Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, 2. 91—97, 1977

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.831.837.23

С. В. БАДАЛЯН, В. Б. ГАМОЯН, Ф. М. ФИДАНЯН

ОЦЕНКА ГЛУБИНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗОДСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Увеличение запасов полезных ископаемых на известных месторождениях во многих случаях связано с опоискованием глубоких горизонтов. Однако геологическая разведка на глубине связана с проходкой дорогостоящих выработок (шахтные стволы, восстающие, слепые горизонтальные выработки и т. п.). Применение геофизических методов в подземных горных выработках может целенаправить горнопроходческие работы и тем самым облегчить процесс разведки рудных участков на глубине.

Настоящая статья посвящена оценке глубины распространения кварц-сульфидных рудных тел на «Центральном» участке Зодского месторождения. Использованы данные подземных геофизических наблюдений методами: гравиразведки, естественного электрического поля (ЕП), вызванной поляризации (ВП) и сопротивлений (МС).

В геологическом строении Зодского месторождения участвуют породы габбро, перидотиты и серпентиниты, в которых распространяется зона разлома. В ней выделяются линейно-вытянутые кварц-сульфидные рудные жилы с крутым падением и мощностью 10—60 *м*. Рудные тела сложены кварцем, карбонатом, халькопиритом, пиритом, арсенопиритом и другими. По морфолого-структурным особенностям выделяются два главных типа оруденения—жильные зоны и полосы частых прожилков.

Геофизические наблюдения методами гравиразведки, ЕП, ВП и МС по изучению пространственного распределения гравитационных, естественных и искусственных электрических полей проводились на поверхности Земли и в подземных горных выработках горизонтов штолен 1 а, 1, 98, 5, 25, 40.

Достаточная избыточная плотность, крутое падение и большие размеры рудных тел по вертикали создают благоприятные условия постановки гравиметрических исследований в подземных выработках с целью прослеживания рудных тел. Измерения ускорения силы тяжести проводились гравиметром ГР/К 2 по методике, предложенной Е. А. Мудрецовой [4]. Среднеквадратичная ошибка единичных измерений силы тяжести не превышала 0,02—0,03 *мгл*. Такой точности наблюдений достигли путем сокращения продолжительности рядовых рейсов до 1.5—2 часов, сохранения постоянной температуры гравиметра (ин-

струмент постоянно держался в подземных выработках) и создания густой опорной сети. Обработка гравиметрических данных включала в себя введение поправок сползания нуль-пункта, за рельеф местности и региональный фон. Гравиметрическим наблюдениям сопутствовали массовые изучения плотности σ пород и руд месторождения. Образцы горных пород отбирались через каждые 5 *м* на точках гравиметрических наблюдений.

В результате лабораторных изучений параметра σ установлено, что средняя плотность вмещающих пород габбро и перидотитов составляет 2,75 и 2,61 *г/см*^{3} соответственно, а средняя плотность сульфидных руд—2,95 *г/см*^{3}. Следовательно, избыточная плотность руд относительно перидотитов и габбро составляет 0,34 и 0,2 *г/см*^{3}.

На рис. 1 представлены геологический разрез «Центрального» участка Зодского месторождения и кривые Δg, снятые в штольнях 1, 98, 5, 25 и в квершлаге 2 горизонта штольни 40.

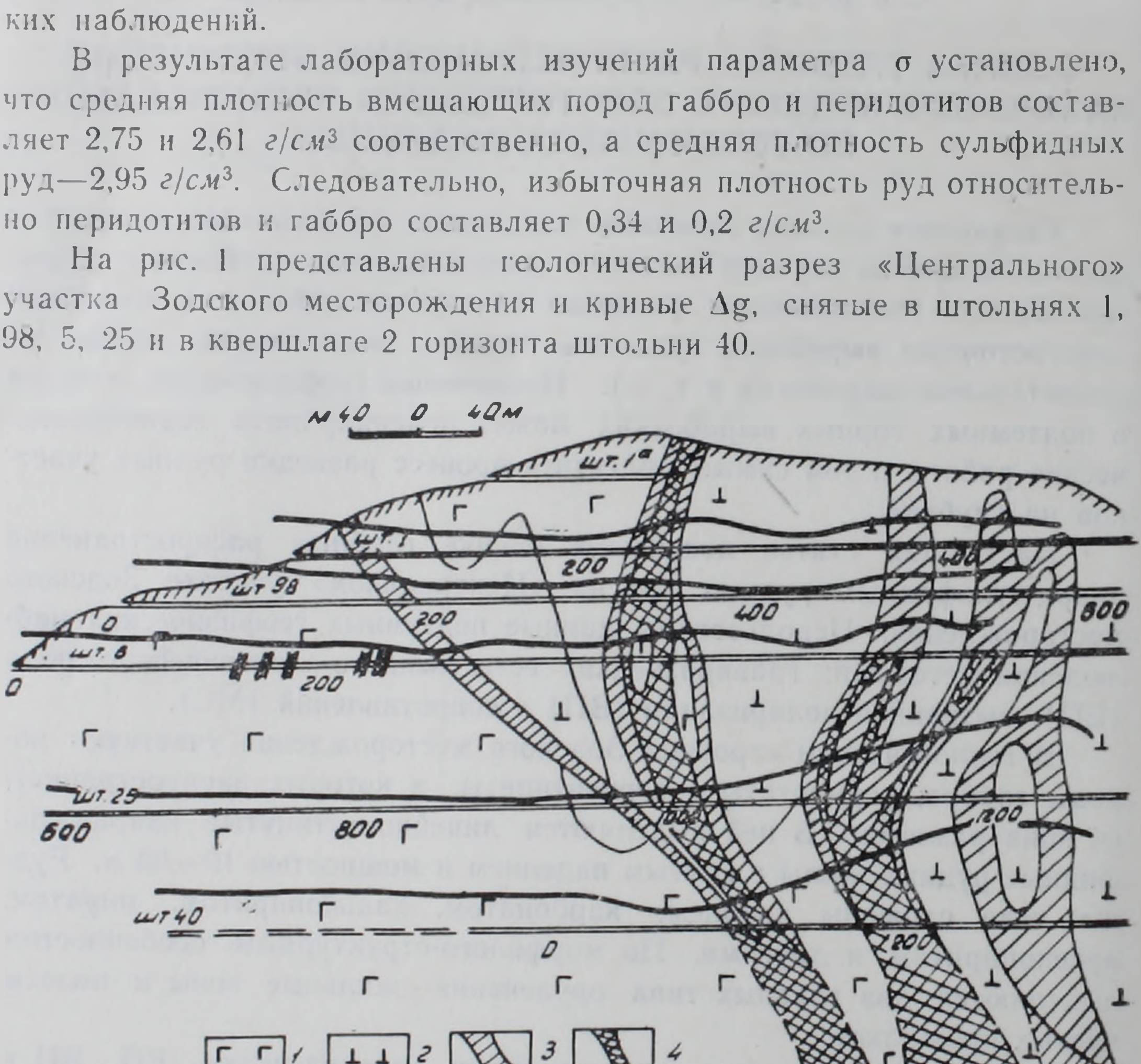

Рис. 1. Геологический разрез «Центрального» участка Зодского золоторудного месторождения и кривые Δg. 1—габбро; 2—перидотиты; 3—рудные зоны; 4—кварц-сульфидные рудные жилы.

Кривые Δg за пределами рудного участка характеризуются плавным ходом. В центральной части разреза, в районе рудных зон, выделяются локальные аномалии. По штольне 1 кривая силы тяжести, в районе рудной зоны (интервал пикетов 200—280), характеризуется положительной аномалией. Сверху вниз интенсивность аномалии уменьшается. На горизонте штольни 25, в районе рассмотренного рудного тела кривая гравитационного поля характеризуется двумя положительными и отрицательной относительными аномалиями Δg (интервалы пикетов 970—1005, 1030—1070 и 1005—1030). Сочетание аномалий разных знаков объясняется сложным распределением избыточных масс

выше и ниже горизонта наблюдения. На горизонте штольни 40 в районе рассмотренной зоны (интервал пикетов 0—100 квершлага 2) гравитационное поле характеризуется отрицательной аномалией с большими относительными значениями Δg, обусловленными распределением избыточных масс выше горизонта наблюдения.

В правой части разреза гравитационное поле имеет иное распределение. Здесь на верхних горизонтах (горизонты штолен 1, 98 и 5) в районе рудных тел выделяются локальные положительные аномалии Δg небольшой интенсивности. На нижних горизонтах (горизонты штолен 25 и 40) из-за сгущения рудных зон локальные аномалии сливаются в одну общую аномалию. Интенсивность аномалий высокая. Положительный знак Δg объясняется распределением избыточных масс ниже горизонта наблюдений. Аномалии Δg на рассмотренных горизонтах сдвинуты вправо от рудных тел, что обусловлено возможным северным падением отмеченных зон ниже горизонта штольни 40 и влиянием вышележащих масс в интервалах пикетов 1100—1200 и 130—230 штольни 25 и квершлага 2 соответственно.

Для расчета глубины распространения рудных тел, исходя из их жильной морфологии, нижележащие избыточные массы приняты как наклонный пласт с избыточной плотностью—0,3 *г/см*^{3}; по данным геологической разведки, рудные тела на горизонте штольни 40 падают к северу под углом 70°. Применена формула Д. Г. Успенского [7]:

$$W_z = 2f\sigma\left\{z\left(\operatorname{arctg}\frac{x+z\operatorname{ctg}\alpha}{z}-\operatorname{arctg}\frac{x-d+z\operatorname{ctg}\alpha}{z}\right)+\right.$$

$$+\frac{\sin^2\alpha}{2}x\ln\left[x^2+(x+z\operatorname{ctg}\alpha)^2\right]-\frac{\sin^2\alpha}{2}(x-d)\ln\left[z^2+(x-d+z\operatorname{ctg}\alpha)\right]^2-$$

$$-\sin\alpha\cdot\cos\alpha\left[x\cdot\operatorname{arctg}\frac{z+x\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{x\cdot\sin^2\alpha}-\right.$$

$$\left.\left.-(x-d)\operatorname{arctg}\frac{z+(x-d)\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{(x-d)\sin^2\alpha}\right]\right\}\Bigg|_{z_1}^{z_2},$$

где f—гравитационная постоянная;

σ—избыточная плотность сульфидных руд;

x—расстояние между точками наблюдения;

d—горизонтальная мощность наклонного пласта;

z_1—глубина верхней кромки пласта;

z_2—глубина нижней кромки пласта;

α—угол падения пласта.

Принимая $x_{max}=0$, $z_1=80$ *м* и решая уравнение по z_2, было установлено, что кварц-сульфидные рудные тела «Центрального» участка Зодского месторождения распространяются на глубину более 800 *м* ниже горизонта штольни 40.

Наблюдения естественного поля на поверхности Земли и в подземных горных выработках горизонтов штолен 1 а, 1, 98, 5, 25 и 40 прово-

дились потенциальным вариантом с наращиванием профилей [6]. Регистрация потенциала ЕП осуществлялась геофизическим прибором ЭСК-1. В качестве приемных электродов использовались медно-купоросные неполяризующиеся электроды конструкции А. С. Полякова [6]. При проведении подземных исследований по изучению характера распределения естественного поля приняты все меры предосторожности для избежания влияния на потенциал ЕП искажающих факторов [1]. Данные потенциала ЕП, полученные в различных горных выработках, приведены к бесконечно удаленной от рудного участка нулевой точке.

Результаты наблюдения естественного электрического поля представлены изопотенциальной картой на геологическом разрезе «Центрального» участка месторождения (рис. 2). На поверхности Земли и

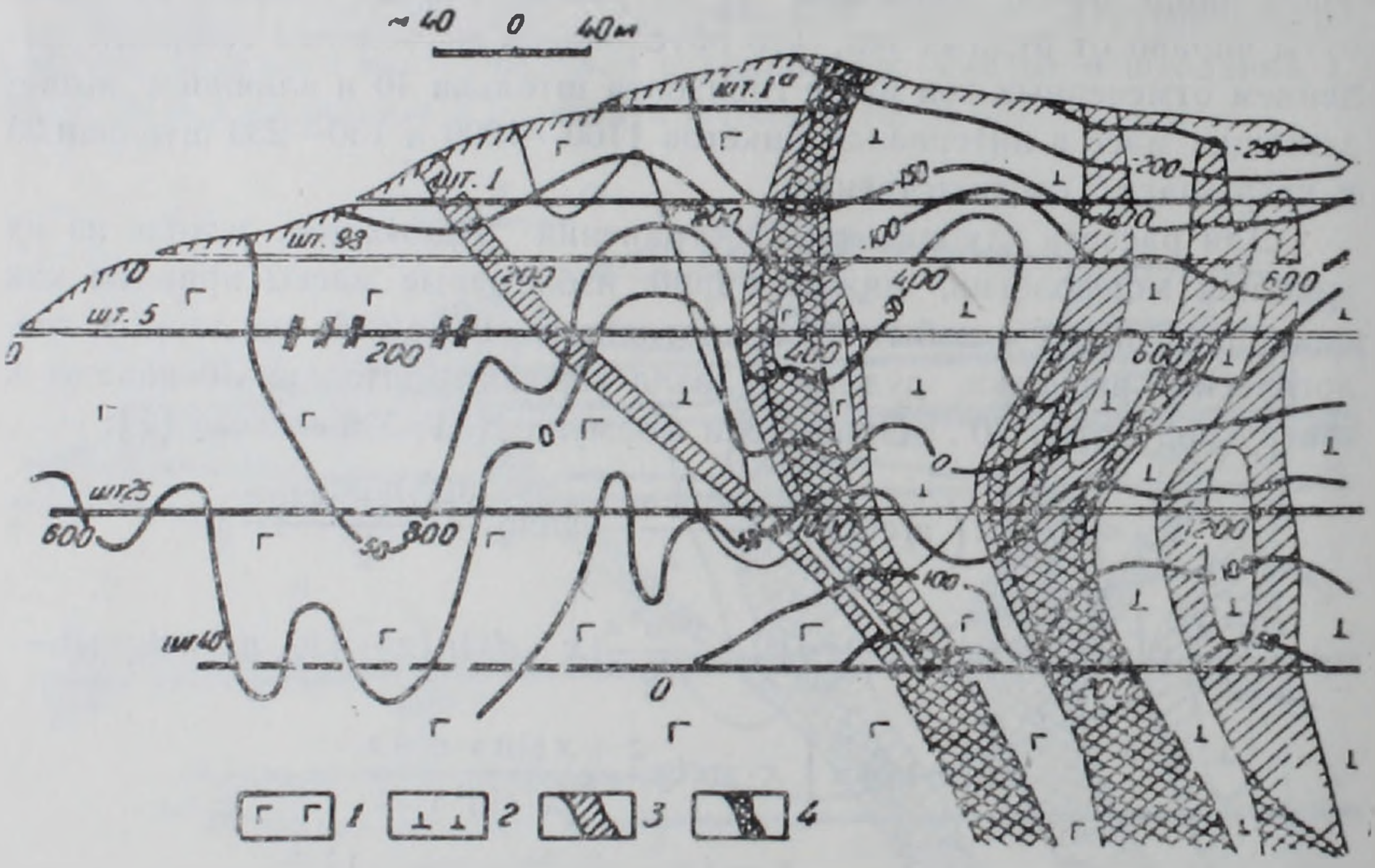

Рис. 2. Геологический разрез «Центрального» участка Зодского месторождения и изопотенциальные линии (*мв*) естественного электрического поля. 1—габбро; 2—перидотиты; 3—рудные зоны; 4—кварц-сульфидные рудные жилы.

по горизонтам штолен 1 а, 1, 98, 5 потенциал естественного поля имеет отрицательный знак с экстремальным значением 250 *мв* на горизонте штольни 1 а. Сверху вниз абсолютная величина потенциала уменьшается и меняет знак между горизонтами штолен 5 и 25. Далее потенциал возрастает, достигая +150 *мв* на горизонте штольни 40. Размер отрицательного поля по направлению падения рудных зон составляет 230 *м*, а размер исследованной части положительного поля—120 *м*.

Опыт работ по изучению объемной структуры естественных электрических полей вокруг сульфидных рудных тел, проведенных в горных выработках и скважинах Ахтальского барит-полиметаллического, Кафанского медно-полиметаллического, Шамлугского и Анкадзорского медных и Дастакертского медно-молибденового месторождений, пока-

зывает следующее: а) естественное поле характеризуется отрицательным потенциалом в верхней и положительным—в нижней частях рудных залежей; б) размер части поля с отрицательным потенциалом по направлению падения рудного объекта в 3—5 раз меньше размера части с положительным потенциалом. Подобная закономерность распределения потенциала ЕП наблюдена и на сульфидных месторождениях Рудного Алтая, Центрального Казахстана и др. [3, 5]. Такое распределение, на наш взгляд, определяется тем, что градиент потенциала определяющих факторов (содержание свободного кислорода, ионов SO_4^{2-} и металлов, температура среды и др.) сверху вниз убывает.

Исходя из вышеотмеченного соотношения размеров отрицательного и положительного частей естественного поля многих сульфидных месторождений и характера распределения потенциала ЕП на Зодском месторождении, можно предполагать, что рудные зоны «Центрального» участка распространяются вниз на 570—1030 *м* ниже горизонта штольни 40.

Благоприятным условием постановки электроразведочных исследований методами ВП и сопротивлений в подземных выработках для прослеживания рудных тел является сульфидоносность и окварцованность последних [2].

Исследованиям подвергались подземные выработки горизонтов штолен 1, 5, 25 и 40. Наблюдения проводились электропрофилированием с использованием установок Веннера при $AM=MN=NB=$шаг$=10$ *м* (штольни 1, 5, 25) и срединного градиента при $AB=320$ *м*, $MN=10$ *м*$=$шаг (шт. 25) и при $AB=330$ *м*, $MN=10$ *м*$=$шаг (шт. 40, квш. 2).

Результаты сводятся к следующему.

По левой части штольни 5 известные кварц-сульфидные жилы отмечаются интенсивными значениями кажущейся поляризуемости (рис. 3). На правой части кривой η_k выделяется центральная, судя по ее расположению, оруденелая зона. На кривой ρ_k по правой части штолен небольшими максимумами отмечаются интервалы, соответствующие аномалии η_k и свидетельствующие о тесной взаимосвязи сульфидной минерализации с окварцеванием.

В интервале пикетов 700—800 штольни 25 отмечается широкая полоса аномалий η_k интенсивностью более 8%, которая согласуется с аномальными участками над известными кварц-сульфидными жилами вышележащего горизонта. В штольне 25 рассмотренные рудные тела не отмечены. Однако наличие аномальной полосы метода ВП и, тем более, хорошее совпадение аномальных зон в аналогичных интервалах по методу ЕП (рис 2) указывают на рудоносность рассмотренного интервала по штольне 25 и на возможную связь этой аномальной зоны с зоной вышележащего горизонта.

Согласно наблюдениям по правой части штольни 25 известные зоны оруденения довольно четко отмечаются на графиках кажущейся поляризуемости. По кривой ρ_k здесь относительными максимумами и

минимумами отмечаются соответственно окварцованные и гидротермально измененные участки.

По квершлагу 2 горизонта штольни 40 кварц-сульфидные зоны четко отмечаются на кривой кажущейся поляризуемости, при этом, судя

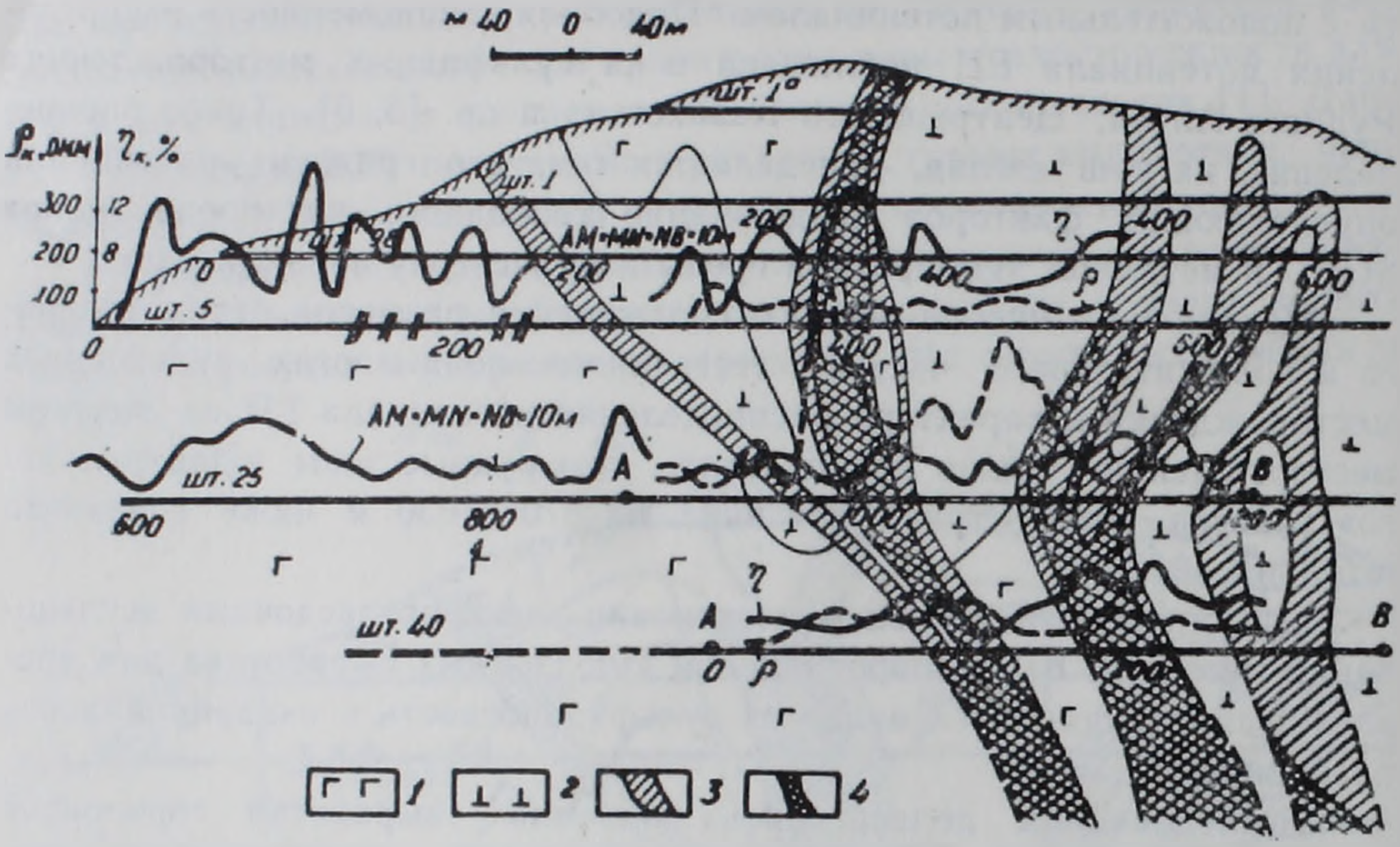

Рис. 3. Геологический разрез «Центрального» участка Зодского месторождения и кривые η_k, % и ρ_k, *омм*. 1—габбро; 2—перидотиты; 3—рудные зоны; 4—кварц-сульфидные рудные жилы.

по ширине аномальных полос, наблюдается значительное расширение границ правых и уменьшение левых рудных зон. Судя по совпадению интервальных аномальных значений η_k с минимумами ρ_k, напрашивается вывод, что на нижнем горизонте кварц-сульфидные зоны более выдержаны и менее изменены. Это указывает на потенциальную возможность их прослеживания ниже горизонта штольни 40 на значительную глубину.

Исходя из представленных результатов геофизических исследований, можно заключить следующее:

1. Кварц-сульфидные зоны «Центрального» участка месторождения распространяются на глубину ниже горизонта штольни 40 более, чем на 800 *м*.

2. По горизонтам штолен 5 и 25, в левой части разреза прослеживается кварц-сульфидная рудная полоса.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Поступила 4 XI.1975.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арутюнян Г. В., Бадалян С. В., Газарян Г. О., Гамоян В. Б., Геворкян В. М., Геворкян М. Г.* Комплексирование методов подземной геофизики при поисках глубокозалегающих рудных тел на колчеданных месторождениях Армянской ССР.

Вопросы методики глубинных поисков рудных месторождений в Казахстане, вып. I, Алма-Ата, 1973.

2. *Бадалян С. В., Геворкян В. М.* Об изменении электрических свойств горных пород и руд на рудниках в зависимости от геологических факторов. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XXIV, № 6. 1971.
3. *Гамоян В. Б.* Структура естественных электрических полей и потенциал определяющие факторы рудных месторождений Армянской ССР. Геофизические и сейсмологические исследования строения земной коры территории Армянской ССР. Изд-во АН Арм. ССР, Ереван, 1975.
4. *Мудрецова Е. А.* К интерпретации аномалий силы тяжести при подземных гравиметрических измерениях. Тр. МГРИ, т. 36, 1958.
5. *Рысс Ю. С., Тясто А. С.* Структура естественных электрических полей на рудных месторождениях и ее использование при поисках и разведке полезных ископаемых. Серия «Региональная, разведочная и промысловая геофизика», вып. 2. М. ОНТИ ВИЕМСА, 1966.
6. *Семенов А. С.* Электроразведка методом естественного электрического поля. «Недра», Л., 1968.
7. *Успенский Д. Г.* Гравиразведка (гравиметрический метод при геологических исследованиях, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых). «Недра», Ленинградское отделение, 1968.