

**К.В. Новиков, В.В. Романов**

**ВЫБОР КОМПЛЕКСА  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ  
ПОИСКАХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

**методическое руководство  
к курсовому проекту по разведочной геофизике**

Для студентов 3-го курса групп РФ

Москва, 2015

Новиков К.В., Романов В.В. Выбор комплекса геофизических методов при поисках месторождений полезных ископаемых / Методическое руководство к курсовому проекту по разведочной геофизике – М.: 2015.

## Оглавление

Введение.....	- 4 -
1. Задание .....	- 4 -
Вариант 1. Золото.....	- 5 -
Вариант 2. Бокситы .....	- 6 -
Вариант 3. Алмазы .....	- 8 -
Вариант 4. Хром .....	- 9 -
Вариант 5. Железо.....	- 11 -
Вариант 6. Медь .....	- 12 -
Вариант 7. Титан .....	- 15 -
Вариант 8. Вольфрам .....	- 17 -
Вариант 9. Хром .....	- 18 -
Вариант 10. Железо.....	- 20 -
2. Порядок выполнения курсового проекта.....	- 23 -
2.1. Формирование физико-геологической модели .....	- 23 -
2.3. Решение прямых задач геофизики .....	- 25 -
2.4. Постановка геологических задач и выбор комплекса методов.....	- 26 -
2.5. Выбор методики и техники .....	- 26 -
3. Структура курсового проекта .....	- 30 -
Рекомендуемая литература .....	- 32 -
Приложение 1. Масштабы гравиметрической съемки .....	- 33 -
Приложение 2. Параметры магнитных съемок.....	- 34 -

## **Введение**

Курсовой проект «Выбор рационального комплекса геофизических методов при поисках месторождений полезных ископаемых на закрытых территориях» по дисциплине «Разведочная геофизика» выполняется студентами геофизических специализаций на третьем курсе.

Курсовой проект выполняется студентами исключительно самостоятельно, согласно настоящему методическому пособию. Вариант курсового проекта выдается преподавателем и состоит из номера задания и номера таблицы физических свойств горных пород.

**Цель** курсового проекта заключается в проектировании комплекса геофизических работ для поисков или разведки месторождений полезных ископаемых.

**Задачи** курсового проекта:

- Создание и описание физико-геологической модели (ФГМ).
- Моделирование аномальных геофизических полей (гравитационного, магнитного, электрического, сейсмического).
- Постановка задач, решаемых магниторазведкой, гравиразведкой, сейсморазведкой и электроразведкой.
- Выбор методики и техники работ для каждого выбранного геофизического метода на основании решения прямых задач, формулировка геологических задач, решаемых каждым методом.

## **1. Задание**

При составлении проекта необходимо решить следующие задачи:

1. Определить рациональный комплекс геофизических методов для поисков месторождений указанного типа. При этом в проекте поисковых работ должны быть предложены решения задач обнаружения рудных тел, оценки их геометрии и глубины залегания, литологического расчленения разреза, предварительной оценки запасов.
2. Сформулировать геологические задачи, которые будут решаться выбранными методами.
3. Определить оптимальную методику для каждого выбранного метода, включая сеть наблюдения, аппаратуру, особенности съемки, приемы обработки результатов.
4. Определить необходимость проведения сопутствующих геологических, топогеодезических и других видов работ. Сформулировать выполняемые ими задачи.

## Вариант 1. Золото

Месторождение Красное приурочено к интрузивным образованиям раннего протерозоя, являющиеся вмещающими породами для взрывных структур, выполненных жерловыми и субвулканическими фациями ранне-триасового возраста (рис. 1.1.).

Распределение полезных компонентов в ней имеет неравномерный, столбообразный, линзообразный и гнездовый характер, с наличием раздувов, пережимов и прослоев слабо золотоносных пород в контуре кондиционных руд. Наиболее богатые руды тяготеют к осевой части зоны метасоматитов, где они концентрируются в виде согласных полос. Четких геологических границ обогащенные участки не имеют и выделяются только по данным опробования.

Месторождение расположено в Западной Сибири.

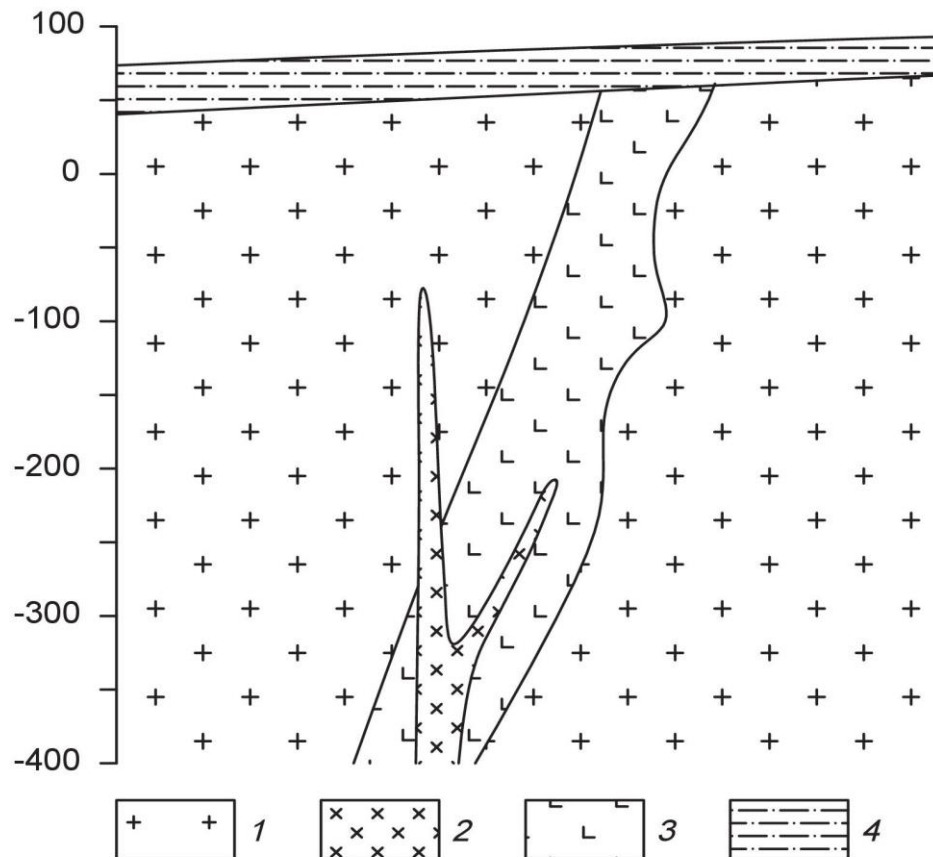


Рис. 1.1. Схематический геологический разрез золоторудного месторождения Красное. 1 – раннепротерозойский среднезернистые порфировидные гранитоиды, 2 – позднеюрские дайки диоритов, 3 – раннетриасовые гидротермально измененные эруптивные брекчии гранодирорит-порфиров, 4 – четвертичные отложения, представленные суглинками.

Таблица 1.1.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Порфировидные гранитоиды	200	2,69	3000	5400/3100
2.	Диориты	3000	2,81	4000	6100/3600
3.	Эруптивные брекчии гранодирорит-порфиров	350	2,45	100	3700/2200
4.	Суглинки	85	1,97	180	1700/330

Таблица 1.1.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Порфировидные гранитоиды	150	2,68	2200	5600/3300
2.	Диориты	2500	2,75	5000	6200/3650
3.	Эруптивные брекчии гранодирорит-порфиров	480	2,57	1500	3900/2300
4.	Суглинки	70	1,95	200	1800/350

Таблица 1.1.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Порфировидные гранитоиды	400	2,67	2400	5900/3450
2.	Диориты	4000	2,79	7500	6150/3600
3.	Эруптивные брекчии гранодирорит-порфиров	520	2,50	1200	3600/1800
4.	Суглинки	90	2,00	240	1600/220

## Вариант 2. Бокситы

Месторождение бокситов относится к карстовому типу. Тела бокситов приурочены к древним карстовым воронкам в карбонатных породах верхнего протерозоя, и состоят из нескольких разностей (рис. 1.2). Карстовые воронки заполнены рыхлыми и глинистыми бокситами, в которых встречаются каменистые разности. Каменистые бокситы имеют небольшие размеры и линзо-

образную, гнездовидную форму. Сверху залегают четвертичные перекрывающие отложения, представленные песками и супесями.

Месторождения данного типа развиты на Енисейском кряже.

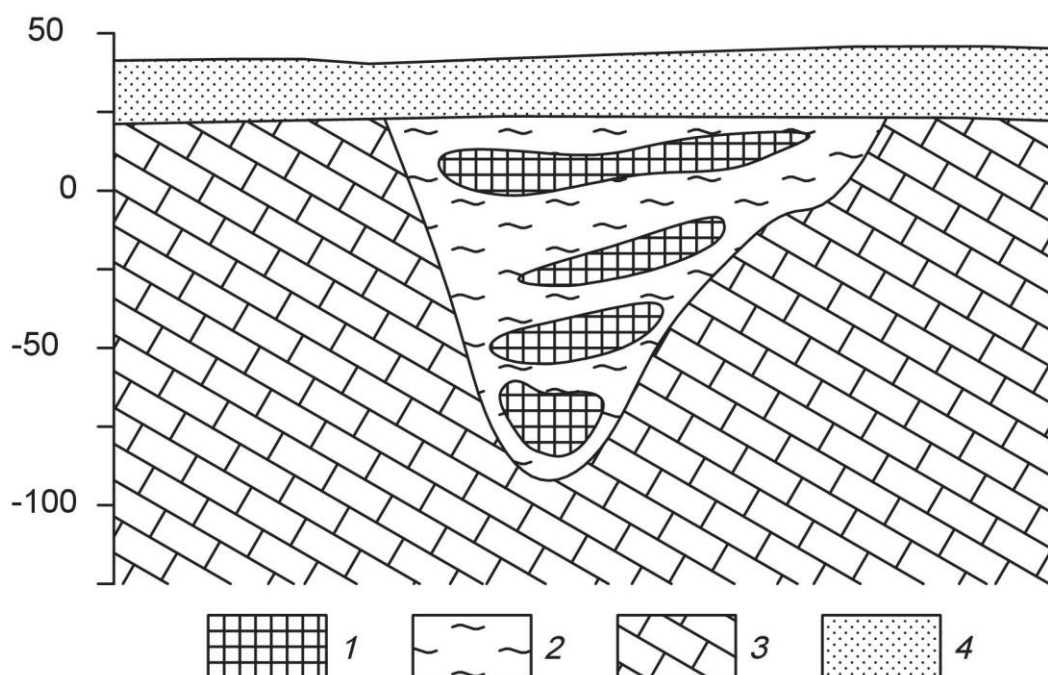


Рис. 1.2. Схематический геологический разрез месторождения бокситов. 1 – бокситы каменистые, 2 – глинистыми бокситы, 3 – известняки, 4 – пески, супеси.

Таблица 1.2.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Бокситы каменистые	200	3,1	240	4400/2200
2.	Бокситы глинистые	150	2,22	120	2900/1700
3.	Известняки	30	2,62	1000	3600/2100
4.	Пески, супеси	27	1,80	450	1650/250

Таблица 1.2.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Бокситы каменистые	300	3,0	280	4700/2800
2.	Бокситы глинистые	189	2,27	290	2300/1400
3.	Известняки	400	2,68	2000	4200/2500
4.	Пески, супеси	100	1,81	500	1500/270

Таблица 1.2.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Бокситы каменистые	320	2,98	330	4500/2600
2.	Бокситы глинистые	100	2,12	300	2800/1650
3.	Известняки	120	2,60	1200	3900/2300
4.	Пески, супеси	90	1,88	400	1450/310

### Вариант 3. Алмазы

Коренные месторождения алмазов связаны с кимберлитовыми трубками взрыва. Кимберлитовые тела локализуются в зонах растяжения, связанными с узлами пересечения разломов. Вмещающими для кимберлитов породами являются карбонатные отложения кембрия и ордовика (рис. 1.3). На площади широко распространены дайки долеритов. Кимберлиты и вмещающие породы перекрыты юрскими песчано-глинистыми отложениями, мощностью до 100 м.

Кимберлитовое тело находится в Мало-Ботуобинском алмазоносном районе на западе Якутии.

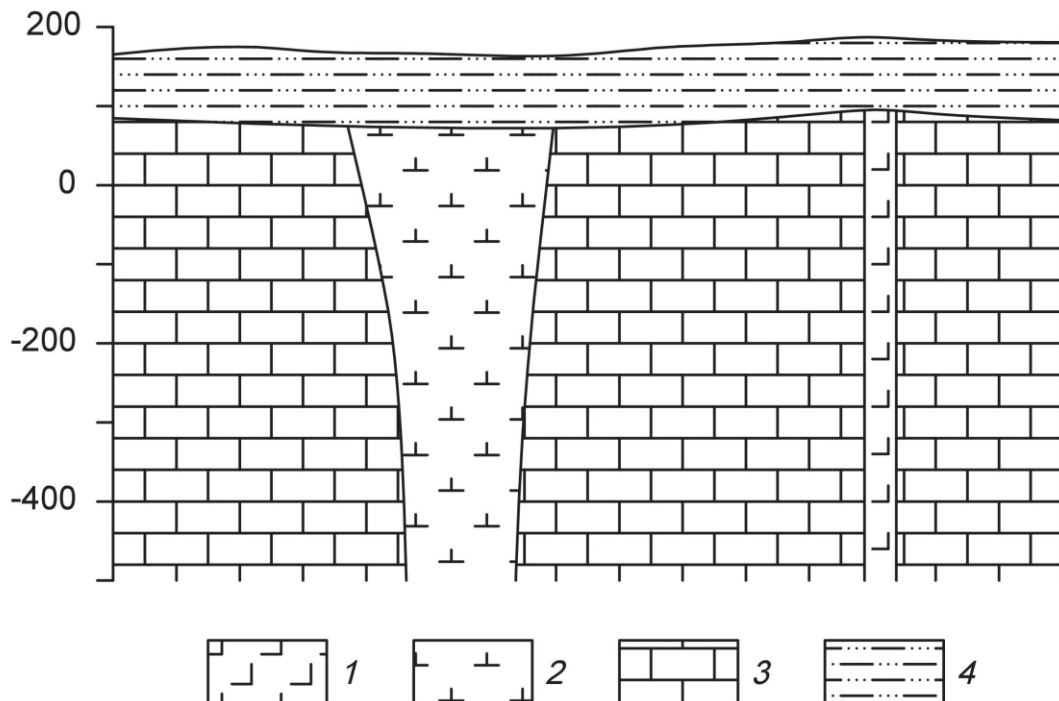


Рис. 1.3. Схематический геологический разрез кимберлитовой трубки. 1 – долериты, 2 – кимберлиты, 3 – известняки, 4 – песчано-глинистые отложения.



Таблица 1.3.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Долериты	2800	2,95	8000	5100/3000
2.	Кимберлиты	90	2,40	200	3400/2000
3.	Известняки	20	2,60	2000	4200/2450
4.	Глины, суглинки	45	2,00	80	1700/400

Таблица 1.3.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Долериты	2500	2,92	16000	5400/3200
2.	Кимберлиты	300	2,35	120	3500/2060
3.	Известняки	20	2,68	900	4300/2520
4.	Глины, суглинки	30	2,09	150	1600/350

Таблица 1.3.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Долериты	2000	2,99	10000	5600/3300
2.	Кимберлиты	120	2,31	300	3200/1880
3.	Известняки	30	2,80	4000	4400/2580
4.	Глины, суглинки	40	2,21	50	1900/300

#### Вариант 4. Хром

Рудные тела сложены густовкрапленными, почти сплошными хромитами (рис. 1.4.). Они имеют субмеридиональное простирание и пологое субгоризонтальное залегание. Тела пересекаются сбросовыми тектоническими нарушениями, круто падающими на юг и юго-запад под углами 70-80°. Амплитуда сбросов составляет 5 – 30 м. Непосредственно вмещающие породы представлены серпентинизированные дуниты или серпентиниты, развитые по дунитам. Контакты рудных тел со вмещающими породами резкие. Вмещающие породы и рудные тела перекрыты мезо-кайнозойскими конгломератами.

Месторождение приурочено к Кемпирсайскому хромитоносному массиву (Республика Казахстан).

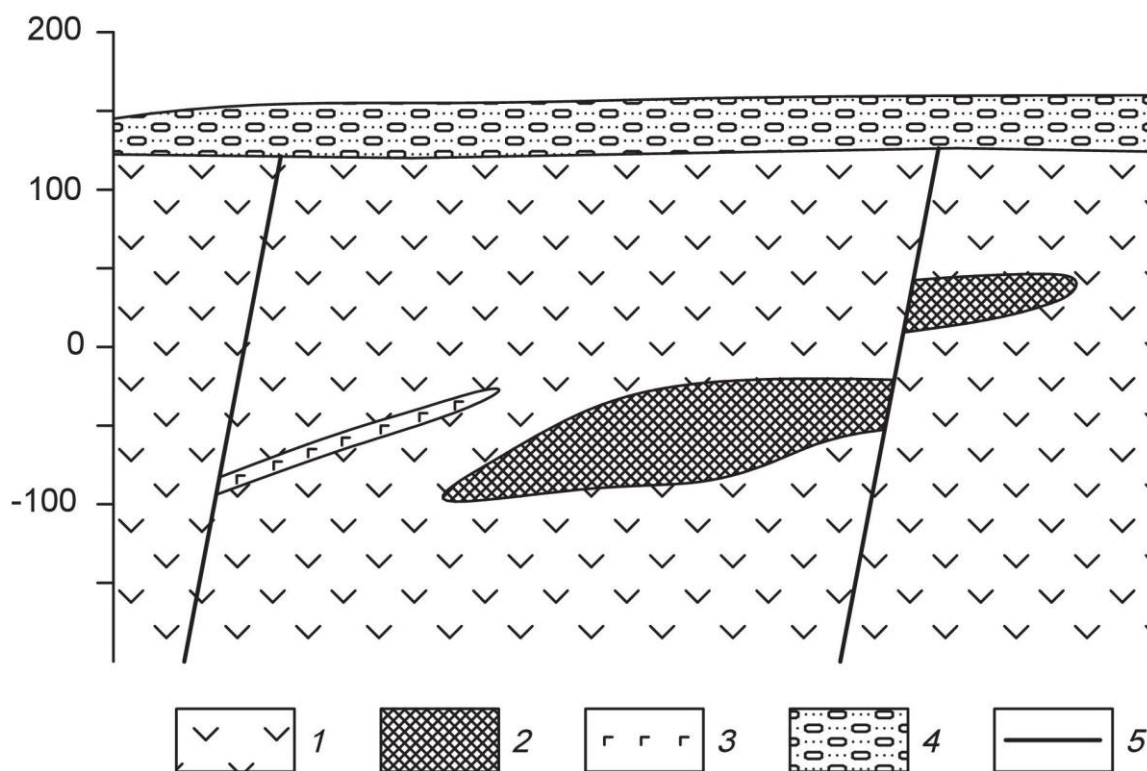


Рис. 1.4. Схематический геологический разрез хромитового месторождения. 1 – дуниты, 2 – хромитовые руды, 3 – габбро-диабазы, 4 – конгломераты.

Таблица 1.4.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Дуниты	900	2,96	980	8400/4900
2.	Хромитовые руды	270	3,80	300	7300/4200
3.	Габбро-диабазы	300	3,00	580	6700/3900
4.	Конгломераты	50	2,21	900	4400/2600

Таблица 1.4.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Дуниты	700	3,04	1000	8200/4800
2.	Хромитовые руды	140	3,90	200	7700/4500
3.	Габбро-диабазы	800	2,94	1000	6500/3800
4.	Конгломераты	90	2,03	1000	3200/1890

Таблица 1.4.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Дуниты	1100	2,80	2000	8100/4700
2.	Хромитовые руды	300	3,98	320	7500/4400
3.	Габбро-диабазы	1100	2,86	900	6800/4000
4.	Конгломераты	130	2,30	1200	4100/2410

### Вариант 5. Железо

Месторождение железных руд имеет моноклиналичную структуру (рис. 1.5). Рудная зона представлена двумя параллельными вытянутыми линзообразными телами железистых кварцитов, расположенных друг от друга на небольшом расстоянии (300 м). Простираание рудных тел и вмещающей их толщи гнейсов северо-восточное. Протяженность рудных тел по простиранию достигает 2 – 2,5 км. Перекрывающие отложения представлены туфопесчаниками.

Месторождение находится на юге Якутии.

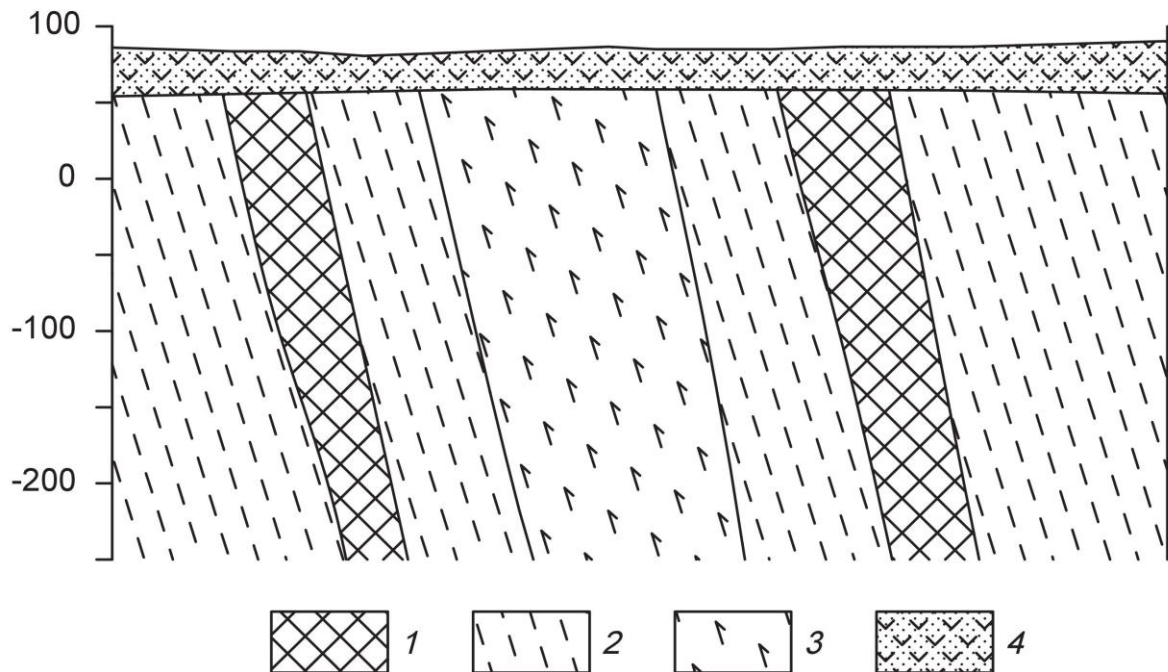


Рис. 1.5. Схематический геологический разрез железорудного месторождения. 1 – железистые кварциты, 2 – гнейсы, 3 – амфиболиты, 4 – туфопесчаники.

Таблица 1.5.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Железистые кварциты	10000	3,45	300	5600/3300
2.	Гнейсы	2150	2,72	1000	5400/3200
3.	Амфиболиты	1900	3,06	4000	5500/3150
4.	Туфопесчаники	900	2,15	500	3200/1890

Таблица 1.5.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Железистые кварциты	9000	3,84	500	5800/3300
2.	Гнейсы	1600	2,68	1500	5600/3250
3.	Амфиболиты	1500	2,88	2000	5650/3100
4.	Туфопесчаники	450	2,10	200	3300/1940

Таблица 1.5.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Железистые кварциты	15000	3,56	800	5800/3400
2.	Гнейсы	1900	2,73	2000	5200/3100
3.	Амфиболиты	2100	2,93	3000	5400/3200
4.	Туфопесчаники	545	2,22	320	3600/2200

## Вариант 6. Медь

Кварц-сульфидное месторождение меди расположено в северо-западной части антиклинория, в эндоконтакте крупного батолита, сложенного гранитоидами. Основными структурными элементами месторождения являются, так называемые, рудные зоны – сложно построенные рудовмещающие трещинные структуры субмеридионального или северо-восточного простирания, секущие гранитоиды. Длина таких зон колеблется от нескольких сотен метров до первых километров.

Строение всех рудных зон однотипно. В осевой части проходит главной тектонической шов, выраженный милонитом мощностью от 5 – 10 см, до 1 – 2 м. Шов состоит из ряда параллельных, часто кулисообразно расположенных трещин сложной формы.

Основные, наиболее крупные и выдержанные промышленные рудные тела располагаются вдоль главных швов рудных зон. Длина рудных тел по простиранию и падению колеблется от первых сотен метров до километра, мощность от первых до десятков метров.

Внутреннее строение рудных тел сложное. В пределах их выделяются жилы и линейные прожилково-вкрапленные зоны (рис. 1.6). В осевой части тел, как правило, располагаются жилы, сложенных кварц-магнетит-халькопиритовыми рудами, представляющими основную ценность. Жилы имеют четкие контакты, часто ветвятся и имеют раздувы и пережимы. Линейные прожилково-вкрапленные зоны представляют собой гидротермально измененные гранитоиды, разбитые густой сетью различно ориентированных кварц-кальцит-халькопиритовых и кварц-магнетит-халькопиритовых прожилков, имеющих мощность 1 – 10 см и длину от 1 до 6 м. В промежутках между прожилками наблюдается неравномерно распределенная вкрапленность.

Месторождение находится на юге Казахстана.

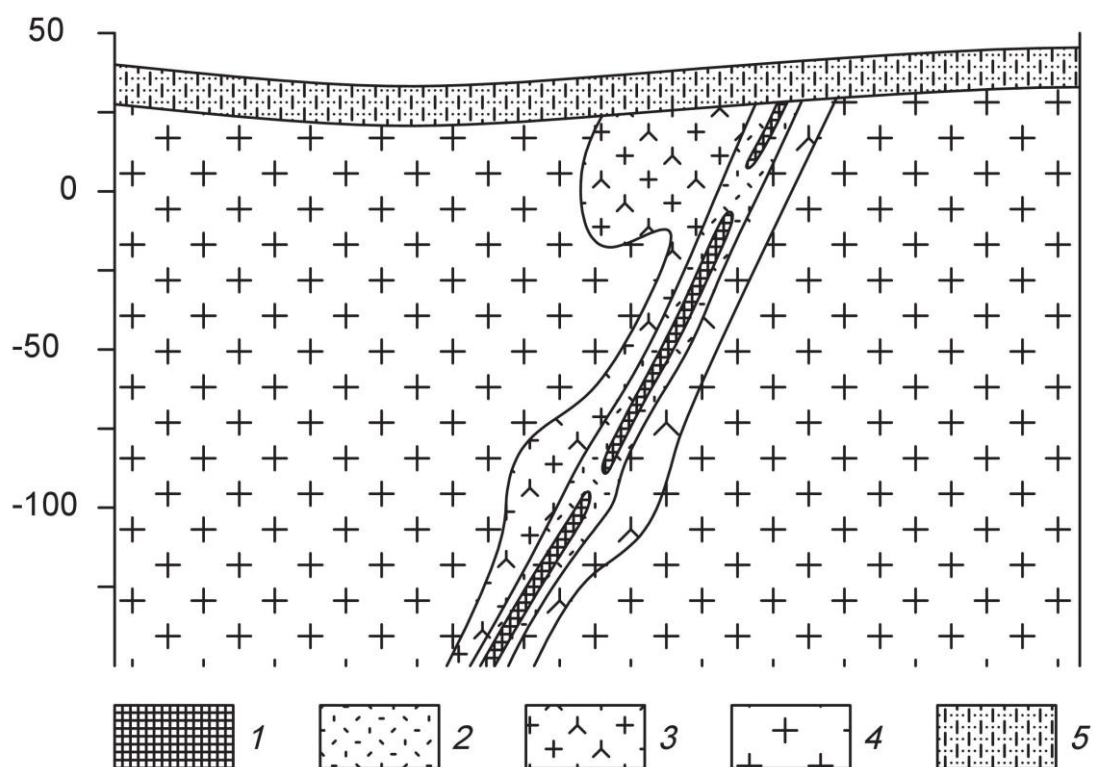


Рис. 1.6. Схематический геологический разрез кварц-сульфидного медного месторождения. 1 – кварц-магнетит-халькопиритовые руды, 2 – прожилково-вкрапленные руды, 3 – гидротермально измененные граниты, 4 – биотитовые граниты, 5 – известковистые песчаники.

Таблица 1.6.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Кварц-магнетит-халькопиритовые руды	1300	2,68	1000	6400/3800
2.	Прожилково-вкрапленные руды	500	2,60	1300	6300/3750
3.	Гидротермально измененные граниты	400	2,55	2300	5600/3400
4.	Биотитовые граниты	370	2,59	2500	5800/3500
5.	Известковистые песчаники	50	2,53	1300	3200/1700

Таблица 1.6.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Кварц-магнетит-халькопиритовые руды	1870	2,71	1100	6700/3850
2.	Прожилково-вкрапленные руды	1000	2,61	1300	6200/3300
3.	Гидротермально измененные граниты	700	2,62	2500	5550/3400
4.	Биотитовые граниты	890	2,57	2800	5750/3600
5.	Известковистые песчаники	70	2,48	1000	3400/1900

Таблица 1.6.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Кварц-магнетит-халькопиритовые руды	1400	2,69	1500	6400/3800
2.	Прожилково-вкрапленные руды	900	2,64	1900	6300/3400
3.	Гидротермально измененные граниты	600	2,67	2800	5600/3550
4.	Биотитовые граниты	640	2,62	3000	5800/3700
5.	Известковистые песчаники	40	2,36	800	3200/1650

## Вариант 7. Титан

Месторождение титана магматического типа приурочено к массиву габбро северо-восточного простирания. Согласно с полосчатостью габбро залегают ильменитовые и титано-магнетитовые руды (рис.2.7). Преобладают вкрапленные руды, для которых характерна сидеронитовая структура. Внутри зон вкрапленных руд встречаются линзочки сплошных. Границы рудных тел не четкие, переходы от рудных участков к безрудным – постепенные. Рудные тела и вмещающие породы перекрыты элювиальными отложениями песчано-глинистого состава.

Титаномагнетит в сплошных и вкрапленных рудах обогащен титаном (до 13,4 %  $TiO_2$ ), также в нем встречаются пластинчатые включения ильменита. В сплошных рудах в основном присутствует титаномагнетит, а количество зерен ильменита не превышает 3-5%.

Месторождение расположено на Южном Урале.

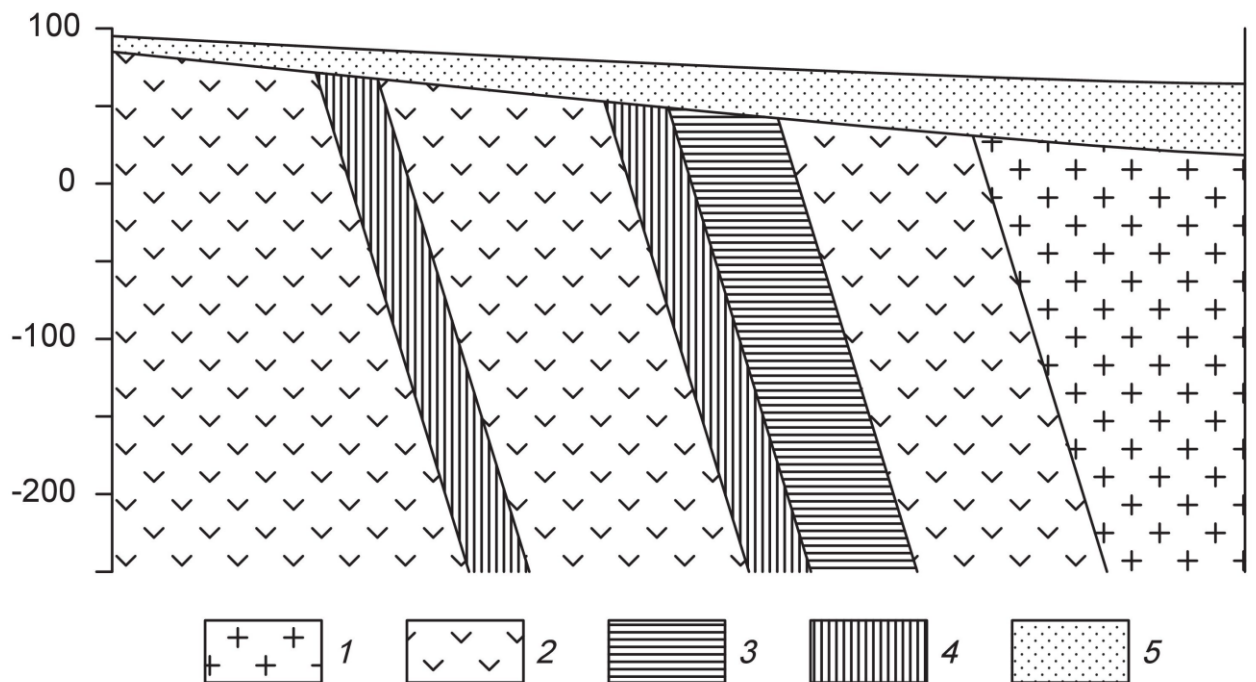


Рис. 1.7. Схематический геологический разрез месторождения титана. 1 – граниты, 2 – габбро мезо- и меланократовое, 3 – вкрапленные ильменитовые руды, 4 – вкрапленные титаномагнетитовые руды, 5 – элювиальные отложения.

Таблица 1.7.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Граниты	370	2,58	3000	5500/3200
2.	Габбро	1800	2,95	5000	6400/3900
3.	Вкрапленные ильменитовые руды	1900	3,51	2000	7100/4400
4.	Вкрапленные титаномагнетитовые руды	2400	3,45	1500	6900/4000
5.	Элювиальные отложения	120	2,00	800	2100/800

Таблица 2.7.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Граниты	250	2,55	4000	5600/3300
2.	Габбро	1300	2,93	6000	6300/3550
3.	Вкрапленные ильменитовые руды	1500	3,60	2500	7400/4700
4.	Вкрапленные титаномагнетитовые руды	2500	3,37	1900	6850/4050
5.	Элювиальные отложения	200	1,93	1000	2350/1050

Таблица 2.7.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Граниты	400	2,60	5000	5700/3400
2.	Габбро	1800	2,89	6000	6200/3600
3.	Вкрапленные ильменитовые руды	1850	3,45	2300	7300/4600
4.	Вкрапленные титаномагнетитовые руды	2200	3,29	2200	6850/4100
5.	Элювиальные отложения	150	2,08	1100	2200/1200



## Вариант 8. Вольфрам

Скарновое месторождение вольфрама приурочено к зонам альбитизации в гранодиоритах. Рудные тела представляют собой зоны метасоматически преобразованных силикатных пород (рис. 1.8). Альбитизация либо наложена на более ранние скарны, либо образует самостоятельные зоны. Рудные тела приурочены к системам крутопадающих минерализованных трещин, среди которых выделяется основной разлом и оперяющие нарушения.

Полезным компонентом в метасоматически преобразованных породах является шеелит. Шеелит образует неравномерную вкрапленность, прожилки и гнезда.

Месторождение находится в Таджикистане.

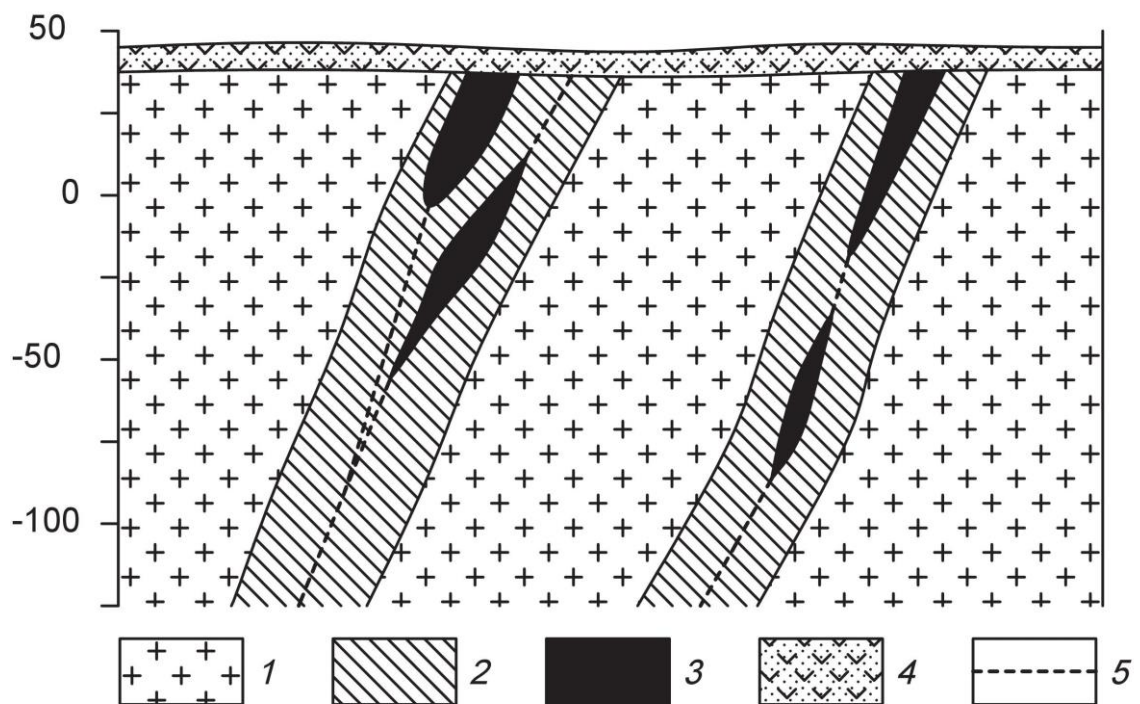


Рис. 1.8. Схематический геологический разрез месторождения вольфрама. 1 – гранодиориты, 2 – зона интенсивной альбитизации, 3 – рудные тела, 4 – перекрывающие вулканогенно-осадочные толщи, 5 – тектонические нарушения.

Таблица 1.8.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Гранодиориты	300	2,71	4000	5900/3100
2.	Скарноиды альбитизированные	270	2,65	3500	4800/2950
3.	Рудные тела	320	2,74	1500	6500/3820
4.	Вулканогенно-осадочные породы	320	2,35	1000	2850/1690

Таблица 1.8.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Гранодиориты	300	2,68	3000	5800/3050
2.	Скарноиды альбитизированные	270	2,58	3200	4700/2800
3.	Рудные тела	310	2,92	1200	6800/3900
4.	Вулканогенно-осадочные породы	340	2,29	900	2700/1750

Таблица 1.8.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Гранодиориты	400	2,69	2000	5750/3200
2.	Скарноиды альбитизированные	360	2,60	2200	4500/2600
3.	Рудные тела	380	3,11	1000	6400/3700
4.	Вулканогенно-осадочные породы	390	2,18	1200	2460/1450

### Вариант 9. Хром

Ультраосновной массив сложен разностями перидотитов, он вытянут в широтном направлении и имеет протяженность около 3 км, при ширине от 100 до 700 м. Массив сложен в главной массе гарцбургитами, среди которых обособляются неправильные линзообразные тела дунитов, вытянутые согласно простиранию массива. Каких либо закономерностей в размещении дунитовых обособлений среди гарцбургитов не устанавливается. Все ультраосновные породы массива в разной степени затронуты серпентинизацией (рис. 1.9).

Все хромитовые тела приурочены к обособлениям дунитов и, как правило, залегают согласно с ними. Рудные тела в основном субширотного простирания, обладают крутым северными или южным падением. Рудные тела имеют форму линз и гнезд. Размеры рудных тел незначительны. Гнездообразные тела в поперечнике имеют 3-4 м, линзообразные до 25-30 м по длине при мощности 1-4 м.

Взаимоотношения рудных тел с смещающими дунитами различны. Известны постепенные переходы вкрапленных хромитовых руд к вмещающим дунитам, также рудные тела часто обладают резкими границами.

Месторождение находится в Армении.

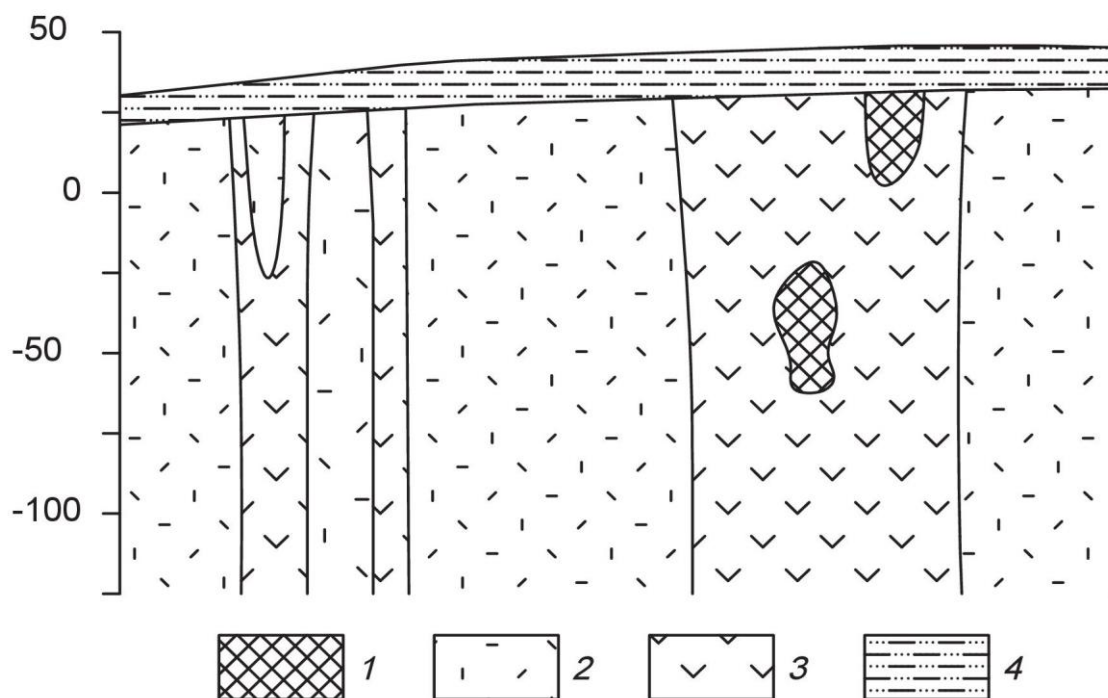


Рис. 1.9. Схематический геологический разрез хромитового месторождения. 1 – хромитовые руды, 2 – перидотиты, 3 – дуниты, 4 – песчано-глинистые отложения.

Таблица 1.9.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Хромитовые руды	1050	4,11	1100	8900/4500
2.	Перидотиты	1500	3,22	2800	8300/4150
3.	Дуниты	1100	2,96	3400	8100/4050
4.	Суглинки, супеси	120	2,22	300	2000/400

Таблица 1.9.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Хромитовые руды	1300	4,30	900	8700/4450
2.	Перидотиты	2100	3,27	3200	8400/4200
3.	Дуниты	1200	2,84	3000	7900/3950
4.	Суглинки, супеси	200	2,15	280	2100/450

Таблица 1.9.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Хромитовые руды	1900	4,20	500	8500/4250
2.	Перидотиты	1800	3,31	2000	8200/4100
3.	Дуниты	1500	3,07	1800	7700/3800
4.	Суглинки, супеси	130	2,09	250	1900/380

### Вариант 10. Железо

Железорудное месторождение гидротермального типа локализовано в карбонатных породах нижнего кембрия, слагающих чехол платформы. Рудоносная трубкообразная структура сложена explosивными брекчиями (рис. 1.10). Explosивные брекчии превращены в метасоматиты различного состава. Среди метасоматитов преобладают хлорит-серпентин-кальцитовые и кальцитовые, реже встречаются скарноподобные метасоматиты гранатового и пироксенового состава.

Среди промышленных типов руд брекчиевидные, вкрапленные и массивные магнетитовые руды, в коре выветривания – глинистые и сыпучие мариит-магнетитовые и гематит-гидрогётитовые.

Месторождение находится в Красноярском крае.

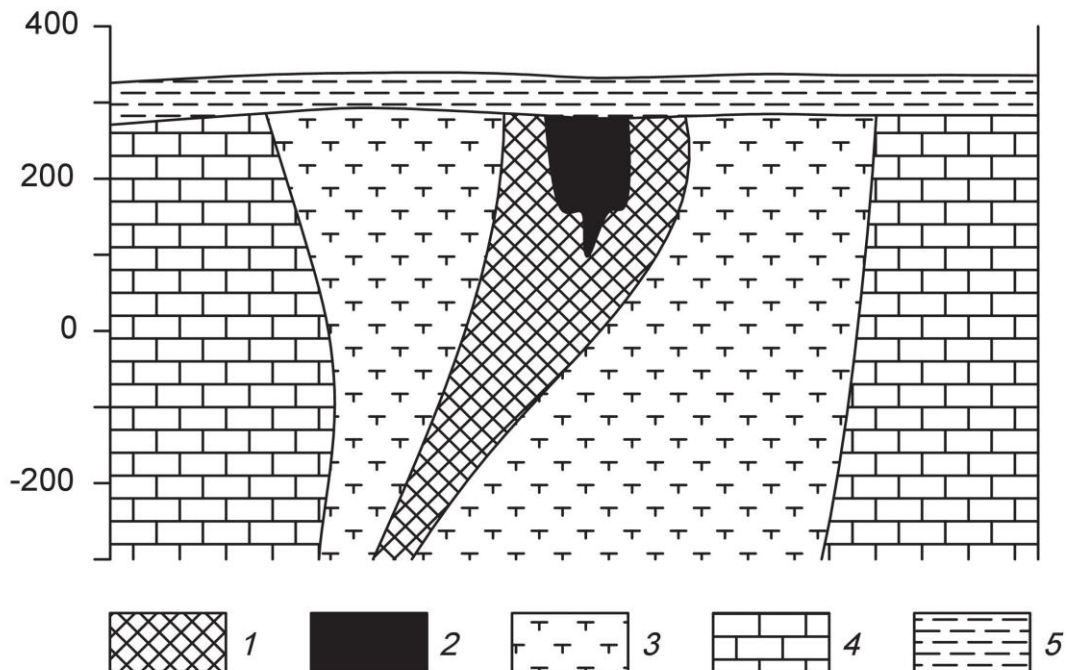


Рис. 1.10. Схематический геологический разрез железорудного месторождения. 1 – магнетитовые руды с содержанием железа 20-50%, 2 – магнетитовые руды с содержанием железа более 50%, 3 – частично метасоматически изменённые explosивные брекчии или метасоматиты, 4 – известняки, 5 – глинистые перекрывающие отложения.

Таблица 1.10.1.  
Петрофизические свойства (а)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Магнетитовые руды с содержанием железа 20-50%	8000	2,74	500	5800/2700
2.	Магнетитовые руды с содержанием железа более 50%	11000	2,91	300	6300/3100
3.	Метасоматически измененные взрывчатые вещества или метасоматиты	340	2,51	1000	5100/2600
4.	Известняки	170	2,63	2300	4300/2200
5.	Глины	250	2,02	120	2100/440

Таблица 1.10.2.  
Петрофизические свойства (б)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Магнетитовые руды с содержанием железа 20-50%	6500	2,78	400	5700/2900
2.	Магнетитовые руды с содержанием железа более 50%	12000	3,05	200	6400/3200
3.	Метасоматически измененные взрывчатые вещества или метасоматиты	210	2,64	900	5200/2600
4.	Известняки	120	2,71	2000	4500/2300
5.	Глины	270	1,98	180	1700/250

Таблица 1.10.3.  
Петрофизические свойства (в)

№ п/п	Разности пород	$\alpha, \times 10^{-5}$ ед.СИ	$\sigma, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$V_p   V_s,$ м/с
1.	Магнетитовые руды с содержанием железа 20-50%	8000	3,11	450	5600/2550
2.	Магнетитовые руды с содержанием железа более 50%	14000	2,76	180	6200/3100
3.	Метасоматически измененные взрывные брекчии или метасоматиты	420	2,66	520	4900/2300
4.	Известняки	150	2,80	1400	4100/2000
5.	Глины	210	2,00	270	2050/340

## 2. Порядок выполнения курсового проекта

### 2.1. Формирование физико-геологической модели

Физико-геологическая модель (ФГМ) формируется на основании представленного схематического геологического разреза и петрофизических данных. ФГМ представляет собой разрез с формализованными границами и вынесенными физическими свойствами всех разновидностей пород.

При определении плотностных и магнитных свойств объектов в формируемой ФГМ можно применять все доступные виды упрощения моделей: декомпозицию, замену исходной модели эквивалентной путем удаления или прибавления однородного полупространства, теорему вращения магнитного поля [Блох, 2009].

**Плотность.** При формировании ФГМ, для последующего решения прямой задачи гравиразведки, необходимо перейти к от плотности к избыточной плотности. Для этого плотность каких-либо пород в разрезе, как правило, вмещающих, принимается за ноль, и расчет ведется относительно них. В этом случае избыточная плотность для рудного тела будет рассчитываться как разность плотностей рудного тела и вмещающих пород:

$$\hat{\sigma}_{изб}^{p.m.} = \sigma^{p.m.} - \sigma^{вм.п.} \quad 3.3$$

Тоже для перекрывающих пород

$$\hat{\sigma}^{пер.} = \sigma^{пер.} - \sigma^{вм.п.} \quad 3.4$$

**Магнитные свойства.** Для решения прямой задачи магниторазведки на основании магнитной восприимчивости  $\alpha$ , рассчитывается вектор индуктивной намагниченности  $\mathbf{J}^i$ , который представляется в виде горизонтальной и вертикальной компонент  $J_x^i$  и  $J_z^i$ . Компоненты индуктивной намагниченности для каждого геологического объекта (рудных тел, вмещающих и перекрывающих пород) определяются формулами

$$J_x^i = \frac{\alpha X_0}{\mu_0}, \quad J_z^i = \frac{\alpha Z_0}{\mu_0}, \quad 3.5$$

где  $X_0$  и  $Z_0$  – горизонтальная и вертикальная компоненты нормального магнитного поля Земли определенные для района работ,  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная.

Если для какого-либо объекта определена остаточная намагниченность  $\mathbf{J}^n$ , то чтобы получить суммарную намагниченность индуктивная и остаточная намагниченности покомпонентно складываются:

$$J_x = J_x^i + J_x^n, \quad J_z = J_z^i + J_z^n. \quad 2.6$$

Далее покомпонентно рассчитывается избыточная (эффективная) намагниченность, аналогично избыточной плотности. Например,

$$\hat{J}_x^{p.m.} = J_x^{p.m.} - J_x^{вм.п.}, \quad \hat{J}_z^{p.m.} = J_z^{p.m.} - J_z^{вм.п.} \quad 2.7$$

В случае если намагниченность вмещающих пород невелика, то расчетом избыточной намагниченности можно пренебречь.

**Электрические свойства** представлены удельным электрическим сопротивлением (УЭС) горных пород. УЭС используются при физико-геологическом моделировании без пересчетов. Поляризуемость ( $\eta$ ) и диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon$ ) могут использоваться в качестве дополнительных параметров, на усмотрение исполнителя курсового проекта. В случае их использования последние подбираются самостоятельно.

**Упругие свойства** горных пород характеризуют их влияние на распространение сейсмических волн. Важнейшими свойствами, определяющими контрастность границ геологической среды, являются скорости продольных и поперечных сейсмических волн ( $V_P$ ,  $V_S$ ), а также соответствующие акустические жёсткости ( $\gamma_P$ ,  $\gamma_S$ ). Жёсткость (импеданс) определяет способность горных пород изменять амплитуду упругих волн и рассчитывается как произведение скорости на плотность (2.8, 2.9).

$$\gamma_P = V_P \rho \quad 2.8$$

$$\gamma_S = V_S \rho \quad 2.9$$

При составлении физико-геологической модели выбираются только протяжённые границы с горизонтальным или слабонаклонным залеганием. Выбранные границы должны обладать достаточной контрастностью для преломлённых и отражённых волн продольного, поперечного и обменного типа.

При проектировании во многих случаях достаточно ограничиться двухслойной моделью, состоящей из двух упруго-однородных толщ (рис 2.1.).

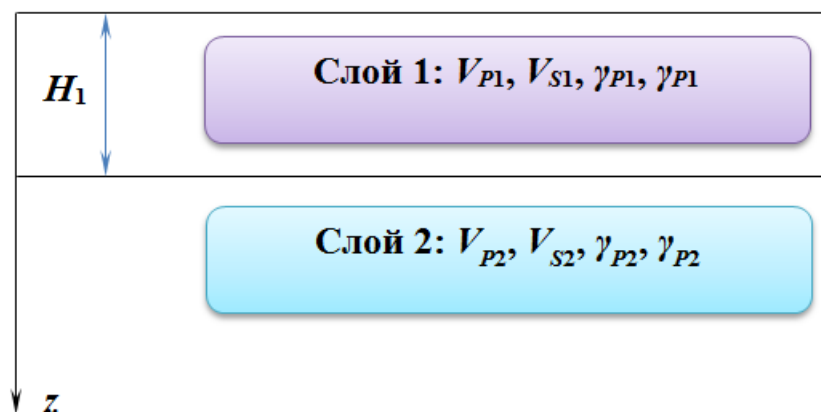


Рис. 2.1. Двухслойная сейсмогеологическая модель

Контрастность границы рассчитывается для отражённых продольных и поперечных волн по 2.10, 2.11.

$$K_{OTR-P} = \frac{|\gamma_{P1} - \gamma_{P2}|}{\gamma_{P1} + \gamma_{P2}} \quad 2.10$$

$$K_{OTR-S} = \frac{|\gamma_{S1} - \gamma_{S2}|}{\gamma_{S1} + \gamma_{S2}} \quad 2.11$$

Достаточно контрастной для формирования отражённых волн считается граница с  $K_{OTR} > 0,1$

При использовании преломлённых волн скорость на границе должна увеличиваться, а контрастность монотипных волн определяется выражениями 2.12 и 2.13.



$$K_{\text{ПРЕЛОМ-P}} = \frac{V_{P2} - V_{P1}}{V_{P1}} \quad 2.12$$

$$K_{\text{ПРЕЛОМ-S}} = \frac{V_{S2} - V_{S1}}{V_{S1}} \quad 2.13$$

Также на преломляющих границах возможен обмен типа волны. При использовании источника продольных волн, если выполняется условие  $V_{S2} > V_{P1}$ , формируются достаточно интенсивные обменные волны *PSP*. Для таких волн контрастность границы вычисляется по 2.14.

$$K_{\text{ПРЕЛОМ-PSP}} = \frac{V_{S2} - V_{P1}}{V_{P1}} \quad 2.14$$

Во всех случаях граница является преломляющей и достаточно контрастной, если  $K_{\text{ПРЕЛОМ}} > 0,5$ . Полученные значения контрастностей в дальнейшем необходимо использовать при обосновании выбора метода сейсморазведки. Для выбора мощности первого слоя модели  $H_1$  достаточно определить её в двух-трёх точках геологической модели и рассчитать среднее значение.

### 2.3. Решение прямых задач геофизики

Решение прямой задачи геофизики заключается в расчете аномальных полей по заданным геометрическим параметрам и петрофизическим свойствам разреза. Расчет аномальных полей является основой для выбора рационального комплекса геофизических методов и осуществляется любым доступным методом.

Среди программных средств для моделирования можно использовать следующие. Для двумерного моделирования аномального гравитационного поля от тел произвольной формы – *dpgrav.exe* (Блох Ю.И., 1993), *step.exe* (Лобанов А.М.), *GravModel2D* (Новиков К.В., 2011–2012).

Для двумерного моделирования аномального магнитного поля от тел произвольной формы – *dpmag.exe* (Блох, 1993), *MagModel2D* (Новиков, 2011–2013)<sup>1</sup>, *TM-2D* (Булычев А.А., Зайцев А.Н). При решении прямой задачи магниторазведки нормальное магнитное поле в заданном районе работ рассчитывается по действующему поколению модели IGRF (на 2010–2015 гг. – IGRF-11), например, в программе *Geomag*<sup>2</sup> последней версии. Существуют также онлайн калькуляторы на сайтах геологических служб США и Великобритании.

Электроразведка имеет большое количество методов и их модификаций, поэтому решение прямых задач здесь зависит от конкретного выбранного метода. Для некоторых методов электроразведки достаточно качественной оценки, для других требуется громоздкие расчеты. Из программных средств,

<sup>1</sup> Программы *MagModel2D* и *GravModel2D* распространяются по принципу *freeware* и доступны на сайте <http://magnetometry.ru/>, в разделе «Программное обеспечение», ссылка <http://magnetometry.ru/soft.html>.

<sup>2</sup> Программу и информацию о модели IGRF можно найти здесь: <http://www.ngdc.noaa.gov/AGA/vmod/igrf.html>.

которые можно использовать для моделирования, доступна, например, программа IPI2Win и ряд других программных средств.

Прямая задача сейсморазведки решается вычислением и построением нескольких сводных годографов. По преломлённым волнам строятся следующие годографы:

1. Встречные и нагоняющие годографы первых вступлений  $P_1$ ,  $P_{121}$  волн, а также (на одном графике) встречные годографы  $P_1S_2P_1$  волны
2. Встречные и нагоняющие годографы первых вступлений  $S_1$ ,  $S_{121}$  волн

Для отражённых волн нужно построить следующие сводные годографы

1. Встречные и нагоняющие годографы волн  $P_1$ ,  $P_{11}$
2. Встречные и нагоняющие годографы волн  $S_1$ ,  $S_{11}$

При построении годографов применяется расстановка из 24-х пунктов приёма с таким расстоянием между ними, чтобы длина расстановки  $L$  оказалась больше  $6 \cdot H_1$ . Шаг приёма  $\Delta X_{\text{ПП}}$  выбирается из ряда предпочтительных чисел: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 м и т.д. Вынос  $R$  для расчёта нагоняющих годографов принять равным половине длины расстановки  $L/2$ .

При вычислении аномальных эффектов от объекта поисков, следует обратить внимание и на эффекты, создаваемые другими, не подлежащими исследованию геологическими телами и оценить интенсивность и характер ожидаемых помех аппаратурного, методического и геологического происхождения.

## **2.4. Постановка геологических задач и выбор комплекса методов**

После решения прямых задач на основании полученных аномальных эффектов производится оценка возможности применения того или иного метода для решения конкретных геологических задач. Далее формируется рациональный комплекс геофизических методов, который подразумевает что при минимальных затратах времени и средств будут решены все поставленные геологические задачи.

При выборе сейсморазведочного метода следует обратить внимание на глубину съёмки, стоимость работ и общую значимость сейсморазведки при поиске полезных ископаемых.

## **2.5. Выбор методики и техники**

Выбор методики и техники проводится для каждого метода на основании анализа результатов расчётов, ожидаемых аномальных геофизических полей формулируются задачи для каждого из выбранных геофизических методов, а также обосновываются: вид съёмки, масштаб работ, густота сети наблюдений, методика измерений на пунктах рядовой сети, количество

опорных гравиметрических пунктов и методика измерений на них выбор аппаратуры и требования к топографо-геодезическим работам.

Выбор масштаба съёмки, шага по профилю, а также точности аппаратуры в гравirazведке регламентируется Инструкцией [Инструкция по гравirazведке, 1980].

Проектная точность съёмки (среднеквадратическая погрешность определения аномалий силы тяжести) выбирается в зависимости от интенсивности предполагаемых или исследуемых аномалий, а также от условий работ и заданного масштаба съёмки.

Сначала, исходя из минимальной величины локальных аномалий, рассчитывается среднеквадратическая погрешность определения аномалий силы тяжести в редукции Буге, которая при поисковой съёмке не должна превышать при поисковой съёмке  $1/5$  амплитуды аномалии. Далее согласно таблице, приведенной в *Приложении 1*, определяется масштаб съёмки.

$$\varepsilon_B \approx \frac{1}{5} A \Rightarrow M 1: ?$$

Аномалия силы тяжести считается достоверной, если она выделена не менее чем на трех пунктах различных звеньев и имеет амплитуду, не меньшую сечения изоаномал карты. Таким образом, шаг съёмки  $\Delta X$  будет равен половине ширины аномалии на уровне  $3\varepsilon_B$  (рис. 2.1).

Гравиметр выбирается исходя из класса точности, причем среднеквадратическая погрешность единичного измерения гравиметром должна быть меньше среднеквадратической погрешности определения наблюдаемых значений силы тяжести приведенных в *Приложении 1*.

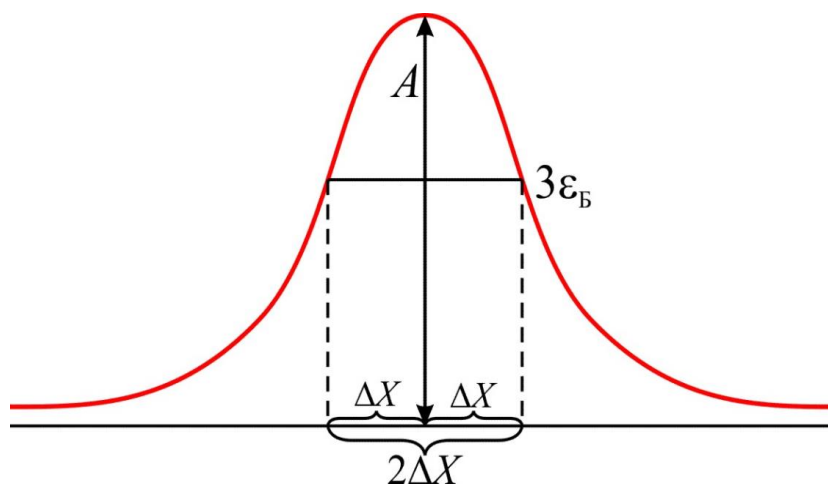


Рис. 2.2. Определение шага съёмки гравиметрической съёмки

Для решения поставленных задач интервал сечения изоаномал отчетной карты при региональных и детальных поисковых съёмках должен быть меньше амплитуды исследуемых аномалий, а при детальных разведочных съёмках — в 2–3 раза.

При площадной съёмке среднеквадратическая погрешность определения аномалий силы тяжести должна составлять 0,4 интервала сечения

изоаномал отчетной карты, в горных районах — 0,5 интервала сечения изоаномал.

Для магниторазведки таких строгих требований нет, однако, принципы выбора параметров съемки также основаны на амплитуде и ширине аномалии на уровне утроенной погрешности  $3\sigma$ . В литературе приводятся разные варианты выбора уровня  $3\sigma$ . Так в классическом учебнике Г.И. Гринкевича, например, сказано следующее: «Точность съемки считается достаточной, если ее утроенное значение не превышает 10% от наименьшей зафиксированной аномалии» [Гринкевич, 1979]. Таким образом,  $3\sigma=A/10$ . Однако при современной точности магниторазведки амплитуда аномалий, которые могут быть обнаружены существенно ниже, поэтому при решении прямой задачи с целью определения шага целесообразно брать значение  $3\sigma$  на уровне  $1/10 - 1/2$  от амплитуды минимально на площади аномалии в зависимости от сложности геологической ситуации. Необходимо также помнить, что искомая аномалия должна выделяться на фоне помех. В общем случае можно записать так

$$3\sigma = \frac{A}{3}. \quad 2.15$$

Масштаб съемки и шаг по профилю выбирается исходя из того, что аномалия считается *достоверной*, если она зафиксирована не менее чем тремя точками на трех профилях. Таким образом, масштаб существенно зависит от формы аномалии и должен быть минимум в 2 раза меньше длины аномалии, а профили должны быть ориентированы в крест простирания. Шаг съёмки связан с масштабом, и должен быть минимум в 2 раза меньше ширины аномалии, то есть  $\Delta X=L/2$ , где  $L$  – ширина аномалии на уровне  $3\sigma$  (рис. 2.3). В большинстве случаев при магнитной съемке для увеличения информативности применяются прямоугольные сети (Приложение 2).

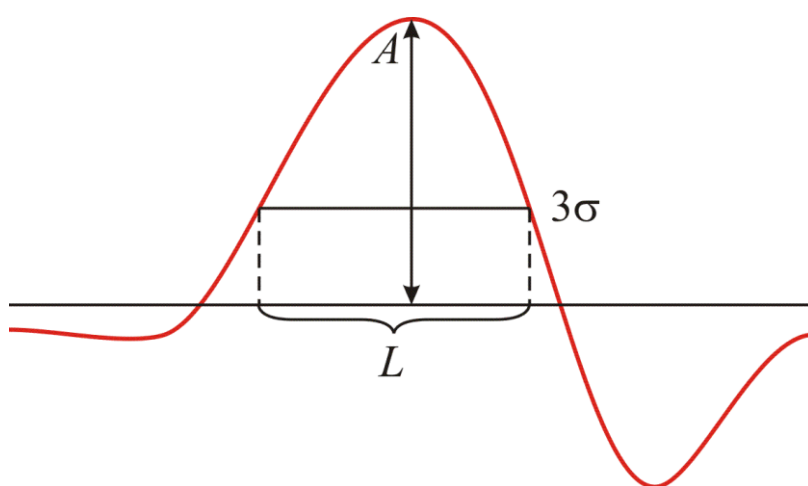


Рис. 2.3. Выбор шага по профилю для аномалии магнитного поля с переменным знаком.

Масштаб съёмки определяется расстоянием между профилями, его можно записать соотношением  $1:100n$ , где  $n$  – расстояние между профилями в метрах. Масштаб съёмки связан с масштабом отчетной карты, расстояние между профилями должно в общем случае составлять 1 см. Изодинамы на

отчетной карте проводятся с интервалом не менее  $3\sigma$ . Классификация магнитных съемок по масштабу и по точности приведены в Приложении 2.

Методика и техника электроразведочных работ определяется Инструкций и существенно зависит от выбранных методов электроразведки, в большинстве параметры масштаба и шага выбираются исходя из размеров объектов поисков.

Выбор методики сейсморазведки базируется на таких параметрах как тип источника и сейсмических приёмников, регистрирующее оборудование, схемы и система наблюдений, число используемых каналов сейсмостанции, длина расстановки, шаг приёма.

При выборе источника следует учитывать его стоимость, возможную глубинность, пригодность для наземной сейсморазведки, безопасность использования и соответствие решаемой задачи. При возможности выбираются его основные настраиваемые или подбираемые параметры. Приёмники выбираются из числа серийно выпускаемых на территории России. Сейсмическая станция должна быть цифровой, телеметрической, современной, обеспечивать необходимое число одновременно работающих каналов, минимально возможную стоимость, широкий динамический диапазон.

Для изучения продольных и обменных *PSP* волн оптимальной является схема наблюдений *Z-Z*. Эта схема базируется на использовании взрывов или источниках типа “вертикальная сила” и вертикальных приёмников. Поперечные волны изучаются при помощи схемы *Y-Y*, когда вектор ударного воздействия источника и оси чувствительности приёмников направлены по горизонтали и перпендикулярно профилю.

Для преломлённых волн оптимальна пятиточечная система наблюдений, включающая выносные, фланговые и одно центральное физическое наблюдение. Параметры системы наблюдения (шаг приёма, число каналов, длина расстановки и вынос) для схем *Z-Z* и *Y-Y* проектируются отдельно.

Шаг приёма должен быть равен  $1/3$  удаления точки выхода преломлённой волны в первые вступления  $X_B$ .

$$\Delta X_{\text{III}} \leq \frac{X_B}{3}. \quad 2.16$$

Значение шага приёма находится по 2.16 путём округления в меньшую сторону в ряду предпочтительных чисел 1, 2, 5, 10, 20, 50 м ...

Длина расстановки  $L$  находится как  $6 \cdot H_1$  и округляется в большую сторону таким образом, чтобы число каналов  $K$  было целым числом (2.17) из ряда предпочтительных значений: 4, 6, 8, 12, 16, 18, 20, 24, 28, 30, 32, 36, 48 и т.д.

$$K = \frac{L}{\Delta X_{\text{III}}} + 1. \quad 2.17$$

Вынос  $R$  находится таким образом, чтобы на нагоняющих годографах не было бы точек излома, что обеспечивается условием 2.18.

$$R = X_B \quad 2.18$$

Значение выноса округляется до ближайшего большего числа, которое делится на  $\Delta X_{\text{ПП}}$  нацело.

В методе отражённых волн применяются центрально-симметричные системы наблюдений с перекрытием без выноса. Длина расстановки находится как  $2 \cdot N_1$  и округляется по тем же принципам, что и в методе преломлённых волн. Кратность перекрытий находится из условия, что  $\Delta X_{\text{ПВ}} = 2 \cdot \Delta X_{\text{ПП}}$ .

Проектные системы наблюдений необходимо построить на обобщённой плоскости.

### 3. Структура курсового проекта

1. **Титульный лист.**
2. **Оглавление.**
3. **Введение.** Во введении формулируется цель и задачи проекта, а также кратко описываются основные методы их достижения.
4. **Глава 1. Физико-геологическая модель месторождения.** В главе приводятся исходный геологический разрез и ФГМ в виде рисунка с кратким описанием и указанием координат и номеров вершин многоугольников, использованных при расчетах полей. Отметим, что для плотностных свойств указывается избыточная плотность, с указанием, плотность какого из объектов принята за 0, а для магнитных –  $\alpha$  и компоненты вектора **J**, которые используются в расчетах!

Для сейсморазведки приводится упрощённая двухслойная модель с вычисленными жёсткостями, мощность первого слоя и контрастностями границы.

5. **Глава 2. Решение прямых задач.** Здесь описывается методика решения прямых задач, а также приводятся результаты расчетов, в виде модельных разрезов с аномальными полями над ними.

При решении прямой задачи сейсморазведки строятся сводные годографы, выделяются их особые точки, делаются основные выводы по выбору подходящего метода и параметров методики.

6. **Глава 3. Обоснование рационального комплекса методов и постановка геологических задач.** В главе аргументированно обосновывается комплекс геофизических методов с указанием геологических задач, которые будут решены каждым методом. В качестве критериев выбора нужно использовать возможность решения той или иной геологической задачи или нескольких задач, стоимость съемки (в том числе стоимость аппаратуры и оборудования), производительность методов.

7. **Глава 4. Методика и техника геофизических работ.** В данной главе для гравиразведочных, магниторазведочных и электроразведочных работ описывается выбор масштаба, вида сети, шага по профилю. Для сейсморазведки выбираются схемы и системы наблюдений с построением последней на обобщённой плоскости. Обосновывается выбор аппаратуры, и приводятся ее технические характеристики. *Аппаратура выбирается из числа современ-*

*ных приборов!* Описывается особенности методики полевых работ с учетом выбранной аппаратуры и решаемой задачи. Описываются методы обработки результатов измерений, а также список отчетных материалов.

8. **Заключение.** В заключении коротко излагаются выводы и основные полученные результаты курсового проекта. Выводы делаются исключительно по полученным результатам. *НЕ допускаются выводы типа: «я научился решать прямые задачи», «я научился писать курсовые проекты» и т.д. и т.п.*

9. **Список литературы.** Оформляется согласно ГОСТ 7.1-2003. На все источники, указанные в списке литературы, в тексте должны быть сделаны ссылки. В списке литературы должны приводиться только опубликованные источники. Таким образом, *не положено указывать в списке литературы конспект лекций по предмету!*

### **Особенности оформления.**

- Оформление текстовой части производится согласно ГОСТ 2.105–95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам».
- Все иллюстрации нумеруются либо сквозной нумерацией (рис. 1, рис. 2, рис. 3 и т.д.), либо в рамках отдельных глав с указанием номера главы (рис. 1.1, рис. 1.2, рис. 2.1 и т.д.). На все рисунки в тексте должны быть сделаны ссылки.

## Рекомендуемая литература

1. Боганик Г. Н., Гурвич И. И. Сейсморазведка: Учебник для вузов //Тверь: Издательство АИС. – 2006. – 744 с.
2. Гринкевич Г.И. Магниторазведка. Учебник для техникумов. – М.: Недра, 1987.
3. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. – Л.: Недра, 1979.
4. Инструкция по магниторазведке. М-во геологии СССР. – Л.: Недра, 1981.
5. Яновский Б.М. Земной магнетизм. – Л.: ЛГУ, 1978.
6. Серкерев С.А. Гравиразведка и магниторазведка. – М.: Недра, 1999.
7. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. М.: Мир, – 1986.
8. Магниторазведка. Справочник геофизика. – М.: Недра, 1980.
9. Ревякин П.С., Бродовой В.В., Ревякина Э.А.. Высокоточная магниторазведка. – М.: Недра, 1986. – 272 с.
10. Lanza R., Meloni A.. The Earth's Magnetism: An Introduction for Geologists. – Berlin: Springer, 2006.



## Приложение 1. Масштабы гравиметрической съемки

Масштаб отчетных карт и графиков	Сечение изоаномал, мГал	Среднеквадратическая погрешность определения аномалий сил тяжести в редукции Буге, мГал	Среднеквадратическая погрешность определения наблюдаемых значений силы тяжести, мГал	Полная погрешность интерполяции, мГал	Среднеквадратическая погрешность определения высот, м	Среднеквадратическая погрешность определения координат пунктов относительно Государственной геодезической сети, м	Густота сети	
							Число пунктов на 1 кв. км	Расстояние между пунктами при наблюдениях по профилям, м
<b>а) ДЛЯ РАВНИННЫХ РАЙОНОВ:</b>								
1:500 000	5	±1,5	+0,5	±2,0	±5,0	±200	0,04-0,1	2500-5000
1:200 000	2	+0,8	±0,4	±1,0	±2,5	±100	0,1-0,25	1000-2000
1:100 000	1	±0,4	±0,3	±0,5	±1,2	±80	0,25-1,0	500-1000
1:50 000	0,5	±0,2	±0,15	±0,35	±0,7	±40	2-30	100-500
	0,25	±0,1	±0,07	±0,2	±0,35	±40	4-50	50-250
1:25 000	0,25	±0,1	±0,06	±0,2	±0,35	±20	12-60	50-250
	0,2	±0,08	±0,06	±0,15	±0,25	±20	16-80	20-100
1:10 000	0,2	±0,08	±0,06	±0,15	±0,2	±4	20-100	20-100
	0,1	±0,04	±0,03	±0,07	±0,1	±4	25-200	10-50
1:5 000	0,1	±0,04	±0,03	±0,07	±0,1	±2	50-250	10-50
	0,05	±0,02	±0,015	±0,03	±0,05	±2	100-500	5-25
<b>б) ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ:</b>								
1:500 000	5	±2,0	±0,5	±3,0	±3,0	±120	0,04-0,1	2500-5000
1:200 000	2	±1,0	±0,4	±1,5	±3,0	±100	0,1-0,25	1000-2000
1:100 000	1	±0,5	±0,25	±0,7	±1,8	±100	0,25-1,0	500-1000
1:50 000	1	±0,5	±0,25	±0,7	±1,6	±50	1,0-10,0	100-500
	0,5	±0,25	±0,12	±0,35	±0,9	±50	2-30	50-250
1:25 000	0,5	±0,25	±0,12	±0,35	±0,9	±25	4-50	50-250
	0,25	±0,12	±0,06	±0,2	±0,45	±25	12-60	20-100
1:10 000	0,2	±0,1	±0,06	±0,15	±0,25	±5	20-100	20-100
1:5 000	0,1	±0,05	±0,03	±0,07	±0,12	±2	50-250	10-50

## Приложение 2. Параметры магнитных съемок

Классификация наземных магнитных съемок по масштабу  
[Инструкция...,1981]

Масштаб	Категория масштаба	Расстояние между профилями, м	Расстояние между точками наблюдения, м
1:100 000	Средний	1000	100–200
1:50 000	Крупный	500	50–100
1:25 000		250	20–50
1:10 000		100	10–25
1:5 000		50	5–20
1:2 000		20	5–10
1:1 000		10	2–5

Классификация наземных магнитных съемок по точности  
[Инструкция...,1981]

Точность съемки	Предельная погрешность показаний прибора, нТл	Средняя квадратическая погрешность съемки, нТл	Сечение изолиний магнитных карты, нТл
Пониженная	15–20	>15	100, 250
Средняя	10	5–15	20, 50, 100
Высокая	5	<5	10, 20
Прецизионные съемки	<1	<2	<10