

14. Формулы для расчета нормальных значений элементов геомагнитного поля.
23. Квантовые магнитометры. Особенности измерительной системы. Способы измерения.
71. Разновидности интерпретации результатов гравиметрических исследований.

Задача 6

Ответы:

14. Формулы для расчета нормальных значений элементов геомагнитного поля.

Аналитические выражения составляющих поля Земли как поля однородно намагниченного шара справедливы лишь с точностью примерно до 25%. Как показали исследования ученых, магнитное поле Земли имеет более сложный характер вследствие непостоянства магнитного поля во времени и существования на земной поверхности участков, в пределах которых магнитное поле претерпевает резкие изменения.

Учитывая сложность аналитического представления магнитного поля Земли, пользуются не теоретическими, а практическими данными, основывающимися на измерениях элементов земного магнетизма. С этой целью проводятся планомерные магнитные съемки.

В России такая съемка, носящая название генеральной магнитной съемки, начата в 1931 г. Она охватила всю территорию Советского Союза, причем на европейской ее части съемка была площадной, по сети 20×20 или 20×30 км, а на азиатской — маршрутной, с расстояниями между точками 20-30 км. На каждой точке измерялись величины D , J и H . Первые магнитные карты территории СССР были построены в 1936 г. С 1937 г. систематические магнитные съемки выполняются Институтом земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Академии наук СССР (ИЗМИРАН).

На основании измерений путем сглаживания изолиний или осреднения значений поля по определенным площадям строят карты элементов геомагнитного поля. Анализ этих карт показывает, что на общем фоне плановых изолиний, характеризующих поле Земли как поле однородно намагниченного шара, выделяется ряд крупных по размерам аномалий, соизмеримых с площадями материков, вследствие чего их называют материковыми. На поверхности Земли отмечается несколько материковых аномалий, одна из которых, Восточно-Азиатская, располагается на территории СССР, охватывая область Сибирской платформы (рис. 1). Это одна из крупнейших материковых аномалий планеты, четко выделяющаяся на картах всех элементов геомагнитного поля.

Так как определяемая глубина источника материковых аномалий составляет доли земного радиуса, считают, что источник материковых аномалий находится внутри Земли. Это дает основание предполагать, что природа однородной намагниченности Земли и материковых аномалий одна и та же.

Вследствие такой связи полей нормальным геомагнитным полем T_o (или главным магнитным полем Земли) называют поле однородно намагниченного шара T_e плюс материковая аномалия T_2 , т.е. $T_o = T_e + T_2$. Карты элементов геомагнитного поля, полученные на основании генеральной магнитной съемки, называются картами нормального поля, причем карты изолиний T , Z и H называются картами изодинам T , Z и H , карты изолиний склонения — картами изогон, изолиний наклонения — картами изоклин. Карты нормального поля по всем элементам геомагнитного поля составляют на середину определенного года, относят к определенной эпохе. Это объясняется тем, что магнитное поле Земли изменяется во времени. Как показывает анализ карт нормального поля, значения поля и скорость его изменения в различных точках земной поверхности неодинаковы.

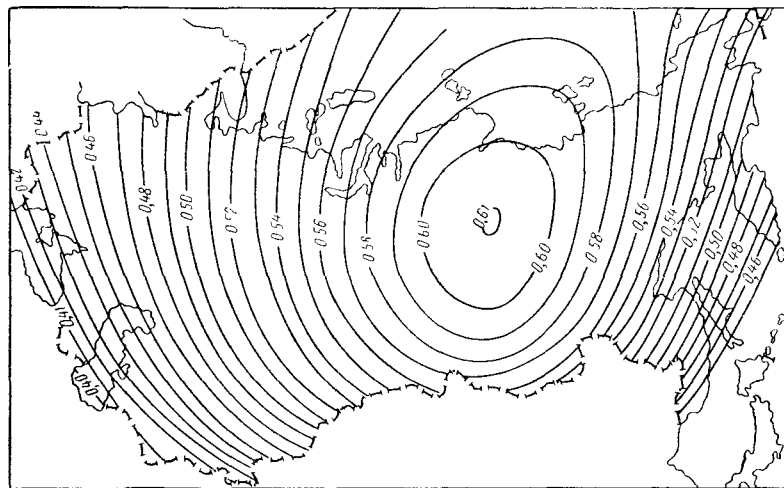


Рис. 1. Карта нормального поля 2-составляющей (Э) эпохи 1965 г.

Скорость изменения нормального поля на единицу расстояния называется горизонтальным градиентом, а скорость изменения поля по высоте — вертикальным градиентом. Для территории России нормальный горизонтальный градиент составляющих магнитного поля изменяется от 2 до 7 гамм/км, а вертикальный градиент примерно от 20 до 30 гамм/км. Следовательно, при проведении магнитных съемок на значительных площадях необходимо учитывать изменения нормального поля. С этой целью в полученные результаты вводят поправку за нормальный градиент. Обычно учитывают горизонтальный градиент, а при высокоточных измерениях — и вертикальный градиент.

В любой точке на поверхности Земли свободно подвешенная в пространстве магнитная стрелка ориентируется в направлении полного вектора напряженности магнитного поля. Полный вектор напряженности магнитного поля T можно разложить (рис. 11) на вертикальную Z и горизонтальную H составляющие; горизонтальная составляющая, в свою очередь, раскладывается на две составляющие — X и Y . На рис.2 оси x и y направлены соответственно на географические север и восток. Угол между компонентами T и H называется углом наклона, а угол D между компонентами H и X — углом склонения. Семь величин: T, Z, H, X, Y, I и D называются элементами земного магнетизма. Они взаимно связаны между собой следующими соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} T &= \sqrt{Z^2 + H^2}; & Z &= T \sin I; \\ H &= T \cos I; & H &= \sqrt{X^2 + Y^2}; \\ X &= H \cos D; & Y &= H \sin D. \end{aligned} \right\}$$

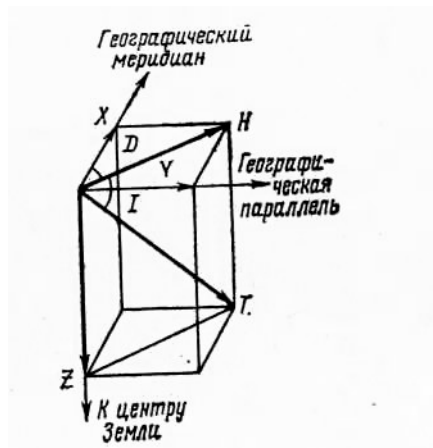


Рис. 2 Элементы земного магнетизма

Для изучения пространственного распределения элементов геомагнитного поля проведены их измерения в разных точках на поверхности Земли. По измеренным значениям построены карты равных значений элементов. Линии равных значений напряженности магнитного поля (T , Z или H) называются изодинамами, линии равных значений угла магнитного склонения D — изогонами, линии равных значений угла магнитного наклона I — изоклинами.

На карте имеется линия нулевых значений угла магнитного наклона. Эта линия проходит через точки на поверхности Земли, в которых магнитная стрелка ориентируется в горизонтальной плоскости. Такие точки расположены на магнитном экваторе. Магнитный экватор не совпадает с географическим. С увеличением широты угол магнитного наклона возрастает. В северном полушарии имеется точка, в которой северный (положительный) конец магнитной стрелки наклонен вертикально вниз (угол $I = 90^\circ$). Эта точка называется южным геомагнитным полюсом. В южном полушарии расположена точка, в которой южный (отрицательный) конец магнитной стрелки направлен вертикально вниз. Эта точка называется северным магнитным полюсом. Магнитные полюса изменяют свое положение со временем.

Полная напряженность геомагнитного поля увеличивается от магнитного экватора к полюсам от 0,42 до 0,70 Э. Магнитное поле, наблюдаемое на поверхности Земли, продолжается далеко в околоземное пространство: на высоте около 7000 км напряженность поля уменьшается до $1/8$ значения поля на поверхности Земли.

Непрерывная регистрация элементов геомагнитного поля в магнитных обсерваториях показывает, что магнитное поле непрерывно изменяется со временем. Обычно наблюдаются небольшие и достаточно правильные изменения поля в течение суток - суточные вариации, которые в отдельные дни могут достигать нескольких тысяч гамм по напряженности и нескольких градусов по склонению. Такие большие возмущения называются магнитными бурями. Магнитные бури могут продолжаться несколько дней и часто сопровождаются нарушением радиосвязи и полярными сияниями. Кроме того, существуют медленные вековые вариации геомагнитного поля, выражающиеся в том, что изолинии напряженности поля как бы медленно смещаются в западном направлении. Величина таких смещений составляет около $0,18^\circ$ в год по долготе, т. е. изолинии как бы делают полный оборот вокруг Земли примерно за 2000 лет.

23. Квантовые магнитометры. Особенности измерительной системы. Способы измерения.

Квантовые магнитометры основаны на принципе оптической накачки, разработанным для паров щелочных металлов (Cs, Rb, Na, K) и инертных газов.

Квантовые магнитометры имеют следующие достоинства и недостатки:

Достоинства

1. Возможность непрерывных измерений;
2. Высокая разрешающая способность.

Недостатки

1. Ориентационная и азимутальная погрешность;
2. Температурный дрейф. Смещение нуля-пункта;
3. Чувствительность к механическим воздействиям (удары, вибрация).

Существуют следующие модели квантовых магнитометров:

SmartMag;
G-858;
MM-60M1;
ММК-01;
ВТСП-магнитометр;
BVM-01;

GSMP-30.

Например: Калиевый магнитометр/градиентометр GSMP-30

GSMP-30 представляет собой высокочувствительную систему из калиевого магнитометра и градиентометра, обеспечивающую уникальную чувствительность и абсолютную точность, обладая, кроме того, близкой к нулю ориентационной или курсовой погрешностью.

GSMP-30 функционирует по принципу, аналогичному магнитометрам с оптической накачкой паров щелочного металла, как например цезиевый магнитометр, но предпочтение отдается уникальным ядерным свойствам калия.

Не имеющая аналогов чувствительность системы GSMP-30 позволяет использовать магнитометры и градиентометры в тех областях, где требуется более высокая чувствительность, чем ее могут дать другие системы с оптической накачкой паров щелочного металла.

Характеристики:

Одним из важных преимуществ системы GSMP-30, состоящей из магнитометра и градиентометра с оптической накачкой является:

практически никакой погрешности в ориентации;

самая высокая чувствительность, которая может быть в портативных магнитометрах;

абсолютная точность;

быстрое включение и быстрый возврат в исходное положение, считанные секунды для GSMP-30, чтобы восстановить синхронизацию осциллятора после изменения ориентации из мертвой зоны в активную;

быстрое отслеживание - GSMP-30 производит точные измерения изменений по частоте Лармора, вызванные изменениями поля в несколько тысяч нТ в период выборки.

Преимущества GSMP-30:

Нечувствительность к ориентации - фактически нулевая курсовая погрешность, как следствие ядерных свойств калия;

Чувствительность - Неотъемлемая чувствительность к потенциальному полю в силу ядерных свойств калия. Очень узкие спектральные линии калия дают чувствительность, которая является максимальной среди всех магнитометров с оптической накачкой;

Абсолютная точность - Уникальная абсолютная точность GSMP-30 (дисперсия $\pm 1,0$ нТ между любыми датчиками GSMP-30) обеспечивает лучший выбор этого датчика для всех градиентометров. Широкие спектральные линии цезия существенно ограничивают определение абсолютной точности этих систем;

Отсутствие необходимости в систематической градуировке - Датчики GSMP-30 не требуют периодической градуировки, так как относительное положение высокочастотной катушки возбуждения и оптическая ось не влияют на рабочую характеристику.

Из-за конфигурации спектральных линий цезия относительное положение высокочастотной катушки и оптической оси очень важно и таким образом воздействуют на характеристики. Механические вибрации изменяют относительные положения, вызывая тем самым необходимость проведения регулярных градуировок или балансировок датчика.

Безразличие к ориентации - преимущество GSMP-30:

Разница в курсовой или ориентационной погрешности между отдельными датчиками приводит к ошибкам в измерении градиента, сопоставимым со значением магнитуды самого измеряемого градиента. Эта ошибка характерна для технологии датчиков цезиевых магнитометров(курсавая или ориентационная погрешность - амплитудная огибающая всей ошибки измерения интенсивности магнитного поля, возникающей в процессе изменения положения в пространстве ячейки с цезиевыми парами).

Датчик GSMP-30, практически не имеющий погрешности в ориентации или курсовой погрешности, не вносит "помех" ориентации в измерения магнитного поля или магнитного градиента и в результате высокая чувствительность системы может реализоваться и в динамической и в статической окружающей среде.

Область применения:

Длительная устойчивость, высокая чувствительность, быстрая реакция на изменения магнитного поля делает GSMP -30 идеальным для широкого применения, например:

определение местоположения боеприпасов и мин портативными средствами;

наземная магнитная съемка и съемка магнитного градиента для археологических исследований, инженерно-геологических применений, для обнаружения захоронений, содержащих опасные отходы, а также проведение геологоразведочных работ на минеральное и углеводородное сырье;

базовая магнитовариационная станция для контроля и наблюдения за магнитной активностью суточных вариаций и возмущениями.

Описание GSMP-30:

Комплекс магнитометра GSMP-30 состоит из:

установленный на штанге датчик и блок высокочастотного предусилителя в сборе;

блок сбора данных / дисплеем;

пояс для аккумуляторов на 24 В с наплечными ремнями.

Головка датчика GSMP-30:

В легкой (менее 2,9 фунтов) головке датчика GSMP-30 размещается электронно-оптическая система датчика. Все компоненты головки датчика, включая наружный пластиковый корпус, выполнены из тщательно экранированных немагнитных материалов.

Диаметр компактного пластикового корпуса составляет 3,5 дюйма, а длина - 6,0 дюймов, что позволяет использовать датчик GSMP-30 в аэромагнитометре, в морском магнитометре, в носимом пешеходном варианте и для базовой вариационной станции.

Электронно-оптический датчик в сборе включает в себя калиевую лампу, ячейку поглощения и фотодетектор; всё размещается в изолированном пластиковом корпусе, чтобы уменьшить время на подогрев и расход энергии во время съемки.

Пульт управления и сбора данных GSMP-30:

Пульт управления GSMP-30 оснащен графическим дисплеем и 16-ти клавишной алфавитно-цифровой клавиатурой. Графический дисплей представляет собой 8-ми строчный (30 символов на строку) рефлексивный монохроматический жидкокристаллический дисплей, который может отображать 30 x 8 символов.

Пульт управления содержит электронику для обработки сигналов Лармора с магнитометра, устройство памяти выборки данных, а также устройство управления графическим просмотром данных в реальном времени и полученных из памяти.

Все характеристики системы GSMP-30, включая дополнительные, навигационные характерные особенности высокого уровня, доступны через интерактивную систему меню, простую в использовании.

Программное обеспечение GEMLink:

GSMP-30G поставляется с универсальной штангой (патент заявлен), которая имеет уникальную конструкцию, позволяющую проводить измерения и вертикальных и горизонтальных магнитных градиентов, используя одну и ту же аппаратуру. Уникальная конструкция штанги обеспечивает постоянный угол между вектором магнитного поля и оптической осью датчика, независимо от подъема над землей. Эта важная особенность устраняет проблемы "потери информации", которые имеют другие системы магнетометров с накачкой паров цезия.

Дополнительная навигационная подсистема GPS:

Кроме обеспечения поддержки различных приемников OEM GPS, встраиваемых в консоль GSMP-30, прибор может принимать данные с других приемников GPS в формате NMEA, на стандарте которого базируются практически все приемники.

Все навигационные качества съемки, выполняемой с применением встраиваемых приемников OEM GPS, поддерживаются и внешними приемниками GSP также хорошо.

Важным преимуществом встроенного приемника OEM GPS является отсутствие магнитного влияния подсистемами GPS на чувствительные датчики магнитометров за счет его экранирования монтажной панелью GSMP-30.

Некоторые навигационные характеристики GSMP-30:

перевод в реальном времени координат в UTM и поворот локальных координат X-Y;
проводка по заданному маршруту с дисплеем отклонения от заданной линии движения и аудиоиндикатором;

выбор пользователем (и задание пользователем) исходного параметра систем координат, например обычно используемых WGS-84.

GPS Высокого уровня. Совокупность характеристик:

Система сбора данных с GSMP-30 предлагает беспрецедентный уровень интеграции GPS, если панель оснащена дополнительной флэш - памятью в 8 Мб для регистрации исходных данных GPS и обеспечена дополнительной встроенной программой. Аналогично стандартной программе GSMP-30, координаты X-Y GPS записываются вместе с каждым отсчетом магнитометра или градиентометра. Однако, высокоуровневая интеграционная опция GSMP-30 дает возможность записывать исходные данные в отдельные файлы в памяти GSMP-30 для последующей обработки.

Технические данные датчика GSMP-30

Чувствительность: 0,001 nT/Ohz;

Абсолютная точность: $\pm 0,1$ nT;

Динамический диапазон: 10000 - 100000 Nt;

Частота отсчетов: 10 раз в секунду;

Курсовая погрешность: Менее 0,1 nT, комбинированная при вращении датчика во всех положениях пространства от 10 до 80 о;

Окружающая среда:

Температура хранения: -70 оС до 60 оС;

Рабочая температура: -40 оС до 55 оС;

Влажность: 0-100%, устойчивость к брызгам;

Требования по мощности: Примерно 25 Вт при запуске и с уменьшением примерно до 8 Вт после разогрева;

Расход энергии: Обычно 8 Вт при 20 оС;

Выходные сигналы: Постоянные сигналы частоты Лармора, которая пропорциональна магнитному полю.

(Walking) Магнитометр /Градиентометр:

Системы GEM впервые используют новую опцию " Walking", которая позволяет осуществлять сбор почти непрерывных данных по маршруту съемки. Опция "Walking" является стандартной характеристикой для каждого GSMP-30.

Аналогично аэросъемкам в принципе данные записываются в дискретные временные интервалы (до 10 считываний в сек.), в то время так как прибор перемещается по маршруту. На каждом пикете при съемке оператор касается соответствующей клавиши. "Walking" магнитометр определяет интерполяционную координату для всех промежуточных считываний. Основное преимущество "Walking " опции заключается в том, что большая плотность измерений улучшает определение геологических структур. И так как оператор может регистрировать данные на почти постоянной базе, "гуляющие" магнитометры

увеличивают эффективность съемки, сводят до минимума полевые затраты, особенно при очень детальных съёмках на земле.

Дополнительная возможность всенаправленной системы СДВР (VLF):

С опцией СДВР данные до трех станций СДВР могут быть приняты без ориентации. Кроме того, оператор может регистрировать и магнитные и данные СДВР одним нажатием клавиши.

Диапазон частоты: 15-30 кГц;

Измеряемые параметры: Вертикальные компоненты в фазе и вне фазы в виде % полного поля, 2 относительные составляющие горизонтального поля. Абсолютная амплитуда полного поля;

Разрешающая способность: 0,1%;

Число станций: до 3 одновременно;

Размеры датчика: 140 x 150 x 90 мм;

Вес датчика: 1,0 кг.

Принцип работы:

Типичный магнитометр с накачкой паров щелочного металла состоит из стеклянной ячейки, содержащей пары щелочного металла, который подвергается действию света специальной длиной волн.

Согласно квантовой теории в каждом семействе щелочных атомов имеется серийное распределение валентных электронов между двумя энергетическими уровнями.

Длина волны света, подаваемого на элемент, возбуждает электроны только от уровня 2 до уровня 3. Это называется поляризацией. Так как число атомов с электронами на уровне 2 уменьшается, то ячейка перестает поглощать свет и он из мутного превращается в прозрачный.

Электроны на энергетическом уровне 3 не стабильны и спонтанно будут распадаться до уровней 1 и 2. Очевидно, уровень 1 будет полностью заполнен атомами, а уровень 2 - не заполненным и элемент станет абсолютно прозрачным. Это происходит там, где действует высокочастотная деполяризация. Высокочастотная энергия длины волны, которая соответствует разности энергии между уровнями 1 и 2, подается на элемент, чтобы перемещать электроны с уровня 1 назад к уровню 2.

Значение этого действия заключается в том, что разница энергии между уровнями 1 и 2 (частота высокочастотного деполяризующего поля) пропорциональна магнитному полю.

71. Разновидности интерпретации результатов гравиметрических исследований.

Качественная интерпретация заключается в изучении характера гравитационного поля и в установлении его связи с геологическим строением участка. При описании гравитационного поля отмечается форма аномалий, их простираение, примерные размеры, амплитуда. Как и в магниторазведке, гравитационные аномалии подразделяются по форме на изометричные, вытянутые и аномалии контакта. Аномалии указанных форм могут быть как положительными, так и отрицательными, причем положительные аномалии соответствуют местоположению более плотных пород по сравнению с вмещающими, отрицательные — менее плотных. Форма аномалий непосредственно связана с формой возмущающих геологических тел. Так, изометричные аномалии могут быть созданы соляными куполами, кимберлитовыми трубками, линзообразными и гнездообразными рудными залежами, интрузивными телами, штоками. Вытянутые аномалии, длина которых в несколько раз превышает их ширину, могут быть обусловлены антиклинальными и синклиналиными складками, пластообразными телами. Контакты пород, различающихся по плотности, характеризуются зонами резких градиентов поля. Такое поле могут вызывать сбросы, области сочленения крупных разнородных структур, контакты крупных интрузий с вмещающими породами и т.д.

Сопоставляя планы изоаномал с геологической картой, а графики Δg с геологическими разрезами, устанавливают связь гравитационных аномалий с теми или иными комплексами пород, отмечают особенности поля, которые могут указывать на наличие разломов, уступов или отдельных рудных тел. По характеру гравитационного поля можно не только устанавливать связь поля с геологическим строением участка, но также приближенно судить о глубине возмущающих объектов и угле их падения. Учитывая, что с увеличением глубины залегания тела увеличивается ширина наблюдаемой на поверхности аномалии от него, а градиент поля при этом уменьшается (кривые имеют плавный вид с широким максимумом), можно примерно определять глубину залегания тела.

Так, наибольшая глубина залегания верхней кромки возмущающего тела может быть оценена по приближенной формуле

$$h \leq \frac{\alpha \Delta g_{\max}}{|\Delta g'_{\max}|},$$

где α — 0,7 для вытянутых и $\alpha = 0,9$ для изометричных тел, Δg_{\max} и $\Delta g'_{\max}$ — максимальная аномалия силы тяжести и максимальный горизонтальный градиент, снятые с графика Δg , проходящего вкrest простираения тела.

При вертикальном падении тела наблюдаемая над ним аномалия имеет симметричный вид, при наклонном падении аномалии становятся асимметричными. Причем при наличии сведений о плотности пород можно судить о направлении падения тел.

Решение обратной задачи гравиразведки неоднозначно. Это означает, что имеется бесконечное число возможного распределения избыточных масс, которые могут создавать одинаковую аномалию. Однако на практике многие из этих распределений невозможны или маловероятны, поскольку для них потребовались бы значения плотности, выходящие за пределы допустимых их значений у реальных горных пород, или приводящие к недопустимому геологической обстановкой распределению аномалеобразующих масс.

Неоднозначность решения обратной задачи иллюстрирует рис. 1. На нем изображены несколько одинаковых избыточных масс, создающих одинаковую аномалию; наиболее глубокая из этих масс находится в вершине конуса. Из этого примера следует, что по данным гравиразведки однозначно можно определить только величину избыточной массы и максимальную (предельную) глубину ее залегания. Поэтому, когда мы вычислили глубину источника гравитационной аномалии, то всегда следует иметь в виду, что источник этой аномалии может находиться ближе к поверхности и иметь другое распределение избыточных масс.

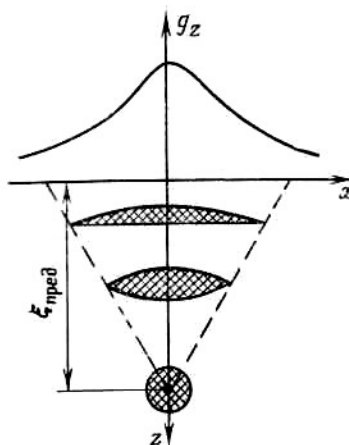


Рис. 1. Распределение избыточных масс, вызывающих одинаковое поле аномалий силы тяжести

Нахождение элементов залегания по аномалиям от избыточных масс простейшей формы. Принцип решения этой задачи, так же как ранее прямой задачи, рассмотрим на примере однородного шара. Притяжение, создаваемое однородным шаром с избыточной массой $M_{изб}$, центр которого расположен на глубине ξ на профиле наблюдений x определяется выражением: $g_z = GM_{изб} \xi / (x^2 + \xi^2)^{3/2}$

Для решения обратной задачи необходимо, используя наблюдаемый график аномалий, составить систему из двух уравнений. Первое уравнение получим, пользуясь значением притяжения в точке $x = 0$

$$g_{zmax} = GM_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}} / \xi^2 \quad (1)$$

При составлении второго уравнения удобно воспользоваться значением притяжения в точке с координатой $X_{1/2}$, в которой $g_z = g_{zmax}/2$.

Из $\Delta g_{ост} = \Delta g_B - \Delta g_{cp}$ получаем

$$g_{zmax} / 2 = GM_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}} \xi / (\tilde{\delta}_{1/2}^2 + \xi^2)^{3/2} \quad (2)$$

Решив (1) и (2) совместно, найдем глубину центра шара:

$$GM_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}} / 2\xi^2 = GM_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}} \xi / (\tilde{\delta}_{1/2}^2 + \xi^2)^{3/2}$$

откуда

$$(\tilde{\delta}_{1/2}^2 + \xi^2)^{3/2} = 2\xi^3 \quad \text{т.е. } \xi \approx 1,305x_{1/2} \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), вычислим величину избыточной массы шара (в тоннах):

$$N_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}} = g_{zmax} \xi^2 / G = g_{zmax} (1,305\tilde{\delta}_{1/2})^2 / G \approx 260g_{zmax} x_{1/2}^2$$

Чтобы определить радиус шара, надо знать избыточную плотность. Выражения для радиуса шара R и глубины залегания наивысшей к поверхности наблюдений точки шара h найдем из формулы

$$\dot{I}_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}} = \frac{3}{4} \pi R^3 \sigma_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}}$$

откуда

$$R = \sqrt[3]{3M_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}} / 4\pi\sigma_{\dot{e}\dot{c}\dot{a}}} \quad (4)$$

$$h = \xi - R \quad (5)$$

Решение обратной задачи способом подбора. В случае тел неправильной геометрической формы обратную задачу можно решить способом подбора. Исходя из геологических предпосылок и опираясь на данные других геофизических методов, задаются формой, а также избыточной плотностью аномалеобразующего тела и вычисляют создаваемый им гравитационный эффект (т. е. решают прямую задачу). Затем расчетный график аномалий силы тяжести сравнивают с экспериментальным. Если наблюдаются отклонения точек на графиках, то вводят соответствующие поправки в глубину и геометрию возмущающего тела и вновь вычисляют создаваемый им гравитационный эффект. После этого вновь сравнивают графики и т. д. Глубина залегания и форма вертикального сечения возмущающего тела считаются найденными, когда расчетный и наблюдаемый графики аномалий совпадают наилучшим образом.

Для решения обратной задачи способом подбора в случае двумерных тел можно пользоваться палеткой Гамбурцева. На рис. 2,б показан один из вариантов контура возмущающего тела, наблюдаемый и расчетный графики аномалий силы тяжести. Несовпадение расчетного и наблюдаемого графиков g_z свидетельствует о необходимости коррекции контура возмущающего тела. Обычно после двух-трех коррекций контур удается подобрать таким, чтобы наблюдаемый и расчетный графики достаточно хорошо совпали.

Очевидно, успех решения обратной задачи способом подбора, прежде всего, зависит от надежности тех априорных данных о форме и размерах ожидаемых геологических структур, которые были использованы для выбора гравиметрической модели геологического разреза, а также от того, насколько достоверны оказались значения взятой избыточной плотности.

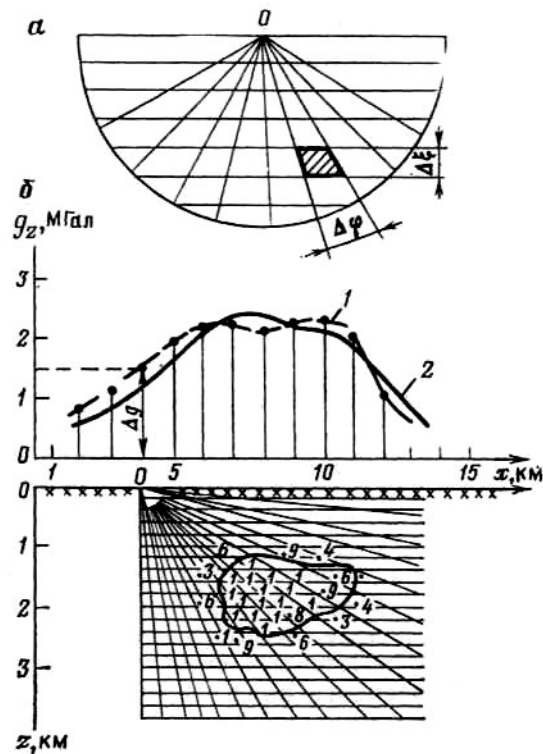


Рис. 1. Палетка Гамбурцева (а) и пример ее использования для решения-прямой и обратной задачи гравиразведки (б).

Графики v_z : 1 — расчетный, полученный с использованием палетки Гамбурцева; 2 — наблюдаемый

Автоматизированная обработка и интерпретация данных гравиразведки. Для автоматизированной обработки данных гравиразведки на ЭВМ используются специализированные пакеты программ. Пакет программ включает вспомогательные, обрабатывающие и интерпретационные программы. Вспомогательные программы включают запись данных гравиметрической и используемой при интерпретации геологической информации, поиск и ввод хранящихся данных информации, обмен между программами и др. Обрабатывающие геофизические программы предназначены для вычисления аномалий силы тяжести, редуцирования значений аномалий силы тяжести на расчетную поверхность и др. Основная часть геофизических программ предназначена для решения прямых и обратных задач гравиразведки: прямой и обратных задач для заданных гравиметрических моделей, различные способы трансформации гравитационного поля (осреднение поля, пересчет поля в верхнее и нижнее полупространство, вычисление высших производных потенциала силы тяжести и др.). Интерпретационные программы включают установление связей аномалий силы тяжести с параметрами геологического разреза и др.

Набор обрабатывающих и интерпретационных программ, используемых в гравиразведке, непрерывно пополняется.

Задача 6.

На одном из участков эффузивных пород Армении проведена микромагнитная съемка на площади 40×40 м по сети наблюдений 2,2 м. Определите глубину залегания аномалеобразующих объектов по способу Пятницкого. Данные для построения графиков ΔZ приведены в таблице.

Номер профиля (варианта)	Номер пикета															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	-115	-132	-127	-84	-79	-60	-18	-14	6	28	42	84	96	115	130	160

1. Строим график $\Delta Z(ПК)$ на миллиметровке. Вертикальный масштаб ΔZ_a - выбран произвольно.

2. На графике выделяем отрицательные и положительные аномалии и определяем глубину залегания геологических объектов, создающих эти аномалии, в следующем порядке:

- определяем оси симметрии аномалий;
- устанавливаем положение экстремальных точек (max; min; 0,5 max);
- проводим касательные через экстремальные значения; касательные через точки max и min проводятся перпендикулярно к оси симметрии, а касательная к 0,5 max должна иметь наибольшее количество общих с аномалией точек.
- определяем глубину залегания аномалеобразующего объекта по формуле:

$$h_{zo} = \frac{1}{4} [(x - x_0) + (x' - x'_0)]$$

где x_0 и x - минимальное и максимальное значения проекций точек пересечения касательных к левой ветви аномальной кривой, м;

где x'_0 и x' - минимальное и максимальное значения проекций точек пересечения

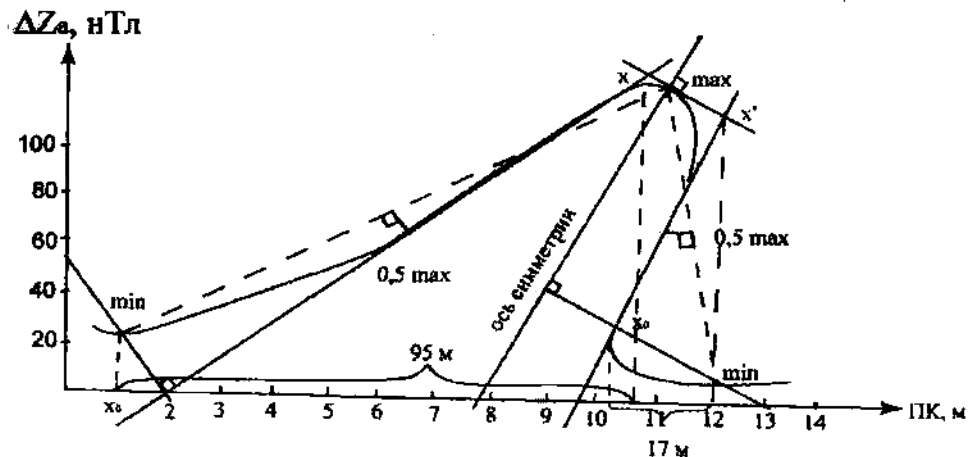
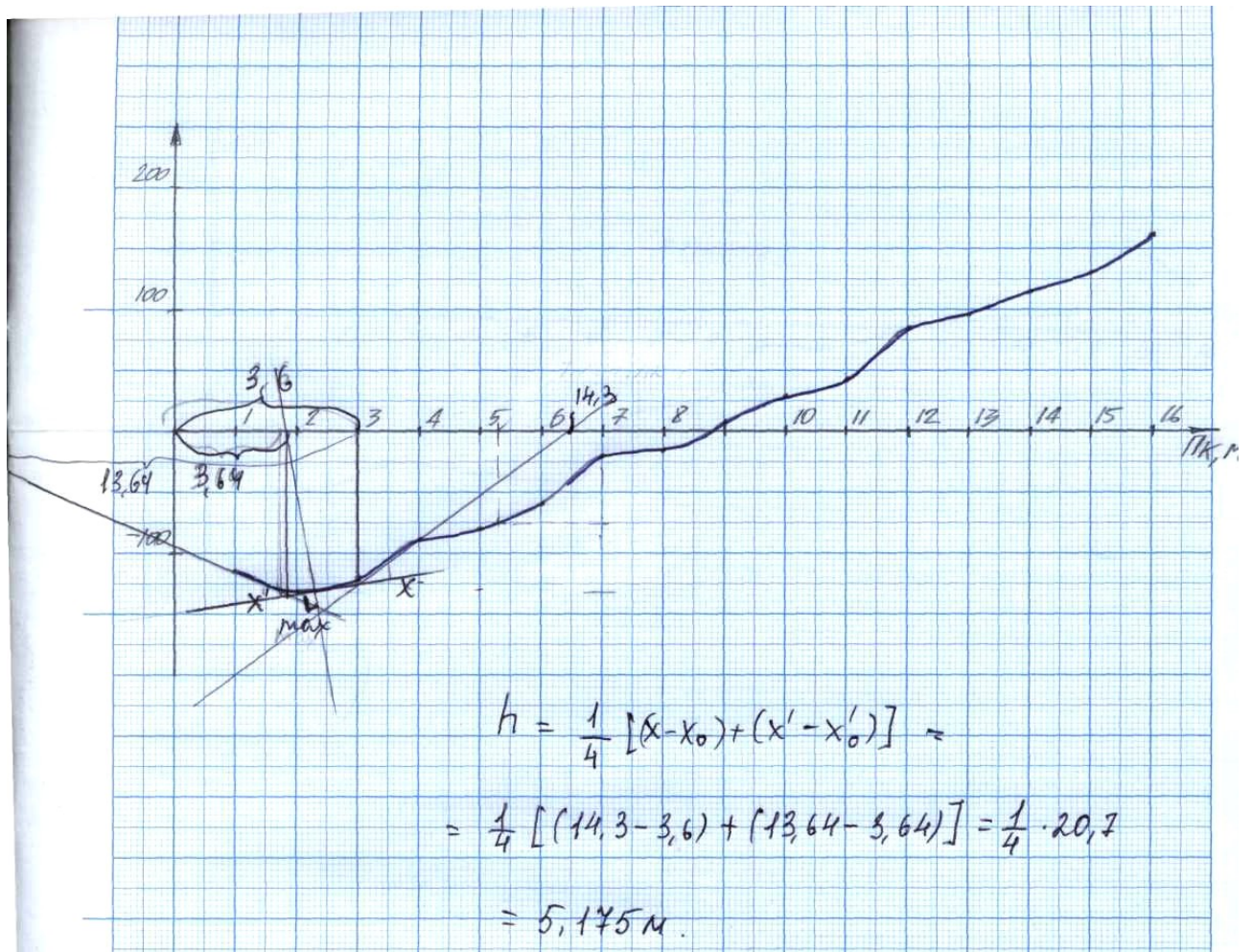


Рисунок - Пример определения глубины залегания центра аномального тела



Список литературы

1. Бондаренко В.М., Демура Г.В., Ларионов А.М. Общий курс геофизических методов разведки. – М.: Недра, 1986.
2. Знаменский В.В., Жданов М.С., Петров Л.П. Геофизические методы разведки и исследования скважин. – М.: Недра, 1981.