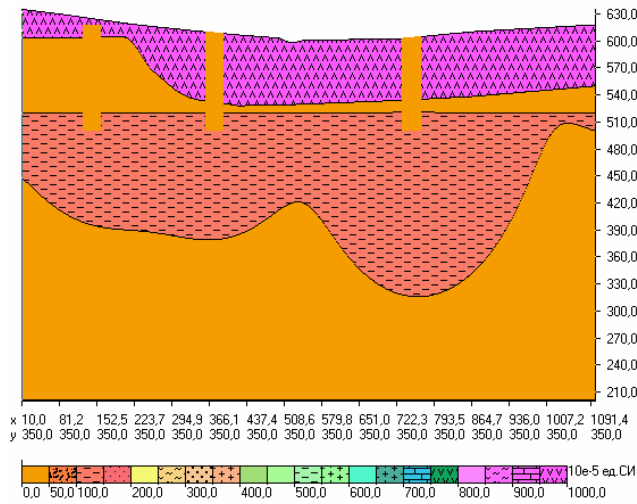


е. Поле от всей модели на высоте 4 м ( $k_1=1000 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ)

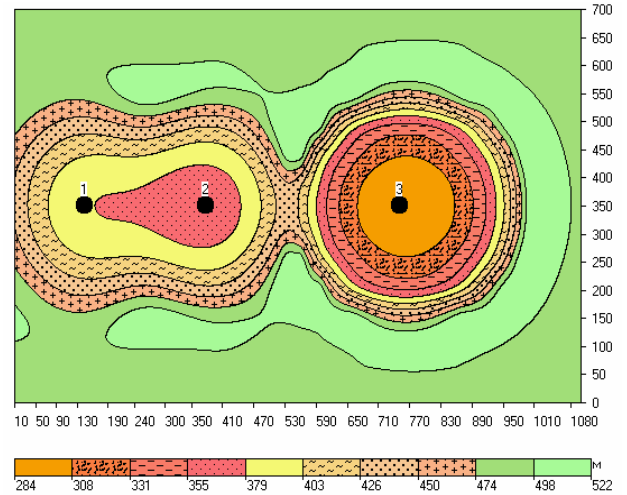


ф. Поле от всей модели на высоте 70 м. ( $k_1=1000 \cdot 10^{-5}$  ед.СИ)

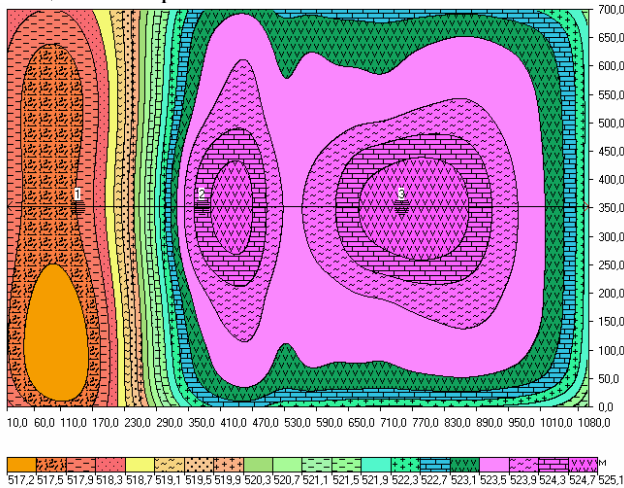
Рис.1 1-долериты, 2-песчаники, алевролиты, углистые алевролиты каменноугольной системы, 3-пестроцветные мергели, доломиты ордовика, 4-глинистые органогенные известняки силура, 5-кимберлиты, 6-результаты электромагнитного каротажа скв. 83/6; 7-геологическая скважина и ее номер.



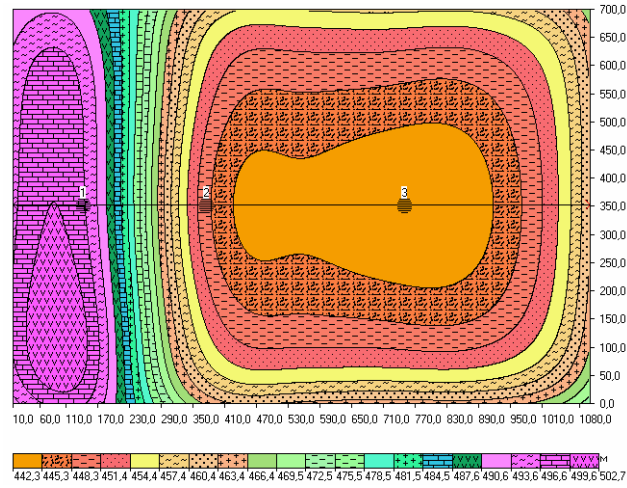
а. Разрез магнитной восприимчивости после решения контактной задачи при известной мощности первого слоя.



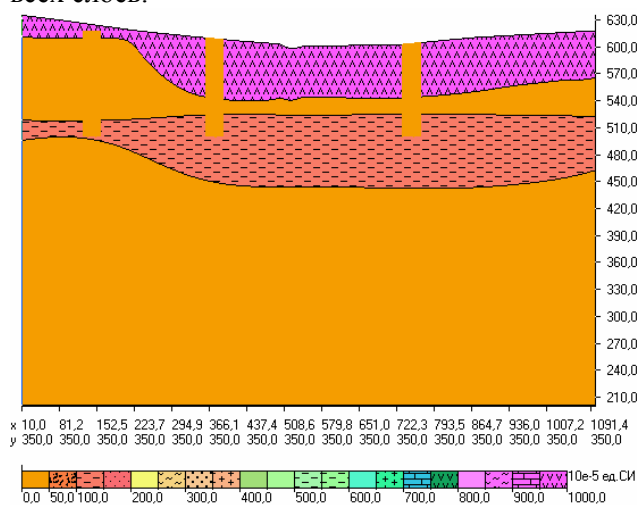
б. Рельеф подошвы третьего слоя после решения контактной задачи при известной мощности первого слоя.



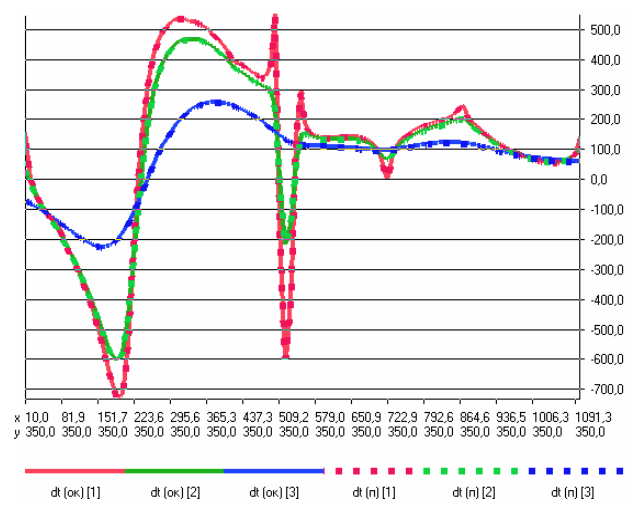
с. Рельеф кровли третьего слоя после решения контактной задачи при неизвестной мощности всех слоев.



д. Рельеф подошвы третьего слоя после решения контактной задачи при неизвестной мощности всех слоев.



е. Разрез магнитной восприимчивости после решения контактной задачи при неизвестной мощности всех слоев.



ф. Графики исходного ( $dt[ok]$ ) и подобранного ( $dt[n]$ ) магнитного поля после решения контактной задачи при неизвестной мощности всех слоев.

Рис.2